

Bonn

Max-Planck-Institut für Radioastronomie

Auf dem Hügel 69, 53121 Bonn
Tel.: (0228)525-0, Telefax: (0228)525-229
E-Mail: *username*@mpifr-bonn.mpg.de
Internet: <http://www.mpifr.de/>

0 Allgemeines

Das Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) wurde zum 01.01.1967 gegründet und zog 1973 in das heutige Gebäude ein, das in den Jahren 1983 und 2002 wesentlich erweitert wurde.

Im Mai 1971 wurde das 100m-Radioteleskop in Bad Münstereifel-Effelsberg eingeweiht. Der volle astronomische Meßbetrieb begann ab August 1972. Im November 2007 erfolgten Übergabe und Start des regulären Messbetriebs der ersten deutschen Station des Niederfrequenz-Radioteleskops LOFAR (LOW Frequency ARray) am Standort Effelsberg. Seit November 2009 arbeitet die LOFAR-Station Effelsberg durch Hinzunahme der “Highband”-Antennen im vollen Frequenzumfang.

Das 1985 in Betrieb genommene 30m-Teleskop für Millimeterwellen-Radioastronomie (MRT) auf dem Pico Veleta (bei Granada/Spanien) wurde noch im selben Jahr an das neugegründete Institut für Radioastronomie im Millimeterwellenbereich (IRAM) übergeben. Im September 1993 erfolgte die Einweihung des für den submm-Bereich vorgesehenen 10m-Heinrich-Hertz-Teleskops (HHT) auf dem Mt. Graham (Arizona/USA), das bis Juni 2004 gemeinsam mit dem Steward Observatorium der Universität von Arizona betrieben wurde. Das 12m-Radioteleskop APEX (Atacama Pathfinder EXperiment) wurde in der chilenischen Atacama-Wüste in einer Höhe von 5100m über dem Meeresspiegel vom Institut errichtet und wird seit September 2005 von der Europäischen Südsternwarte (ESO) in Zusammenarbeit mit dem MPIfR und der Sternwarte Onsala (OSO) betrieben. Das Institut ist Mitglied des Europäischen VLBI-Netzwerks (EVN).

Die im Jahr 2002 eröffnete Doktorandenschule “International Max Planck Research School for Astronomy and Astrophysics” (IMPRS) wird in Zusammenarbeit mit dem Argelander-Institut für Astronomie der Universität Bonn und dem I. Physikalischen Institut der Universität zu Köln geführt.

Im Juni 2006 wurde der Verein “Freunde und Förderer des MPIfR e.V.” gegründet.

Zum 01.03.2009 wurde M. Kramer zum Wissenschaftlichen Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft (MPG) und Direktor am MPIfR berufen; er leitet die Forschungsgruppe “Radioastronomische Fundamentalphysik”.

1 Personal

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. W. Alef (Abteilungsleiter VLBI-Technologie), Dr. J. Anderson (seit 15.08.), Dr. E. Angelakis (seit 17.03.), Dr. T. Arshakian, Dr. U. Bach, Dr. K. Basu, Dr. R. Beck, Dipl.-Phys. U. Beckmann (Abteilungsleiter Infrarot-Technologie), Dipl.-Phys. J. Behrend, Dr. A. Belloche, Priv.-Doz. Dr. S. Britzen, Dr. A. Brunthaler, Dipl.-Ing. I. Camara, Dr. M. Caris, Dr. D. Champion (seit 01.09.), Dr. E. Chapillon, Dr. C. Comito, Dr. T. Driebe (bis 31.10.), Dr. P. Freire (seit 01.07.), Dr. L. Fuhrmann, Dr. H.-P. Gemünd, Dr. D.A. Graham, Dr. A. Gusdorf, Dr. R. Güsten (Abteilungsleiter mm/submm-Technologie), Dr. H. Hafok, Dipl.-Ing. M. Heininger, Dr. C. Henkel, Dr. S. Heyminck, Dr. K.-H. Hofmann, Dr. S. Hönig, Dr. A. Jessner, Dr. N. Junkes, C. Kasemann (seit 01.12.), Dr. R. Keller (Abteilungsleiter Elektronik), Dr. M. Kishimoto (seit 01.10.), Dr. B. Klein, Dr. T. Klein, M.M. Kotiranta (seit 01.10.), Dr. B. Kramer (seit 01.03.), Prof. Dr. M. Kramer (Mitglied des Direktoren-Kollegiums; seit 01.03.), Dr. A. Kraus (Abteilungsleiter Effelsberg), Dr. S. Kraus (bis 31.10.), Dr. M. Krause, Dr. E. Kreysa, Dr. T.P. Krichbaum, Priv.-Doz. Dr. E. Krügel, Dr. M. Kuniyoshi (seit 01.09.), Dr. S. Leurini (seit 01.10.), Dr. A.P. Lobanov, Prof. Dr. K.M. Menten (Mitglied des Direktoren-Kollegiums; Geschäftsführender Direktor), Prof. Dr. Ing. P.G. Mezger (emeritiertes Wissenschaftliches Mitglied), Dr. D. Muders, Dr. P. Müller, Dr. J. Neidhöfer, Dr. A. Oberreuter (Abteilungsleiter EDV), Dr. K. Ohnaka (seit 01.04.), Dr. B. Parise, Dr. R.W. Porcas, Dr. P. Reich, Dr. W. Reich, Dr. M. Requena Torres, Dr. E. Ros (Forschungskoordinator, bis 24.02.), Dr. H. Rottmann, Dr. I. Rottmann, Dr. A. Roy, Dr. D. Samtleben, Dipl.-Phys. F. Schäfer, Dr. D. Schertl, Dr. P. Schilke, Dr. J. Schmidt (bis 28.02.), Dr. F. Schuller, Dr. G. Siringo, V. Tegethoff, Dr. S. Thorwirth (bis 28.02.), Dr. K. Tristram, Prof. Dr. G. Weigelt (Mitglied des Direktoren-Kollegiums), Dr. A. Weiß, Dr. N. Wex (seit 01.05.), Prof. Dr. R. Wielebinski (emeritiertes wissenschaftliches Mitglied), Dr. U. Wyputta (Direktionsbevollmächtigte, seit 01.11.), Dr. F. Wyrowski, Dr. L. Zapata (seit 07.11.). Prof. Dr. J.A. Zensus (Mitglied des Direktoren-Kollegiums).

Stipendiaten und Gäste:

Dr. W.J. Altenhoff, Dr. J. Anderson (bis 14.08.), Dr. E. Angelakis (bis 16.03.), Dr. J. Baars, I. Balega (16.11. bis 26.12.), Dr. E.M. Berkhuijsen, Prof. Dr. P.L. Biermann, Dr. L. Cerrigone (bis 04.09.), Dr. L. Chen (seit 03.08.), Dr. Y.-K. Choi (seit 05.05.), Dr. C. Dedes (01.03. bis 30.09.), Dr. L. Dedes (seit 16.03.), Dr. R. Eatough (seit 01.12.), Dr. S. Ellingsen (seit 01.08.), Prof. Dr. K. Fricke, Prof. Dr. E. Fürst, Dr. U. Graf (bis 30.06.), Dr. V. Grinin (seit 25.10.), Dr. J.H. Groh de Castro Moura, Dr. L. Guillemot (seit 01.10.), Dr. N. Guseva (seit 01.11.), Dr. P. Hofner (seit 01.08.), Prof. Dr. M. Honma (seit 01.10.), Prof. Dr. W. Huchtmeier, Dr. Y. Izotov (seit 01.11.), Dr. S. Jorgensen Bissshop (seit 01.02.), T. Kämpf, Dr. M. Kaufman Bernado, Dr. M. Kishimoto (bis 30.09.), Dr. A. Kovács (bis 23.07.), Dr. Y. Kovalev, Dr. K. Lazaridis, K. Li (seit 24.09.), Dr. A. Liermann (seit 01.10.), Y. Liu (bis 31.05.), Dr. N. Marchili (seit 01.07.), Dr. I. Martí-Vidal (seit 01.02.), Priv.-Doz. Dr. M. Massi, Dr. A. Meilland, Dr. F. Millour, Dr. J. Morgan (seit 06.01.), Dr. K. Murakawa, Dr. A. Noutsos (seit 01.07.), Dr. K. Ohnaka (bis 31.03.), Dr. J. Pandian (bis 31.10.), Dr. P. Papaderos, Dr. S. Philipp-May, Dr. A. Pushkarev, O. Ricken, Prof. Dr. E. Ros Ibarra (seit 25.02.), Dr. T. Savolainen, Prof. Dr. P. Schilke (seit 01.03.), Prof. Dr. J. Schmid-Burgk, Dr. J. Schraml, Dr. R. Schwartz, Dr. X. Sun (17.08. bis 16.09.), Dr. F. Tabatabaei, Dr. L. Tambovtseva (seit 25.10.), Dr. L. Tavares (01.05. bis 27.07.), Dr. G. Tuvari, Dr. D. Vir Lal (bis 05.05.), Dr. A. Witzel, Y. Xiang (23.03. bis 22.05.), Dr. L. Zapata (bis 06.11.), Dr. P. Zimmermann.

Doktoranden:

S. Anderl (AlfA, seit 01.03.), E. Barr (seit 28.09.), A. Brizius (seit 01.11.), E. Cenacchi, C.S. Chang, C. Dedes (bis 28.02.), F. Du (seit 30.06.), X.Z. Er, A. Fallon (seit 30.06.), C. Fromm (seit 01.11.), X. Gao (seit 08.12.), R. Gießübel (seit 17.08.), L. Gómez González, A. Gómez Ruiz (seit 04.09.), S. Hochgürtel, S. Hönig (bis 31.01.), V. Impellizzeri (bis 05.09.),

V. Kam, M. Karouzos, A. Kreplin, K. Lazaridis, F.-C. Liu (seit 17.08.), K. Liu (seit 01.09.), M. Mezcuca, E. Morales, J. Morgan (seit 01.10.), F. Navarrete (seit 21.05.), I. Nestoras (seit 26.09.), M. Nord (bis 20.07.), S.K. Oh, T.-C. Peng, R. Rolffs, K.L. Rygl (bis 14.10.), F. Schinzel, K. Sokolovskiy, G. Surcis, E. Tremou (seit 01.03.), T. Troost (seit 12.01.), L. Verheyen (bis 31.08.), F. Volino (seit 01.12.), J. Vural, M. Wienen, M. Zamaninasab.

Diplomanden:

E. Alyaz (seit 01.09.), J. Barrera-Ballesteros (seit 01.10.), C. Buchbender (bis 15.05.), A. Fallon (bis 31.08.), C. Fromm, R. Grellmann (bis 31.03.), J. Gu (bis 30.09.), K. Immer, P. Kamdem (bis 02.03.), T. Krause (seit 01.04.), A. Kühborn (seit 01.10.), S. Kunze (seit 08.11.), S. Möller (bis 30.09.), M. Müller (seit 13.09.), P. Neuhalfen, M. Peuten (seit 06.05.), B. Ritter (bis 17.05.), G. Schneider (seit 01.12.), N. Schneider (seit 21.01.), M. Szymczak (seit 01.11.).

2 Instrumente und Rechenanlagen

2.1 100 m-Radioteleskop Effelsberg

Beobachtungen

Die 2009 vergebene Beobachtungszeit entfiel zu ca. 28% auf spektroskopische Messungen sowie zu 24% auf Kontinuumsbeobachtungen. Etwa 35% wurde für Interferometrie mit langen Basislinien (VLBI), ca. 13% der Zeit für Pulsarbeobachtungen aufgewandt. Hochfrequente Messungen (≥ 15 GHz) nahmen etwas mehr als ein Drittel der Gesamtmesszeit ein. Diese Messungen sind äußerst empfindlich gegen Wettereinflüsse und bedingen somit eine sehr flexible Planung der Beobachtungszeit. Hier bewährt sich der fernbedienbare Fokuswechselmechanismus, der im Rahmen des Umbaus des Subreflektors installiert wurde.

Wie in den vergangenen Jahren waren bei fast zwei Drittel aller Messungen auswärtige Wissenschaftler direkt oder indirekt beteiligt. Der Anteil der internationalen Astronomen liegt bei über 50%; der Großteil der Beobachter kam aus dem europäischen Ausland.

Im Rahmen des europäischen FP7-TNA-Programms wurde die Förderung ausländischer (Nachwuchs-) Wissenschaftler aus den Ländern der EU fortgesetzt, die 2004 im Rahmen von FP6 begonnen wurde. Im vergangenen Jahr wurden insgesamt 10 Beobachtungsprojekte mit mehr als 300 Stunden Messzeit gefördert.

Technische Arbeiten

Im Jahr 2009 standen wiederum vor allem Anstrengungen zum Erhalt und zur Verbesserung der technischen Einrichtungen des Teleskops im Mittelpunkt.

Dazu zählen – neben den üblichen Wartungs- und Konservierungsarbeiten – u.a. der Austausch von Kabelführungen im Teleskop (eine Fortsetzung der Arbeiten von 2008), der Aufbau von LWL-Leitungen und der Austausch eines Getriebes des Elevationsantriebs.

Das im Jahr 2008 installierte FFT-Spektrometer (“A-FFTS” – mit 16×16384 Kanälen) ist seit vergangenerem Jahr in regulärem Betrieb. Dieses Spektrometer ist speziell für Beobachtungen mit dem 21 cm-7 Beam-Empfänger vorgesehen, und wird regelmäßig für Messungen im Rahmen einer ausgedehnten Himmelskartierung im neutralen Wasserstoff (HI-Survey) sowie für ein Pulsar-Suchprogramm genutzt.

Die Arbeiten zur Übertragung der gesamten Teleskopsteuerung von Microvax-Rechnern auf VME-Systeme wurden im Jahr 2009 fortgesetzt und stehen kurz vor dem Abschluss. Der Übergang auf das neue System ist für das erste Halbjahr 2010 vorgesehen. In diesem Zusammenhang werden auch ein neues Kontinuumsbackend, das speziell für den 9mm-7-Pixel-Empfänger gebaut wurde, das A-FFTS, sowie eine neues Pulsarbackend (“Digital Filter Bank”, DFB) optimal in das System eingebunden werden.

2.2 APEX — Das “Atacama Pathfinder Experiment”

Das Teleskop APEX wird in Zusammenarbeit zwischen dem Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR), dem Onsala Space Observatory (OSO) und der Europäischen Südsternwarte (ESO) geführt. Der Betrieb des Observatoriums ist der ESO übertragen worden. (Weitere Informationen unter: www.apex-telescope.org).

Nach 5 Jahren Beobachtungsbetrieb sind mehr als 90 referierte Veröffentlichungen in Fachjournals erschienen, davon fast 70% mit Koautoren aus astronomischen Instituten der MPG.

Zu den Highlights gehören:

— die ersten kosmologischen “Deep field”-Messungen mit APEX bei $870\ \mu\text{m}$ Wellenlänge, insbesondere die des “Chandra Deep Field South”.

— LABOCA-Kartierungen von nahegelegenen aktiven Galaxien wie Centaurus A, die gleichzeitig Staubemission der galaktischen Ebene und Synchrotronstrahlung der Zentralquelle und der Jets zeigen.

— Galaktische und extragalaktische Moleküllinienuntersuchungen in den atmosphärischen Fenstern um $650\ \mu\text{m}$, $450\ \mu\text{m}$ und $350\ \mu\text{m}$, die es bisher so gut wie nicht gab.

— Erste Bilder mit dem 14-Element-Champ⁺-Heterodyn-Array.

— Fertigstellung der umfangreichen ATLASGAL-Kartierung der Milchstraßenebene mit LABOCA bei $870\ \mu\text{m}$ Wellenlänge in einem 360 Quadratgrad umfassenden Gebiet.

— Entdeckung von Absorption im Grundzustand von Ortho-Wasser und Ammoniak in einem Quasar mit Rotverschiebung $z = 0,89$ in Richtung einer Gravitationslinse.

Nachfolgeveröffentlichungen zu allen diesen Resultaten sind in Arbeit.

2.3 ALMA — Das “Atacama Large Millimeter Array”

Das “ALMA Pipeline Heuristics System” (PHS) wurde zur automatischen Datenanalyse in Standard-Beobachtungsarten entworfen und stellt die Ergebnisse zur weiteren wissenschaftlichen Analyse in einem Standardformat zur Verfügung. Es ist aufgebaut aus Skripten auf der Basis der Programmiersprache “Python” und stellt eine Liste von Datenreduktionsbefehlen oder “Tasks” zur Verfügung, mit denen sowohl Messungen von Einzelteleskopen (“Single Dish”) wie auch interferometrische Messungen und Kombinationen aus beiden analysiert werden können. Die Skripte laufen innerhalb der “Common Astronomy Software Applications” (CASA) Umgebung zur Analyse astronomischer Daten.

Das Institut leitet die PHS-Gruppe seit dem Jahr 2004 und leistet Entwicklungsarbeit zur Analyse von Einzelteleskop- und Interferometerdaten, zusammen mit Kollegen von NRAO/USA, UKATC/Australien und NAOJ/Japan. Mit dem PHS können inzwischen Interferometriedaten von einzelnen Messfeldern wie auch Spektrallinienkarten von Einzelteleskopen analysiert werden. Im Herbst 2009 konnten zum ersten Mal echte ALMA-Messdaten automatisch reduziert werden. Die erste Ausgabe (“release”) des PHS ist zur Zeit in Vorbereitung.

2.4 LOFAR — Das “Low Frequency Array”

Im Jahr 2009 wurden für die LOFAR-Station Effelsberg, die erste deutsche LOFAR-Station, weitere Dipol-Antennen des “High-Band Arrays” (HBA) für den Frequenzbereich zwischen 110 und 240 MHz errichtet. Sie ergänzen die bereits vorhandenen 96 Dipolantennen des “Low-Band Arrays” (LBA) für den Bereich von 10-80 MHz. Im November 2009 erfolgte die “First Light”-Beobachtung, wobei der Radiohimmel über Effelsberg im kompletten LOFAR-Frequenzbereich von 10 bis 240 MHz in einer Serie von Messungen mit aufsteigender Frequenz dargestellt wurde.

Das MPIfR betreibt die “Internationale LOFAR-Station Effelsberg” als Teil einer internationalen Kollaboration, mit Partnern in Deutschland und im europäischen Ausland.

Im Rahmen des “Key Science” -Projekts “Cosmic Magnetism” wurde unter der Federführung des MPIfR mit internationaler Beteiligung ein Beobachtungsplan entwickelt zum Nachweis von diffuser, niederfrequenter Synchrotronstrahlung sowie Faraday-Rotation von polarisierten Hintergrundquellen, um sehr schwache Magnetfelder in der Milchstraße und in nahen Galaxien nachweisen zu können.

Ein weiteres ‘Key-Science’-Projekt zum Thema “Pulsars and Transients” erfolgt ebenfalls unter maßgeblicher Beteiligung des MPIfR, speziell der Forschungsgruppe “Radioastronomische Fundamentalphysik”. Erste Highlights dazu bilden die erstmalige Entdeckung eines Pulsars mit der LOFAR-Station Effelsberg sowie die simultane Messung von Pulsaren bei mehreren Frequenzen mit LOFAR sowie den großen Radioteleskopen Effelsberg und Jodrell Bank.

Im Dezember 2009 wurde unter dem Titel “Magnetization of Interstellar and Intergalactic Media: The Prospects of Low-Frequency Radio Observations” eine neue Forschungsgruppe, finanziert von der “Deutschen Forschungsgemeinschaft” (DFG), installiert, an der sich acht Forschungsinstitute in Deutschland beteiligen.

Das “German Long Wavelength Konsortium” (GLOW), bestehend aus 10 deutschen Instituten, betrieb den Aufbau von weiteren deutschen LOFAR-Stationen, und zwar in Tautenburg (2. vollendete internationale LOFAR-Station), Unterweilenbach und Bornim (im Bau) sowie Jülich (geplant). (Weitere Informationen unter: www.lofar.de)

2.5 SKA — Das “Square Kilometre Array”

Das “Square Kilometre Array” (SKA) ist das Projekt eines großen Radioteleskops der nächsten Generation für einen Frequenzbereich bis zu 25 GHz, das eine extrem hohe Empfindlichkeit und Winkelauflösung aufweisen wird und zu den wichtigen “Cornerstone”-Observatorien entlang des elektromagnetischen Spektrums gehört. Das Niederfrequenz-Teleskop LOFAR übernimmt auf europäischer Seite Pfadfinder-Funktionen für das SKA.

Das MPIfR beteiligt sich an den Vorbereitungen zu Entwicklung und Bau des SKA, sowie zur Planung der Wissenschaft mit dem SKA.

Die im Berichtszeitraum abgeschlossene “SKA Design Study” (SKADS, teilweise gefördert über EU-FP6) stellt eine in internationaler Zusammenarbeit erfolgende Untersuchung zu den technologischen Anforderungen und notwendigen Entwicklungen für das SKA dar. Ein wesentlicher Teil davon betrifft die Entwicklung sogenannter “Phased Arrays” unter Verwendung von schneller Digital-Technologie, um damit ein sehr flexibles, “Multi-Tasking”-fähiges Radioteleskop zu erhalten, mit dem eine Reihe unterschiedlicher astronomischer Beobachtungen gleichzeitig durchgeführt werden können.

Die Resultate von SKADS münden in eine neue Studie, “PrepSKA” (teilweise gefördert über EU-FP7), mit der ein Design für das SKA mit Kostenangaben für Phase 1 sowie ein kompletter Zeitplan für das Teleskop erarbeitet werden sollen.

Das MPIfR hat im Rahmen von SKADS Beiträge in folgenden Bereichen geleistet:

- Polarisierte Emission und Magnetfelder (Simulationsrechnungen).
- Konfigurationsstudie für die einzelnen Stationen des SKA.
- Pulsarsuche und Pulsartiming-Untersuchungen mit dem SKA (Simulationen für unterschiedliche Konfigurationen).

Das Institut ist an zwei der fünf wissenschaftlichen “Key Science”-Projekte für das SKA (“Pulsars and Gravitational Waves” bzw. “Cosmic Magnetism”) federführend beteiligt, darüber hinaus an der technischen Umsetzung der Datenverarbeitung von Signalen mit hoher Zeitauflösung. Neben LOFAR sind Wissenschaftler des MPIfR auch an weiteren internationalen Vorläuferprojekten für das SKA wie ASKAP (Australien) und, in Zukunft, MeerKAT (Südafrika), beteiligt.

2.6 Elektronik-Abteilung

Empfänger-Gruppe

- Erster Multifrequenz-Empfänger für das 100-m-Teleskop: Die erste Multifrequenz-Box kommt an der neuen Primärfokus-Wechseleinrichtung am Radioteleskop Effelsberg zum Einsatz. Sie wurde mit bereits vorhandenen kryogenisch gekühlten Systemen für 1 und 1,9 cm Wellenlänge bestückt, sowie mit einem neu entwickelten kombinierten Empfänger für den Bereich von 18 bis 21 cm Wellenlänge.
- Empfänger-Transportsystem: Aufgrund der Vergrößerung von Ausmaß und Gewicht der neuen Multifrequenz-Empfänger ist ein spezielles System für den Transport der Empfängerboxen erforderlich geworden, das zwischen dem Labor in Bonn und dem Radio-Observatorium Effelsberg zum Einsatz kommt.
- Breitbandige Datenübertragung im 100-m-Teleskop: Die zukünftigen radioastronomischen Messungen erfordern eine immer höhere Bandbreite in der Datenübertragung. Im Radioteleskop Effelsberg wurde eine Glasfaser-Leitung für einen Frequenzbereich von 1 bis 18 GHz eingebaut und erfolgreich getestet.
- EMAP, das “Effelsberg Measuring and Processing” System ist ein Datenerfassungssystem zur Abfrage von Prozessdaten und Ansteuerung von Empfängerschaltern in der Fokuskabine des Radioteleskops Effelsberg. Die Parameter für eine laufende Beobachtung sind damit sowohl vom Institut in Bonn wie von jedem Platz in Effelsberg aus für den Beobachter zugänglich.
- Digitaler L-Band-Empfänger: Für zukünftige Empfangssysteme werden immer größere Bandbreiten benötigt. Um diese weiter verarbeiten zu können, müssen entweder breitbandige Übertragungsstrecken bereitgestellt werden oder aber digitale Backends direkt am Empfänger, die die Signale digitalisieren und weiterverarbeiten. Das System wurde im Jahr 2009 aufgebaut; erste Testbeobachtungen im VLBI-Betrieb sind für 2010 vorgesehen.
- 21 cm-Siebenhorn-Empfänger: Zur Erhöhung der Empfindlichkeit des Empfängers speziell für das Pulsar-Suchprogramm der Forschungsgruppe “Radioastronomische Fundamentalphysik” wird eine Vergrößerung der Bandbreite angestrebt. Eines der sieben Empfangshörner wurde in der Bandbreite von 140 MHz auf 240 MHz modifiziert. Erste Testbeobachtungen waren erfolgreich, wobei vor allem die Resultate kompatibel mit früheren Messungen sind (wichtig für langfristige Projekte wie den “Effelsberg-H I-Survey”).
- Aufbereitung der Lokoszillator- (LO) Frequenz: Für die zukünftigen Empfangssysteme wird derzeit eine hochfrequente und möglichst universelle “Phase-locked loop” (PLL) Schaltung aufgebaut, welche die Probleme der bestehenden Vervielfacherketten und Oberwellenmischer-PLL umgehen soll. Derzeit entstehen drei Einheiten, die LO-Frequenzen von ca. 8–13 GHz erzeugen und direkt auf unser ULO-System eingestellt sind.

Technologie-Gruppe

- Zwischenfrequenzverstärker für APEX: Der LASMA-Empfänger ist ein Doppelfrequenz-SIS-Heterodyne-Array für das APEX-Teleskop, bestehend aus 19 Pixeln bei 490 GHz und 7 Pixeln bei 345 GHz in einer sechseckigen Anordnung. Er wird gemeinsam vom MPIfR (System und rauscharmer Verstärker, “low noise amplifier” oder LNA) und der Universität zu Köln (SIS-Mischer) entwickelt.
- 9 mm-7 Horn-Empfänger: Dieser Empfänger wurde während des Berichtszeitraums fertiggestellt und am Teleskop in Betrieb genommen. Der Empfänger stellt 12 RF-Kanäle in 7 Hörnern im Frequenzbereich von 30–34 GHz zur Verfügung. Drei der Pixel haben Polarimeter, davon zwei mit zirkularer und einer mit linearer Polarisation. Die Anordnung der Hörner ist elliptisch, um für ausgedehnte Quellen größere Beam-Abstände zu bieten.

Zwischen MPIfR, IRAM und IAF (Fraunhofer-Institut für angewandte Festkörperphysik, Freiburg) besteht eine Kollaboration zwecks Entwurf und Herstellung von LNA-MMICs bei Frequenzen bis 25 GHz bei kryogenen Temperaturen von etwa 15 K mit Hilfe von IAFs

metamorphem HEMT-Prozess. Innerhalb der Kollaboration führt das MPIfR die Charakterisierung und Modellierung von einzelnen HEMT-Komponenten bei kryogenen Temperaturen sowie Integration und Test der gefertigten Chips durch.

Für die laufende Planung neuer hochfrequenter und breitbandiger Empfänger für Sekundär- und Primärfokus des 100m-Teleskops muss die Stehwellenbildung zwischen den Brennpunkten besser verstanden werden. Dazu wurden Untersuchungen mit Streukegel im Zentrum des Sekundärspiegels durchgeführt, um Stehwellen bei Messungen aus dem Sekundärfokus zu vermeiden.

System-Gruppe

Die Hauptaufgabe der Systemgruppe ist Wartung und Instandsetzung von eingesetzten Empfängern und Peripheriegeräten sowie der reibungslose Betrieb dieser Geräte im Radioteleskop.

Zu den Backend-Entwicklungen für das 100m-Teleskop gehören die Arbeit am “Multi-Frequency Filter and Switching Backend” (MultiFiBa), einem System, das für den laufenden 21 cm-Siebenhorn-Empfänger sowie neue Multihorn-Empfänger zum Einsatz kommt, die Installation eines digitalen Filterbank-Backends für Pulsar-Beobachtungen sowie das 16 Kanal-FPGA-Universalbackend “AFFTS”.

Ein zunehmend wichtiger Teil der Arbeit der Systemgruppe umfasst die Identifikation und Vermeidung künstlicher Radiostrahlung (“Radio Frequency Interference”, RFI), die die Messungen mit dem 100m-Teleskop empfindlich stören kann. Die Maßnahmen zur Vermeidung interner RFI-Signale beinhalten z.B. den Ersatz des kupferbasierten Ethernet im Gebäude des Observatoriums, den Einbau metallgeschirmter Fenster, den Ersatz von Gasentladungsröhren durch LED-Technologie, das systematische Ausschalten gerade nicht benutzter Empfängerkomponenten sowie die zunehmende Verlagerung von Teleskop-Infrastruktur in den Faraday-Raum.

2.7 Submillimeter-Technologie

Heterodyn-Gruppe

Die Abteilung beteiligt sich an einer Reihe von größeren Teleskopprojekten im Submillimeter- und Ferninfrarotbereich (FIR) sowohl auf dem Erdboden wie auch im Luft- und Welt-raum. Im Zentrum der Aktivitäten steht APEX, das “Atacama Pathfinder Experiment” in Chile, dazu gehören aber auch das Flugzeug-Observatorium SOFIA (“Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy”), der FIR-Satellit Herschel sowie das in Bau befindliche Interferometer ALMA (“Atacama Large (Sub-) Millimeter Array). Ein Höhepunkt im Jahr 2009 war der erfolgreiche Start des Satelliten Herschel am 14. Mai. Im folgenden eine Auflistung der instrumentellen Entwicklungen:

– Das Lokaloszillator-Subsystem für HERSCHEL/HIFI: Die Gruppe ist verantwortlich für die Entwicklung des Lokaloszillators von HIFI (“Heterodyne Instrument for Herschel”), das mit insgesamt 14 Detektor-Kanälen den Frequenzbereich von 480–1916 GHz mit einer instantanen Bandbreite von 4–8 GHz abdeckt. Tests des Systems erfolgten vor dem Start in einer Vakuum-Kühlkammer sowie nach der Inbetriebnahme des Instruments (“commissioning”) ab Sommer 2009. Der Ausfall einer Kontrolleinheit des Lokaloszillators, vermutlich verursacht durch kosmische Strahlung, führte zu einer zeitweisen Abschaltung des Empfängers, der aber inzwischen wieder erfolgreich funktioniert.

– GREAT – das deutsche “First-light-Instrument” für SOFIA: GREAT, der modulare 2-Kanal Heterodyn-Empfänger für hochauflösende Spektroskopie bei THz-Frequenzen, wurde nach ausgiebigen Tests für die Verschickung und den Betrieb am Flugzeug-Observatorium SOFIA vom DLR freigegeben. GREAT ist unter Federführung des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in Kollaboration mit der Universität zu Köln, dem MPI für Sonnensystemforschung und dem DLR-Institut für Planetenforschung entwickelt worden. In

der vorgesehenen first-light Konfiguration werden gleichzeitige Beobachtungen in drei Frequenzbändern, bei 1,25 – 1,5 und 1,8 – 1,9 THz sowie bei 2,7 THz mit parallel betriebenen Detektoren möglich sein.

Ein weiterer Empfängerkanal bei 4,7 THz ist in der Entwicklung, wird jedoch bei den Erstflügen noch nicht zum Einsatz kommen. Durch die modulare Auslegung des Instruments kann es jederzeit an neue Technologien und neue wissenschaftliche Fragestellungen angepasst werden. Nach dem Erstflug mit offener Tür im Dezember 2009 sind die wissenschaftlichen Erstflüge von SOFIA für 2010 vorgesehen.

– Ein 1 THz-Empfänger für APEX: Für das APEX Teleskop wurde ein 1-Kanal-Heterodyn-System zum Einsatz bei 1 THz Empfangsfrequenz entwickelt, basierend auf einem HIFI-Band 4-SIS-Mischer, der von einer HIFI-Band 4-Lokaloszillatorkette über ein Martin-Puplett-Interferometer gespeist wird. Mit einer Rauschtemperatur um 500 K bietet dieses System die Möglichkeit der Beobachtung durch eines der letzten, vom Boden zugänglichen schwach transmissiven Fenster der Atmosphäre und dient als Pfadfinder und Testbett für HIFI-Beobachtungen. Der Empfänger wurde im Frühjahr 2009 installiert und stand ab August für Messungen am APEX zur Verfügung. Durch die ungewöhnlich hohe Luftfeuchtigkeit waren erfolgreiche Messungen in diesem Frequenzbereich im Jahr 2009 noch nicht möglich.

– Photonische Lokaloszillatoren: Die Entwicklung alternativer LO-Quellen ist am Institut erfolgreich vorangeschritten. Eine intensive experimentelle Analyse von bei niedriger Temperatur gewachsenem Gallium-Arsenid (LT-GaAs) und Ionen-implantiertem GaAs wurde durchgeführt, um die Herstellungsbedingungen für optimale Materialparameter zu bestimmen, um somit “defect engineering” Photomischer mit hervorragenden Eigenschaften zur Erzeugung von THz-Strahlung herstellen zu können.

Mehrere Photomischer-Designs wurden durch Elektronenstrahlolithographie hergestellt. Optimierte Strukturen lieferten bis zu $3 \mu\text{W}$ Ausgangsleistung. Ein Heterodyn-mischer mit photonischer Technologie bei 1,05 THz kam am APEX zum Einsatz. Parallel wurde ein System zur Frequenz- und Phasenstabilisierung der Laser entwickelt. Dank eines neu entwickelten optischen Kamms ist eine optische Referenz verfügbar, auf der die freilaufenden Laser gelockt und somit kontinuierlich durchstimmbare Linienbreiten von wenigen kHz erreicht werden können. Das Experiment ist in mehrfacher Hinsicht eine Pionierleistung: 1) zum ersten Mal Einsatz unter Teleskopbedingungen in über 5000 m Höhe, 2) die höchste Frequenz, bei der bisher ein photonischer Lokaloszillator erfolgreich zum Einsatz kam sowie 3) der Einsatz eines vollständig optischen Systems zum Phasenlock des THz-Signals.

– Fast-Fourier-Transform-Spektrometer (FFTS): Die Inbetriebnahme von “Array-Fast-Fourier-Transform-Spektrometern” (A-FFTS) erfolgte sowohl für den CHAMP⁺-Empfänger am APEX-Teleskop (Analyse von 48 GHz Bandbreite in 262144 spektralen Kanälen) wie auch für das 100 m-Radioteleskop in Effelsberg (Linienbeobachtungen mit Bandbreiten von 20 bis 500 MHz und 16384 spektralen Kanälen sowie Pulsar-Messungen mit jeweils 250 MHz Bandbreite in 512 Frequenzkanälen).

Weiterhin wurde für den deutschen THz-Empfänger GREAT, der auf dem Flugzeugobservatorium SOFIA zum Einsatz kommen wird, ein FFT-Spektrometer mit $2 \times 1,8$ und $2 \times 0,75$ GHz Bandbreite und 8192 bzw. 16384 spektralen Kanälen entwickelt. Der modulare Aufbau des GREAT-FFTS bietet die Option, das Spektrometer mit weiteren FFTS-Karten an zukünftige Empfänger-Generationen anzupassen.

Im Projekt XFFTS wurde ein FFT-Spektrometer mit einer instantanten Bandbreite von 2,5 GHz entwickelt, das bereits erfolgreich am APEX-Teleskop getestet wurde und, für GREAT modifiziert, bei den ersten Wissenschaftsflügen mit SOFIA im Sommer 2010 zum Einsatz kommen kann.

Bolometergruppe

Die Bolometerkamera MAMBO-2 (MAx-Planck Millimeter Bolometer) stand auch im Jahre 2009 der astronomischen Gemeinschaft am 30m-Teleskop von IRAM auf dem Pico

Veleta zur Verfügung. Im atmosphärischen Fenster bei 1,2 mm Wellenlänge ist das Interesse der Astronomen an dieser großformatigen Kamera offenbar immer noch hoch. Wegen der starken Inanspruchnahme der Bolometergruppe des MPIFR durch Projekte am APEX-Teleskop war leider nur eine minimale technische Unterstützung möglich. Dies konnte aber durch eine stärkere Beteiligung des lokalen Personals von IRAM an der Wartung ausgeglichen werden.

LABOCA-1 (Large Apex Bolometer Camera) ist eine Bolometer-Kamera für 0,87 mm Wellenlänge mit einem Felddurchmesser von 0,2 Grad, was etwa der Hälfte des verfügbaren Felddurchmessers in der Cassegrain-Kabine von APEX entspricht. Seit der erfolgreichen Inbetriebnahme von LABOCA-1 als Facility Instrument am APEX-Teleskop im Mai 2007 ist diese Kamera durchgehend im Einsatz.

Das kleine supraleitende Array mit dem Namen SABOCA (Small Apex Bolometer Camera) mit 37 Pixeln bei 350 μm Wellenlänge wurde im Jahr 2009 als Facility Instrument an APEX in Dienst gestellt. Es führt die Technologie der supraleitenden Bolometer mit Auslesung über SQUID-Multiplexer im Zeitbereich an diesem Teleskop ein. Die Entwicklung von supraleitenden Bolometern mit SQUID (Superconducting Quantum Interference Device) Auslesung wird von uns in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Photonische Technologien (IPHT) in Jena verfolgt. Ein SQUID-Multiplexer Chip mit 10 Kanälen wurde am IPHT entwickelt und findet sowohl bei SABOCA als auch bei LABOCA-2 (s.u.) Anwendung. SABOCA arbeitet noch in einem kompakten Kryostaten mit gepumptem flüssigen Helium und einstufigem ^3He -Sorptionkühler. Erste astronomische Resultate wurden erhalten. Auffallend sind die sauberen Rauschspektren mit niedrigem 1/f-Rauschen trotz DC-Bias und DC-Kopplung.

Der Erfolg von SABOCA war ein notwendiger Schritt in Richtung auf LABOCA-2. Dieses System ist konzipiert als supraleitende Version von LABOCA-1 bei gleicher Wellenlänge und Anzahl der Bolometer. Es hat sich leider herausgestellt, daß am abgelegenen Standort von APEX in 5100 m Höhe Kryogenik auf der Basis von flüssigem Helium enorme logistische, praktische und finanzielle Anstrengungen mit sich bringt. Darunter leidet manchmal sogar die Effizienz der Beobachtungen. Aus diesem Grund wird die Entwicklung von Bolometern, die auf einer Kühlmaschine betrieben werden können, von uns mit Nachdruck verfolgt. Kryogene Basis von LABOCA-2 ist die Kombination des an der Universität Gießen entwickelten zweistufigen Pulsrohrkühlers (PRK) mit einem dreistufigen $^4\text{He}/^3\text{He}$ -Sorptionkühler der Firma Chase Cryogenics (He-10). LABOCA-2 soll mindestens die Empfindlichkeit von LABOCA-1 erreichen. Sogar eine Verbesserung erscheint möglich da, technologisch bedingt, bei LABOCA-2 die Siliziumnitrid-Membranen strukturiert werden können, was eine bessere Optimierung der Wärmeleitfähigkeit erlaubt. Unter dem relativ geringem Hintergrund im atmosphärischen Fenster bei 0,87 mm Wellenlänge sind damit optimale Empfindlichkeiten erreichbar. Das IPHT hat Methoden zur Strukturierung der Membranen aus Siliziumnitrid entwickelt, mit denen auch extrem schmale freitragende Stege mit entsprechend geringer Wärmeleitfähigkeit hergestellt werden können. LABOCA-2 absorbiert die Entwicklungskapazitäten der Bolometergruppe vollständig. Es ist geplant, LABOCA-2 Ende 2010 am APEX in Dienst zu stellen.

LABOCA hat auch eine Polarisationsoption. Das Polarimeter basiert auf einer abstimmbaren, reflektierenden Verzögerungsplatte großen Durchmessers, die einen der Planspiegel der Tertiäroptik ersetzt und im Betrieb kontinuierlich rotiert. Ein Filterrad mit vier Positionen wurde vor dem Eingangsfenster von LABOCA installiert. Zwei Positionen sind mit orthogonalen Drahtgittern ausgestattet, die als Analysatoren im Polarisationsmodus dienen. Eine weitere Position ist offen und eine andere ist mit Absorber zur Kalibration belegt. Letztere Positionen dienen den normalen Beobachtungen ohne Polarisation. Im Herbst 2009 fanden erste Tests des Polarisationsmodus statt, die sehr erfolgreich waren. Bei sehr schlechten atmosphärischen Bedingungen konnten dennoch gute Polarisationskarten von Orion OMC-1 gewonnen werden. Es stellte sich heraus, dass die Kombination einer schnellen Polarisationsmodulation mit einem DC-gekoppelten Bolometerarray sehr

günstig ist. Da hier die Stokes Parameter I, Q und U aus dem gleichen Datenstrom extrahiert werden, sind Pointing und Kalibration notwendigerweise identisch! Bis auf weiteres ist das LABOCA-Polarimeter PI Instrument des MPIfR.

2.8 Technische Abteilung für Infrarot-Interferometrie

LINC-NIRWANA

Das Institut ist verantwortlich für den Nahinfrarot-Detektor des Nachführsystems (“Fringe and Flexure Tracking System”, FFTS) sowie die Weiterentwicklung des Software-Frameworks für die Datenreduktionssoftware dieses Interferometer-Instruments für das “Large Binocular Telescope” (LBT). Entwicklung und Tests neuer Software wurden auch im Jahr 2009 vorangetrieben und die Abhängigkeit der rekonstruierten Abbildungen von einer Reihe von Testparametern untersucht.

MATISSE

MATISSE ist ein Mittelinfrarot-Interferometrie-Instrument zum Einsatz am “Very Large Telescope Interferometer” (VLTI) der ESO, das interferometrische Beobachtungen zwischen 3 und 5 μm (*L*- und *M*-Band), sowie 7 und 13 μm (*N*-Band) ermöglichen wird. Die Beteiligung des MPIfR liegt in den Bereichen “Entwicklung des Detektorsystems” sowie “Datenreduktions-Software”.

ARGOS

Das “Advanced Rayleigh Ground layer adaptive Optics System” (ARGOS) ist ein Laser-Leitstern-System, das an beiden 8,40 m-Spiegeln des LBT zum Einsatz kommen wird. Die Beteiligung des MPIfR umfasst vor allem die Eigenschaften des Detektors für die Wellenfronten — Charakterisierung und Tests sowohl des CCDs wie auch der Datenleitung zur Auslese der Daten.

2.9 VLBI-Technik

VLBI-Korrelator

Das MPIfR betreibt seit 1978 VLBI-Korrelatoren, mit denen Radioastronomen und Geophysiker digitale Daten auswerten, die im Rahmen der Radiointerferometrie mit großen Basislängen (Very Long Baseline Interferometry, VLBI) aufgezeichnet werden.

Der MK IV-Hardware-Korrelator befindet sich seit Dezember 1999 in Betrieb. In 2008 wurde der von Deller et al. am Centre for Astrophysics and Supercomputing in Swinburne entwickelte DiFX-Software-Korrelator auf einem dedizierten HPC-Cluster installiert. Auf ihm wurde im Sommer 2009 die erste produktionsmäßige Korrelation einer astronomischen VLBI-Beobachtung mit 14 Teleskopen erfolgreich durchgeführt. Ab Herbst 2009 wurden alle astronomischen Beobachtungen auf den Software-Korrelator verlagert. Er soll etwa Anfang bis Mitte 2010 den Mark IV-Korrelator vollständig ersetzen. Zurzeit findet eine Verifikation des DiFX-Korrelators für geodätische Beobachtungen statt.

Der Korrelator dient der VLBI-Gruppe am MPIfR vor allem zur Fortentwicklung der VLBI-Technologie und -Wissenschaft hin zu immer kürzeren Wellenlängen und höherer Empfindlichkeit. Er ist auch der Standard-Korrelator für das Globale MM-VLBI Array (GMVA), das vom MPIfR organisiert wird.

Der Korrelator ist neben der Auswertung der Daten von astronomischen VLBI-Beobachtungen des MPIfRs auch einer der beiden weltweit wichtigsten Korrelatoren für den internationalen geodätischen Dienst IVS (International VLBI Service). Der Betrieb des Korrelators und die geodätischen Auswertungen am Institut werden von der Universität Bonn und dem BKG unterstützt bzw. durchgeführt.

Die Aufzeichnung der Daten erfolgt an den in verschiedenen Netzwerken organisierten Radioteleskopen mittels Echtzeit-Magnetplattenrekordern. Zum Einsatz kommen handelsübliche Computer-Festplatten in speziellen Wechselgehäusen, in denen sie auch versandt werden. Die maximale Datenrate, mit der aufgezeichnet werden kann, beträgt zurzeit 2048 Mbit s^{-1} .

Die in 2007 unter der Schirmherrschaft des IVS gestartete e-“Intensive” Beobachtungsserie zur Bestimmung von UT1 ist sehr erfolgreich. Jeden Montag beobachten Teleskope in Ny Ålesund (Spitzbergen), Wettzell (Bayrischer Wald) und Tsukuba (Japan) verschiedene Radioquellen für eine Stunde im VLBI-Modus. Die Daten werden dann via Internet nach Bonn zum Korrelator übertragen und sofort korreliert (e-VLBI). Auf diese Weise kann zum ersten Mal eine Messung von UT1 schon ca. 7 Stunden nach der Beobachtung veröffentlicht werden. Es wird versucht, auch die übrigen “Intensive”-Beobachtungen, die nicht in Bonn ausgewertet werden, auf elektronischen Datentransfer umzustellen.

Globales VLBI-Netzwerk für Beobachtungen bei Millimeter-Wellenlängen

Im Rahmen des Betriebes des GMVA wurden im Mai und Oktober 2010 zwei globale VLBI-Beobachtungskampagnen bei 3 mm Wellenlänge durchgeführt. In jeder der beiden Kampagnen werden typischerweise 5-7 Beobachtungsprojekte durchgeführt, mit dem Ziel, die Struktur und Kinematik ausgewählter Radioquellen und deren Jets mit einer Winkelauflösung von $45\text{-}75 \mu\text{as}$ (Mikrobogensekunden) zu untersuchen. Die im Oktober durchgeführte Kampagne wurde mit Hilfe des DiFX-Software-Korrelators korreliert.

Transfer von VLBI-Daten mittels Internet (eVLBI)

Die Möglichkeit der Übertragung von Teleskopdaten zu den VLBI-Korrelatoren mittels Internet ist mittlerweile ein weiterer Standard für den Transport der Daten. Diese Art der Datenübertragung ist besonders für einen Software-Korrelator geeignet, da die Daten direkt von normalen Festplatten gelesen werden können. Die von der MPG gebaute Glasfaser-Datenleitung zwischen dem Teleskop in Effelsberg und dem Institut in Bonn ist im Betrieb und für die VLBI-Datenübertragung mit nominal bis zu 10 Gbit s^{-1} nutzbar. Über eine dedizierte 10 Gb-Leitung von Bonn nach Holland werden Effelsberg-Daten auch zum europäischen Korrelator bei JIVE (Niederlande) übertragen. Erfolgreich getestet wurde der VLBI-Transfer bis 1024 Mbit s^{-1} . Weiterhin wird die Übertragung der Daten von ausgewählten Teleskopen unter anderem über GÉANT und eine dedizierte 1 Gbit-Leitung (DFN) zum Institut routinemäßig durchgeführt. Die Auswertung zeitkritischer geodätischer Beobachtungen konnten auf diese Weise beschleunigt werden.

Technische Entwicklungen für VLBI

Die zweite Generation einer neuen Sampler/Filtereinheit für VLBI-Beobachtungen (Digital Base-Band Converter: DBBC), entwickelt in Zusammenarbeit mit dem Istituto di Radioastronomia (Noto, Italien), wurde erfolgreich getestet und ein Prototyp 2009 in Effelsberg installiert. Am MPIfR wurde der Analog/Digitalkonverter entwickelt. Die Produktion der DBBCs wird von einer neu gegründeten Spin-Off Firma in Italien übernommen; die VLBI-Abteilung wird technische Unterstützung liefern. Der DBBC2 wird Datenraten bis 8 Gbit s^{-1} erlauben.

Ein erster Prototyp einer Platine für den DBBC mit zwei 10 Gbit-Anschlüssen wurde im Jahr 2009 fertig gestellt. Sie wird es erlauben, die hohen Datenraten vom DBCC zum Beispiel zu einem Mark5C Rekorder zu übertragen. Sie ermöglicht auch den Datentransport von einem in der Entwicklung befindlichen digitalen Empfänger im Effelsberg Radioteleskop zur Weiterverarbeitung im Kontrollgebäude.

Die Bandbreite von zirkular-polarisierten Empfängern, wie sie für VLBI-Beobachtungen benötigt werden, ist begrenzt. Die Astronomen verlangen aber zunehmend größere Bandbreiten für ihre Beobachtungen. Basierend auf den FPGA-Platinen des DBBC-Projekts, wurde ein Algorithmus entwickelt und bereits in einer Simulation getestet, der digital aus linear-polarisierten Signalen zirkulare Polarisation erzeugen kann.

3 Lehrtätigkeit, Prüfungen und Gremientätigkeit

3.1 Lehrtätigkeiten

Vorlesungen von Mitarbeitern des MPIfR wurden gehalten an der Universität Bonn (Prof. K.M. Menten, G. Weigelt, J.A. Zensus, Priv.-Doz. S. Britzen, E. Krügel und M. Massi, Drs. B. Parise, P. Schilke, S. Thorwirth), an der Universität Heidelberg (Priv.-Doz. S. Britzen) und an der Universität Köln (Prof. J.A. Zensus, Priv.-Doz. S. Britzen).

Ende 2009 waren 39 Doktoranden Mitglieder der Research School (IMPRS); es wurden sechs Promotionen im Berichtsjahr abgeschlossen. Im Rahmen von IMPRS wurde eine Reihe von Seminarvorträgen veranstaltet.

3.2 Prüfungen

Wissenschaftler des MPIfR wirkten wieder an zahlreichen universitären Diplom- und Promotionsprüfungen mit.

3.3 Gremientätigkeit

W. Alef: VLBI Technical and Operations Group EVN (Vorsitz), RadioNet Engineering Forum (stv. Vorsitz);

J. Anderson: Australian Square Kilometre Array (ASKAP), POSSUM Project: Ionospheric Working Group (Vorsitz); GLOW, Technical Working Group (Vorsitz); GLOW Executive Committee; LOFAR Astronomical Development; LOFAR Long Baseline Working Group (stv. Vorsitz); LOFAR Ionospheric Working Group; LOFAR Cosmic Magnetism Key Science Project; LOFAR Technical Review Panel for Observing Proposals; LOFAR Technical Working Group;

T. Arshakian: Cosmic Magnetism (LOFAR) and Bpol committees;

J. Baars: Supervisory Committee LMT, INAOE, Mexico (Vorsitz); Critical Design Review ACA Antennas at NAOJ, Japan; International Engineering Advisory Committee (IEAC) of the SKA project;

R. Beck: SKADS, Science Simulation Group; MPIfR SKA/LOFAR Focus group (Vorsitz); SKA, Science Working Group und Outreach Committee; SKA, Key Science Project “Cosmic Magnetism” (Vorsitz); GLOW, German Long Wavelength Consortium (Sekretär); GLOW, Science Working Group; LOFAR, Key Science Project “Cosmic Magnetism” (Vorsitz); LOFAR, ARC (Astronomy Research Committee); LOFAR, LAD (LOFAR Astronomy Development); VLA, Programm-Komitee; APEX, Programm-Komitee.

Belloche, A.: APEX: Deutsches Programm-Komitee;

Britzen, S.: Fakultätsmitglied der Ruprecht-Karl-Universität Heidelberg;

Henkel, C.: CPTS-Sektion der MPG (Gewähltes Mitglied); IAU Nominating Subcommittee; IAU Working Group Astrochemistry;

Hofmann, K.-H.: VLTI MATISSE Science Group;

Jessner, A.: Committee on Radio Astronomy Frequencies of the European Science Foundation; ESF Standing Committee for Physical and Engineering Sciences (PESC);

Kramer, B.: Scientific Advisor to the National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT);

Kramer, M.: LIGO Oversight Committee; LOFAR Program Committee; Gravitational Wave International Committee; ASTRON Westerbork Program Committee; European Pulsar Timing Array Executive Committee (Vorsitz); SKA Science Working Group; 2009 Marcel Grossmann Award;

Keller, R.: RadioNet Engineering Forum (Vorsitz); SKA Signal Transportation Group; SKADS-EMBRACE Signal Transportation (Projektleitung); prepSKA Liason Engineer;

Kovalev, Y.: RADIOASTRON: International Science Advisory Council; RADIOASTRON: In-Orbit Check-out Working Group; RADIOASTRON: Early Science Program Working Group; SKA: Science and Engineering Committee; 11th Asia-Pacific IAU Regional Meeting: SOC;

Kraus, A.: URSI Germany, Commission J, Radio Astronomy (stv. Vorsitz);

Kraus, S.: LBT LINC-NIRVANA Science Group; VLTI MATISSE Science Group;
 Lobanov, A.: EVN Program Committee (Sekretär); RadioNet Science Workshop and Training Working Group; Square Kilometer Array Science Simulation Working Group; RADIOASTRON: Science Program Working Group (stv. Vorsitz); ASTRO-G (VSOP-2) International Science Working Group; e-VLBI Science Advisory Group;
 Menten, K.M.: Nordrheinwestfälische Akademie der Wissenschaften (gewähltes Mitglied); Deutsche Naturwissenschaftliche Akademie Leopoldina (gewähltes Mitglied); IRAM Executive Council (Vorsitz ab 2010); Submillimeter Array (SMA) Scientific Advisory Committee, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics; APEX Board (Vorsitz); NRAO Expanded Very Large Array (EVLA) Advisory Panel; NRAO Science Advisory Group for the EVLA (Vorsitz); NRAO Panel to Advise on Science and EVLA Operations; IAU Astrochemistry Working Group (Commission 34); European Research Council (ERC) Advanced Investigator Grant award;
 Millour, F.: VLTI MATISSE Science Group;
 Muders, D.: IRAM Scientific Advisory Committee;
 Porcas, R.: EVN Network Program Committee (Scheduler); URSI/IAU Global VLBI Working Group; Global 3mm VLBI Network (European Scheduler); EVN eVLBI Science Advisory Committee; Marie Curie Action RTN Angles (Scientist in Charge, Bonn node);
 Reich, W.: LOFAR KSP “Cosmic Magnetism” (Managing Team bis 10/2009); GLOW Scientific Working Group;
 Ros, E.: ESTRELA, Marie-Curie-Network of the EU (Bonner Koordinator);
 Weigelt, G.: VLTI AMBER Science Team (stv. Vorsitz); VLTI MATISSE Science Group (stv. Vorsitz); LBT LINC-NIRVANA Science Group (stv. Vorsitz);
 Weiß, A.: IRAM program committee; APEX German program committee; APEX SABOCA commissioning team;
 Wyrowski, F.: IRAM Science Advisory Committee; APEX German program committee;
 Zensus, J.A.: EVN Board of Directors; JIVE, Joint Institute for VLBI in Europe (Board); ESKAC, European SKA Consortium (Vorsitz); GLOW: German Long wavelength Consortium (Vorsitz); RadioNet, EU-FP6 Infrastructure Network (stv. Vorsitz); RadioAstron International Science Council; SKA Science and Engineering Council; VSOP International Science Council (Vorsitz); ExPres Board; RadioNet FP7 Board; ASTRONET Board; EVN Symposium Organizing Committee.

4 Wissenschaftliche Arbeiten

4.1 Millimeter- und Submillimeter-Astronomie

Sternentstehung und Astrochemie

Die Staubemission in Submillimeter-Wellenlängen bietet eine ideale Möglichkeit, die frühesten Phasen der Sternentstehung aufzuspüren, da sie unmittelbar das dichte interstellare Material zeigt, in dem neue Sterne entstehen. Viele Fragen zur Entstehung von massereichen Sternen sind deswegen noch ungeklärt, weil die entsprechenden Zeitskalen sehr kurz sind. Sterne mit großer Masse sind selten und die Regionen ihrer Entstehung in der Milchstraße im allgemeinen in großer Entfernung und schwierig zu identifizieren. Bisher wurden aufgrund unterschiedlicher Kriterien eine Reihe von Stichproben für protostellare Objekte mit hoher Masse definiert, jedoch noch keine systematisch und statistisch unverzerrt. Eine solche Studie stellt die im Jahr 2007 gestartete ATLASGAL-Kartierung der galaktischen Ebene mit dem LABOCA-Empfänger am APEX-Teleskop bei $870\ \mu\text{m}$ Wellenlänge dar (“APEX Submillimeter Dust Continuum Survey of the Inner Galaxy”). Bis einschließlich 2009 sind 400 Stunden Messzeit erfolgt; ein Feld von 360 Quadratgrad im inneren Bereich der Milchstraße wurden auf einer Länge von 120° ($\pm 60^\circ$ um das Galaktische Zentrum) mit $\pm 1,5^\circ$ in galaktischer Breite abgedeckt.

Während ein Teil der Datenanalyse noch läuft, sind eine Reihe von Folgeprogrammen in Arbeit, von denen einige hier aufgeführt werden:

— Untersuchung der Staubemission in Gebieten der Entstehung massereicher Sterne durch den Vergleich großskaliger Kartierungen (“Surveys”) in Ferninfrarot- und Submillimeterwellenlängen: Der Vergleich von zwei Surveys der galaktischen Ebene in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen, ATLASGAL (submm) und MIPS GAL mit dem Spitzer-Satellitenteleskop (FIR) ermöglicht die Identifikation der Frühphasen der Entstehung von massereichen Sternen und Sternhaufen.

— Junge Sternhaufen und ihre molekulare Umgebung: Zusammenstellung aller bekannten Sternhaufen innerhalb des ATLASGAL-Feldes, die sowohl bei ATLASGAL als auch in nahinfraroten Wellenlängen (“2MASS-Survey”) sichtbar werden und auf eine Assoziation von Sternhaufen und Molekülwolke hindeuten. Eine Reihe dieser Objekte sind mit dem IRAM-30m-Teleskop und mit APEX in unterschiedlichen CO-Linien kartiert worden, um die Verteilung des dichten durch die UV-Strahlung angeregten Gases zu untersuchen.

— Ammoniak-Beobachtungen von ATLASGAL-Klumpen: Obwohl massereiche Klumpen allein durch die Kontinuumsstrahlung des Staubes identifiziert werden können, fehlen noch wichtige physikalische Parameter wie Dichte, Temperatur und Radialgeschwindigkeit, die nur durch spektroskopische Beobachtungen zu erhalten sind. Da das Ammoniak-Molekül besonders gut zur Untersuchung von Temperatur und Bewegung von kalten dichten Molekülklumpen geeignet ist, wurden mit dem Effelsberg- und dem Parkes-Radioteleskop Messungen der Inversionübergänge von (1,1) bis (3,3) für ATLASGAL-Quellen durchgeführt. Daraus lässt sich auch eine 3D-Verteilung von Regionen der Entstehung massereicher Sterne im 1. und 4. Quadranten unserer Milchstraße ableiten.

— Wassermaser-Quellen assoziiert mit ATLASGAL-Klumpen: Mit dem 100 m-Radioteleskop wurde auf 155 Positionen aus ATLASGAL nach Wassermaser-Emission gesucht, mit einer Erfolgsquote von 55%. Viele dieser Maserquellen waren vorher nicht bekannt. Die Ergebnisse helfen bei der Festlegung von Zeitskalen für die frühen Phasen bei der Entstehung massereicher Sterne.

— Molekulare Fingerabdrücke von ATLASGAL-Klumpen mit dem MOPRA-Teleskop: Aus den kompakten Quellen in ATLASGAL wurde ein flusslimitiertes Sample ausgewählt, das mit dem australischen MOPRA-Teleskop bei 3 mm Wellenlänge mit der großen Bandbreite von 8 GHz beobachtet wurde, um aus den Moleküllinien von CO, HCN, HCO⁺, HCCCN, SiO und ihren Isotopomeren Aussagen über Radialgeschwindigkeit, Temperatur, Dichte und chemische Zusammensetzung der Quellen treffen zu können. Besonders dichte und hochangeregte Quellen aus dem Sample sind zusätzlich mit APEX bei höheren Frequenzen spektroskopisch untersucht worden, um Informationen über höher angeregte Linien zu gewinnen.

— “Principal Component Analysis” (PCA), angewandt auf Moleküllinienbeobachtungen von dichten Klumpen: Die statistische Methode der “Principal Component Analysis” wurde auf drei Parameter aus den Moleküllinienbeobachtungen von ATLASGAL-Quellen mit dem Mopra-Teleskop angewandt, nämlich integrierte Intensität, räumlicher Verteilung der integrierten Intensität und Radialgeschwindigkeiten in den Linien. Die Untersuchung von 35 extinktionsselektierten und 353 staubselektierten Quellen könnte zu einem Klassifikationsschema für diese Quellen führen; die Methode scheint stoßwellenbezogene Strukturen, kaltes Gas und weiterhin optisch dicke bzw. optisch dünne Komponenten voneinander zu unterscheiden.

— Submillimeter-Untersuchung eines neuen Samples von Regionen der Entstehung massereicher Sterne am Südhimmel: Frühphasen der Sternentstehung in der südlichen Hemisphäre werden im Rahmen eines Samples von 47 Quellen untersucht, die nach IRAS-Kriterien für tief eingebettete Protosterne ausgewählt wurden. Die Eigenschaften dieser Quellen wurden durch Linien- und Kontinuumsbeobachtungen mit APEX weiter spezifiziert. Ihre Staubemission bei 870 μm Wellenlänge wurde mit LABOCA untersucht, bei einem Teil der Quellen auch ihre Linienemission bei 338 GHz. Darunter wurden 8 “Hot Core”-Quellen identifiziert, deren Eigenschaften sie in einem Übergangsstadium zwischen eigentlichen “Hot Cores” und “Ultracompact H II Regions” (UCHII) platzieren.

Die leuchtkräftige Quelle W49A im inneren Bereich unserer Milchstraße in ca. 11 kpc Entfernung entspricht der Mini-Version eines “Starbursts” auf extragalaktischer Skala. Man unterscheidet Starburst-Galaxien von aktiven Galaxien mit massereichem Zentralobjekt (“Active Galactic Nuclei”, AGN) durch ihre unterschiedlichen Strahlungsfelder, wobei die Starbursts durch Photonen im FUV-Bereich (aus “photon-dominated regions”, PDR) und AGN durch Röntgenphotonen (“X-ray dominated regions”, XDR) charakterisiert werden. Das Intensitätsverhältnis in den Moleküllinien von HCO^+ und HCN wird als diagnostisches Hilfsmittel eingesetzt, um (in extragalaktischen Quellen) zwischen AGN und Starburst zu unterscheiden. W49A wurde mit dem IRAM-30m-Telскоп und mit APEX in einer Reihe von Moleküllinien (^{13}CO , C18O , HCN , HCO^+) untersucht. Die Linienverhältnisse in W49A deuten teilweise auf XDR-Regionen — der Nachweis harter Röntgenstrahlung in W49A deutet darauf hin, dass wahrscheinlich sowohl FUV- als auch Röntgenphotonen bei der Entstehung von Molekülwolken eine Rolle spielen und chemische Reaktionen in Regionen beeinflussen, in denen, wie bei W49A, massereiche Sterne entstehen.

Eine Reihe von “Hot Cores” wurde bei sehr hoher räumlicher Auflösung untersucht, um Aussagen über Dichte, Temperatur, Radialgeschwindigkeit und Häufigkeiten treffen zu können. Dabei wurden Beobachtungen in einer “High-J”-HCN-Linie mit CHAMP⁺ am APEX durchgeführt, weiterhin Kartierungen mit dem “Submillimeter Array” (SMA) auf Hawaii bei 345 und 690 GHz in verschiedenen Konfigurationen und mit dem “Very Large Array” (VLA) in der HCN-Linie bei 7 mm Wellenlänge. Die beobachtete Verteilung des heißen Molekül-gases wurde mit 3D-Strahlungstransportmodellen für Staubtemperaturen verglichen.

Die Molekülwolke Chamäleon I (Cha I) ist mit ca. 150-160 pc Entfernung die nächste Region am Südhimmel, in der massearme Sterne entstehen. Um die frühesten Phasen der Sternentstehung in Cha I zu untersuchen, ist mit LABOCA am APEX ein 1,5 Quadratgrad großes Feld kartiert worden, in dem 50 neue Kondensationen entdeckt werden konnten, einige davon entlang großskaliger Filamentstrukturen. Spektroskopische Nachfolgeuntersuchungen in Richtung dieser Quellen sind beantragt.

Die “Orion Molecular Cloud 1” (OMC-1) in einer Entfernung von 414 pc ist eine der am besten untersuchten Sternentstehungsregionen am Himmel. Sie liegt genau hinter dem bekannten Orion-Nebel (M42) und kann aufgeteilt werden in vier prominente Gebiete in Submm-Wellenlängen bzw. Moleküllinienemission: das “Becklin-Neugebauer/Kleinmann-Low”-Objekt (Orion BN/KL), die Südregion (OMC-1S), einem Gebiet von ca. $100M_{\odot}$, in dem massereiche Sterne entstehen, sowie zwei Photon-dominierte Regionen (PDR), “Orion Bar” und “Orion East”. Obwohl die Region bestens bekannt scheint, lassen sich immer noch neue Entdeckungen machen:

— Kartierung von hochangeregtem CO in OMC-1: Mit dem CHAMP⁺-Empfänger am APEX wurden Kartierungen höher angeregter CO- Übergänge in drei Isotopomeren (CO, ^{13}CO , C18O) in Richtung von OMC-1 durchgeführt. Die Ergebnisse lassen sich als zwei physikalisch unterschiedliche Strukturen interpretieren: der dichtere Teil erstreckt sich in nordsüdlicher Richtung und entlang des “Bars”, während das Gebiet hoher Temperatur direkt um die Trapez-Sterne liegt, die das umgebende Gas erhitzen und PDRs bilden.

— Neues Bild für den “archetypischen Hot Core” in der Orion BN/KL Region: Neue Messungen zeigen, dass kein in Staub eingebettetes Objekt in dieser Region existiert, das energiereich genug ist, die benötigte Gesamtleuchtkraft von $10^5 L_{\odot}$ zu erzeugen. Inzwischen gibt es Anzeichen dafür, dass eine Explosion vor nur ca. 500 Jahren die Fragmente hoher Dichte und Temperatur in diesem Bereich erzeugt hat, die wir heute beobachten.

— Große Eigenbewegung von Radioquellen in Orion BN/KL: Astrometrie mit dem VLA in höchster Winkelauflösung (“A-Array”) ermöglichen eine absolute Vermessung von vier Radioquellen in der Orion BN/KL-Region. Drei der Quellen entfernen sich mit hoher Eigenbewegung zwischen 15 und 26 km s^{-1} von einer gemeinsamen Position, die sie vor ca. 500 Jahren eingenommen hatten.

— Explosive Auflösung eines Systems massereiche junger Sterne: Hochauflösende Submillimeter-Beobachtungen mit dem SMA deuten in der Tat darauf hin, dass der bekannte “Outflow” in Orion BN/KL durch eine heftige Explosion hervorgerufen wurde, die sich bei der Auflösung eines Systems massereicher junger Sterne ereignet hat und durch dynamische Wechselwirkung in sehr geringem Abstand hervorgerufen wurde. Das würde darauf hindeuten, dass es sich hier um eine ganz andere Art von molekularem “Outflow” handelt, nicht zu vergleichen mit den klassischen “bipolar outflows”, die während der Entstehung massereicher Sterne erzeugt werden. Die gemessenen Daten ermöglichen eine 3D-Darstellung des Phänomens.

Emmy-Noethergruppe: “Astrochemie und Sternentstehung”

Die von B. Parise geleitete Nachwuchsforschungsgruppe beschäftigt sich mit der Untersuchung der chemischen Vorgänge in Sternentstehungsgebieten, speziell in Bezug darauf, wie sich komplexe und schließlich präbiotische Moleküle in diesen Regionen entwickeln können.

Die Existenz von “Hot cores” mit hoher Temperatur (> 100 K) ist lange bekannt für Gebiete, in denen massereiche Sterne entstehen; man beobachtet dort eine Vielzahl auch komplexer Moleküle. Die entsprechenden Gegenstücke in den Regionen, in denen massearme sonnenähnliche Sterne entstehen, sind erst kürzlich nachgewiesen worden. Dabei wurde eine Reihe von komplexen Molekülen um sonnenähnliche Protosterne nachgewiesen, obwohl die Zeitskala für Gasreaktionen und eine komplexe Chemie in der Umgebung des Sterns eigentlich zu kurz ist, bevor die Materie auf den sich bildenden Stern fällt. Die Entstehungsmechanismen für komplexe Moleküle in einer solchen Umgebung sind zur Zeit noch wenig verstanden, obwohl gerade sie eine Schlüsselrolle bei der Entstehung von Leben auf unserem Planeten gespielt haben könnten.

Die Deuterium-Astrochemie spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle. Der Einbau von Deuterium anstelle von normalem Wasserstoff in Molekülen hängt von den Umgebungsbedingungen ab und von den chemischen Prozessen bei der Molekülbildung. Der Grad der Anreicherung mit Deuterium kann damit einen wichtigen Hinweis auf den Ablauf der astrochemischen Prozesse liefern.

Das Forschungsziel der Arbeitsgruppe ist das Verständnis der Schlüsselreaktionen der Deuteriumchemie, Modellierung der chemischen Vorgänge in sonnenähnlichen Sternen und die Nutzung deuterierter Moleküle zur Untersuchung der chemischen Vorgänge bei der Sternentstehung, sowohl mit Beobachtungen als auch numerischen Modellen.

Unsere Milchstraße

Im Zentrum der Milchstraße wurde die Existenz eines massereichen Schwarzen Lochs an der Position der Radioquelle Sgr A* durch die Analyse der Orbits von mehreren Sternen um diese Position schlüssig nachgewiesen. Einen zusätzlichen Beweis gibt die kurzzeitige Flare-Aktivität an der Zentralposition, die im Bereich von Röntgen-, Nahinfrarot- (NIR-), Submm- und Radiowellenlängen beobachtet werden kann. Das APEX-Teleskop hat mit der LABOCA-Kamera an mehreren Beobachtungskampagnen teilgenommen, bei denen gleichzeitige Messungen von Sgr A* bei unterschiedlichen Wellenlängen durchgeführt wurden. Die Resultate der Submillimetermessungen sind insbesondere wichtig, um die Akkretionsprozesse auf das zentrale Schwarze Loch besser verstehen zu können, weil nämlich die Synchrotronstrahlung in diesem Bereich optisch dick wird und die hauptsächliche Photonenquelle darstellt, die dann durch inverse Compton-Streuung in den Röntgenbereich übertragen werden.

Als “Central Molecular Zone” (CMZ) unserer Milchstraße wird ein Bereich bezeichnet, der sich über $2,7^\circ$ in galaktischer Länge (von $-1,1^\circ$ bis $+1,6^\circ$) und $0,6^\circ$ in galaktischer Breite um das Galaktische Zentrum erstreckt. Er ist durch wesentlich höhere Temperaturen und Dichten und mehr Turbulenz gegenüber anderen großen Molekülwolken (“Giant Molecular Clouds”, GMCs) in der Milchstraße charakterisiert. Ursache dafür könnte die Wirkung von Stoßwellen sein, hervorgerufen durch großskalige Bewegungen des Gases. Dazu wurden folgende Projekte durchgeführt:

— Die Sternentstehungsaktivität der sogenannten “Galactic Center Dust Ridge”, einer Kette von Staubknoten im projizierten Abstand von nur 65 pc vom Galaktischen Zentrum, wurde untersucht. Aus den ATLASGAL-Daten bei $870\ \mu\text{m}$ konnte die Gesamtmasse zu $2,5 \times 10^5 M_{\odot}$ bestimmt werden. Aus der Literatur sind je drei Methanol- und Wassermaserquellen bekannt, was auf gerade stattfindende intensive Sternentstehung schließen lässt. Beobachtungen mit dem VLA bei 8,4 GHz führten zum Nachweis von fünf kompakten Radioquellen, die als ultrakompakte bis kompakte H II-Regionen identifiziert werden konnten.

— Infrarot-Spektroskopie von 25 Kandidaten für junge stellare Objekte wurde mit dem Spitzer-Teleskop in einem Bereich von 5 bis $38\ \mu\text{m}$ durchgeführt, wobei Silikat-Absorption zwischen $9,8$ und $18\ \mu\text{m}$ in allen Quellen gefunden wurde, Emissionslinien von Ar II, Ne II, Ne III und/oder S III für 14 von 25 Quellen. Spektrale Modellfits sind vereinbar mit einem Zentralobjekt mit Scheibe und umgebender Hülle, wobei das Alter zwischen 10^3 und 5×10^5 Jahren, die Massen zwischen 7 und $25,5 M_{\odot}$ liegen.

Beobachtungen mit den Cherenkov-Teleskopen HESS, MAGIC und VERITAS haben gezeigt, dass vier kompakte Binärquellen in unserer Milchstraße extrem leuchtkräftige Gammastrahlung produzieren. Eine dieser Quellen ist ein Pulsar (PSR B1259–63), eine weitere ein Mikroquasar in Verbindung mit einem akkretierenden Schwarzen Loch (Cygnus X-1). Aus dem Radio-Spektralindex von LSI +61303 lässt sich schließen, dass die Radiostrahlung aus einem Jet resultiert und die variable Emission im THz-Bereich auf Compton-Streuung zurückzuführen ist.

Astrometrische Messungen von 14 Wassermaser-Quellen in der Milchstraße mit dem VLBA führten zu einem präzisen Bild der Struktur der Milchstraße; durch den Vergleich mit Modellrechnungen konnte ein Wert von $8,4 \pm 0,6$ kpc für den Abstand zum Galaktischen Zentrum, $254 \pm 16\ \text{km s}^{-1}$ für die zirkuläre Rotationsgeschwindigkeit der Sonne abgeleitet werden. Das Projekt wird in den nächsten Jahren auf die Untersuchung von 400 entsprechenden Quellen in der Milchstraße ausgeweitet.

In einer Pilotstudie wurde die Anwendung astrometrischer Messungen von Methanol-Masern bei einer Frequenz von 6,7 GHz mit dem Europäischen VLBI-Netzwerk (EVN) untersucht. Damit wird zum ersten Mal die Messung von Eigenbewegungen und Parallaxen galaktischer Objekte über Methanol-Maser möglich. Die Anwendungen können zu einer verbesserten Bestimmung der fundamentalen Parameter der Milchstraße und der Lokalisierung ihrer Spiralarme führen.

In einer systematischen Untersuchung von 89 galaktischen Wassermaser-Quellen mit dem 100 m-Radioteleskop bei einer Frequenz von 6,7 GHz wurden 10 neue Methanolmaser-Quellen identifiziert, alle in Assoziation mit jungen, massereichen Sternen. Es konnte keine Methanolmaser-Emission in Richtung von massearmen Sternen gefunden werden.

Galaxien im lokalen Universum

Mit LABOCA am APEX-Teleskop ist die großskalige Verteilung von molekularem Gas über die beobachtete Staubemission für neun nahegelegene Galaxien beobachtet worden. Das große Blickfeld von LABOCA ermöglicht dabei auch den Nachweis von schwacher Strahlung aus dem Bereich der Galaxienscheiben. Damit wird eine Untersuchung der Staubeigenschaften (Masse und Temperatur) im kompletten Bereich um diese Galaxien möglich. Ein Teil dieser Galaxien ist ebenso in der CO(2–1)-Linie mit dem IRAM-30m-Teleskop untersucht worden. Diese Beobachtungen sind erforderlich, um den Zusammenhang zwischen Gasvorrat und Sternentstehung in den Galaxien systematisch zu untersuchen.

In Vorbereitung für detaillierte Untersuchungen der Heizungsmechanismen und der Chemie in den Kernbereichen von Galaxien im Rahmen des Garantiezeitprojekts HEXGAL am Herschel-Satelliten sind Kartierungen des warmen Gases für diese Objekte sowohl mit CHAMP⁺ als auch mit dem FLASH-Empfänger am APEX durchgeführt worden. Beobachtungen von höheren J-Übergängen in CO und Feinstrukturlinien von Kohlenstoff helfen bei der Identifikation der Prozesse, die zur Aufheizung des zirkumnuklearen Gases führen (AGN oder Starburst).

Dabei liefert insbesondere die Beobachtung einer Reihe von CO-Übergängen (die “Spectral Energy Distribution”, SED, in der CO-Linie) wichtige Informationen über Anregung und Struktur des molekularen Gases in diesen Galaxien. Diese Verteilungen sind für weit entfernte, hochrotverschobene Galaxien inzwischen gut bekannt; für nahegelegene LIRGs (“Luminous Infrared Galaxies”) oder ULIRGs (“Ultraluminous Infrared Galaxies”) jenseits von CO(3–2) jedoch noch kaum vorhanden. Mit den APEX2-, FLASH- und CHAMP+-Empfängern ist eine systematische Kartierung ausgewählter IR-leuchtkräftiger Galaxien in den CO-Übergängen von (3–2) bis (7–6) durchgeführt worden, die im Jahr 2009 abgeschlossen werden konnte.

In einem anderen Ansatz wurden mit dem NRAO-Green-Bank-Teleskop bei 6 cm und 2 cm Wellenlänge Beobachtungen der K-Dublett Linien von Formaldehyd (H_2CO) durchgeführt, um die Dichte in den Zentralregionen eines Samples von Starburst-Galaxien zu bestimmen.

Zur Untersuchung des kalten Staubs in Balkenspiralen wird eine Reihe von Galaxien unterschiedlichen Hubble-Typs mit APEX/LABOCA beobachtet. Das erste Resultat bei einer dieser Galaxien, NGC 1365, zeigt kalten Staub nicht nur in der Zentralregion, sondern auch entlang des Balkens sowie in den Spiralarmlen. Die abgeleitete Masse liegt bei $10^{11} M_\odot$ innerhalb von 14 kpc, wobei die Staubemission vor allem in der Balken-Region sehr gut mit dem Radiokontinuum korreliert ist, was auf starke Starburst-Aktivität in dieser Region schließen lässt.

In der Galaxie M82 wurde eine neue Supernova entdeckt, die durch ihre zentrale Lage im Optischen so stark absorbiert ist, dass sie nur durch ihre Radiostrahlung nachgewiesen werden konnte. In drei aufeinanderfolgenden Epochen zwischen 2007 und 2009 wurde drei Regionen mit Wassermaser-Aktivität in M82 mit dem “High Sensitivity Array” (HSA) bei sehr hoher Winkelauflösung beobachtet. Eine Untersuchung des Zentralbereichs von M82 mit dem VLA vom Mai 2008 zeigte bei 22 GHz eine starke Radioquelle (“transient”), die auf vorhergehenden Aufnahmen nicht sichtbar war. Durch einen glücklichen Umstand liegt die Position innerhalb der VLBI-Positionen, so dass diese Quelle auch in den VLBI-Beobachtungen nachweisbar wurde; sie erscheint dort als ringförmige Struktur mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von mehr als 10000 km s^{-1} . Eine weitere Beobachtung vom April 2009 zeigt merklich vergrößerte Ausdehnung. Ausbreitungsgeschwindigkeit und Helligkeitsverlauf entsprechen einer Supernova Typ II.

Der Nachweis von Ammoniak, NH_3 , in der Großen Magellanischen Wolke, LMC, ist erstmalig gelungen. Zwei Inversionslinien dieses Moleküls wurden in Richtung der Region N159W südlich von 30 Doradus entdeckt. Aufgrund der niedrigen Stickstoffhäufigkeit in der LMC, und dem hohen Anteil von UV-Strahlung, der zur leicht Photodissoziation von NH_3 führt, dürfte dieses Molekül nur in dichtesten und am besten abgeschirmten “Core-Regionen” der LMC zu finden sein.

Eine detaillierte Analyse der CNO-Isotopenverhältnisse der LMC zeigt deutliche Unterschiede im Vergleich zur Milchstraße. Ein Teil dieser Diskrepanz könnte durch den Altersunterschied zwischen den Sternpopulationen im äußeren Bereich der Milchstraße und der LMC erklärt werden, jedoch nur in den Kohlenstoff- und Sauerstoff-Isotopenverhältnissen, nicht aber für Stickstoff und Schwefel.

Die große Zahl der neu entdeckten H_2O -Megamaser und ihrer Pendanten bei niedrigerer Leuchtkraft, den H_2O -Kilomasern, ermöglichen bereits statistische Untersuchungen der Eigenschaften ihrer Muttergalaxien. Eine besonders spektakuläre Entdeckung war der Nachweis einer H_2O -Megamaser-Galaxie bei einer Rotverschiebung von $z = 2,64$, die nur mittels Verstärkung durch den Gravitationslinseneffekt einer dazwischenliegenden Galaxie überhaupt möglich wurde.

Die systematische Suche nach extragalaktischen H_2O -Maserquellen führte zu vier weiteren Neuentdeckungen am Nordhimmel. Detaillierte interferometrische H_2O -Linien- und Radiokontinuumsmessungen sowie die Leuchtkraft der Maser lassen darauf schließen, dass zumindest eine davon mit einem AGN in Verbindung steht (NGC 613), während die übrigen mit heftiger Sternentstehung oder AGNs niedriger Leuchtkraft assoziiert werden können.

Untersuchungen von 274 AGNs vom Typ II aus dem “Sloan Digital Sky Survey” (SDSS) bei Rotverschiebungen zwischen 0,3 und 0,83 und 173 weiteren Radiogalaxien zeigten nur eine neue H₂O-Maserquelle, was darauf schließen lässt, dass Gigamaser entweder intrinsisch sehr selten sind oder die entsprechenden Quellen noch nicht identifiziert werden konnten.

Mit dem “Megamaser Cosmology Project” (MCP) wird das Ziel verfolgt, eine unabhängige Bestimmung der Hubble-Konstanten zu erreichen und damit die Geometrie des Universums und die Natur der “Dunklen Energie” genauer zu bestimmen. Mit der Vermessung von Distanzen zu Galaxien auf der Basis der mit NGC 4258 eingeführten Methode der Kartierung von zirkumnuklearen Akkretionsscheiben in der 22 GHz-Linie können die Zentralmassen dieser Galaxien mit zuvor unerreichter Genauigkeit vermessen werden. Eine der interessantesten Galaxien in diesem Projekt ist UGC 3789, die genügend weit außerhalb des lokalen Bereichs liegt. Hier wurden Maserquellen mit Rotationsgeschwindigkeiten bis 800 km s⁻¹ bei Radien von nur 0,08 pc beobachtet, deren Bewegung um ein supermassereiches Schwarzes Loch von 10⁷ M_☉ führt. Diese Untersuchung beinhaltet Beobachtungen mit den Radioteleskopen in Effelsberg und Green Bank (GBT), sowie mit VLA und VLBA.

Kosmologie

Durch die Entdeckung großer Mengen von Gas und Staub bei hoher Rotverschiebung kann die Gasanregung in leuchtkräftigen IR-Galaxien detailliert untersucht werden. Dabei macht man sich zunutze, dass die Submillimeterübergänge von CO und C₁ von Objekten hoher Rotverschiebung ins atmosphärische Millimeterfenster kommen und damit auch für Radiointerferometer in diesem Bereich zugänglich sind. Vier weitere Submillimeter-Galaxien (SMGs) sind mit dem Plateau-de-Bure-Interferometer untersucht worden. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die Anregung in der CO-Linie für diese Objekte niedriger ist als bei den Quasaren unterliegenden Galaxien. Das lässt darauf schließen, dass die SMGs sich im Frühstadium einer Galaxienkollision (“merger”) befinden, wodurch der Gasvorrat im zentralen Bereich sich verringert.

Als Resultat einer Blindsuche nach CO-Emissionslinien in Submillimetergalaxien konnte für das Objekt SMM J14009+0252 zum ersten Mal die Rotverschiebung einer Galaxie allein aus CO-Emissionslinien bestimmt werden. Mit dem neuen EMIR-Empfänger am IRAM-30m-Teleskop wurde für dieses Objekt eine Emissionslinie im 3 mm-Fenster gefunden, die als CO(3–2) identifiziert werden konnte. Mit dem zusätzlichen Nachweis von CO(5–4) im 2 mm-Fenster konnte die Rotverschiebung dieser Galaxie präzise zu $z = 2,9344$ bestimmt werden. Solche Bestimmungen der Rotverschiebung werden mit ALMA zur Routine werden.

Die Beobachtung der Staubemission optisch selektierter Quasare mit MAMBO am IRAM-30m-Teleskop haben zur Entdeckung von FIR-Emission bis zu einer Rotverschiebung $z \sim 6$ geführt und damit zur Untersuchung von Sternentstehung in den Frühphasen der Galaxienbildung. Zum ersten Mal konnte eine Galaxie mit hoher Rotverschiebung (QSO SDSS J114805251, $z = 6,42$) in der CII Feinstrukturlinie mit der Laborwellenlänge von 158 μm kartiert werden, einer diagnostischen Linie für Sternentstehung, mit der einzelne Regionen der Sternentstehung in dieser Galaxie sichtbar werden. Die Beobachtungen lassen darauf schließen, dass sehr kompakte Starbursts auf einer Größenskala von 1,5 kpc in den Zentren dieser Galaxien weniger als 10⁹ Jahre nach dem “Big Bang” auftraten, in einem Maße, das die Starbursts im lokalen Universum um mindestens eine Größenordnung übersteigt. Diese heftige Sternentstehung in frühen Phasen hat vermutlich zu den massereichen “bulges” in den heutigen elliptischen Galaxien geführt. Zum ersten Mal konnte auch ¹³CO in einer Galaxie bei hoher Rotverschiebung gefunden werden.

Das APEX-SZ-Projekt zur Untersuchung des Sunyaev-Zeldovich-Effekts (SZE) beinhaltet Beobachtungen von Galaxienhaufen mit einem speziellen Empfänger bei 2 mm Wellenlänge am APEX-Teleskop. Eine Reihe von Galaxienhaufen konnte bereits kartiert werden, darunter mit XMM J22353–2557 der mit der bisher höchsten beobachteten Rotverschiebung ($z = 1,39$). Der APEX-SZ-Array-Empfänger wird mit dem Ziel verbessert, die Empfindlichkeit um einen Faktor 2 zu steigern und damit 4fach schnellere Kartierungen durchführen zu

können. Der Einsatz eines 2-Frequenz-Arrays, mit der Hälfte der Detektoren bei 90 GHz, ist für das Jahr 2010 geplant.

Beobachtungen von zwei Galaxienhaufen (Abell 2163 und 1E0657–56) sind mit LABOCA bei 345 GHz durchgeführt worden. In Kombination mit den SZE-Daten bei 150 GHz wird damit eine präzise Messung des thermischen Spektrums des Sunyaev-Z’eldovich-Effekts möglich. Darüber hinaus wurde eine Reihe neuer Quellen (Submillimeter-Galaxien) im Bereich der Haufen identifiziert.

Die mögliche zeitliche Variation von Fundamentalkonstanten in der Physik wird durch präzise Messungen der Inversionübergänge des Ammoniak-Moleküls untersucht. Durch den Vergleich von mit dem 100-m-Radioteleskop Effelsberg beobachteten Absorptionslinien des Quasars B 0218+357 bei einer Rotverschiebung von $z = 0,68$ mit Rotations-Absorptionsspektren, gemessen mit dem Plateau-de-Bure-Interferometer, ergibt sich eine Obergrenze für die Abweichung des Proton-zu-Elektron-Massenverhältnisses gegenüber dem Laborwert von $< 1,8 \times 10^6$, und das über das halbe Alter des Universums! Eine ähnliche Abweichung von $< 1,9 \times 10^6$ resultiert aus dem Vergleich von Inversions- und Rotationsübergängen des Ammoniakmoleküls beim Quasar PKS 1830–211 ($z = 0,89$), gemessen mit dem GBT und APEX. Aus Daten mit einer noch größeren Anzahl von Linien konnte dieser Wert auf 10^6 heruntergedrückt werden, die bisher höchste erzielte Genauigkeit.

Aus der Anregung von vier verschiedenen Molekülen in PKS 1830–211 konnte weiterhin eine Temperatur von $5,65 \pm 0,19$ K als Resultat für die kosmische Hintergrundstrahlung bei $z = 0,89$ bestimmt werden, in hinreichender Übereinstimmung mit dem Erwartungswert von 5,14 K.

4.2 Radioastronomie/Very Long Baseline Interferometrie

Beobachtungen mit mm und sub-mm VLBI

Diese Technik stellt die höchste Auflösung in der Astronomie bereit, welche, wenn angewendet auf die uns nahsten AGN, Untersuchungen auf noch nicht da gewesenen linearen Skalen erlaubt. Nach der erfolgreichen Detektion von Sgr A* (und einigen anderen kompakten Radioquellen) bei 1,3 mm Wellenlänge (230 GHz) unter Benutzung von Pico Veleta, JCMT (Hawaii), HHSMT (Mt. Graham) and CARMA (Ca) im Frühling 2007, sind nun Vorbereitungen getroffen, um weitere VLBI-Stationen in Chile (APEX, ASTE und später ALMA) einzubinden. Beobachtungen bei 1,3 mm als auch noch kürzeren Wellenlängen haben das Potenzial den Ereignishorizont von Sgr A* zu erreichen und die umgebende Emission direkt zu kartieren.

Cygnus A ist die uns nächste ($z = 0,057$) FR II-Radiogalaxie. Diese Galaxie wurde mit dem globalen 43 GHz-VLBI-Netzwerk inklusive Effelsberg und dem “Green Bank Telescope” (GBT) in vier um jeweils 6–8 Monaten separierten Epochen beobachtet. Bei dieser Frequenz wird angenommen, dass die frei-frei Absorption durch den zentralen Staubtorus vernachlässigbar ist. Die erhaltenen Radiokarten bringen eine zuvor ungesehene Lücke zwischen den Jets zum Vorschein, welche möglicherweise den Austritt einer neuen “Counter-Jet”-Komponente nahe legt. Im Oktober 2005 wurden auch 86 GHz GMVA-Beobachtungen durchgeführt. Der Kern wurde mit einem korrelierten Fluss im Bereich von 700 mJy (kürzeste “UV-Spacings”) bis ~ 80 mJy (maximale “UV-Distance” von $3,1$ G λ) detektiert. Ein neues oberes Limit für die Größe des unaufgelösten VLBI-Kerns von $\leq 46 \mu\text{s}$ wurde abgeleitet, entsprechend einer räumlichen Skala von ~ 200 Schwarzschild-Radien unter Annahme eines zentralen Schwarzen Loches von $10^9 M_{\odot}$.

Die als HST-1 bezeichnete helle Komponente, die 80 pc (eine Bogensekunde) vom Kern des radiolauten AGN in M87 entfernt ist, soll Bewegung mit Überlichtgeschwindigkeit gezeigt haben und mit einem TeV-Ausbruch um 2005 in Verbindung stehen. VLBI-Daten aus 15 Beobachtungsepochen zwischen 2000 and 2009 bei 15 GHz wurden analysiert. HST-1 ist dabei zwischen 2003 und 2007 auf dem mJy-Niveau detektiert worden, zeigte aber keine kompakte oder sich rapide bewegende Komponente. Diese Ergebnisse favorisieren daher kein Blazar-Szenario für dieses Feature.

Sgr A* wurde mit dem VLBA bei drei Frequenzen (22, 43, 86 GHz) in 10 aufeinanderfolgenden Tagen während einer globalen Multifrequenz-Kampagne (Radio, mm, NIR, Röntgen) beobachtet. Flussdichte-Variationen auf täglichen Zeitskalen sind bei drei Frequenzen korreliert und steigen zu höheren Frequenzen an. Die gemessene Größe ändert sich nicht signifikant über die 10 Beobachtungstage. Nach Abzug von "scatter broadening" variiert die intrinsische Quellgröße bei mm-Wellenlängen wie $\lambda^{1.3...1.5}$. Im Kontext eines expandierenden Plasmonen-Modelles erhält man aus der nicht-variablen VLBI-Struktur ein oberes Limit für die Expansionsgeschwindigkeit von ca. 0,1 c.

VLBI-Beobachtungen von AGN-Jets

MOJAVE - "Monitoring Jets in AGN mit VLBI-Experimenten" ist ein Langzeit-Programm zur Aufnahme der Struktur und Evolution von Jet-Phänomenen auf Parsecskala, die mit hellen, radiolauten aktiven Galaxien am Nordhimmel assoziiert sind. Statistische Ergebnisse aus 13 Beobachtungsjahren der MOJAVE-Stichprobe bezüglich Jet-Morphologie und Jet-Kinematik wurden präsentiert. Insgesamt wurden 2424 15 GHz VLBA-Radiokarten - aufgenommen zwischen 1994 und 2007 - der 135 AGN der MOJAVE-Stichprobe analysiert. Multi-Epochen und "stacked-epoch" Bilder zeigen, dass 94% (127) der Quellen scheinbar einseitige Jet-Morphologien besitzen. Von den übrigen Quellen zeigen fünf zweiseitige Jets und drei sind effektiv unaufgelöst mit dem VLBA.

Die Bewegung von 526 einzelnen Jetkomponenten in den 127 Jets wurden verfolgt. Generell sind die Bewegungen entlang der "jet ridge line", weg von der optisch dicken Kernkomponente, gerichtet. Änderungen in der scheinbaren Geschwindigkeit und/oder Richtung werden bei ca. 30% der dicht verfolgten Jetkomponenten beobachtet. Während eine gewisse Streuung in den scheinbaren Jet-Geschwindigkeit von einzelnen Jetkomponenten innerhalb eines individuellen Jets registriert wird, ist die Dispersion aber ca. dreimal kleiner als die Dispersion der Geschwindigkeiten aller Jets zusammen. Das unterstützt die Idee, dass ein unterliegender Jet-Ausfluss existiert, der jeden Jet - gekennzeichnet durch die schnellste beobachtete Komponentengeschwindigkeit - beschreibt.

Signifikante Beschleunigungen sind weit verbreitet in Jetkomponenten. Parallele Beschleunigungen, repräsentiert durch Änderungen in scheinbarer Geschwindigkeit, sind generell größer als senkrechte Beschleunigungen, welche auf Änderungen in scheinbarer Richtung hindeuten. Eine beobachteter Trend hin zu größeren parallelen Beschleunigungen deutet an, dass ein signifikanter Anteil dieser Änderungen in scheinbarer Geschwindigkeit auf Änderungen in der intrinsischen Geschwindigkeit der Komponenten zurückzuführen ist, anstatt auf Änderungen in der Richtung zur Sichtlinie. Ungefähr die Hälfte der Komponenten zeigen "nicht-radiale" Bewegung, d.h. Versatz von Positionswinkel bezüglich Kern und Geschwindigkeitsrichtung.

Ein komplementäres Programm, begonnen im November 2007, hat zum Ziel, ein ähnliches Monitoring für die südliche Hemisphäre bereitzustellen. TANAMI ("Tracking AGN with Austral Milliarcsecond Interferometry") benutzt das "Australian Long Baseline Array" zusammen mit Teleskopen in Hartbeesthoek und geodätischen Stationen, wie z.B. O'Higgins in der Antarktis und TIGO in Chile.

Die statistisch komplette "Caltech-Jodrell Bank flat-spectrum" (CJF) Stichprobe von radiolauten AGN wurde auch dazu benutzt, um die Eigenschaften und Evolution der innersten Radiojets aller 293 Quellen zu studieren. Vorläufige Ergebnisse zeigen nahezu keine Änderung der Ausstoßwinkel ($< 5^\circ$) - nur 5% der Stichprobe zeigt Änderungen im Ausstoßwinkel $> 15^\circ$.

Langzeitbeobachtungen des Jets in dem Quasar 3C 345 auf parsec-Skala wurden fortgesetzt. Eine Datenbasis, die alle verfügbaren VLBI-Beobachtungen der Quelle seit 1979 beinhaltet, wurde aufgebaut und enthält momentan über 1000 Beobachtungen. Die allgemeinen Langzeitrends in der Kinematik der Komponenten geben Hinweise auf Jet-Präzession auf längeren Zeitskalen, mit einer Präzessionsperiode von ~ 1000 Jahren.

Untersuchung einer Stichprobe von ausgewählten BL Lac-Objekten hat gezeigt, dass deren Bewegung von Jetkomponenten auf parsec-Skala sich signifikant von der für die meisten Quasare etablierten Bewegung unterscheidet. Eine Anzahl von Quellen zeigt keine schnellen scheinbaren Überlichtgeschwindigkeiten der Jetkomponenten; diese bleiben aber über lange Zeiträume (~ 20 Jahre) sichtbar, bei ungefähr gleichen Abständen vom Kern mit signifikanter Bewegung senkrecht zur Jetachse. Für die Quellen 1803+784 und 0716+714 kann diese Bewegung durch eine Ellipse um eine feste Kern-Separierung beschrieben werden. Ähnliche Untersuchungen wurden an dem BL Lac-Objekt PKS 0735+178 durchgeführt, basierend auf einer Reanalyse von *uv*-Daten des 2 cm/MOJAVE-Programms zwischen 1995 und 2008 und Informationen aus der Literatur. Die Quelle zeigt drastische morphologische Änderungen bei drei Epochen über ~ 20 Jahre.

Die innere Jet-Kinematik des rätselhaften Blazars 0716+714 wurde mit VLBI studiert. Die beispiellose Zeitauflösung der Beobachtungen machte es möglich Jetemissionskomponenten ohne Fehlidentifizierung zu verfolgen und ihre scheinbaren Geschwindigkeiten mit guter Genauigkeit zu berechnen. Emissionskomponenten bewegen sich mit relativ hohen scheinbaren Überlichtgeschwindigkeiten von bis zu $20c$ nach außen, was der momentan vorgeschlagenen Hypothese eines stationären, oszillierenden Jets in dieser Quelle widerspricht.

Eine ringförmige Struktur um den Kern des 16 m OVV Quasars 3C 454.3 wurde detektiert auf der Basis von re-analysierten 15 GHz VLBA-Beobachtungen, welche einen Zeitraum zwischen 1995 und 2007 abdecken. Die Ringstruktur expandiert mit einer scheinbaren Überlichtgeschwindigkeit von $8,0 \pm 1,4c$. Ein möglicher physikalischer Ursprung könnte der Jet eines zweiten Schwarzen Loches im Zentrum von 3C 454.3 sein.

Eine Liste von 204 im γ -Bereich hellen Objekten wurde kürzlich als Ergebnis der dreimonatigen Integration mit dem *Fermi*-GST-LAT-Detektor veröffentlicht. Es wurden Radioidentifikationen für diese Objekte durchgeführt anhand einer Kreuzkorrelation der γ -ray Positionen mit den Positionen eines großen "All-Sky"-Katalogs von extragalaktischen Radioquellen basierend auf ihren VLBI-Flussdichten auf parsec-Skala. Die ursprünglichen Assoziationen des *Fermi*-Teams wurden bestätigt und sechs neue Assoziationen wurden vorgeschlagen. Eine Monte-Carlo-Analyse zeigt, dass der Bruchteil von zufälligen Assoziationen bei unter 5% liegt.

Hochenergetische ($E > 100$ MeV) γ -ray Emission von der riesigen elliptischen Galaxie NGC 1275 wurde mit Hilfe von *Fermi*-LAT entdeckt. Ein Vergleich zwischen zwei VLBA-15 GHz-Radiokarten vom 15. August 2008 und 6. September 2008 zeigen einen klaren Helligkeitsanstieg der inneren Jetregion während der LAT-Beobachtungen, eine weitere Absicherung hinsichtlich der Identifikation der Quelle.

Eine eindeutige Identifikation von 3C 345 in den *Fermi*-LAT-Daten wurde auf der Basis von Multifrequenz-Lichtkurven sowohl von 3C 345 als auch von der benachbarten Quelle NRAO 512 durchgeführt. Das Schlüsselereignis war dabei ein scharfer GeV-Flare detektiert im September 2009, mit simultanem Helligkeitsanstieg von 3C 345 im optischen und mm-Wellenlängenbereich.

Radiountersuchungen von hellen Fermi-GST-Quellen

Das F-GAMMA Projekt ("*Fermi*-GST AGN Multi-frequency Monitoring Alliance") ist ein Programm zur monatlichen Beobachtung der Variabilität und spektralen Evolution von ca. 60 *Fermi*-GST γ -ray hellen Blazaren. Es vereint die regelmäßige Benutzung von Effelsberg und anderen Teleskopen für Variabilitäts- und SED-Studien mit dem speziellen Ziel, die γ -ray-Beobachtungen von AGNs mit dem *Fermi*-Gamma-ray Space Telescope (*Fermi*-GST, Start: 2008) und speziell dem Large Area Telescope (LAT) Detector zu komplementieren. Diese Allianz beinhaltet das Pico Veleta-30m, das OVRO-40m und seit 2008 auch das APEX-Teleskop unter Benutzung der LABOCA-Kamera für Messungen bei 0,87 mm Wellenlänge.

Auf Basis dieses Programms wurde eine Korrelation zwischen simultanen Radio- und γ -ray Flussdichten von 29 *Fermi*-GST γ -ray Quellen gefunden. Eine Monte Carlo Simulation

demonstriert erstmalig die statistische Signifikanz einer solchen Korrelation. Desweiteren wurde ein Vergleich der γ -ray und Radioaktivität dieser Quellen während der ersten 11 Monate von *Fermi*-GST durchgeführt. Viele Quellen zeigen dabei Variabilität und sind in erhöhten Radiozuständen (besonders bei höheren Radiofrequenzen) während erhöhter γ -ray Aktivität.

Eine Stichprobe von 41 Quellen aus der ersten Liste von hellen *Fermi* γ -ray Quellen (LBAS) wurde mit dem Urumqi Teleskop in vier Epochen zwischen März und August 2009 beobachtet mit dem Ziel, die Kurzzeitvariabilität (IDV-Eigenschaften) von LBAS-Quellen zu untersuchen. Erste Ergebnisse zeigen, dass das LBAS-Sample wohl eine größere Anzahl von IDV-Quellen beinhaltet als andere Stichproben.

Die Radioemission von radio-selektierten Jets auf parsec-Skala (gemessen mit dem VLBA bei 15 GHz) wurde mit den γ -ray Eigenschaften aus der LBAS-Liste verglichen. Die LAT-detektierten Quellen haben höhere kompakte Radioflussdichten und ihre Kerne haben höhere Helligkeitstemperaturen als LAT nicht-detektierte Quellen. Das suggeriert, dass die Jets von hellen γ -ray AGN vorzugsweise höhere Dopplerfaktoren haben.

Die scheinbaren Jetgeschwindigkeiten auf parsec-Skala von den 26 AGNs in der LBAS-Liste wurden untersucht. Die γ -ray hellen Quasare haben im Mittel schnellere Jets als die nicht-LBAS Quasare, mit einem Medianwert von $15c$ und Werten bis zu $34c$. LAT-detektierte AGNs mit signifikanter γ -ray Flussvariabilität haben schnellere Jets als die nicht-Variablen. LBAS BL Lac Objekte haben höhere LAT-Detektionsraten aber langsamere scheinbare Jetgeschwindigkeiten verglichen mit Quasaren, was auf intrinsisch ("unbeamed") höhere γ -ray/radio Leuchtkraftverhältnisse hindeutet. Eine ähnliche Studie wurde für die Quellen der CJF-Stichprobe durchgeführt mit dem Ergebnis, dass γ -ray detektierte Quellen im Mittel schnellere Jets zeigen, obwohl auch eine Population mit langsamen scheinbaren Geschwindigkeiten existiert.

Die Dopplerfaktoren, Lorentzfaktoren und Sichtwinkel der Jets in einer Stichprobe von 62 MOJAVE-Quellen wurden durch eine Kombination mit mm-Flussdichten vom Metsähovi Radioobservatorium bestimmt. Lat-detektierte Blazare zeigen im Mittel höhere Dopplerfaktoren. Besonders interessant ist desweiteren, dass LAT-detektierte Blazare eine Verteilung von Sichtwinkeln (im Quellsystem) zeigen, die signifikant schmaler ist und fast senkrecht zur Jetachse zentriert ist. Das Fehlen von γ -ray hellen Blazaren bei großen Sichtwinkeln kann durch relativistisches Beaming der γ -Strahlung erklärt werden.

Projektierte Jet-Öffnungswinkel auf parsec-Skala wurden für 115 Blazare des kompletten MOJAVE-Samples (29 LAT-detektierte und 86 nicht-detektierte) und 27 zusätzlichen LAT-detektierten Quellen des MOJAVE-Programms bestimmt. Die scheinbaren Öffnungswinkel für γ -ray helle Quellen sind im Mittel größer als die der γ -ray schwachen Quellen. Die intrinsischen Öffnungswinkel und Lorentzfaktoren für eine Stichprobe von 56 AGN sind antiproportional, in guter Übereinstimmung mit theoretischen Vorhersagen von Gasdynamik- und magnetischen Beschleunigungsmodellen.

Eine Untersuchung von Breitband-Eigenschaften von Blazaren in der LBAS-Liste wurde durchgeführt. Die SEDs dieser γ -ray Quellen sind ähnlich denen von Blazaren, die bei anderen Wellenlängen entdeckt wurden. Die spektrale Steigung im γ -Bereich ist stark korreliert mit der Synchrotron-Peakenergie und dem Spektralindex im Röntgenbereich, wie erwartet für Synchrotron/inverse-Compton-Modelle. Allerdings können einfache, homogene, Einzonen-SSC-Modelle die meisten SEDs nicht beschreiben.

Während seiner frühen Operationsphase detektierte das LAT-Instrument starke und extrem variable Gammastrahlung von dem Quasar 3C 454.3 inklusive eines großen Ausbruchs im Juli 2008 und nachfolgenden separaten, symmetrisch geformten Ausbrüchen auf Zeitskalen von einigen Tagen. Der Gammastrahlenausbruch leitete eine große Multifrequenzkampagne ein, inklusive Radio- (Effelsberg, IRAM 30-m: F-GAMMA-Projekt), IR/optisch/UV- und Röntgenbeobachtungen. Diese Beobachtungen zeigten 3C 454.3 in einer aktiven Phase über das ganze elektromagnetische Spektrum. Die γ -ray Variabilität deutet auf eine extrem

kompakte Emissionsregion hin, sowie relativistisches “beaming” mit einem Dopplerfaktor von $\delta > 8$, um für Paarproduktion optisch dünn zu bleiben.

Obwohl die meisten bisher entdeckten γ -ray emittierenden AGN entweder Blazare oder Radiogalaxien sind, wurde PMN J0948+002, eine “narrow-line Seyfert I”-Galaxie (normalerweise radio-leise) mit dem LAT-Detektor detektiert und ist gleichzeitig auch eine Radioquelle. Sie wird innerhalb des F-GAMMA-Projekts weiterhin beobachtet. Der γ -ray-Blazar PKS 1502+106 war Fokus einer Multifrequenz-Kampagne während eines Ausbruchereignisses. Simultane *Swift*, optische und Radiomessungen deuten darauf hin, dass γ -ray Ausbrüche tendenziell nach dem Ausstoß von überlichtschnellen Radiokomponenten und Ausbrüchen im VLBI-Kern auftreten, begleitet von einem Anstieg in polarisiertem Radiofluss und Feldausrichtung. Eine neue Multifrequenz-Kampagne (Radio bis γ -ray Bereich) für den Quasar 3C 279 hat einen energetisch dominanten γ -ray-Ausbruch gezeigt, der mit einer gleichmäßigen Änderung des optischen Polarisationswinkels assoziiert war, während keine großen Flussänderungen bei cm/mm-Wellenlängen beobachtet wurden. Das deutet darauf hin, dass die γ -ray Emission räumlich zusammenhängend mit der optischen Emission produziert wird. Desweiteren ergeben sich Hinweise auf ein hochgradig ausgerichtetes Magnetfeld. Der Flachspektrum-Radioquasar PKS 2052-47 zeigte erhöhten optischen Fluss zwischen Juli und August 2009 und am 9. August erfolgte eine *Fermi*-LAT Detektion eines Gammastrahlenausbruchs. Um dieses Event zu studieren wurde eine Multifrequenzkampagne (Radio bis γ -ray) organisiert inklusive VLBI mit Hilfe des TANAMI-Teams.

In extragalaktischen Jets hängt die scheinbare Position ihrer hellen/schmalen Enden (der Kern) aufgrund von Synchrotronselfabsorption und externer Absorption von der Beobachtungsfrequenz ab. Eine Stichprobe von 29 AGN mit gemessenen Verschiebungen im Bereich von 0 bis 1,4 mas zwischen 2,3 und 8,4 GHz wurden mit Hilfe von VLBA-Beobachtungen im Bereich von 1,4 und 15,4 GHz studiert. Quellen von besonderem Interesse sind dabei 3C 309.1 (1458+718) und 0850+581, welche die größten Kernverschiebungen zwischen 2,3 und 8,4 GHz zeigten und daher Ziel dedizierter VLBA-Beobachtungen waren.

Die Auswirkung der frequenzabhängigen AGN-Kernpositionen auf globale Astrometriemessungen wurde untersucht. VLBI “group-delay”-Positionen von einigen hundert punktförmigen extragalaktischen Radioquellen werden dazu benutzt, um das “International Celestial Reference Frame” zu definieren. Es wird gezeigt, dass in der Anwesenheit von Kernverschiebungen astrometrische Messungen von Phasen- und Gruppenverzögerungen verschiedene Positionen hervorbringen.

Seit Anfang 2006 zeigte der Blazar CTA 102 einen kontinuierlichen Anstieg in seiner Radioflussdichte und erreichte ein Maximum im April 2006. Einzelteloteleskopmessungen während dieses Ausbruchs wurden dazu benutzt, um das “shock-in-jet” Modell unter diesen extremen Bedingungen zu testen. Eine mögliche Erklärung für die Evolution des Flares in der ν_m, S_m -Ebene ist die Überlagerung eines sich bewegenden und einem stehenden Schock nahe am Kern.

Vom 8. bis 10. August 2008 wurde eine polarimetrische (“full Stokes”) Durchmusterung mit den Effelsberg- und Westerbork-Radioteleskopen bei 5 GHz durchgeführt. 257 Quellen aus dem 1 Jy-Katalog mit Deklinationen $> -10^\circ$ wurden beobachtet und stellen den ersten, statistisch kompletten Katalog bereit, der lineare und zirkulare Polarisationsmessung beinhaltet. 26 der 257 Quellen zeigten zirkulare Polarisation über 0,3% mit einer Signifikanz von größer als 3σ . Eine statistische Analyse der Ergebnisse wurde durchgeführt.

Ein neuer relativistischer, hydrodynamischer 3D-Code (Ratpenat) für relativistische Astrophysik wurde entwickelt und zur Benutzung auf Supercomputern seriell-parallel gewandelt. Er wurde intensiv im Mare Nostrum am Supercomputercenter in Barcelona für eine Anzahl von Applikationen genutzt, inklusive für Simulationen zur Jetstabilität und zu Jets von Mikroquasaren, FR I- und FR II-Quellen.

Es wurde eine Relation zwischen der Radioemission im Inneren des Jets der “broad-line” Seyfertgalaxie 3C 120 und ihrer optischen Kontinuumsemission gefunden. Eine Kombination aus optischen Variabilitätsdaten und mehreren VLBI-Beobachtungen zeigte, dass ein

optischer Ausbruch erfolgt, wenn eine überlichtschnelle Komponente in den Jet ausgestoßen wird. Sein Maximum ist verknüpft mit dem Durchgang der Komponente durch die Region einer stationären Komponente S1 bei einer Entfernung von $\sim 1,3$ Parsec vom Jetursprung. Dieses deutet daraufhin, dass die variable, optische Kontinuumsmission in 3C 120 (und in 3C 390.3, für die ähnliche Ergebnisse erhalten wurde) nicht-thermisch ist und im innersten Teil des Jets generiert wird.

Die astrometrische Weltraummission GAIA wird ein dichtes, QSO-basiertes optisches Himmelsbezugssystem bereitstellen. Eine Verknüpfung mit dem IAU-System (ICRF) wird potentiell optische und Radiopositionen von AGN bereitstellen, ausgerichtet mit Genauigkeiten von 100 Mikrobogensekunden oder besser. Eine Stichprobe von 447 hellen ($\leq 18m$) Quasaren mit Radioflussdichten über 20 mJy wurden mit dem EVN beobachtet, um die Existenz von ausreichend kompakter Struktur zu untersuchen. 398 Quellen wurden dabei sowohl bei 2,3 als auch 8,4 GHz detektiert. Nachfolgend wurde eine anfängliche Untermenge von 105 Quellen 2008 mit dem globalen VLBI-Array beobachtet und Radiokarten bei 2,3 und 8,4 GHz erhalten.

Seit August 2005 wurden 41 Beobachtungsepochen mit dem Urumqi-Radioteleskop bei 5 GHz durchgeführt mit dem Ziel, die Variabilitätseigenschaften von IDV-Quellen zu studieren. Von den 60 beobachteten Quellen wurden 8 sehr häufig beobachtet, um nach Hinweisen auf eine jahreszeitliche Modulation der IDV-Zeitskalen zu suchen. Diese würde suggerieren, dass interstellare Szintillation den bedeutendsten Beitrag zur Variabilität liefert. Die Ergebnisse deuten in der Tat auf einen solchen extrinsischen Ursprung für zumindest vier der Hauptquellen hin.

Ein extrinsischer Ursprung alleine kann jedoch nicht alle IDV-Beobachtungen erklären, wie z.B. die radio/optische Korrelation der Variabilität in dem Blazar S5 0716+714. Mit Hilfe der Charakteristik der relativistischen Ausstöße des Blazars S5 1803+784 konnte gezeigt werden, dass die Formation und Rotation einer Wölbung im inneren Teil der Akkretionsscheibe eine kleine Störung des relativistischen Beams verursachen kann und folglich auch eine Variation im Sichtwinkel und der Doppler-verstärkten Synchrotronmission.

Die zentralen Schwarzschildmassen, optische und Radioleuchtkräfte, als auch die kürzliche Sternentstehungsaktivität einer Stichprobe von "X-shaped" Radioquellen wurde abgeschätzt und analysiert unter Benutzung ihrer beobachteten Spektren. Die höhere Schwarzschildmasse der Stichprobe deutet die mögliche Anwesenheit von zwei zentralen Maschinen im Zentrum der Quellen an und stärkt das Szenario, dass sie ihren Ursprung in der Verschmelzung eines Paares von Schwarzen Löchern haben.

Ein neues Projekt wurde etabliert, um Multifrequenzinformationen über die Emission, Morphologie und Eigenschaften der Muttergalaxien der AGN der "Caltech-Jodrell Bank Flat spectrum" (CJF) Stichprobe zu sammeln. Durch eine statistische Untersuchung der Eigenschaften dieser 293 Quellen wurden Informationen in Bezug auf die unterschiedlichen Evolutionsstadien von AGN extrahiert.

Die Verstärkung hervorgerufen durch den Gravitationslinseneffekt wurde dazu benutzt, um Maser bei hohen Rotverschiebungen zu messen, was sonst unmöglich wäre. Mit Hilfe von Effelsberg und dem EVLA wurde das zur Zeit entfernteste Wassermasersystem in dem Gravitationslinsen-Quasar MG J0414+0534 bei einer Rotverschiebung von 2.64 gefunden. Die Linie wurde für 12 Monate mit dem Arecibo-Teleskop verfolgt, aber es wurden keine starken Variationen in der Linienintensität oder Linienbreite gefunden, was auf eine Assoziation der Maserlinie mit dem relativistischen Jet des Quasars hindeutet. Eine Suche nach anderen Wassermaser-Galaxien wurde mit Effelsberg durchgeführt, jedoch keine eindeutigen Systeme gefunden.

Eine selbstkonsistente Reanalyse der verfügbaren VLBI-Beobachtungen der Supernova 1993J wurde durchgeführt und die Expansionskurve und strukturelle Evolution der Radioschale untersucht. Simultane Modellierung der Expansionskurve und Radiolichtkurven erfolgte ebenfalls.

VLBI-Beobachtungen der Supernova SN 1979C vom 18. November 2002 bei 1,6 GHz wurden analysiert und eine Reanalyse von VLBI-Beobachtungen vom Juni 1999 und Februar 2005 durchgeführt. Im Gegensatz zu früheren Behauptungen einer starken Abbremsung in der Expansion liefert diese neue Analyse die Schlussfolgerung, dass SN 1979C für über 25 Jahre eine nahezu freie Expansion ($m = 0,91 \pm 0,09$; $R \propto t^m$) durchläuft.

Am 2. April 2008 wurden VLBI-Beobachtungen von SN 2008ax, einer Typ-IIb Supernova in NGC 4490, durchgeführt - 33 Tage nach dem Schockausbruch. Diese Messungen resultierten in einer marginalen Detektion der Supernova. Die Struktur erscheint entweder eine Kern-Jet- oder eine Doppelquelle zu sein, aber könnte auch mit einem möglichen nahen Rauschpeak zusammenfallen.

Es wurde ein neuer Algorithmus entwickelt, um den Dynamikbereich und die strukturelle Sensitivität von interferometrischen Beobachtungen mit Arrays wie dem SKA zu evaluieren. Dieser basiert auf dem "uv-gap" Parameter, δ_u , der die Verteilung von Raumfrequenzen (uv-Überdeckung) beschreibt, die von einem Interferometer abgetastet werden. Es wird gezeigt, dass die 'imaging performance' eines Arrays nicht durch die uv-Überdeckung limitiert sein sollte, wenn $\delta_u \leq 0.03$ für alle räumlichen Skalen und Richtungen gilt.

4.3 Radioastronomische Fundamentalphysik

Tests der Allgemeinen Relativitätstheorie

Das Doppelpulsar-System PSR J0737–3039 bietet auch weiterhin ein einzigartiges Labor zum Testen von Gravitationstheorien, insbesondere der Allgemeinen Relativitätstheorie aber auch von alternativen Theorien wie z.B. Tensor-Skalar-Theorien. Beobachtungen der relativistischen Spin-Präzession lieferten die ersten theorie-unabhängigen Tests, die von alternativen Theorien erfüllt werden müssen, um weiter bestehen zu können. Ähnliche Messungen des relativistischen Pulsar-Weißer-Zwerg-Systems PSR J1141–6545 lieferten eine 2D-Emissionskarte des Pulsarstrahls. Beobachtungen des Pulsars PSR J1012+5307 mit einer Periode von nur 5,3 Millisekunden (ms), durchgeführt mit Effelsberg und anderen Teleskopen in Europa, erlaubten es, strikte Grenzwerte für die Existenz von Gravitationsdipolwellen (zusätzlich zu Quadrupolstrahlung) und der zeitlichen Änderung der Gravitationskonstante aufzustellen. In Zukunft werden wir in der Lage sein, eine Laufzeitverzögerung von Lichtsignalen (Shapiro-Delay) durch eine verbesserte Methode der Messung und Charakterisierung der Verzögerung zu erreichen.

Experimente zur Gravitationswellendetektion

Es ist möglich, durch Pulsar-Timing langwellige Gravitationswellen zu detektieren, die eine Frequenz im nHz-Bereich haben und aufgrund ihrer Wirkung auf die Raumzeit um die Erde herum, die gemessene Ankunftszeiten von Pulsaren beeinflussen. Durch das Beobachten einer Reihe von Millisekunden-Pulsaren in einem "Pulsar Timing Array" (PTA) können bei genügend hoher Genauigkeit die Gravitationswellen detektiert werden. Ein solches Experiment ist mit internationalen Partnern am 100-m Teleskop im Betrieb, um das stärkste Signal, das man erwartet, zu messen. Dieses Signal wird ein stochastischer Gravitationswellenhintergrund sein, der von super-massiven Schwarzen Löchern in Binärsysteme hervorgerufen wurde, als sich im frühen Universum Galaxien vereinigt haben. Die von dem PTA-Experiment ermittelte obere Grenze für die Amplitude dieses Signal gibt daher Aufschluss über Formationsrate und -mechanismen von Galaxien in den gängigen hierarchischen Formationsmodellen. Es wurde auch gezeigt, dass die Messung des Gravitationswellenhintergrunds mit genügender Genauigkeit es erlauben wird, die Masse des Gravitons zu bestimmen oder zu begrenzen.

Zustandsgleichung dichter Materie

Die besten Randbedingungen zum Bestimmen der Zustandsgleichung ("Equation of State", EoS) dichter Materie kommen von der Bestimmung von Neutronensternmassen. Diese

können durch Timing-Beobachtungen von Pulsaren gewonnen werden. So wurde ein 2,15 ms-Pulsar vermessen, und eine Masse von $1,671 \pm 0,008 M_{\odot}$ bestimmt. Dies erlaubt es, eine Reihe von EoS einzuschränken.

Pulsar-Suchprogramme

Der Nord- und Südhimmel werden derzeit in einer Kollaboration mit australischen, englischen und italienischen Partnern nach Pulsaren durchsucht, wobei das Parkes-Teleskop und das 100m-Radioteleskop in Effelsberg zum Einsatz kommen. Hierzu wurden neue Datenerfassungsgeräte gebaut und eingesetzt. Das gleiche System wurde in Effelsberg eingesetzt, um unidentifizierte FERMI-Punktquellen nach möglichen Radiopulsationen zu untersuchen. Neben der Entdeckung eines neues Millisekundenpulsars mit dem 100m-Teleskop, wurden weitere Quellen mit der Hilfe von den Teleskopen in Parkes, Green Bank und Nancy entdeckt. Das Institut ist weiterhin an dem P-ALFA-Suchprogramm ("Pulsar Surveys Using the Arecibo L-band Feed Array (ALFA)") mit dem 305m-Arecibo-Teleskop in Puerto Rico beteiligt. Die derzeitige Entdeckungsrate lässt erwarten, dass mehrere Hundert Pulsare mit P-ALFA gefunden werden.

Transienten und andere neue Radioquellen

Eine neuartige Klasse von Neutronensternen (RRATS, "Rotating Radio Transients") wird am Institut auf deren Populationen, Emissionseigenschaften und Entwicklungsformen hin untersucht. Es wurden ungewöhnliche Rotationssprünge ("glitches") gemessen, 10 neue RRATs entdeckt und die Magnetfelder von 3 weiteren RRATs bestimmt.

Gammastrahlung von Pulsaren mit FERMI

Nach ungefähr einem Jahr Betrieb des FERMI Weltraumteleskops und seinem Large Area Telescope (LAT) ist die Zahl der Pulsare, die im Gammabereich detektiert worden sind, um eine Größenordnung angestiegen. Bis jetzt wurden 55 bekannte Pulsare mit Gammastrahlung vermessen, 24 neue Pulsare mit FERMI selbst entdeckt und weitere 18 Millisekundenpulsare in der Untersuchung von FERMI-Punktquellen gefunden. Mit dem Studium der Gammastrahlungs-Pulsprofile konnte die lange offene Frage beantwortet werden, ob Gamma-Photonen über den Polkappen oder am Rande des Pulsar-Lichtzylinders erzeugt werden. Demnach werden die "outer gap"-Modelle bevorzugt, und für die nächsten 10 Jahre des FERMI-Betriebs werden viele weitere Entdeckungen vorhergesagt.

Pulsarstudien mit LOFAR

Das neue internationale LOFAR-Teleskop wird voraussichtlich Ende 2010 seinen Betrieb aufnehmen. Die Ergebnisse, die derzeit während der Kommissions- und Testphase erzielt werden, sind schon jetzt beeindruckend und deuten die hervorragenden Ergebnisse an, die mit der kompletten LOFAR-Anlage erreicht werden können. Als Beispiel wurden zum ersten Mal Pulsare simultan im Frequenzbereich von 48 MHz bis 8350 MHz beobachtet - ein Experiment zur Untersuchung der Pulsar-Magnetosphäre, an dem außerdem das Radioteleskop Effelsberg wie auch das Lovell-Teleskop in Jodrell Bank teilnahmen, und das einen neuen Einblick in die Magnetosphäre von Pulsaren ermöglicht.

Vorbereitungen zu "Key Science"-Experimenten am "Square Kilometre Array" (SKA)

Das SKA wird mit der 100fachen Empfindlichkeit des Radioteleskops Effelsberg das größte Teleskop sein, das die Menschheit je gebaut hat. Die "Key Science"-Projekte "Magnetismus" und "Gravitation" werden vom Institut geleitet, so dass die Gruppen auch maßgeblich an den Vorbereitungen zum Design und der Konfiguration des SKA beteiligt sind.

Polarisationssurveys und 3D-Simulationen der galaktischen Strahlung

Himmelsdurchmusterungen (Surveys) und Kartierungen der Ebene der Milchstraße in mehreren Radiofrequenzen ermöglichen die Unterscheidung von thermischer Radiostahlung und Synchrotronemission. Die derzeitigen Projekte konzentrieren sich auf die Fertigstellung von Surveys der galaktischen Ebene bei 21 und 6 cm Wellenlänge. Ein Survey bei 21 cm Wellenlänge mit einer Auflösung von 1' wurde fertiggestellt, der Beobachtungen

mit dem 100-m-Radioteleskop und dem Syntheseteleskop des DRAO bei Penticton miteinander kombiniert. Die polarisierte Radiostrahlung bei 21 cm Wellenlänge zeigt eine Fülle kleinskaliger Strukturen, die kein Gegenstück in Gesamtemission aufweisen.

Eine Kartierung der polarisierten Radiostrahlung der Milchstraßenebene bei 6 cm Wellenlänge mit dem 25-m-Urumqi-Radioteleskop ist als chinesisch-deutsches Gemeinschaftsprojekt erfolgt und wurde im Frühjahr 2009 fertiggestellt. Ein mehr als 1000 Quadratgrad am Himmel umfassender Teilabschnitt in Richtung des galaktischen Antizentrums wurde bereits komplett analysiert und ist zur Publikation eingereicht. Die Polarisation zeigt bei 6 cm Wellenlänge aufgrund der λ^2 -Abhängigkeit der Faraday-Rotation weniger Struktur als bei 21 cm Wellenlänge. Im Rahmen des Surveys konnten blasenförmige Strukturen (schwache oder sonst unsichtbare H II-Regionen mit starken Magnetfeldern) mit bis zu 50 pc Durchmesser identifiziert werden, mit Magnetfeldstärken von über 10 mG.

Unsere Position innerhalb der Milchstraße macht eine Modellierung der dreidimensionalen Verteilung der einzelnen Komponenten des interstellaren Mediums erforderlich, um die in den Radiokarten beobachteten Strukturen zu simulieren. Auf der Basis von bereits erfolgter Simulationen für die Gesamthimmelskarten bei geringer Auflösung wurden nun Teilgebiete bei hoher Auflösung im Bogensekundenbereich in Gesamtemission, Polarisation und Rotationsmaß (RM) simuliert, im Vorgriff auf zukünftige Beobachtungen mit dem “Square Kilometre Array” (SKA).

Magnetfelder in Spiralgalaxien und Dynamomodelle

Die Andromeda-Galaxie M31 ermöglicht aufgrund ihrer Nähe die höchste räumliche Auflösung für eine Spiralgalaxie. Sie weist ein kohärentes Magnetfeld über eine Skalenlänge von mindestens 20 kpc auf und wird damit zum idealen Untersuchungsobjekt für Dynamos in Spiralgalaxien. Mit dem 100-m-Teleskop wurde ein Feld von $140' \times 80'$ bei 4,8 GHz kartiert, die zentralen $40' \times 40'$ ebenso bei 8,4 GHz. Das abgeleitete Faraday-Rotationsmaß stimmt mit einem axisymmetrischen Dynamofeld in dem “Ring” maximaler Emission mit ca. 10 kpc Radius überein.

Durch die Kombination von Effelsberg-Messungen bei einer Frequenz von 8,4 GHz und kombinierten Effelsberg/VLA-Messungen bei 4,8 GHz konnten die großräumigen Magnetfeldstrukturen in einer Reihe weiterer Galaxien erforscht werden. Eine Sektoranalyse der beobachteten Polarisation gleichzeitig mit dem Faraday-Rotationsmaß zeigt eine dominierende axisymmetrische Struktur des Magnetfelds entlang der Spiralarme, eventuell überlagert von einem bisymmetrischen Mode in den äußeren Bereichen. Die beobachtete Nord-Süd-Asymmetrie in der Depolarisation kann mit einer höheren Sternentstehungsrate in der südlichen Hälfte von M33 erklärt werden; sie erzeugt ein stärkeres turbulentes Magnetfeld und starke Faraday-Dispersion.

NGC 253 ist eine nahegelegene “edge-on” (von der Kante her gesehene) Spiralgalaxie, deren beobachtete polarisierte Intensität und Rotationsmaß mit einem axisymmetrisch verlaufenden Magnetfeld in der Scheibe beschrieben werden kann. In dieser Galaxie konnte zum ersten Mal die Richtung des Magnetfelds im Halo bestimmt werden. Numerische Simulationen des Magnetfelds in der Scheibe zusammen mit einem X-förmigen Halofeld zeigen, dass das gemessene Rotationsmaß am besten durch ein Halofeld beschrieben wird, das in beiden Richtungen, nördlich und südlich, von der Scheibe wegweist und sich damit von der für den Halo der Milchstraße gefundenen Felddausrichtung unterscheidet.

Detaillierte Modelle der Magnetfelder können nur bei nahegelegenen Galaxien aus den Beobachtungsdaten abgeleitet werden, aber statistische Informationen über großskalige Magnetfelder sind auch für weiter entfernte, nicht aufgelöste Galaxien möglich. Die polarisierte Radiostrahlung von 43 nahen Referenzgalaxien ergibt einen Polarisationsgrad zwischen 1% und 17%, wobei Faraday-Depolarisation bei höheren Inklinationswinkeln zunimmt und der Polarisationsgrad bei den leuchtkräftigeren Galaxien generell niedriger liegt. Der Polarisationsgrad wurde für die Scheiben von Spiralgalaxien als Funktion des Inklinationswinkels modelliert. Nicht aufgelöste symmetrische Spiralgalaxien lassen sich als idealisierte Hintergrundquellen dazu nutzen, zukünftig mit dem SKA nach großskaligen Magnetfeldern in

fernen Galaxien oder sogar nach intergalaktischen Magnetfeldern zu suchen. In einer Pilotstudie sind 24 weit entfernte Spiralgalaxien mit einer Gesamtausdehnung von $< 2,5'$ bei 4,8 GHz mit dem 100m-Teleskop mit einer Empfindlichkeit von nur ca. $50 \mu\text{Jy}$ vermessen worden, wobei Linearpolarisation in 14 davon gefunden werden konnte. Eine umfassendere Studie von 200 Galaxien zur statistischen Analyse von Magnetfeldstruktur und Faraday-Depolarisation wurde begonnen.

Radiohalos und galaktische Winde

Spiralgalaxien sind von polarisierten Radiohalos umgeben. Die Skalenhöhe der Synchrotronstrahlung wird durch die Lebensdauer der Elektronen der Kosmischen Strahlung bestimmt; sie ist am geringsten im Zentralbereich der Galaxie mit der höchsten magnetischen Feldstärke. Die Ausrichtung der Magnetfeldvektoren ist X-förmig und deutet bereits einen "outflow" oder "Galaktischen Wind" aus dem zentralen Bereich der Galaxie an. Die beobachtete Korrelation zwischen Polarisationsgrad und Leuchtkraft der Galaxien führte zu einer Untersuchung von "edge-on"-Spiralgalaxien, inwieweit Sternentstehung die Stärke und Struktur des großräumigen Magnetfelds der Galaxien beeinflusst. Eine höhere Sternentstehungsrate in der galaktischen Scheibe vergrößert die Stärke des Magnetfelds in Scheibe und Halo, ändert aber nicht die Skalenhöhen des Halos oder die Konfiguration des Magnetfelds. Mit dem stärkeren Magnetfeld verringert sich die Lebensdauer der Elektronen der kosmischen Strahlung. Die gleichbleibenden Skalenhöhen lassen sich nur damit erklären, dass die mittlere Geschwindigkeit des galaktischen Windes mit höherer Sternentstehungsrate zunimmt. Der Zusammenhang zwischen galaktischen Winden, Sternentstehungsraten und dem galaktischen Magnetfeld wird mit Modellrechnungen untersucht.

Intergalaktische Magnetfelder

Magnetfelder scheinen überall im Universum zu existieren, aber bis jetzt gibt es noch keine direkte Messung eines intergalaktischen Magnetfelds. Aufgrund der Untersuchung der Faraday-rotation einer großen Stichprobe von Radioquellen wird eine Feldstärke von ca. 30 nG (Nanogauss) in intergalaktischen Filamenten angenommen. Radio-Synchrotronstrahlung von sehr niedriger Intensität liefert einen Hinweis auf kosmische Magnetfelder. Dazu wurde die polarisierte Radiostrahlung des ausgedehnten Halos des Coma-Galaxienhaufens mit dem 100-m-Teleskop bei einer Frequenz von 2,6 GHz untersucht. Die resultierenden Karten sind die empfindlichsten, die je mit dem Radioteleskop Effelsberg erstellt wurden; sie geben Hinweise darauf, dass geordnete Magnetfeldstrukturen tatsächlich auch zwischen einzelnen Galaxien nachweisbar sind. Das Projekt wird bei anderen Frequenzen fortgesetzt, um das gefundene Magnetfeld auch quantitativ zu bestimmen.

4.4 Infrarot–Astronomie

Aktive Galaktische Kerne

Eine geometrisch dicke Verteilung aus Gas und Staub, der sogenannte Staubtorus, stellt eine zentrale Komponente in vereinheitlichenden Modellen von Aktiven Galaktischen Kernen (AGN) dar. Der Torus ist einerseits das Reservoir an Material für die Akkretion auf das supermassereiche Schwarze Loch im Zentrum der Galaxie; andererseits wird der Torus für die unterschiedlichen Eigenschaften von AGN verantwortlich gemacht: in Typ 1 (Seyfert 1) Kernen haben wir eine direkte Sicht auf die Akkretionsscheibe und die Region der breiten Emissionslinien, während in Typ 2 (Seyfert 2) Kernen die innersten Teile des aktiven Kerns durch den Torus verdeckt sind. Die Staubtori strahlen die von ihnen absorbierte Energie hauptsächlich im Infraroten wieder ab. Aufgrund ihrer kleinen Größe ($< 10 \text{ pc}$, das heißt kleiner als 100 mas für die nächstgelegenen AGN) können sie in diesem Wellenlängenbereich nicht mit Einzelteleskopen aufgelöst werden; zu ihrer Untersuchung ist Infrarot-Interferometrie notwendig.

Um die innersten und damit heißesten Regionen des Staubtorus zu untersuchen, wurden Beobachtungen von vier Seyfert 1 Galaxien, NGC 4151, Mrk 231, NGC 4051 und IRAS 13349+2438, mit dem Keck-Interferometer im nahen Infrarot durchgeführt. Die Messungen ergeben für alle Quellen einen relative hoher Interferenzkontrast ($V_2 \sim 0,8 - 0,9$).

Für NGC 4151 konnte ein leichter Abfall des Interferenzkontrastes bei steigender Basislinienlänge gemessen werden. Dieser Abfall kann sehr gut durch eine ringförmige Emission am Innenrand des Torus erklärt werden. Der Ringdurchmesser von $0,45 \pm 0,04 \text{ mas}$ ($0,039 \pm 0,003 \text{ pc}$) stimmt mit dem Ergebnis von Lichtecho-Messungen, welche den StaubsUBLimationsradius am Innenrand des Torus bestimmen, überein. Auch für die anderen drei Galaxien ergibt sich bei Verwendung eines Ring-Modells ein dem StaubsUBLimationsradius sehr ähnlicher Ringradius. Die somit bestimmten Innenradien für den Torus sind um einen Faktor 3 kleiner als dies für gängigen interstellaren Staub erwartet wird und deuten darauf hin, dass die Strahlung der zentralen Energiequelle anisotrop erfolgt oder dass größere Staubkörner die innersten Regionen des Torus dominieren.

Mit dem VLTI-Instrument MIDI wurden insgesamt 9 Aktive Galaktische Kerne beobachtet, wodurch sich die Anzahl der mit MIDI beobachteten AGN auf insgesamt 20 Quellen erhöht hat. Für zunächst zehn Kerne wurden Obergrenzen bzw. Abschätzungen der Größen der Staubtori bestimmt. Diese zeigen, dass die Staubverteilungen relativ kompakt mit Größen von einigen wenigen Parsec sind. Die Größen skalieren grob mit der Wurzel aus der Helligkeit des Kernes. Dies ist konsistent mit optisch dichten Staubverteilungen mit Temperaturen um 300 K. Außer der Tendenz für das Auftreten von Silikat-Emission in Typ 1 Kernen und von Silikat-Absorption in Typ 2 Kernen lassen sich keine Unterschiede zwischen den beiden Klassen von AGN erkennen. Die Unterschiede in den Staubemissionen individueller Objekte scheinen größer zu sein als die zwischen den beiden Klassen. Für zwei Quellen, NGC 1068 und NGC 4151, wurden genauere Untersuchungen der interferometrischen Daten durchgeführt. Die Quellen gelten jeweils als die Prototypen für Seyfert 1 bzw. Seyfert 2 Kerne. In NGC 1068 läßt sich die Emission durch eine $0,45 \times 1,35 \text{ pc}$ große, heiße ($T \sim 800 \text{ K}$) Komponente sowie eine $3 \times 4 \text{ pc}$ große, warme ($T \sim 300 \text{ K}$) Komponente erklären. Obwohl die Staubverteilung damit allgemein dem Torus im vereinheitlichenden Modell entspricht, erweist sich NGC 1068 bei genauerem Hinsehen als irregulär: die Staubverteilung ist bezüglich des Jets und des Ionisationskonus verkippt und die Eigenschaften des Staubs entsprechen nicht denen des normalen interstellaren Staubs. Die interferometrischen Messungen von NGC 4151 haben eine etwa $2,0 \pm 0,4 \text{ pc}$ große Staubverteilung aufgelöst und damit bestätigt, dass auch Seyfert 1-Galaxien eine ausgedehnte Staubverteilung (aber eben frontal gesehen) besitzen.

Für die meisten der interferometrisch gemessenen AGN liegen Messungen nur für ein oder zwei Basislinien vor. Da wegen der unterschiedlichen Entfernungen der Objekte und der unterschiedlichen physikalischen Torusgrößen ein direkter Vergleich dieser Messungen nicht möglich ist, wurde eine neue Methode zur Untersuchung der radialen Struktur von Staubtori entwickelt. Bei dieser Methode werden die jeweils durch das Interferometer erzielten Winkelauflösungen mit der Winkelgröße des Innenrands des Torus der jeweiligen Galaxie normalisiert. Dadurch werden sowohl die Abhängigkeit von der Leuchtkraft als auch die Abhängigkeit von der Entfernung des aktiven Kernes entfernt. Durch direkten Vergleich von Messungen von 4 AGN konnte mit dieser Methode gezeigt werden, dass die Dichteverteilung des direkt beleuchteten Materials als Funktion des Radius r in etwa proportional zu $r^0 - r^{-1}$ ist.

Um die interferometrischen Daten interpretieren zu können, sind physikalische Modelle für die Staubverteilungen notwendig. Das zu diesem Zweck entwickelte dreidimensionale, klumpige Torus-Modell wurde verbessert und erweitert. Das Modell kann nun zur Bestimmung charakteristischer Kenngrößen der Staubverteilungen aus klassischen (ein einzelnes Teleskop) sowie interferometrischen Messungen benutzt werden. In einer Parameterstudie konnte gezeigt werden, dass für Wolken aus normalem interstellarem Staub und mit optischen Tiefen von $\tau \sim 50$, die modellierten spektralen Energieverteilungen mit Beobachtungen übereinstimmen. Durch Untersuchung der Parameterabhängigkeit des Modells konnte weiterhin gezeigt werden, dass Typ 1-AGN zur Bestimmung der radialen Dichteverteilung der Klumpen, $\eta_r \propto r^\alpha$, sowie der mittleren Wolkenzahl in der äquatorialen Ebene des Torus, N_0 , benutzt werden können. Bei Typ 2 Galaxien hingegen ist wegen der starken Verdunkelung der inneren Torusregionen eine eindeutige Bestimmung der Torusparameter

nicht so einfach möglich. Der Vergleich zu neuen, hochaufgelösten spektralen Energieverteilungen im Infrarot ergab, dass der Exponent der radialen Wolkenverteilung einen Wert von $\alpha = -1,0 \pm 0,5$ und die mittlere Wolkenzahl einen Wert von $N_0 = 5 - 8$ hat.

Sterne in späten Entwicklungsphasen

Die Untersuchung von entwickelten Sternen ist von großer Bedeutung für das Verständnis des Materiekreislaufs im Universum. Durch Massenverlust in Form von episodischen Auswürfen oder einem kontinuierlichen Sternwind reichern die Sterne das interstellare Medium mit prozessiertem Material zu höheren Metallizitäten an, begünstigen Staubbildung und strukturieren das umgebende Material. Je nach Ausgangsmasse der Objekte können in den späten Phasen der Sternentwicklung sehr unterschiedliche Phänomene beobachtet werden.

So wurde der Rote Riesenstern α Ori (Beteigeuze) mit dem VLTI/AMBER beobachtet um hochaufgelöste Spektren ($R = 12000$) der CO-Linien bei $2,28$ und $2,31 \mu\text{m}$ zu gewinnen. Der Stern konnte im Kontinuumslicht als homogene Sternscheibe von $43,56 \pm 0,06$ mas Durchmesser aufgelöst werden. Interessanterweise zeigten sich in den CO-Linien Inhomogenitäten, die als auf- und absteigende Gasmassen in der Sternatmosphäre interpretiert werden. Somit ist α Ori neben der Sonne der erste Stern, in dessen Atmosphäre die Makroturbulenz beobachtet werden konnte.

Desweiteren konnte mit WOHG 64 der erste und hellste Rote Überriese in der Großen Magellanschen Wolke durch VLTI/MIDI-Beobachtungen räumlich aufgelöst werden. Durch die Modellierung der spektralen Energieverteilung und die Neubestimmung der Leuchtkraft konnte der Entwicklungszustand des Sterns mit den aktuellen Sternentwicklungsmodellen für $25 M_{\odot}$ verglichen werden. Die Lage des Sterns in Hertzsprung-Russell-Diagramm jenseits des Hayashi-Limits impliziert, dass der Stern in seiner Entwicklung Massenverlust in eruptiven Phasen durchlaufen könnte.

Ein besonders seltenes Objekt ist der Stern IRC+10420 aus der Gruppe der Gelben Hyperriesen, welche sich unter einem enormem Massenverlust auf sehr kurzen Zeitskalen entwickeln und dabei eine Staubhülle um sich herum ausbilden können. Es wurden VLTI/AMBER-Beobachtungen sowohl mit niedriger als auch hoher spektraler Auflösung (nur für $\text{Br}\gamma$) in den *JHK*-Bändern durchgeführt, die die räumliche Auflösung der Kontinuumsmission des Sterns mit einem Durchmesser von $1,05$ mas im *K*-Band ermöglichten. In der $\text{Br}\gamma$ -Emission erscheint der Stern dagegen etwa viermal so groß. Neben dem geometrischen Modell wurde die Windemission der $\text{Br}\gamma$ -Linie mit Strahlungstransportmodellen gefittet, was die detaillierte Bestimmung der Stern- und Windparameter sowie eine Quantifizierung des asymmetrischen Massenausflusses in Form eines bipolaren Sternwinds ermöglichte.

Der M-Stern VX Sgr wurde mit VLTI/AMBER im *H*- und *K*-Band beobachtet, um die äußeren Atmosphärenschichten sowie die zirkumstellare Umgebung des Sterns untersuchen und den Entwicklungszustand als Roten Überriesen oder AGB Stern bestimmen zu können. Die spektro-interferometrischen Daten erlaubten neben einer Bildrekonstruktion des Sterns und dem Fit mit geometrischen Modellen auch den Vergleich mit 1D dynamischen Modellatmosphären für Mira Sterne, sowie mit 3D hydrodynamischen Modellen für Rote Überriesen. Eine in den rekonstruierten Bildern gefundene inhomogene Helligkeitsverteilung über der Sternscheibe wird als Oberflächenkonvektionsmuster interpretiert. Zusammen mit dem Befund, dass Wasser als Absorber in den molekularen Atmosphärenschichten auftritt, können die interferometrischen Kenngrößen am besten mit den Mira-Modellen gefittet werden und ergeben einen photosphärischen Durchmesser des Sterns von $8,82 \pm 0,5$ mas.

Für einen weiteren entwickelten Stern, S Ori, wurden VLTI/AMBER-Messungen in den *JHK*-Bändern vorgenommen. Der Stern zeigt in Molekül-Linien von Wasser und CO einen wesentlich größeren Sternradius (etwa 20-25 %) als im Kontinuum und kann mit 1D-dynamischen Modellatmosphären für Mira Sterne gefittet werden.

Es wurde der AGB Stern π 1 Gru mit VLTI/MIDI beobachtet, um die komplexe zirkumstellare Umgebung untersuchen zu können. Aus mm-Beobachtungen ist ein bipolarer Massenausfluss bekannt, während die MIDI-Daten eine sphärische symmetrische Zentralregion des Objekts aufzeigen. Dies wird als eine Schicht warmen molekularen Gases in einem Gebiet von 4 Sternradien Größe und einer darüberfolgenden Staubbülle von Silikaten und Aluminiumoxid (Al_2O_3) ab 14 Sternradien interpretiert.

In der Gruppe von AB-Sternen, deren Spektren Emissionslinien auch von verbotenen Linienübergängen zeigen, Ae/Be bzw. A[e]/B[e] Sterne, richtet sich das Interesse auf die Untersuchung der unmittelbaren zirkumstellaren Umgebung, das Vorhandensein von Sternscheiben und die dort stattfindende Staubbildung. Die Instrumente VLTI/AMBER und VLTI/MIDI wurden für eine Studie der hellsten Be-Sterne der südlichen Hemisphäre benutzt, von denen zwei räumlich aufgelöst werden konnten: α Ara und κ CMa. Die Modellierung der spektro-interferometrischen Daten ergab, dass es sich bei α Ara um einen mit fast kritischer Geschwindigkeit rotierenden Stern handelt, der von einer äquatorialen Scheibe umgeben ist und einen verstärkten Massenverlust über einen polaren Sternwind erfährt. Im Gegensatz dazu zeigt sich bei κ CMa zum einen eine wesentlich geringere Rotationsgeschwindigkeit (ca. die Hälfte der kritischen Geschwindigkeit) und zum anderen nur die Ausbildung einer äquatorialen Scheibe ohne polaren Wind.

Der A[e]-Stern HD 62623 wurde mit VLTI/MIDI beobachtet und teilweise räumlich aufgelöst. Durch Modellierung der Beobachtungsdaten kann eine zirkumstellare Staubscheibe von $2 \times 10^{-7} M_\odot$, gesehen unter einem Inklinationwinkel von $60^\circ \pm 10^\circ$, bestimmt werden. Zum ersten Mal konnte der innere Rand einer Staubscheibe nachgewiesen werden; er befindet sich bei $3,9 \pm 0,6 \text{ AU}$, was dem Sublimationsradius des Staubs bei einer Temperatur von ca. 1250 K entspricht.

Für den B[e]-Stern HD 87643 wurden Beobachtungen mit den Instrumenten VLTI/AMBER (Nah-Infrarot), VLTI/MIDI (Mit-Infrarot), VLT/NACO AO und dem ESO 2,2m optischen Wide-Field Imager durchgeführt. Aus den interferometrischen Daten konnten H - und K -Filter-Bilder rekonstruiert werden, die eine ausgedehnte Hülle des Sterns, sowie einen Begleitstern in 34 mas Entfernung zeigen. Ein hochgradig exzentrischer Orbit dieses Doppelsternsystems wird als Ursache für die periodischen Massenauswürfe des Hauptsterns angesehen.

Um die komplexen Struktur- und Staubbildungsprozesse von Novae zu untersuchen, wurde V1280 Sco mit dem VLTI/AMBER und VLTI/MIDI in einer Zeitreihe beobachtet. Geometrische Modelle sowie Strahlungstransportmodelle für Staub wurden an die interferometrischen Daten gefittet und erlauben eine Bestimmung der Ausdehnungsgeschwindigkeit der Staubbülle zu $0,35 \pm 0,03 \text{ mas pro Tag}$. Darüber hinaus konnten die Entfernung der Nova zu $1,6 \pm 0,4 \text{ kpc}$ und die Staubbildungsrate mit ca. $2 - 8 \times 10^{-9} M_\odot$ pro Tag ermittelt werden.

Eine weitere Klasse von Objekten, die in der Arbeitsgruppe mit sehr großem Interesse untersucht werden, sind die Leuchtkräftigen Blauen Veränderlichen (LBV), die durch variable Helligkeiten und assoziierte Phasen von Massenverlust gekennzeichnet sind. Der prominenteste Vertreter der LBVs ist η Car, für dessen umgebende Nebel (Homunculus Nebel und Kleiner Homunculus Nebel) die ersten integral-field spectroscopy Aufnahmen im nahinfraroten J -Band gewonnen werden konnten. Die räumliche Verteilung des in He I emittierenden Gases kann mit der Radio-Kontinuumsemission des Objekts in Einklang gebracht werden. Ebenso konnte eine Abschätzung des Spektraltyps des Begleitsterns in diesem Doppelsternsystem als O5.5 III bis O7 I erfolgen.

Die spektroskopische Entwicklung von AG Car konnte anhand von Archivmaterial über einen Zeitraum von 1985 bis 2003 im UV, Optischen und Nahinfraroten verfolgt werden. Strahlungstransportmodelle zur Bestimmung der Stern- und Sternwindparameter ergaben Unterschiede auch zwischen den Minima der einzelnen Epochen. Desweiteren wurde eine Abschätzung der abgetragenen Sternmasse während der vergangenen S-Dor Zyklen

möglich, die in etwa dem Material entspricht welches im umgebenden Nebel beobachtet werden kann und durch verfehlte giant eruptions erklärt werden kann.

Beobachtungen des Sterns HR Car im Optischen zeigen, dass der Stern mit etwa 88% der kritischen Geschwindigkeit rotiert. Für die Klasse der stark veränderlichen LBVs (S-Dorartige LBVs) lässt sich somit ein durch Rotationseffekte bedingtes Stabilitätsminimum definieren.

Wolf-Rayet Sterne sind die späten Entwicklungsphasen sehr massereicher Sterne, die durch einen starken Massenverlust in Form eines Sternwinds und ein Strahlungsmaximum im UV charakterisiert sind. Sie explodieren als Supernovae. Aus der Untergruppe der WC-Sterne wurde WR 118 mit dem VLTI/AMBER beobachtet, um die innere Windstruktur des Sterns und die Ursachen der Staubbildung in dieser außergewöhnlichen Umgebung zu untersuchen. Es konnte bestätigt werden, dass es sich wahrscheinlich um einen Doppelstern mit einem sogenannten “pinwheel”-Nebel handelt, der aus der Kollision zweier Sternwinde entsteht.

Der Doppelstern HD 45166 wurde mit 1D und 2D-Strahlungstransportmodellen hinsichtlich der Windstruktur und möglicher Inhomogenitäten darin untersucht. Dabei wurde ein abgeplatteter Wind mit verstärktem Massenverlust in der äquatorialen Zone um den Stern gefunden, sowie die Sternparameter Effektivtemperatur, Leuchtkraft und chemische Zusammensetzung bestimmt. Die ermittelten Parameter sind für die Spektralklasse der O- und Wolf-Rayet Sterne eher ungewöhnlich, weswegen der Stern als quasi-Wolf-Rayet eingeordnet wird.

Junge Sterne

Mit dem Interferometrie-Instrument AMBER am “Very Large Telescope Interferometer” (VLTI) wurde der massereiche O-Stern $\Theta 1$ Ori C im *H*- und *K*-Band sowie mit Bispektrum-Speckle-Interferometrie im *B*- und *V*-Band beobachtet. Aus den mit AMBER aufgenommenen Daten wurde ein erstes durch Apertursynthese gewonnenes Bild rekonstruiert. Für das Doppelsternsystem $\Theta 1$ Ori C ergab sich ein Abstand der beiden Komponenten von ~ 19 mas (Millibogensekunden), sowie eine Umlaufperiode von $P \sim 11,3$ Jahre und eine hohe Exzentrizität ($e \sim 0,6$). Die Masse des Doppelsternsystems wurde zu $44 \pm 7 M_{\odot}$ bestimmt.

In weiteren Messungen wurde das VLTI/AMBER-Instrument für Untersuchungen des Herbig Ae Sterns R CrA benutzt. Die Modellierungen der Visibility lieferten eine ausgehende (Gauss FWHM ~ 25 mas bzw. $\sim 3,3$ AU) und eine kompakte Komponente (FWHM $\sim 5,8$ mas bzw. $\sim 0,8$ AU). Um die gemessene Closure-Phase von $\sim 40^{\circ}$ und Visibilities zu interpretieren, wurden verschiedene physikalische Modelle verwendet. Der Staubsublimationsradius befindet sich nach diesen Modellen in einer Entfernung von $\sim 0,4$ AU vom Zentralstern. Der Neigungswinkel der Scheibe beträgt ungefähr 35° . Das “puffed-up inner rim”-Modell mit gekrümmtem Sublimationsrand konnte als einziges Modell die gemessenen interferometrischen Grössen sowie die spektrale Energieverteilung (SED) von R CrA gleichzeitig reproduzieren.

Desweiteren wurden mit dem AMBER-Instrument mit mittlerer spektraler Auflösung ($R \sim 1500$) fünf Herbig Ae/Be Sterne (HD 163296, HD 104237, HD 98922, MWC 297, V921 Sco) beobachtet. Insbesondere wurde nicht nur das nahinfrarote Kontinuum beobachtet, sondern auch die $Br\gamma$ -Linie. Alle Objekte mit Ausnahme von MWC 297 zeigten eine kompaktere Struktur in der $Br\gamma$ -Emission als im gemessenen Kontinuum. Für HD 98922 ist das Verhältnis zwischen Staubsublimationsradius und der Region der Linienemission konsistent mit Modellen magnetosphärischer Akkretion, während die Objekte HD 163296, HD 104237, MWC 297 und V921 Sco in Übereinstimmung mit Modellen ausgedehnter Scheibenwinde sind. Weiterhin bestätigten die Beobachtungen eine Korrelation zwischen der Grösse der $Br\gamma$ -Emissionsregion und spektroskopischen Eigenschaften, insbesondere dem $H\alpha$ -Linienprofil. Sterne mit einem P-Cygni $H\alpha$ -Profil und hoher Akkretionsrate zeigen eine kompaktere $Br\gamma$ -Emissionsregion ($R_{Br\gamma}/R_{cont} < 0,2$), während Sterne mit $H\alpha$ -Profilen in Doppel-

linien- oder Einzellinienform ausgedehntere Regionen im $\text{Br}\gamma$ -Licht beschreiben ($0,6 < R_{\text{Br}\gamma}/R_{\text{cont}} < 1,4$).

Um die zirkumstellare Staub- und Gasumgebung innerhalb 1 AU zu erforschen, wurde der Herbig-Ae-Stern HD 163296 (MWC 275) mit dem VLTI/AMBER-Instrument beobachtet. Bei einer spektralen Auflösung von $R \sim 30$ wurden Messungen im H - und K -Band durchgeführt, die räumliche Strukturen im Bereich von $\sim 3 - 12$ mas erfassen. Die Untersuchung ergab, dass der Fluss im Nahinfraroten von der Emission einer zirkumstellaren Scheibe dominiert ist. Detaillierte Modellierung der spektralen Energieverteilung, Visibility und Closure-Phasen ergaben, dass die H - und K -Band-Emission hauptsächlich aus einer optisch dünnen, punktsymmetrischen Region innerhalb $0,1 - 0,45$ AU ausgeht. Da dichtes molekulares Gas ebenso wie optisch dünnes Gas als mögliche Emissionsmechanismen wahrscheinlich bei diesem Objekt ausgeschlossen werden können, ergeben sich Hinweise auf sogenannte "refractory grains".

Um die Gasverteilung in der zirkumstellaren Umgebung von massereichen Sternen zu studieren, wurde der Herbig-Be-Stern MWC 297 mit VLTI/AMBER beobachtet. Erstmals konnten VLTI/AMBER-Messungen eines jungen Sterns mit hoher spektraler Auflösung ($R \sim 12000$) durchgeführt werden. Diese hohe spektrale Auflösung ist entscheidend, um Veränderungen der Visibility und Closure-Phasen innerhalb einer Doppler-verbreiterten Linie zu messen. Es wurden die Ausdehnung und Asymmetrie des Objektes im Kontinuum sowie in mehreren spektralen Kanälen innerhalb der $\text{Br}\gamma$ -Linie bestimmt. Der Vergleich zwischen der Ausdehnung des Objektes MWC 297 in der $\text{Br}\gamma$ -Linie und im Kontinuum ergab eine charakteristische Größe (Gauss HWHM) von 7 mas ($\sim 1,7$ AU) in $\text{Br}\gamma$ -Emission und eine kompaktere Struktur im Kontinuum von 2,2 mas ($\sim 0,5$ AU). Diese kompakte Region könnte zu einer gasförmigen Akkretionsscheibe gehören, da sie um das 6-fache kleiner als der Staubsublimationsradius (~ 3 AU) ist. Mit Hilfe von 3D-Strahlungstransportmodellierung einer gasförmigen Akkretionsscheibe innerhalb des Staubs sublimationsradius ergaben sich die besten Resultate für Scheibenwind-Modelle mit grossem Öffnungswinkel ($\sim 80^\circ$) und Neigungswinkel zwischen $10^\circ - 30^\circ$.

5 Diplomarbeiten, Dissertationen

5.1 Diplomarbeiten

Abgeschlossen:

Buchbender, C.: An in-depth study of the interstellar medium in the barred spiral galaxy NGC 3627. Bonn 2009.

Fromm, C.: High resolution studies of AGN - The 2006 radio flare in CTA 102 as a test of the shock-in-jet model. Diplomarbeit, Bonn 2009.

Grellmann, R.: MIDI/VLTI-Infrarot-Interferometrie des jungen, massereichen Sterns Allen's Source. Bonn 2009.

Immer, K.: Multi-wavelengths studies of massive star formation in the Galactic centre region. Bonn 2009.

Kandem Wotchung, P.: Untersuchung der Wärmebilanz einer Primärfokus-Empfängerbox im Radioteleskop Effelsberg und Erarbeiten von Strategien zur effektiven Klimatisierung. Bonn 2009.

Müller, M.: Konstruktion eines gewichts- und volumenoptimierten Kryostaten für ein Doppelhorn-Empfangssystem im Radioteleskop Effelsberg. Bonn 2009.

Laufend:

Berens, T.: Aufbau und Untersuchung einer Übertragungsstrecke für breitbandige analoge Hochfrequenzsignale und digitale Steuersignale im Vollduplex-Betrieb.

Hypki, A.: VLTI-AMBER infrared interferometry of evolved stars.

Krause, T.: Untersuchung der Echtzeitfähigkeit von seriellen Bus-Systemen.

Kunze, S.: Saphir-Laser im simultanen Zwei-Moden-Betrieb.
 Otulakowska, M.: VLTI-AMBER infrared interferometry of young stellar objects.
 Pavlas, G.: Energetics and Structure of AGN Jets.
 Vural, J.: IR-Interferometrie von jungen Sternen mit den VLTI-Instrumenten AMBER und MIDI.

5.2 Dissertationen

Abgeschlossen:

Aravena, M.: Environment and properties of submillimeter galaxies. Dissertation, Bonn 2009.
 Cenacchi, E.: Full stokes polarimetry with the Effelsberg 100-m radio-telescope. Dissertation, Köln 2009.
 Dedes, C.: The APEX southern sky survey of high mass star forming regions. Bonn 2009.
 Eifler, T.: Theoretical Aspects of Cosmic Shear and its Ability to Constrain Cosmological Parameters, Bonn 2009.
 Lazaridis, K.: Multi-telescope studies of neutron stars. Dissertation, Köln 2009.
 Marchili, N.: Variability studies of a sample of intraday variable sources. Dissertation, Bonn 2009.
 Nord, M.: Observations of the Sunyaev-Zel'dovich effect towards clusters of galaxies with the APEX telescope. Dissertation, Bonn 2009.
 Winkel, B.: RFI analysis and H I survey with the new multibeam receiver at the 100-m radio telescope. Dissertation, Bonn 2009.

Laufend:

Anderl, S.: Modeling interstellar shocks (IMPRS).
 Bernhart, S.: Kinematic and Polarimetric Studies of IDV Sources.
 Chang, C.-S.: Physics of the Central Regions of Active Galactic Nuclei. (IMPRS, ESTRELA).
 Das, K.: Conversion from linear to circular polarization and to Stokes parameters at IF, and coherence in bremsstrahlung. (IMPRS).
 Er, X.: Higher order cosmic shear studies. (IMPRS).
 Gao, X.: 6 cm Galactic plane polarization survey (NAOC Beijing, China).
 Gómez González, L.: Physical and chemical evolution of infrared dark clouds (IMPRS).
 Gómez Ruiz, A.: Molecular outflows in star forming regions (IMPRS).
 Karouzos, M.: Radio interferometric investigations of the central regions of AGN (IMPRS).
 Kreplin, A.: Infrared interferometry of disks of young stellar objects (IMPRS).
 Kunneriath, D.: The Galactic Center with CARMA and ATCA. (IMPRS).
 Lu, R.: High frequency observations of compact radio sources and mm-VLBI. (IMPRS).
 Mao, R.: Study of Molecular Spectra in Massive Star Forming Regions.
 Marks, M.: The initial conditions of star clusters (IMPRS).
 Mezcua, M.: Supermassive binary black hole systems in active galaxies (IMPRS).
 Mikulics, M.: Entwicklung von LTGaAs Fotomischern zum Einsatz auf SOFIA.
 Morales, E.: Young stellar clusters and their molecular environment (IMPRS).
 Navarrete, F.: Scaling relations of galaxy clusters with APEX-SZ observations (IMPRS).
 Nestoras, G.: Broad-band jet emission and variability of GLAST gamma-ray blazars (IMPRS).
 Oh, S.: Massive stars in young star clusters. (IMPRS).
 Peng, T.-C.: Astrochemistry of circumstellar envelopes around evolved stars (IMPRS).
 Rolffs, R.: Physical and chemical structure of high mass star forming regions (IMPRS).
 Rygl, K.: Radio and submm observations of stars and star forming regions (IMPRS).
 Schinzel, F.: Long-term evolution study of the parsec scale jet of 3C 345 (IMPRS).
 Shi, X.: Cosmic shear correlations (IMPRS).
 Sokolowsky, K.: Multi-band VLBI study of physical properties of relativistic jets (IMPRS).

Surcis, G.: High resolution magnetic field measurements in high-mass star forming regions (IMPRS).
 Tremou, E.: High angular resolution in the NIR: The construction of an imaging beam combiner for the LBT and VLT measurements of centers of galaxies (IMPRS).
 Valencia-Schneider, M.: Conditions of star formation in nuclei of galaxies (IMPRS).
 Verheyen, L.: The envelope of the ultra-luminous red supergiant VY Canis Majoris. (IMPRS).
 Volino, F.: Models for radio lenses (IMPRS).
 Vural, J.: Infrared interferometry of young stars (IMPRS).
 Wielen, M.: Multi-wavelength follow-ups to the APEX Telescope Large Survey: The Galaxy.
 Zamaninasab, M.: Modeling the flare emission of Sgr A*. (IMPRS).

6 Tagungen, Kooperationen, Öffentlichkeitsarbeit, Preise

6.1 Tagungen und Veranstaltungen

Das Institut führte gemeinsam mit dem Argelander-Institut für Astronomie der Universität Bonn im Berichtsjahr 30 Hauptkolloquien und zusätzlich 37 Sonderkolloquien und 32 Lunch-Kolloquien durch.

Eine Reihe von Konferenzen und Workshops wurden am/vom Institut organisiert:

Am 9. und 10. Februar fanden am Institut zwei eintägige Workshops zu Projektanträgen im Rahmen der europäischen Programme “Marie Curie” und “COST” statt (V. Tegethoff).

Vom 11. bis 14. Februar auf Schloss Ringberg: Workshop “Ultra-high Energy Cosmic Rays and Magnetic Fields in the Universe” (R. Beck, P.L. Biermann: SOC).

Vom 2. bis 6. März in Santiago/Vina del Mar, Chile: “The Interferometric View on Hot Stars” (G. Weigelt: SOC).

Am 25. und 26. März in Cambridge/UK: “LOFAR Magnetism Key Science Project Workshop” (R. Beck: Co-Chair und W. Reich: SOC).

Am 17. April in Torun/Polen: “EVN Technical Operation group Meeting” (W. Alef: SOC, I. Rottmann: LOC).

Vom 20. bis 23. April in Hertfordshire/UK, im Rahmen der europäischen “JENAM 2009”: “Square Kilometre Array” (SKA) (M. Kramer: SOC).

Vom 27. April bis 1. Mai in Virginia Beach/USA: IAU Symposium 261 “Relativity in Fundamental Astronomy” (M. Kramer: SOC).

Vom 26. bis 28. Mai in Socorro/USA: “The EVLA Vision: Stars on and off the Main Sequence” (K.M. Menten: SOC/Chair).

Vom 2. bis 5. Juni in Groningen/Niederlande: “Panoramic Radio Astronomy” (R. Beck: SOC).

Vom 8. bis 12. Juni in Taipeh/Taiwan: “Millimeter and Submillimeter Astronomy at High Angular Resolution” (K. Menten: SOC).

Vom 15. bis 17. Juni in Bonn: “SZ Bonn 2009: A Multi-wavelength Look at Galaxy Clusters” (K. Basu, K. Menten: SOC).

Vom 23. bis 24. Juni in Göteborg/Schweden: “Low Noise Figure measurements at cryogenic and room temperatures” (R. Keller: SOC, I. Rottmann: LOC).

Vom 2. bis 3. Juli in Garching: “GLOW General Meeting” (J. Anderson: SOC).

Vom 12. bis 18. Juli in Paris/Frankreich: “Twelfth Marcel Grossmann Meeting” (M. Kramer: SOC).

Vom 21. bis 23. Juli in Socorro/USA: “New Science Enabled by Microarcsecond Astrometry Workshop” (A. Brunthaler, K.M. Menten: SOC).

Vom 6. bis 7. August in Rio de Janeiro/Brasilien im Rahmen der “27th IAU General Assembly”: “JD06 Timing and Astronomy” (M. Kramer: SOC).

Vom 12. bis 14. August in Rio de Janeiro/Brasilien im Rahmen der “27th IAU General Assembly”: “Eta Carinae in the Context of the Most Massive Stars” (G. Weigelt: SOC).

Vom 4. bis 6. September in Leipzig: “4th Interdisciplinary Phdnet Workshop: Science and Fiction, Crossing the Boundaries” (M. Karouzos, SOC & LOC).

Am 14., September in Frankfurt: “LOFAR International Network Meeting” (J. Anderson: Chair).

Am 19. September in Bonn (MPIfR): “Workshop on Applying for ERC Starting Grants” (V. Tegethoff: Chair).

Vom 20. bis 21. Oktober in Garching (MPA): “LOFAR Magnetism Key Science Project Workshop” (R. Beck: Chair).

Vom 3. bis 6. November in Garching (ESO): “From circumstellar disks to planetary systems” (G. Weigelt: SOC).

Vom 11. bis 12. November in Bonn: Workshop “Masers: the ultimate astrophysical tools” (B. Kramer: LOC).

Vom 16. bis 17. November in Bonn (MPIfR): “Multi-Pixel Camera Receivers” (R. Keller: SOC, I. Rottmann: LOC).

Vom 3. bis 5. Dezember in Bonn & Effelsberg: “EVN TOG Meeting” (W. Alef, I. Rottmann, U. Bach: LOC).

6.2 Kooperationen

Mit dem 100-m-Radioteleskop beteiligt sich das Institut an regelmäßigen VLBI-Beobachtungen des Europäischen VLBI-Netzwerks (EVN) und eines globalen Netzwerks von VLBI-Stationen.

In einer Reihe von VLBI-Projekten gibt es eine enge Zusammenarbeit mit dem VLBA des National Radio Astronomy Observatory (NRAO).

Internationale Zusammenarbeit im Millimeter-VLBI mit IRAM und Instituten in Schweden, Finnland und zwei Instituten (Haystack, Arizona) in den USA (T. Krichbaum, A. Witzel).

Das geodätische Institut der Univ. Bonn und das BKG in Frankfurt haben bei der Erweiterung und dem Betrieb des VLBI-Korrelators mit dem MPIfR zusammengearbeitet.

Mit dem deutsch-französisch-spanischen Institut IRAM wurde auf verschiedenen Gebieten (Bolometer-Array, Millimeter-VLBI, Steuerprogramme) intensiv zusammengearbeitet.

Im LBT- (Large Binocular Telescope) Projekt gibt es eine Kooperation mit dem Steward-Observatorium, der Univ. Florenz, der Ohio State Univ., der Research Corporation, dem MPIA, dem MPE, dem AIP Potsdam und der LSW Heidelberg.

Zum Aufbau und Betrieb des APEX-Teleskops und dessen Instrumentierung erfolgt eine Kollaboration mit dem Onsala Space Observatory (Schweden) und der Europäischen Südsternwarte ESO.

Mit der Universität Manchester besteht eine enge Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Radioastronomischen Fundamentalphysik und Pulsarforschung. Gemeinsame Projekte umfassen z.B. den Effelsberg/Parkes All-sky Survey, das “European Pulsar Timing Array” (EPTA) und das “Large European Array for Pulsars” (LEAP) (Forschungsgruppe M. Kramer).

Bzgl. LOFAR (LOw Frequency ARray) und der LOFAR-Station Effelsberg erfolgt eine Zusammenarbeit mit ASTRON (Niederlande) und den sich im Aufbau befindlichen Stationen von GLOW (“German LOng Wavelength Konsortium”) (Forschungsgruppen M. Kramer, J.A. Zensus).

Für das LOFAR “Key Science” Projekt “Cosmic Magnetism” erfolgt eine Kooperation mit MPA Garching, Univ. Bochum, Univ. Bonn, JU Bremen, ASTRON, Krakau, Bologna, Toulouse, Cambridge (R. Beck, W. Reich).

Im Dezember 2009 wurde die DFG-Forschungsgruppe “Magnetization of Interstellar and Intergalactic Media: The Prospects of Low-Frequency Radio Observations” (R. Beck, stellv. Sprecher).

Bei der Vorbereitung für das “Square Kilometre Array” (SKA) ist das Institut an zwei “Key Science”-Projekten federführend beteiligt: “Pulsars and Gravitational Waves” (Sprecher: M. Kramer), und “Cosmic Magnetism” (stellv. Sprecher: R. Beck).

SKADS-Projekt “Simulation der gesamten und polarisierten Radiostrahlung von jungen Galaxien” mit Univ. Cambridge und Oxford, beide UK, und Univ. Moskau und ICMM Perm, beide Russland (T. Arshakian, R. Beck, X. Sun).

LINC-NIRVANA: Interferometrie-Instrument für das LBT (G. Weigelt).

ARGOS: Laser-Leitstern-System für das LBT (G. Weigelt).

MATISSE: Interferometrie-Instrument des VLTI für den Spektralbereich von 3 bis 13 μm (G. Weigelt).

Das Institut ist seit 2004 wesentlich beteiligt am “RadioNet”, einer engen Zusammenarbeit von zwanzig europäischen Instituten beim Programm von Integrierten Forschungsinfrastrukturen des 6. Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Union.

Insgesamt umfasst die EU-Förderung des RadioNet folgende Projekte mit Beteiligung des Instituts.

Übernationaler Infrastrukturzugriff (Trans National Access, TNA):

- Verbesserung der Beobachtungsmöglichkeiten europäischer Wissenschaftler mit dem 100-m-Radioteleskop (A. Kraus, A. Polatidis).

Gemeinsame Forschungsaktivitäten:

- ALBUS: ein Programm zur Entwicklung von VLBI-Software (A. Roy, Bonn node Koordinator; H. Rottmann, W. Alef).

- AMSTAR: Entwicklung von Instrumentation im Millimeter- und Submillimeter-Bereich (R. Keller, F. Schäfer, R. Güsten)

Netzwerkaktivitäten:

- Engineering Forum – eine Zusammenarbeit in Fragen der Entwicklung von Instrumenten (R. Keller, W. Alef).

- Synergy Group – zur Schaffung eines einheitlichen Zugangs zu europäischen Beobachtungsinstrumenten (A. Polatidis).

- Science & Training group (A.P. Lobanov).

Zum Infrastrukturen-Projekt des 6. FRP EXPReS – die Realisierung von eVLBI in Europa, beteiligt sich das MPIfR in folgenden Themen:

- Gemeinsame Forschungsaktivität “Future Arrays of Broadband Radio Telescopes on Internet Computing” (W. Alef, D. Graham)

- Struktur-Aktivität “Network Provision for a Global Network Array”, dazu der Bau einer schnellen Datenleitung zwischen Bonn und Effelsberg (A. Oberreuter)

- Netzwerkaktivitäten “NVEN Forum” und “Wissenschaftsforum” (W. Alef, R. Porcas)

Auch im Rahmen der Designstudien von europäischen Forschungsinfrastrukturen beteiligt sich das Institut am Programm zur Planung des Square Kilometre Arrays “SKADS” im 6. FRP, in folgenden Designstudien:

- Beim “Science & Simulation” Projekt (T. Arshakian, R. Beck, W. Reich, X. Sun)
- Beim “SKA Data Simulations” aus der Studie “Science & Technical Specification” (A.P. Lobanov, D. Lal)
- Bei der technischen Entwicklung von “EMBRACE Simulator” (R. Keller)

Auch im Rahmen der Integrierten Forschungsinfrastrukturen beteiligt sich das Institut im OPTICON-Programm “European Interferometry Initiative” in Zusammenarbeit mit einer großen Zahl von europäischen Instituten (G. Weigelt).

Bei den Europäischen Marie Curie-Netzwerkprogramme des 6. FRP beteiligt sich das MPIfR an folgenden Projekten:

- ANGLES: Erforschung von Gravitationslinsen (R. Porcas, W. Alef, E. Ros, A. Moré, J. McKean).
- ESTRELA: Early Stage Training-Netzwerk zur Radioastronomie bei Zentimeter-Wellenlängen und Interferometrie (E. Ros, A. Kraus)

Im EPTA (“European Pulsar Timing Array”) erfolgt eine Zusammenarbeit mit Jodrell Bank, Westerbork, Nancy und Cagliari (M. Kramer, A. Jessner, K. Lazaridis).

Im CJF-Projekt (“CalTech-Jodrell Bank flat-spectrum sources”) gibt es eine Kollaboration mit JIVE, Jodrell Bank, CIT und NRAO (S. Britzen).

Die 2cm/MOJAVE-Kollaboration umfasst neben dem MPIfR noch NASA/GSFC, Caltech, ASTRON, NRAO, Denison Univ. und Purdue Univ. (T. Arshakian, A. Lobanov, E. Ros, A. Zensus, Y. Kovalev, C.S. Chang, T. Savolainen, A. Pushkarev).

Bzgl. Modellrechnungen von Binären Schwarzen Löchern wird mit dem IAP in Paris zusammengearbeitet (S. Britzen, A. Lobanov, A. Witzel, A. Zensus).

CMB (Untersuchung der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung) ist ein Kollaboration mit Caltech und Universidad de Concepción (E. Angelakis, A. Kraus, T. Krichbaum, A. Witzel, A. Zensus).

Zur Studie von Radiosupernovae besteht eine Kollaboration mit der Universität Valencia und des IAA/Granada (E. Ros).

Eine deutsch-chinesische Zusammenarbeit zur Untersuchung der Kurzzeitvariabilität von Radioquellen umfasst Beobachtungen mit dem 25-m-Radioteleskop Urumqi (T. Krichbaum).

Gemeinsam mit dem National Observatory Beijing (Prof. J.L. Han) erfolgt die Erstellung eines Kontinuum- und Polarisationsurvey bei 4.8GHz und die Untersuchung von Magnetfeldern in unserer Milchstraße unter Einbeziehung des 25-m-Radioteleskops in Urumqi (E. Fürst, P. Reich, W. Reich, R. Wielebinski).

Ein galaktischer Rotationsmaß-Survey bei 1,4 GHz wird am 26-m-Radioteleskop des DRAO in Penticton (Kanada) erstellt. (W. Reich, P. Reich, R. Wielebinski, mit M. Wolleben, DRAO).

Die Beobachtung und Analyse von NH₃-Spektren extragalaktischer Kernregionen mit Effelsberg, dem ATCA und dem VLA erfolgt zur Bestimmung der kinetischen Temperaturen des dichten interstellaren Mediums (C. Henkel, K.M. Menten).

MOJAVE (Monitoring Of Jets in Active galactic nuclei with VLBA Experiments) und WEBT (The Whole Earth Blazar Telescope) sind Projekte zur koordinierten Beobachtung der Zentralbereiche von Aktiven Galaxien (Y. Kovalev, T. Krichbaum, L. Fuhrmann, S. Britzen, A. Witzel).

Im Rahmen des internationalen “GAMMA-projects” (in Verbindung mit dem “GLAST”-Satelliten) werden koordinierte Flussdichtebeobachtungen von AGNs durchgeführt. Beteiligt sind u.a. Effelsberg, Pico Veleta, OVRO und IR/optische Teleskope wie INFN Perugia, AUTH (E. Angelakis, L. Fuhrmann, N. Marchili, T. P. Krichbaum, A. J. Zensus).

ATLASGAL - Kartierung der Milchstraße mit LABOCA am APEX-Teleskop (F. Schuller, K.M. Menten, F. Wyrowski, P. Schilke).

Beteiligung an den “Key Programs” WISH (Water in star forming regions), HiGAL (Herschel survey of the Galactic Plane), HS3F (Herschel line surveys of star forming regions) für den Infrarot-Satelliten “Herschel” (F. Wyrowski).

DFG-Projekt im Rahmen des Schwerpunktprogramms 1177: “The Great Laboratory M51” (E. Schinnerer und G. Dumas, MPIA Heidelberg, R. Beck, F. Tabatabaei).

6.3 Öffentlichkeitsarbeit

Im Besucherpavillon, direkt am Standort des 100-m-Radioteleskops, wurden von April bis Oktober 350 einstündige Informationsveranstaltungen für sehr unterschiedliche Besuchergruppen durchgeführt.

Die astronomische Vortragsreihe des MPIfR in Bad Münstereifel umfasste 8 populärwissenschaftliche Vorträge in den Monaten April bis November.

Die Reihe “Neues aus dem All” wird seit acht Jahren gemeinsam vom MPIfR, dem Argelander-Institut für Astronomie der Universität Bonn und dem Deutschen Museum Bonn durchgeführt. Im Jahr 2009 stand die Vortragsreihe in Verbindung mit der Ausstellung “Bonner Durchmusterungen - Argelander und sein astronomisches Erbe” im Deutschen Museum Bonn, an der MPIfR und AIfA sich beteiligt haben.

Mitarbeiter des Instituts haben zahlreiche Vorträge an Planetarien, Volkssternwarten und Volkshochschulen gehalten.

Im Jahr 2009 wurden 17 Pressemeldungen des Instituts herausgegeben.

Institut und Radioteleskop Effelsberg waren Thema in einer Reihe von Radio- und Fernsehbeiträgen, darunter “Planet Wissen” (WDR), “W wie Wissen” (ARD), “X:enius” (ARTE), “Abenteuer Wissen” (ZDF), “nano” (3sat) sowie “Die Sendung mit der Maus” mit einem Besuch des Teams im Radio-Observatorium Effelsberg.

Es wurden wiederum eine Reihe von Schülerpraktikumsprojekten am Institut durchgeführt.

Am 22. Januar fand die regionale Eröffnungsveranstaltung zum “Internationalen Jahr der Astronomie 2009” im Deutschen Museum Bonn statt. Den Eröffnungsvortrag (mit erstmaliger Präsentation eines 1:100-Modells des Radioteleskops Effelsberg als neues Exponat) hielt N. Junkes.

Zum bundesweiten Astronomietag am 4. April wurde ein Sonderprogramm mit Themenvorträgen im Besucherpavillon am Radioteleskop Effelsberg durchgeführt.

Am 19. August wurde im Institut in Bonn der Film “Wir sind Sternenstaub” öffentlich wiederaufgeführt. Der überwiegend am Radio-Observatorium und seiner Umgebung gedrehte Film porträtiert mit J. Schmid-Burgk einen Astronomen am MPIfR.

Am 5. September fand im Institut in Bonn ein “Tag der Offenen Tür” mit ca. 1500 Besuchern statt.

Die Aktivitäten des Instituts im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit werden mit Links und Querverweisen im Internet präsentiert: <http://www.mpifr.de/public/>.

6.4 Preise und Auszeichnungen

Prof. Dr. M. Kramer, Direktor am MPIfR, ist einer der Empfänger des Marcel-Großmann-Preises für das Jahr 2009. Er hat den Preis “für seine grundlegenden Beiträge zur Pulsar-Astrophysik, speziell für die erstmalige Beobachtung der geodätischen Präzession eines Pulsars in einem Binärsystem” erhalten.

7 Veröffentlichungen

7.1 In Zeitschriften und Büchern

Abdo, A. A. und 208 weitere Autoren einschl. Guillemot, L., the Fermi LAT Collaboration: A limit on the variation of the speed of light arising from quantum gravity effects. *Nature* 462, 331-334 (2009).

Abdo, A. A. und 192 weitere Autoren einschl. Fuhrmann, L., Guillemot, L.: Bright active galactic nuclei source list from the first three months of the Fermi Large Area Telescope All-Sky Survey. *Astrophys. J.* 700, 597-622 (2009).

Abdo, A. A. und 180 weitere Autoren einschl. Fuhrmann, L., Zensus, J. A.: Early Fermi Gamma-ray Space Telescope observations of the quasar 3C 454.3. *Astrophys. J.* 699, 817-823 (2009).

Abdo, A. A. und 186 weitere Autoren einschl. Fuhrmann, L.: Fermi/LAT discovery of gamma-ray emission from the flat-spectrum radio quasar PKS 1454–354. *Astrophys. J.* 697, 934-941 (2009).

Abdo, A. A. und 171 weitere Autoren einschl. Fuhrmann, L., Zensus, J. A., Angelakis, E.: Fermi/Large Area Telescope discovery of gamma-ray emission from a relativistic jet in the narrow-line quasar PMN J0948+0022. *Astrophys. J.* 699, 976-984 (2009).

Abdo, A. A. und 169 weitere Autoren einschl. Kovalev, Y. Y., Pushkarev, A. B.: Fermi discovery of gamma-ray emission from NGC 1275. *Astrophys. J.* 699, 31-39 (2009).

Abdo, A. A. und 175 weitere Autoren einschl. Kramer, M.: Fermi Large Area Telescope detection of pulsed gamma-rays from the Vela-like pulsars PSR J1048–5832 and PSR J2229+6114. *Astrophys. J.* 706, 1331-1340 (2009).

Abdo, A. A. und 154 weitere Autoren einschl. Guillemot, L.: Fermi large area telescope observations of the cosmic-ray induced gamma-ray emission of the earth's atmosphere. *Physical Review D* 80, 122004 (2009).

Abdo, A. A. und 205 weitere Autoren einschl. Guillemot, L.: Fermi observations of GRB 090902B: A distinct spectral component in the prompt and delayed emission. *Astrophys. J.* 706, L138-L144 (2009).

Abdo, A. A. und 208 weitere Autoren einschl. Zensus, J. A., Angelakis, E., Kovalev, Y. Y., Krichbaum, T. P., Pushkarev, A. B.: Multiwavelength monitoring of the enigmatic narrow-line Seyfert 1 PMN J0948+0022 in 2009 March-July. *Astrophys. J.* 707, 727-737 (2009).

Abdo, A. A. und 149 weitere Autoren einschl. Guillemot, L.: Radio-loud narrow-line Seyfert 1 as a new class of gamma-ray active galactic nuclei. *Astrophys. J.* 707, L142-L147 (2009).

Abraham, J. und 460 weitere Autoren einschl. Biermann, P. L., Dutan, I.: Limit on the diffuse flux of ultrahigh energy tau neutrinos with the surface detector of the Pierre Auger Observatory. *Physical Review D* 79, 102001(1-15) (2009).

Abramowicz, M. A., Becker, J. K., Biermann, P. L., Garzilli, A., Johansson, F., Qian, L.: No observational constraints from hypothetical collisions of hypothetical dark halo primordial black holes with galactic objects. *Astrophys. J.* 705, 659-669 (2009).

Alef, W., Rottmann, H., Graham, D., Müskens, A., Morgan, J., Tingay, S. J., Deller, A. T.: MPIFR/BKG correlator report. In: Proceedings of the 19th European VLBI for Geodesy and Astrometry Working Meeting. (Eds.) Bourda, G.; Charlot, P.; Collioud, A. Universit Bordeaux, Bordeaux 2009, 74-78.

Altenhoff, W. J., Kreysa, E., Menten, K. M., Sievers, A., Thum, C., Weiß, A.: Why did comet 17P/Holmes burst out? Nucleus splitting or delayed sublimation? *Astron. Astrophys.* 495, 975-978 (2009).

- Angelakis, E., Kadler, M., Lewis, K., Sambruna, R. M., Eracleous, M., Zensus, J. A.: A comparison between the radio and the X-ray spectra of broad-line galaxies. In: High Energy Gamma-Ray Astronomy. (Eds.) Aharonian, F.A.; Hofmann, W.; Rieger, F.M. AIP Conference Proceedings No. 1085, AIP, Melville, NY 2009, 522-525.
- Angelakis, E., Kraus, A., Readhead, A. C. S., Zensus, J. A., Bustos, R., Krichbaum, T. P., Witzel, A., Pearson, T. J.: Multi-frequency measurements of the NVSS foreground sources in the cosmic background imager fields. I. Data release. *Astron. Astrophys.* 501, 801-812 (2009).
- Ao, Y., Wei, A., Walter, F., Güsten, R., Henkel, C., Menten, K. M.: CO line SEDs in local luminous infrared galaxies. In: The Starburst-AGN Connection. (Eds.) Wang, W.; Yang, Z.; Luo, Z.; Chen, Z. ASP Conference Series No. 408, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco 2009, 86-88.
- Arshakian, T. G., Beck, R.: Exploring weak magnetic fields with LOFAR and SKA. In: The Low-Frequency Radio Universe. (Eds.) Saikia, D.J.; Green, D.; Gupta, Y.; Venturi, T. ASP Conf. Series No. 407, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 33-38.
- Arshakian, T. G., Beck, R., Krause, M., Sokoloff, D.: Evolution of magnetic fields in galaxies and future observational tests with the Square Kilometre Array. *Astron. Astrophys.* 494, 21-32 (2009).
- Arshakian, T. G., Beck, R., Krause, M., Sokoloff, D.: Testing the cosmological evolution of magnetic fields in galaxies with the SKA. In: Cosmic Magnetic Fields: From Planets, to Stars and Galaxies. (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckman, J.E. IAU Symposium No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 667-668.
- Arshakian, T., Beck, R., Krause, M., Sokoloff, D., Stepanov, R.: Cosmological evolution of magnetic fields in galaxies: future tests with the SKA. In: Panoramic Radio Astronomy: Wide-Field 1–2 GHz Research on Galaxy Evolution. Proceedings of Science. 2009. Internet: http://pos.sissa.it/archive/conferences/089/048/PRA2009_048.pdf
- Baars, J. W. M., D’Addario, L. R., Thompson, A. R.: Advances in radio telescopes. Proceedings of the IEEE 97, 1373-1376 (2009).
- Baars, J. W. M., D’Addario, L. R., Thompson, A. R.: Radio astronomy in the early twenty-first century. Proceedings of the IEEE 97, 1377-1381 (2009).
- Bach, U., Krichbaum, T. P., Bernhart, S., Impellizzeri, C. M. V., Kraus, A., Fuhrmann, L., Witzel, A., Zensus, J. A.: Space VLBI polarimetry of IDV sources: lessons from VSOP and prospects for VSOP2. In: Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 252-255.
- Bagchi, J., Gopal-Krishna, Krause, M., Konar, C., Joshi, S.: A giant radio jet of very unusual polarization in a single-lobed radio galaxy. In: The Low-Frequency Radio Universe. (Eds.) Saikia, D.J.; Green, D.A.; Gupta, Y.; Venturi, T. ASP Conference Series No. 407, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco 2009, 200-203.
- Beck, R.: Galactic and extragalactic magnetic fields. In: High Energy Gamma-Ray Astronomy. (Eds.) Aharonian, F.A.; Hofmann, W.; Rieger, F.M. AIP Conference Proceedings No. 1085, AIP, Melville, NY 2009, 83-96.
- Beck, R.: Galactic and extragalactic magnetic fields – a concise review. *Astrophys. Space Sciences Trans.* 5, 43-47 (2009).
- Beck, R.: Galactic dynamos and galactic winds. *Astrophys. Space Science* 320, 77-84 (2009).
- Beck, R.: Magnetic fields in nearby galaxies: prospects with future radio telescopes. In: Panoramic Radio Astronomy: Wide-Field 1–2 GHz Research on Galaxy Evolution. Proceedings of Science. 2009. Internet: http://pos.sissa.it/archive/conferences/089/046/PRA2009_046.pdf

- Beck, R.: Magnetic visions: mapping cosmic magnetism with LOFAR and SKA. In: *Magnetic Fields in the Universe II: From Laboratory and Stars to the Primordial Universe*. (Eds.) Esquivel, A.; Franco, J.; Garcia-Segura, G.; de Gouveia Dal Pino, E.M.; Lazarian, A.; Lizano, S.; Raga, A. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica Series de Conferencias No. 36*, Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico 2009, 1-8.
- Beck, R.: Measuring interstellar magnetic fields by radio synchrotron emission. In: *Cosmic Magnetic Fields: From Planets to Stars and Galaxies*. (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckmann, J.E. IAU Symposium No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 3-14.
- Beck, R.: Square kilometre array. In: *Scholarpedia*. 2009. Internet: http://www.scholarpedia.org/article/Square_kilometre_array
- Becker, J. K., Biermann, P. L.: Neutrinos from active black holes, sources of ultra high energy cosmic rays. *Astroparticle Physics* 31, 138-148 (2009).
- Belloche, A., Garrod, R. T., Müller, H. S. P., Menten, K. M., Comito, C., Schilke, P.: Increased complexity in interstellar chemistry: detection and chemical modeling of ethyl formate and n-propyl cyanide in Sgr B2(N). *Astron. Astrophys.* 499, 215-232 (2009).
- Bendjoya, P., Domiciano de Souza, A., Vakili, F., Millour, F., Petrov, R.: Canopus angular diameter revisited by the AMBER instrument of the VLT interferometer. In: *The Eighth Pacific Rim Conference on Stellar Astrophysics: A Tribute to Kam-Ching Leung*. (Eds.) Soonthornthum, B.; Komonjinda, S.; Cheng, K.S.; Leung, K.C. ASP Conference Series No. 404, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco 2009, 330-333.
- Bennert, N., Barvainis, R., Henkel, C., Antonucci, R.: A search for H₂O megamasers in high-z type-2 active galactic nuclei. *Astrophys. J.* 695, 276-286 (2009).
- Biermann, P. L., Becker, J. K., Caramete, L., Curutiu, A., Engel, R., Falcke, H., Gergely, L. Á., Isar, P. G., Maris, I. C., Meli, A., Kampert, K.-H., Stanev, T., Tascau, O., Zier, C.: Active galactic nuclei: sources for ultra high energy cosmic rays? *Nuclear Physics B Proceedings Supplements* 190, 61-78 (2009).
- Biermann, P. L., Becker, J. K., Caramete, L., Gergely, L., Maris, I. C., Meli, A., de Souza, V., Stanev, T.: Active galactic nuclei: sources for ultra high energy cosmic rays. *International Journal of Modern Physics D*, 18, 1577-1581 (2009).
- Biermann, P. L., Becker, J. K., Meli, A., Rhode, W., Seo, E. S., Stanev, T.: Cosmic ray electrons and positrons from supernova explosions of massive stars. *Physical Review Letters* 103, 061101(1-4) (2009).
- Bordas, P., Bosch-Ramon, V., Paredes, J. M., Perucho, M.: Non-thermal emission from microquasars/ISM interaction. *Astron. Astrophys.* 497, 325-334 (2009).
- Borges Fernandes, M., Kraus, M., Chesneau, O., Domiciano de Souza, A., de Arajo, F. X., Stee, P., Meilland, A.: The galactic unclassified B[e] star HD 50138. I. A possible new shell phase. *Astron. Astrophys.* 508, 309-320 (2009).
- Braatz, J. A., Condon, J. J., Henkel, C., Lo, K.-Y., Reid, M. J.: Cosmology with water-vapor megamasers. A white paper for the Astro2010 survey. In: *Astro2010: The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey*, Science White Papers No. 23. 2009. Internet: <http://www8.nationalacademies.org/astro2010/DetailFileDisplay.aspx?id=120>
- Braatz, J. A., Reid, M. J., Greenhill, L. J., Kuo, C.-Y., Condon, J. J., Lo, K.-Y., Henkel, C.: Water maser in AGN accretion disks. In: *Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies*. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 274-279.

- Brenneman, L. W., Weaver, K. A., Kadler, M., Tueller, J., Marscher, A., Ros, E., Zensus, A., Kovalev, Y. Y., Aller, M., Aller, H., Irwin, J., Kerp, J., Kaufmann, S.: Spectral analysis of the accretion flow in NGC 1052 with Suzaku. *Astrophys. J.* 698, 528-540 (2009).
- Britzen, S., Kam, V. A., Witzel, A., Agudo, I., Aller, M. F., Aller, H. D., Karouzos, M., Eckart, A., Zensus, J. A.: Non-radial motion in the TeV blazar S5 0716+714. The pc-scale kinematics of a BL Lacertae object. *Astron. Astrophys.* 508, 1205-1215 (2009).
- Brogan, C. L.; Hunter, T. R.; Cyganowski, C. J.; Indebetouw, R.; Beuther, H.; Menten, K. M.; Thorwirth, S.: Digging into NGC 6334I(N): multiwavelength imaging of a massive protostellar cluster. *Astrophys. J.* 707, 1-23 (2009).
- Brunthaler, A., Castangia, P., Tarchi, A., Henkel, C., Reid, M. J., Falcke, H., Menten, K. M.: Evidence of a pure starburst nature of the nuclear region of NGC 253. *Astron. Astrophys.* 497, 103-108 (2009).
- Brunthaler, A., Menten, K. M., Henkel, C., Reid, M. J., Bower, G. C., Falcke, H., Green, D. W. E.: Supernova 2008iz in M82. *Central Bureau Electronic Telegrams* 1803, 1 (2009).
- Brunthaler, A., Menten, K. M., Reid, M. J., Henkel, C., Bower, G. C., Falcke, H.: Discovery of a bright radio transient in M82: a new radio supernova? *Astron. Astrophys.* 499, L17-L20 (2009).
- Brunthaler, A., Menten, K. M., Reid, M. J., Henkel, C., Bower, G. C., Falcke, H.: Discovery of a bright radio transient in M82: a new radio supernova? *The Astronomer's Telegram*, #2020 (2009). Internet: <http://www.astronomerstelegam.org/?read=2020>
- Brunthaler, A., Menten, K. M., Reid, M. J., Henkel, C., Bower, G. C., Falcke, H.: Observations of the new transient radio source in the central region of M82. *The Astronomer's Telegram* #2078 (2009). Internet: <http://www.astronomerstelegam.org/?read=2078>
- Brunthaler, A., Reid, M. J., Menten, K. M., Zheng, X. W., Moscadelli, L., Xu, Y.: Trigonometric parallaxes for massive star forming regions: V. G23.01-0.41 and G23.44-0.18. *Astrophys. J.* 693, 424-429 (2009).
- Buchholz, R. M., Schödel, R., Eckart, A.: Composition of the Galactic center star cluster. Population analysis from adaptive optics narrow band spectral energy distributions. *Astron. Astrophys.* 499, 483-501 (2009).
- Burtscher, L., Jaffe, W., Raban, D., Meisenheimer, K., Tristram, K. R. W., Röttgering, H.: Dust emission from a parsec-scale structure in the Seyfert 1 nucleus of NGC 4151. *Astrophys. J.* 705, L53-L57 (2009).
- Camilo, F., Ray, P. S., Ransom, S. M., Burgay, M., Johnson, T. J., Kerr, M., Gotthelf, E. V., Halpern, J. P., Reynolds, J., Romani, R. W., Demorest, P., Johnston, S., van Straten, W., Saz Parkinson, P. M., Ziegler, M., Dormody, M., Thompson, D. J., Smith, D. A., Harding, A. K., Abdo, A. A., Crawford, F., Freire, P. C. C., Keith, M., Kramer, M., Roberts, M. S. E., Weltevrede, P., Wood, K. S.: Radio detection of LAT PSRs J1741-2054 and J2032+4127: no longer just gamma-ray pulsars. *Astrophys. J.* 705, 1-13 (2009).
- Caswell, J., Hutawarakorn Kramer, B., Reynolds, J.: Maser maps and magnetic field of OH 300.969+1.147. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 398, 528-534 (2009).
- Cenacchi, E., Kraus, A., Mack, K.-H.: Deriving AGN properties from circular and linear radio polarimetry. In: *Cosmic Magnetic Fields: From Planets, to Stars and Galaxies*. (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckman, J.E. IAU Symposium No. 259. Cambridge University Press, Cambridge 2009, 561-562.
- Cenacchi, E., Kraus, A., Orfei, A., Mack, K.-H.: Full Stokes polarimetric observations with a single-dish radio-telescope. *Astron. Astrophys.* 498, 591-599 (2009).
- Cerrigone, L., Hora, J. L., Umana, G., Trigilio, C.: Spitzer detection of polycyclic aromatic hydrocarbons and silicate features in post-AGB stars and young planetary nebulae. *Astrophys. J.* 703, 585-600 (2009).

- Chang, C. S.: Fermi LAT detection of increasing gamma-ray activity of blazar PKS 2052–474. *The Astronomer's Telegram* #2160 (2009).
<http://www.astronomerstelegam.org/?read=2160>
- Chatterjee, S., Brisken, W. F., Vlemmings, W. H. T., Goss, W. M., Lazio, T. J. W., Cordes, J. M., Thorsett, S. E., Fomalont, E. B., Lyne, A. G., Kramer, M.: Precision astrometry with the Very Long Baseline Array: parallaxes and proper motions for 14 pulsars. *Astrophys. J.* 698, 250-265 (2009).
- Coppin, K. E. K., Smail, I., Alexander, D. M., Weiß, A., Walter, F., Swinbank, A. M., Greve, T. R., Kovács, A., De Breuck, C., Dickinson, M., Ibar, E., Ivison, R. J., Reddy, N., Spinrad, H., Stern, D., Brandt, W. N., Chapman, S. C., Dannerbauer, H., van Dokkum, P., Dunlop, J. S., Frayer, D., Gawiser, E., Geach, J. E., Huynh, M., Knudsen, K. K., Koekemoer, A. M., Lehmer, B. D., Menten, K. M., Papovich, C., Rix, H.-W., Schinnerer, E., Wardlow, J. L., van der Werf, P. P.: A submillimetre galaxy at $z = 4.76$ in the LABOCA survey of the Extended Chandra Deep Field-South. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 395, 1905-1914 (2009).
- D'Ammando, F. und 105 weitere Autoren einschl. Bach, U., Fuhrmann, L.: AGILE detection of a rapid gamma-ray flare from the blazar PKS 1510–089 during the GASP-WEBT monitoring. *Astron. Astrophys.* 508, 181-189 (2009).
- de Graauw, Th., Whyborn, N., Caux, E., Phillips, T., Stutzki, J., Tielens, A., Güsten, R., Helmich, F., Luinge, W., Martin-Pintado, J., Pearson, J., Planesas, P., Roelfsema, P., Saraceno, P., Schieder, R., Wildeman, K., Wafelbakker, K.: The Herschel-Heterodyne instrument for the far-infrared (HIFI). In: *Astronomy in the Submillimeter and Far Infrared Domains with the Herschel Space Observatory*. (Eds.) Pagani, L.; Gerin, M. EAS Publications Series No. 34, EDP Sciences, Les Houches 2009, 3-20.
- Deharveng, L., Zavagno, A., Schuller, F., Caplan, J., Pomarés, M., De Breuck, C.: Star formation around RCW 120, the perfect bubble. *Astron. Astrophys.* 496, 177-190 (2009).
- Demichev, V., Matveyenko, L. I., Graham, D. A., Diamond, P. J.: Maser H₂O outbursts & bullets in Orion KL. In: *Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies*. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 366-368.
- Demory, B.-O., Ségransan, D., Forveille, T., Queloz, D., Beuzit, J.-L., Delfosse, X., di Folco, E., Kervella, P., Le Bouquin, J.-B., Perrier, C., Benisty, M., Duvert, G., Hofmann, K.-H., Lopez, B., Petrov, R.: Mass-radius relation of low and very low-mass stars revisited with the VLTI. *Astron. Astrophys.* 505, 205-215 (2009).
- Deneva, J. S., Cordes, J. M., Mc Laughlin, M. A., Nice, D. J., Lorimer, D. R., Crawford, F., Bhat, N. D. R., Camilo, F., Champion, D. J., Freire, P. C. C., Edel, S., Kondratiev, V. I., Hessels, J. W. T., Jenet, F. A., Kasian, L., Kaspi, V. M., Kramer, M., Lazarus, P., Ransom, S. M., Stairs, I. H., Stappers, B. W., van Leeuwen, J., Brazier, A., Venkataraman, A., Zollweg, J. A., Bogdanov, S.: Arecibo pulsar survey using ALFA: probing radio pulsar intermittency and transients. *Astrophys. J.* 703, 2259-2274 (2009).
- Doeleman, S., Agol, E., Backer, D., Baganoff, F., Bower, G. C., Broderick, A., Fabian, A., Fish, V., Gammie, C., Ho, P.I., Honman, M., Krichbaum, T., Loeb, A., Marrone, D., Reid, M., Rogers, A., Shapiro, I., Strittmatter, P., Tilanus, R., Weintroub, J., Whitney, A., Wright, M., Ziurys, L.: Imaging an event horizon: submm-VLBI of a super massive black hole. In: *Astro2010: The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey*, Science White Papers No. 68. 2009. Internet:
<http://www8.nationalacademies.org/astro2010/DetailFileDisplay.aspx?id=106>
- Driebe, T., Groh, J. H., Hofmann, K.-H., Ohnaka, K., Kraus, S., Millour, F., Murakawa, K., Schertl, D., Weigelt, G., Petrov, R., Wittkowski, M., Hummel, C. A., Le Bouquin, J. B., Merand, A., Schöller, M., Massi, F., Stee, P., Tatulli, E.: Resolving the asymmetric inner wind region of the yellow hypergiant IRC+10420 with VLTI/AMBER in low and high spectral resolution mode. *Astron. Astrophys.* 507, 301-316 (2009).

- Driebe, T., Ohnaka, K., Murakawa, K., Hofmann, K.-H., Schertl, D., Weigelt, G., Verhoelst, T., Chesneau, O., Domiciano de Souza, A., Riechers, D., Schöller, M., Wittkowski, M.: A mid-infrared interferometric study of the circumstellar environment of dusty OH/IR stars with VLTI/MIDI. In: Science with the VLT in the ELT Era. (Ed.) Moorwood, A. Springer, Dordrecht 2009, 125-126.
- Eckart, A., Baganoff, F. K., Morris, M. R., Kunneriath, D., Zamaninasab, M., Witzel, G., Schödel, R., García-Marín, M., Meyer, L., Bower, G. C., Marrone, D., Bautz, M. W., Brandt, W. N., Garmire, G. P., Ricker, G. R., Straubmeier, C., Roberts, D. A., Muzic, K., Mauerhan, J., Zensus, A.: Modeling mm- to X-ray flare emission from Sagittarius A*. *Astron. Astrophys.* 500, 935-946 (2009).
- Edmonds, R., Wagg, J., Momjian, E., Carilli, C. L., Wilner, D. J., Humphreys, E. M. L., Menten, K. M., Hughes, D. H.: An expanded Very Large Array search for water megamaser emission in the submm galaxy SMM J16359+6612 at $z = 2.5$. *Astron. J.* 137, 3293-3296 (2009).
- Emprechtinger, M., Wiedner, M. C., Simon, R., Wieching, G., Volgenau, N. H., Bielau, F., Graf, U. U., Güsten, R., Honingh, C. E., Jacobs, K., Rabanus, D., Stutzki, J., Wyrowski, F.: The molecular environment of the massive star forming region NGC 2024: Multi CO transition analysis. *Astron. Astrophys.* 496, 731-739 (2009).
- Espada, D., Matsushita, S., Peck, A., Henkel, C., Iono, D., Israel, F. P., Müller, S., Petitpas, G., Pihlström, Y., Taylor, G. B., Dinh-V-Trung: Disentangling the circumnuclear environs of Centaurus A. I. High-resolution molecular gas imaging. *Astrophys. J.* 695, 116-134 (2009).
- Eyres, S. P. S., O'Brien, T. J., Beswick, R., Muxlow, T. W. B., Anupama, G. C., Kantharia, N. G., Bode, M. F., Gawronski, M. P., Feiler, R., Evans, A., Rushton, M. T., Davis, R. J., Prabhu, T., Porcas, R., Hassall, B. J. M.: Double radio peak and non-thermal collimated ejecta in RS Ophiuchi following the 2006 outburst. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 395, 1533-1540 (2009).
- Fermi LAT Collaboration, Abdo, A. A., und 176 weitere Autoren einschl. Guillemot, L: Modulated high-energy gamma-ray emission from the microquasar Cygnus X-3. *Science* 326, 1512- 1516 (2009).
- Féron, C., Hjorth, J., McKean, J. P., Samsing, J.: A search for disk-galaxy lenses in the Sloan Digital Sky Survey. *Astrophys. J.* 696, 1319-1338 (2009).
- Forbrich, J., Stanke, Th., Klein, R., Henning, Th., Menten, K. M., Schreyer, K., Posselt, B.: A multi-wavelength study of a double intermediate-mass protostar - from large-scale structure to collimated jets. *Astron. Astrophys.* 493, 547-556 (2009).
- Freire, P. C. C., Wex, N., Kramer, M., Lorimer, D. R., McLaughlin, M. A., Stairs, I. H., Rosen, R., Lyne, A. G.: A new technique for timing the double pulsar system. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 396, 1764-1770 (2009).
- Frey, S., Gurvits, L. I., Lobanov, A. P., Schilizzi, R. T., Paragi, Z.: High-redshift quasars at the highest resolution: VSOP results. In: Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 152-154.
- Gabányi, K. É., Krichbaum, T. P., Kraus, A., Witzel, A., Zensus, J. A.: VSOP observations of the blazar S5 2007+77. In: Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 155-158.
- Gabányi, K. É., Marchili, N., Krichbaum, T. P., Fuhrmann, L., Müller, P., Zensus, J. A., Liu, X., Song, H. G.: Very Long Baseline Array observations of the intraday variable source J1128+592. *Astron. Astrophys.* 508, 161-171 (2009).

- Gajjar, V., Joshi, B. C., Kramer, M.: Peculiar nulling in PSR J1738–2330. In: *The Low-Frequency Radio Universe*. (Eds.) Saikia, D.J.; Green, D.A.; Gupta, Y.; Venturi, T. ASP Conference Series No. 407, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco 2009, 304-308 (2009).
- Galametz, M., Madden, S., Galliano, F., Hony, S., Schuller, F., Beelen, A., Bendo, G., Sauvage, M., Lundgren, A., Billot, N.: Probing the dust properties of galaxies up to submillimetre wavelengths. I. The spectral energy distribution of dwarf galaxies using LABOCA. *Astron. Astrophys.* 508, 645-664 (2009).
- Gandhi, P., Horst, H., Smette, A., Hönig, S., Comastri, A., Gilli, R., Vignali, C., Duschl, W.: Resolving the mid-infrared cores of local Seyferts. *Astron. Astrophys.* 502, 457-472 (2009).
- Ganesh, S., Omont, A., Joshi, U. C., Baliyan, K. S., Schultheis, M., Schuller, F., Simon, G.: Stellar populations in a standard ISOGAL field in the Galactic disc. *Astron. Astrophys.* 493, 785-807 (2009).
- Gendriesch, R., Lewen, F., Klapper, G., Menten, K. M., Winnewisser, G., Coxon, J. A., Müller, H. S. P.: Accurate laboratory rest frequencies of vibrationally excited CO up to $v = 3$ and up to 2 THz. *Astron. Astrophys.* 497, 927-930 (2009).
- Gergely, L. Á., Biermann, P. L.: The spin-flip phenomenon in supermassive black hole binary mergers. *Astrophys. J.* 697, 1621-1633 (2009).
- Gergely, L. Á., Biermann, P. L., Mikóczi, B., Keresztes, Z.: Renormalized spin coefficients in the accumulated orbital phase for unequal mass black hole binaries. *Classical and Quantum Gravity* 26, 204006(1-10) (2009).
- Goyal, A., Gopal-Krishna, Anupama, G. C., Sahu, D. K., Sagar, R., Britzen, S., Karazous, M., Aller, M. F., Aller, H. D.: Prolonged intranight optical quiescence of the classical BL Lac object PKS 0735+178. In: *The Low-Frequency Radio Universe*. (Eds.) Saikia, D.J.; Green, D.A.; Gupta, Y.; Venturi, T. ASP Conference Series No. 407, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco 2009, 176-179.
- Goyal, A., Gopal-Krishna, Anupama, G. C., Sahu, D. K., Sagar, R., Britzen, S., Karazous, M., Aller, M. F., Aller, H. D.: Unusual optical quiescence of the classical BL Lac object PKS 0735+178 on intranight time scale. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 399, 1622-1632 (2009).
- Gray, M. D., Wittkowski, M., Scholz, M., Humphreys, E. M. L., Ohnaka, K., Boboltz, D.: SiO maser emission in Miras. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 394, 51-66 (2009).
- Groh, J. H., Damineli, A., Hillier, D. J., Barbá, R., Fernández-Lajús, E., Gamen, R. C., Moisés, A., Solivella, G., Teodoro, M.: Bona-fide strong-variable galactic luminous blue variable stars are fast rotators: detection of a high rotational velocity in HR Carinae. *Astrophys. J.* 705, L25-L30 (2009).
- Groh, J. H., Hillier, D. J., Damineli, A., Whitelock, P. A., Marang, F., Rossi, C.: On the nature of the prototype LBV AG Carinae I. Fundamental parameters during visual minimum phases and changes in the bolometric luminosity during the S-Dor cycle. *Astrophys. J.* 698, 1698-1720 (2009).
- Gupta, A. C., Rani, B., Gaur, H., Krichbaum, T., Fuhrmann, L., Marchili, N., Agudo, I., Boettcher, M., Palma, N., Hawkins, K.: Blazar S5 0716+714 is in the Optical Outburst State? The Astronomer's Telegram #2353 (2009).
Internet: <http://www.astronomerstelegam.org/?read=2353>
- Guseva, N. G., Papaderos, P., Meyer, H. T., Izotov, Y. I., Fricke, K. J.: An investigation of the luminosity-metallicity relation for a large sample of low-metallicity emission-line galaxies. *Astron. Astrophys.* 505, 63-72 (2009).
- Hachisuka, K., Brunthaler, A., Menten, K. M., Reid, M. J., Hagiwara, Y., Mochizuki, N.: The distance to a star forming region in the Outer arm. *Astrophys. J.* 696, 1981-1986 (2009).

- Halverson, N. W., Lanting, T., Ade, P. A. R., Basu, K., Bender, A. N., Benson, B. A., Bertoldi, F., Cho, H.-M., Chon, G., Clarke, J., Dobbs, M., Ferrusca, D., Güsten, R., Holzappel, W. L., Kovács, A., Kennedy, J., Kermish, Z., Kneissl, R., Lee, A. T., Lueker, M., Mehl, J., Menten, K. M., Muders, D., Nord, M., Pacaud, F., Plagge, T., Reichardt, C., Richards, P. L., Schaaf, R., Schilke, P., Schuller, F., Schwan, D., Spieler, H., Tucker, C., Weiß, A., Zahn, O.: Sunyaev-Zel'Dovich effect observations of the bullet cluster (1E 0657–56) with APEX-SZ. *Astrophys. J.* 701, 42-51 (2009).
- Harko, T., Kovács, Z., Lobo, F. S. N.: Can accretion disk properties distinguish gravastars from black holes? *Classical and Quantum Gravity* 26, 215006 (2009).
- Harko, T., Kovács, Z., Lobo, F. S. N.: Thin accretion disks in stationary axisymmetric wormhole spacetimes. *Physical Review D* 79, 064001 (2009).
- Haungs, A. und 77 weitere Autoren einschl. Biermann, P. L., Zensus, J. A.: LOPES Collaboration: Recent results of the LOPES experiment. *Nuclear Physics B Proceedings Supplements* 196, 297-300 (2009).
- Healey, S. E., Fuhrmann, L., Taylor, G. B., Romani, R. W., Readhead, A. C. S.: Filling in the gaps in the 4.85 GHz sky. *Astron. J.* 138, 1032-1036 (2009).
- Heesen, V., Beck, R., Krause, M., Dettmar, R.-J.: Cosmic rays and the magnetic field in the nearby starburst galaxy NGC 253. I. The distribution and transport of cosmic rays. *Astron. Astrophys.* 494, 563-577 (2009).
- Heesen, V., Beck, R., Krause, M., Dettmar, R.-J.: Cosmic rays and the magnetic field in the nearby starburst galaxy NGC 253. II. The magnetic field structure. *Astron. Astrophys.* 506, 1123-1135 (2009).
- Heesen, V., Beck, R., Krause, M., Dettmar, R.-J.: Transport of cosmic rays in the nearby starburst galaxy NGC 253. *Astronomische Nachrichten* 330, 1028-1033 (2009).
- Heesen, V., Krause, M., Beck, R., Dettmar, R.-J.: The magnetic field structure in NGC 253 in presence of a galactic wind. In: *Cosmic Magnetic Fields: From Planets to Stars and Galaxies.* (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckmann, J.E. IAU Symposium No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 509-514.
- Henkel, C., Menten, K. M., Murphy, M. T., Jethava, N., Flambaum, V. V., Braatz, J. A., Muller, S., Ott, J., Mao, R. Q.: The density, the cosmic microwave background, and the proton-to-electron mass ratio in a cloud at redshift 0.9. *Astron. Astrophys.* 500, 725-734 (2009).
- Hines, D. C., Packham, C. C., Adamson, A., Andersson, B.-G., Antonucci, R., Axon, D., De Buizer, J., Cellino, A., Clemens, D., Hoffman, J. L., Kishimoto, M., Jones, T. J., Lazarian, A., Magalhaes, A. M., Masiero, J., Perlman, E. S., Perrin, M., Vilega Rodrigues, C., Shinnaga, H., Sparks, W., Whittet, D.: O/IR polarimetry for the 2010 decade (CGT): science at the edge, sharp tools for all. In: *Astro2010: The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey*, Science White Papers No. 125. 2009.
Internet: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0902/0902.4224.pdf>
- Homan, D. C., Kadler, M., Kellermann, K. I., Kovalev, Y. Y., Lister, M. L., Ros, E., Savolainen, T., Zensus, J. A.: MOJAVE: monitoring of jets in AGN with VLBA experiments. VII. Blazar jet acceleration. *Astrophys. J.* 706, 1253-1268 (2009).
- Horan, D. und 73 weitere Autoren einschl. Kovalev, Y. Y.: Multiwavelength observations of Markarian 421 in 2005-2006. *Astrophys. J.* 695, 596-618 (2009).
- Horst, H., Duschl, W., Gandhi, P., Smette, A.: Mid-infrared imaging of 25 local AGN with VLT-VISIR. *Astron. Astrophys.* 495, 137-146 (2009).
- Huchtmeier, W. K., Karachentsev, I. D., Karachentseva, V. E.: H I-observations of dwarf galaxies in the local supercluster. *Astron. Astrophys.* 506, 677-680 (2009).

- Izotov, Y. I., Guseva, N. G., Fricke, K. J., Papaderos, P.: SBS 0335–052E+W: deep VLT/FORS+UVES spectroscopy of the pair of the lowest-metallicity blue compact dwarf galaxies. *Astron. Astrophys.* 503, 61-72 (2009).
- Jaffe, W., Raban, D., Meisenheimer, K., Tristram, K., Leinert, Ch., Röttgering, H.: MIDI sees active galactic nuclei. In: *Science with the VLT in the ELT Era.* (Ed.) Moorwood, A. Springer, Dordrecht 2009, 89-94.
- Joshi, B. C., Kramer, M.: Simultaneous multi-frequency GMRT observations of millisecond pulsars. In: *The Low-Frequency Radio Universe.* (Eds.) Saikia, D.J.; Green, D.A.; Gupta, Y.; Venturi, T. ASP Conference Series No. 407, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco 2009, 345-348 (2009).
- Joshi, B. C., McLaughlin, M. A., Lyne, A. G., Ludovici, D. A., Pawar, N. A., Faulkner, A. J., Lorimer, D. R., Kramer, M., Davies, M. L.: Discovery of three new pulsars in a 610-MHz pulsar survey with the GMRT. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 398, 943-948 (2009).
- Kascade-Grande, Lopes Collaboration, 84 Autoren einschl. Biermann, P. L., Zensus, J. A.: Recent results from KASCADE-Grande and LOPEs. *Nuclear Physics B Proceedings Supplements*, 190, 213-222 (2009).
- Kellermann, K. I., Lister, M. L., Homan, D. C., Kovalev, Y. Y., Kadler, M., Cohen, M. C.: Kinematics of AGN and quasar jets. In: *Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies.* (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 173-178.
- Kervella, P., Domiciano de Souza, A., Kanaan, S., Meiland, A., Spang, A., Stee, Ph.: The environment of the fast rotating star Achernar. II. Thermal infrared interferometry with VLTI/MIDI. *Astron. Astrophys.* 493, L53-L56 (2009).
- Khosropanah, P., Baryshev, A., Zhang, W., Jellema, W., Hovenier, J. N., Gao, J. R., Klapwijk, T. M., Paveliev, D. G., Williams, B. S., Kumar, S., Hu, Q., Reno, J. L., Klein, B., Hesler, J. L.: Phase locking of a 2.7 THz quantum cascade laser to a microwave reference. *Optics Letters* 34, 2958-2960 (2009).
- Kishimoto, M., Hönig, S. F., Antonucci, R., Kotani, T., Barvainis, R., Tristram, K. R. W., Weigelt, G.: Exploring the inner region of type 1 AGNs with the Keck interferometer. *Astron. Astrophys.* 507, L57-L60 (2009).
- Kishimoto, M., Hönig, S. F., Tristram, K. R. W., Weigelt, G.: Possible evidence for a common radial structure in nearby AGN tori. *Astron. Astrophys.* 493, L57-L60 (2009).
- König, S., Eckart, A., García-Marín, M., Huchtmeier, W. K.: H I in nearby low-luminosity QSO host galaxies. *Astron. Astrophys.* 507, 757-767 (2009).
- Kovács, Z., Cheng, K. S., Harko, T.: Can stellar mass black holes be quark stars? *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 400, 1632-1642 (2009).
- Kovács, Z., Cheng, K. S., Harko, T.: Thin accretion discs around neutron and quark stars. *Astron. Astrophys.* 500, 621-631 (2009).
- Kovalev, Y. Y.: Identification of the early Fermi LAT gamma-ray bright objects with extragalactic VLBI sources. *Astrophys. J.* 707, L56-L59 (2009).
- Kovalev, Y. Y.: Parsec-scale jet in the distant gigahertz-peaked spectrum quasar PKS 0858–279. *Astronomische Nachrichten* 330, 141-144 (2009).
- Kovalev, Y. Y.: VLBI surveys of active galactic nuclei. In: *Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies.* (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 179-183.
- Kovalev, Y. Y., Aller, H. D., Aller, M. F., Homan, D. C., Kadler, M., Kellermann, K. I., Kovalev, Yu. A., Lister, M. L., McCormick, M. J., Pushkarev, A. B., Ros, E., Zensus, J. A.:

- The relation between AGN gamma-ray emission and parsec-scale radio jets. *Astrophys. J.* 696, L17-L21 (2009).
- Kramer, M.: Exploiting binary pulsars as laboratories of gravity theories. In: *Physics of Relativistic Objects in Compact Binaries: From Birth to Coalescence.* (Eds.) Colpi, M.; Casella, P.; Gorini, V.; Moschella, V.; Possenti, A. *Astrophysics and Space Science Library* No. 359. Springer, Dordrecht 2009, 43-75.
- Kramer, M.: Extreme spinning tops. *Science* 324, 1396-1397 (2009).
- Kramer, M., Wex, N.: Topical review: the double pulsar system: a unique laboratory for gravity. *Classical and Quantum Gravity* 26, 073001 (2009).
- Kraus, S., Hofmann, K.-H., Malbet, F., Meilland, A., Natta, A., Schertl, D., Stee, P., Weigelt, G.: Revealing the sub-AU asymmetries of the inner dust rim in the disk around the Herbig Ae star R Coronae Australis. *Astron. Astrophys.* 508, 787-803 (2009).
- Kraus, S., Preibisch, Th., Ohnaka, K.: Resolving the inner active accretion disk around the Herbig Be star MWC147 with VLTI/MIDI+AMBER spectro-interferometry. In: *Science with the VLT in the ELT Era.* (Ed.) Moorwood, A. Springer, Dordrecht 2009, 113-118.
- Kraus, S., Weigelt, G., Balega, Y. Y., Docobo, J. A., Hofmann, K.-H., Preibisch, T., Schertl, D., Tamazian, V. S., Driebe, T., Ohnaka, K., Petrov, R., Schöller, M., Smith, M.: Tracing the young massive high-eccentricity binary system Θ 1 Orionis C through periastron passage. *Astron. Astrophys.* 497, 195-207 (2009).
- Krause, M.: Magnetic fields and star formation in spiral galaxies. In: *Magnetic Fields in the Universe II : From Laboratory and Stars to the Primordial Universe.* (Eds.) Esquivel, A.; Franco, J.; Garcia-Segura, G.; de Gouveia Dal Pino, E.M.; Lazarian, A.; Lizano, S.; Raga, A. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica Series de Conferencias* No. 36, Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico 2009, 25-29.
- Krause, M.: Interplay of CR-driven galactic wind, magnetic field, and galactic dynamo in spiral galaxies. In: *Cosmic Magnetic Fields: From Planets, to Stars and Galaxies.* (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckman, J.E. *IAU Symposium* No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 547-548.
- Krügel, E.: The influence of scattering on the extinction of stars. *Astron. Astrophys.* 493, 385-397 (2009).
- Kudrya, Yu. N., Karachentseva, V. E., Karachentsev, I. D., Mitronova, S. N., Huchtmeier, W. K.: Distances and peculiar velocities of spiral galaxies in the 2MFGC and SFI++ samples. *Astrophysics* 52, 335-349 (2009).
- Landecker, T. L., Reich, W., Reid, R. I., Reich, P., Wolleben, M., Kothes, R., Del Rizzo, D., Uyaniker, B., Gray, A. D., Taylor, A. R., Wielebinski, R., Fürst, E.: The polarized emission from the galactic plane at arcminute angular resolution. In: *Cosmic Magnetic Fields: From Planets, to Stars and Galaxies.* (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckman, J.E. *IAU Symposium* No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 539-540.
- Lazar, M., Schlickeiser, R., Wielebinski, R., Poedts, S.: Cosmological effects of Weibel-type instabilities. *Astrophys. J.* 693, 1133-1141 (2009).
- Lazaridis, K., Wex, N., Jessner, A., Kramer, M., Stappers, B. W., Janssen, G. H., Desvignes, G., Purver, M. B., Cognard, I., Theureau, G., Lyne, A. G., Jordan, C. A., Zensus, J. A.: Generic tests of the existence of the gravitational dipole radiation and the variation of the gravitational constant. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 400, 805-814 (2009).
- Leroy, A. K.; Walter, F.; Bigiel, F.; Usero, A.; Weiss, A.; Brinks, E.; de Blok, W. J. G.; Kennicutt, R. C.; Schuster, K.l-F.; Kramer, C.; Wiesemeyer, H. W.; Roussel, H.: Heracles: The HERA CO line extragalactic survey. *Astron. J.* 137, 4670-4696 (2009).
- Lestrade, J.-F., Wyatt, M. C., Bertoldi, F., Menten, K. M., Labaigt, G.: Search for cold debris disks around M-dwarfs. II. *Astron. Astrophys.* 506, 1455-1467 (2009).

- Leto, P., Umana, G., Trigilio, C., Buemi, C. S., Dolei, S., Manzitto, P., Cerrigone, L., Siringo, C.: 7 mm continuum observations of ultra compact H II regions. *Astron. Astrophys.* 507, 1467-1473 (2009).
- Laurini, S., Codella, C., Zapata, L. A., Belloche, A., Stanke, T., Wyrowski, F., Schilke, P., Menten, K. M., Güsten, R.: Extremely high velocity gas from the massive young stellar objects in IRAS 17233–3606. *Astron. Astrophys.* 507, 1443-1454 (2009).
- Lister, M. L., Aller, H. D., Aller, M. F., Cohen, M. H., Homan, D. C., Kadler, M., Kellermann, K. I., Kovalev, Y. Y., Ros, E., Savolainen, T., Zensus, J. A., Vermeulen, R. C.: MOJAVE: monitoring of jets in AGN with VLBA experiments. V. Multi-epoch VLBA images. *Astron. J.* 137, 3718-3729 (2009).
- Lister, M. L., Cohen, M. H., Homan, D. C., Kadler, M., Kellermann, K. I., Kovalev, Y. Y., Ros, E., Savolainen, T., Zensus, J. A.: MOJAVE: monitoring of jets in active galactic nuclei with VLBA experiments. VI. Kinematics analysis of a complete sample of blazar jets. *Astron. J.* 138, 1874-1892 (2009).
- Lister, M. L., Homan, D. C., Kadler, M., Kellermann, K. I., Kovalev, Y. Y., Ros, E., Savolainen, T., Zensus, J. A.: A connection between apparent VLBA jet speeds and initial active galactic nuclei detections made by the Fermi Gamma-Ray Observatory. *Astrophys. J.* 696, L22-L26 (2009).
- Livingstone, M. A., Ransom, S. M., Camilo, F., Kaspi, V. M., Lyne, A. G., Kramer, M., Stairs, I. H.: X-ray and radio timing of the pulsar in 3C 58. *Astrophys. J.* 706, 1163-1173 (2009).
- Lo, N., Cunningham, M. R., Jones, P. A., Bains, I., Burton, M. G., Wong, T., Muller, E., Kramer, C., Ossenkopf, V., Henkel, C., Deragopian, G., Donnelly, S., Ladd, E. F.: Molecular line mapping of the giant molecular cloud associated with RCW 106 – III. Multimolecular line mapping. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 395, 1021-1042 (2009).
- Lobanov, A. P.: VSOP studies of internal structure of the jet in 3C 273. In: *Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies*. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 189-193.
- Loewenstein, M., Kusenko, A., Biermann, P. L.: New limits on sterile neutrinos from Suzaku observations of the Ursa Minor Dwarf Spheroidal Galaxy. *Astrophys. J.* 700, 426-435 (2009).
- Lonsdale, C. J., Polletta, M. C., Omont, A., Shupe, D., Berta, S., Zylka, R., Siana, B., Lutz, D., Farrah, D., Smith, H. E., Lagache, G., DeBreuck, C., Owen, F., Beelen, A., Weedman, D., Franceschini, A., Clements, D., Tacconi, L., Afonso-Luis, A., Prez-Fournon, I., Cox, P., Bertoldi, F.: MAMBO 1.2 mm observations of luminous starbursts at $z \approx 2$ in the SWIRE fields. *Astrophys. J.* 692, 422-442 (2009).
- Lopes Collaboration, Haungs, A. und 76 weitere Autoren einschl. Biermann, P. L., Zensus, J. A.: Air shower measurements with the LOPES radio antenna array. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 604, S1-S8 (2009).
- Lopes Collaboration, Saftoiu, A. und 76 weitere Autoren einschl. Biermann, P. L., Zensus, J. A.: Analysis of inclined showers measured with LOPES. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 604, S9-S12 (2009).
- Lopes Collaboration, Isar, P. G. und 77 weitere Autoren einschl. Biermann, P. L., Zensus, J. A.: Radio emission of energetic cosmic ray air showers: polarization measurements with LOPES. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 604, S81-S84 (2009).
- Lopez, B., Lagarde, S., Wolf, S., Jaffe, W., Weigelt, G., Antonelli, P., Abraham, P., Augereau, J.-Ch., Beckman, U., Behrend, J., Berruyer, N., Bresson, Y., Chesneau, O., Clausse, J. M., Connot, C., Danchi, W. C., Delbo, M., Demyk, K., Domiciano, A., Dugu, M., Glazenberg, A., Graser, U., Hanenburg, H., Henning, Th., Heininger, M., Hofmann, K.-H.,

Hugues, Y., Jankov, S., Kraus, S., Laun, W., Leinert, Ch., Linz, H., Matter, A., Mathias, Ph., Meisenheimer, K., Menut, J.-L., Millour, F., Mosoni, L., Neumann, U., Niedzielski, A., Nussbaum, E., Petrov, R., Ratzka, Th., Robbe-Dubois, S., Roussel, A., Schertl, D., Schmider, F.-X., Stecklum, B., Thiebaut, E., Vakili, F., Wagner, K., Waters, L. B. F. M., Absil, O., Hron, J., Nardetto, N., Olofsson, J., Valat, B., Vannier, M., Goldman, B., Hönl, S., Cotton, W. D.: Matisse. In: *Science with the VLT in the ELT Era*. (Ed.) Moorwood, A. Springer, Dordrecht 2009, 353-357.

Lyne, A. G., McLaughlin, M. A., Keane, E. F., Kramer, M., Espinoza, C. M., Stappers, B. W., Palliyaguru, N. T., Miller, J.: Unusual glitch activity in the RRAT J1819–1458: an exhausted magnetar? *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 400, 1439-1444 (2009).

Malbet, F., Buscher, D., Weigelt, G., Garcia, P., Gai, M., Lorenzetti, D., Surdej, J., Hron, J., Neuhauser, R., Kern, P., Jocu, L., Berger, J. -P., Absil, O., Beckmann, U., Corcione, L., Duvert, G., Filho, M., Labeye, P., Le Coarer, E., Causi, G. Li, Lima, J., Perraut, K., Tatulli, E., Thibaut, E., Young, J., Zins, G., Amorim, A., Aringer, B., Beckert, T., Benisty, M., Bonfils, X., Chelli, A., Chesneau, O., Chiavassa, A., Corradi, R., De Becker, M., Delboulb, A., Duchene, G., Forveille, T., Haniff, C., Herwats, E., Le Bouquin, J. -B., Ligor, S., Loreggia, D., Marconi, A., Moitinho, A., Nisini, B., Petrucci, P. -O., Rebordao, J., Speziali, R., Testi, L., Vitali, F.: Milli-arcsecond astrophysics with VSI, the VLTI spectro-imager in the ELT era. In: *Science with the VLT in the ELT Era*. (Ed.) Moorwood, A. Springer, Dordrecht 2009, 343-348.

Mantovani, F.; Mack, K.-H.; Montenegro-Montes, F. M.; Rossetti, A.; Kraus, A.: Effelsberg 100-m polarimetric observations of a sample of compact steep-spectrum sources. *Astron. Astrophys.* 502, 61-65 (2009).

Marcaide, J. M., Martí-Vidal, I., Alberdi, A., Prez-Torres, M. A., Ros, E., Diamond, P. J., Guirado, J. C., Lara, L., Shapiro, I. I., Stockdale, C. J., Weiler, K. W., Mantovani, F., Preston, R. A., Schilizzi, R. T., Sramek, R. A., Triguero, C., van Dyk, S. D., Whitney, A. R.: A decade of SN1993J: discovery of radio wavelength effects in the expansion rate. *Astron. Astrophys.* 505, 927-945 (2009).

Marcaide, J. M., Martí-Vidal, I., Perez-Torres, M. A., Alberdi, A., Guirado, J. C., Ros, E., Weiler, K. W.: (RN) 1.6 GHz VLBI observations of SN1979C: almost-free expansion. *Astron. Astrophys.* 503, 869-872 (2009).

Marscher, A., Jorstad, S., Murphy, D., Meier, D., Preston, R., Unwin, S., Kellermann, K., Wrobel, J., Romney, J., Homan, D., Lister, M., Piner, G., Greenhill, L., Reid, M., Taylor, G., Weshrle, A., Roberts, D., Readhead, A., Böttcher, M., Georganopoulos, M., Bloom, S., Johnston, K., Cheung, C.C., Krichbaum, T., Tsuboi, M., Inoue, M., Kamenoi, S.: Exploring the most compact regions of relativistic jets with the ultra-high angular resolution of space VLBI. In: *Astro2010: The Astronomy and Astrophysics Decadal Survey*, Science White Papers No. 193. 2009. Internet: <http://www8.nationalacademies.org/astro2010/DetailFileDisplay.aspx?id=87>

Martí-Vidal, I., Marcaide, J. M., Alberdi, A., Guirado, J. C., Prez-Torres, M. A., Ros, E., Shapiro, I. I., Beswick, R. J., Muxlow, T. W. B., Pedlar, A., Argo, M. K., Immler, S., Panagia, N., Stockdale, C. J., Sramek, R. A., van Dyk, S., Weiler, K. W.: 23 GHz VLBI observations of SN2008ax (research note). *Astron. Astrophys.* 499, 649-652 (2009).

Massi, M., Kaufman Bernadó, M.: Radio spectral index analysis and classes of ejection in LSI+61°303. *Astrophys. J.* 702, 1179-1189 (2009).

Matveyenko, L., Diamond, P. J., Graham, D. A., Zaharing, K. M., Demichev, V. A., Sivakon, S. S.: Fine structure of star formation region in Orion KL. In: *Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies*. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 372-375.

- McKean, J., Roy, A. L.: Tracing the merger rate of the universe with apertif and ASKAP. In: Panoramic Radio Astronomy : Wide-field 1–2 GHz research on galaxy evolution. Proceedings of Science. 2009.
Internet: http://pos.sissa.it/archive/conferences/089/060/PRA2009_060.pdf
- McLaughlin, M. A., Lyne, A. G., Keane, E. F., Kramer, M., Miller, J. J., Lorimer, D. R., Manchester, R. N., Camilo, F., Stairs, I. H.: Timing observations of rotating radio transients. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 400, 1431-1438 (2009).
- Meilland, A., Stee, Ph., Chesneau, O., Jones, C.: VLTI/MIDI observations of 7 classical Be stars. *Astron. Astrophys.* 505, 687-693 (2009).
- Menten, K. M., Wilson, R. W., Leurini, S., Schilke, P.: Molecules in G1.6–0.025 “Hot” chemistry in the absence of star formation at the periphery of the Galactic Center region. *Astrophys. J.* 692, 47-60 (2009).
- Messineo, M., Davies, B., Ivanov, V. D., Figer, D. F., Schuller, F., Habing, H. J., Menten, K. M., Petr-Gotzens, M. G.: Near-infrared spectra of galactic stellar clusters detected on Spitzer/GLIMPSE images. *Astrophys. J.* 697, 701-712 (2009).
- Millour, F., Chesneau, O., Borges Fernandes, M., Meilland, A., Mars, G., Benoist, C., Thibaut, E., Stee, P., Hofmann, K.-H., Baron, F., Young, J., Bendjoya, P., Carciofi, A., Domiciano de Souza, A., Driebe, T., Jankov, S., Kervella, P., Petrov, R. G., Robbe-Dubois, S., Vakili, F., Waters, L. B. F. M., Weigelt, G.: A binary engine fuelling HD 87643’s complex circumstellar environment using AMBER/VLTI imaging. *Astron. Astrophys.* 507, 317-326 (2009).
- Millour, F., Driebe, T., Chesneau, O., Groh, J., Hofmann, K.-H., Murakawa, K., Ohnaka, K., Schertl, D., Weigelt, G.: VLTI/AMBER unveils a possible dusty pinwheel nebula in WR118. *Astron. Astrophys.* 506, L49-L52 (2009).
- Minier, V., Andr, Ph., Bergman, P., Motte, F., Wyrowski, F., Le Penneç, J., Rodriguez, L., Boulade, O., Doumayrou, E., Dubreuil, D., Gallais, P., Hamon, G., Lagage, P.-O., Lortholary, M., Martignac, J., Revret, V., Roussel, H., Talvard, M., Willmann, G., Olofsson, H.: Evidence of triggered star formation in G327.3–0.6. Dust-continuum mapping of an infrared dark cloud with P-ArTMI. *Astron. Astrophys.* 501, L1-L4 (2009).
- Miroshnichenko, A. S., Hofmann, K.-H., Schertl, D., Weigelt, G., Kraus, S., Manset, N., Albert, L., Balega, Y. Y., Klochkova, V. G., Rudy, R. J., Lynch, D. K., Mazuk, S., Venturini, C. C., Russell, R. W., Grankin, K. N., Puetter, R. C., Perry, R. B.: A new spectroscopic and interferometric study of the young stellar object V645 Cygni. *Astron. Astrophys.* 498, 115-126 (2009).
- Mittal, R., Hudson, D. S., Reiprich, T. H., Clarke, T.: AGN-heating and ICM cooling in the HIFLUGCS sample of galaxy clusters. *Astron. Astrophys.* 501, 835-850 (2009).
- Morales, E. F. E., Mardones, D., Garay, G., Brooks, K. J., Pineda, J. E.: A multiwavelength study of young massive star-forming regions. III. Mid-Infrared emission. *Astrophys. J.* 698, 488-501 (2009).
- More, A., McKean, J. P., Porcas, R. W., Koopmans, L. V. E., Garrett, M. A.: The role of luminous substructure in the gravitational lens system MG 2016+112. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 394, 174-190 (2009).
- Moscadelli, L., Reid, M. J., Menten, K. M., Brunthaler, A., Zheng, X. W., Xu, Y.: Trigonometric parallaxes of massive star forming regions: II. Cep A & NGC 7538. *Astrophys. J.* 693, 406-412 (2009).
- Moultaka, J., Eckart, A., Schödel, R.: M-band spectra of dust-embedded sources at the Galactic center. *Astrophys. J.* 703, 1635-1647 (2009).
- Nardetto, N.: Recent insights in the dynamical structure of Cepheids’ atmosphere and prospect concerning hydrodynamical modelling. In: Nonlinear Pulsations and Hydrodynamics

- of Cepheids. (Eds.) Goupil, M.; Kollth, Z.; Nardetto, N.; Kervella, P. EAS Publications Series No. 38, EDP Sciences, Les Houches 2009, 133-141.
- Neidhardt, A., Ettl, M., Plötz, C., Mühlbauer, M., Dassing, R., Hase, H., Rottmann, H., Alef, W., Sobarzo Guzmán, S., Herrera Ruztort, C., Himwich, E.: e-control: new concepts for remote control of VLBI-telescopes and first experiences at Wettzell. In: The 8th International e-VLBI Workshop. Proceedings of Science. 2009.
Internet: http://pos.sissa.it//archive/conferences/082/038/EXPreS09_038.pdf
- Neidhardt, A., Ettl, M., Zeithöfler, R., Plötz, C., Mühlbauer, M., Dassing, R., Hase, H., Sobarzo, S., Herrera, C., Alef, W., Rottmann, H., Himwich, E.: A concept for remote control of VLBI-telescopes and first experiences at Wettzell. In: Proceedings of the 19th European VLBI for Geodesy and Astrometry Working Meeting. (Eds.) Bourda, G.; Charlot, P.; Collioud, A. Universit Bordeaux, Bordeaux 2009, 137-141.
- Neufeld, D. A., Nisini, B., Giannini, T., Melnick, G. J., Bergin, E. A., Yuan, Y., Maret, S., Tolls, V., Güsten, R., Kaufman, M. J.: Spitzer spectral line mapping of protostellar outflows. I. Basic data and outflow energetics. *Astrophys. J.* 706, 170-183 (2009).
- Nishiyama, S., Tamura, M., Hatano, H., Nagata, T., Kudo, T., Ishii, M., Schödel, R., Eckart, A.: Near-infrared polarimetry of flares from Sgr A* with Subaru/CIAO. *Astrophys. J.* 702, L56-L60 (2009).
- Nord, M., Basu, K., Pacaud, F., Ade, P. A. R., Bender, A. N., Benson, B. A., Bertoldi, F., Cho, H.-M., Chon, G., Clarke, J., Dobbs, M., Ferrusca, D., Halverson, N. W., Holzappel, W. L., Horellou, C., Johansson, D., Kennedy, J., Kernish, Z., Kneissl, R., Lanting, T., Lee, A. T., Lueker, M., Mehl, J., Menten, K. M., Plagge, T., Reichardt, C. L., Richards, P. L., Schaaf, R., Schwan, D., Spieler, H., Tucker, C., Weiß, A., Zahn, O.: Multi-frequency imaging of the galaxy cluster Abell 2163 using the Sunyaev-Zel'dovich effect. *Astron. Astrophys.* 506, 623-636 (2009).
- Ohnaka, K., Driebe, T., Hofmann, K.-H., Weigelt, G., Wittkowski, M.: Resolving the dusty torus and the mystery surrounding LMC red supergiant WOH G64. In: The Magellanic System: Stars, Gas, and Galaxies. (Eds.) van Loon, J.T.; Oliveira, J.M. IAU Symposium No. 256, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 454-458.
- Ohnaka, K., Driebe, T., Weigelt, G., Wittkowski, M.: Multi-epoch VLTI/MIDI observations of the carbon-rich Mira star V Oph. In: Science with the VLT in the ELT Era. (Ed.) Moorwood, A. Springer, Dordrecht 2009, 119-123.
- Ohnaka, K., Hofmann, K.-H., Benisty, M., Chelli, A., Driebe, T., Millour, F., Petrov, R., Schertl, D., Stee, Ph., Vakili, F., Weigelt, G.: Spatially resolving the inhomogeneous structure of the dynamical atmosphere of Betelgeuse with VLTI/AMBER. *Astron. Astrophys.* 503, 183-195 (2009).
- Pandian, J. D., Menten, K. M., Goldsmith, P. F.: The Arecibo methanol maser galactic plane survey. III. Distances and luminosities. *Astrophys. J.* 706, 1609-1624 (2009).
- Parise, B., Leurini, S., Schilke, P., Roueff, E., Thorwirth, S., Lis, D.: Deuterium chemistry in the Orion Bar PDR “warm” chemistry starring CH₂D⁺. *Astron. Astrophys.* 508, 737-749 (2009).
- Patel, N. A., Young, K. H., Brünken, S., Menten, K. M., Thaddeus, P., Wilson, R. W.: Detection of vibrationally excited CO in IRC+10216. *Astrophys. J.* 691, L55-L58 (2009).
- Patel, N. A., Young, K. H., Brünken, S., Wilson, R. W., Thaddeus, P., Menten, K. M., Reid, M., McCarthy, M. C., Dinh-V-Trung, Gottlieb, C. A., Hedden, A.: Submillimeter narrow emission lines from the inner envelope of IRC+10216. *Astrophys. J.* 692, 1205-1210 (2009).
- Perucho, M., Lobanov, A. P., Kovalev, Y. Y.: Physical information derived from the internal structure in jets. In: Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 349-352.

- Pfalzner, S., Eckart, A.: How universal are the two young cluster sequences? The cases of the LMC, SMC, M83, and the antennae. *Astron. Astrophys.* 508, L5-L8 (2009).
- Pierre AUGER Collaboration, Abraham, J. und 473 weitere Autoren einschl. Biermann, P. L., Dutan, I.: Atmospheric effects on extensive air showers observed with the surface detector of the Pierre Auger Observatory. *Astroparticle Physics* 32, 89-99 (2009).
- Pierre AUGER Collaboration, Abraham, J. und 460 weitere Autoren einschl. Biermann, P. L., Dutan, I.: Upper limit on the cosmic-ray photon fraction at EeV energies from the Pierre Auger Observatory. *Astroparticle Physics* 31, 399-406 (2009).
- Porcas, R. W.: Fundamentals of radio interferometry. In: 2nd MCCT-SKADS Training School. *Radio Astronomy: Fundamentals and the New Instruments. Proceedings of Science.* 2009. Internet:
[http://pos.sissa.it//archive/conferences/065/013/2nd MCCT-SKADS_013.pdf](http://pos.sissa.it//archive/conferences/065/013/2nd%20MCCT-SKADS_013.pdf)
- Porcas, R. W.: Radio astrometry with chromatic AGN core positions. *Astron. Astrophys.* 505, L1-L4 (2009).
- Pushkarev, A. B., Kovalev, Y. Y., Lister, M. L., Savolainen, T.: Jet opening angles and gamma-ray brightness of AGN. *Astron. Astrophys.* 507, L33-L36 (2009).
- Qian, S.-J., Witzel, A., Zensus, J. A., Krichbaum, T. P., Britzen, S., Zhang, X.-Z.: Periodicity of the ejection of superluminal components in 3C 345. *Research in Astron. Astrophys.* 9, 137-150 (2009).
- Raban, D., Jaffe, W., Röttgering, H., Meisenheimer, K., Tristram, K. R. W.: Resolving the obscuring torus in NGC 1068 with the power of infrared interferometry: revealing the inner funnel of dust. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 394, 1325-1337 (2009).
- Raiteri, C. M. und 68 weitere Autoren einschl. Bach, U., Fuhrmann, L.: WEBT multiwavelength monitoring and XMM-Newton observations of BL Lacertae in 2007-2008: unveiling different emission components. *Astron. Astrophys.* 507, 769-779 (2009).
- Rastorgueva, E. A., Wiik, K., Savolainen, T., Takalo, L. O., Valtaoja, E., Vetukhnovskaya, Y. N., Sokolovsky, K. V.: Multi-frequency VLBA study of the blazar S5 0716+714 during the active state in 2004. I. Inner jet kinematics. *Astron. Astrophys.* 494, L5-L8 (2009).
- Reich, W.: New perspectives from radio astronomy. In: *Questions of Modern Cosmology.* (Eds.) D'Onofrio, M.; Burigana, C. Springer, Dordrecht 2009, 431-435.
- Reich, W.: Radio foregrounds. In: *Questions of Modern Cosmology.* (Eds.) D'Onofrio, M.; Burigana, C. Springer, Dordrecht 2009, 87-93.
- Reich, W., Reich, P.: Measuring and calibrating galactic synchrotron emission. In: *Cosmic Magnetic Fields: From Planets to Stars and Galaxies.* (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckmann, J.E. IAU Symposium No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 603-612.
- Reichardt, C. L., Zahn, O., Ade, P. A. R., Basu, K., Bender, A. N., Bertoldi, F., Cho, H.-M., Chon, G., Dobbs, M., Ferrusca, D., Halverson, N. W., Holzappel, W. L., Horellou, C., Johansson, D., Johnson, B. R., Kennedy, J., Kneissl, R., Lanting, T., Lee, A. T., Lueker, M., Mehl, J., Menten, K. M., Nord, M., Pacaud, F., Richards, P. L., Schaaf, R., Schwan, D., Spieler, H., Weiß, A., Westbrook, B.: Constraints on the high- ℓ power spectrum of millimeter-wave anisotropies from APEX-SZ. *Astrophys. J.* 701, 1958-1964 (2009).
- Reid, M. J., Braatz, J. A., Condon, J. J., Greenhill, L. J., Henkel, C., Lo, K. Y.: The megamaser cosmology project. I. Very long baseline interferometric observations of UGC 3789. *Astrophys. J.* 695, 287-291 (2009).
- Reid, M. J., Menten, K. M., Brunthaler, A., Zheng, X. W., Moscadelli, L., Xu, Y.: Trigonometric parallaxes of massive star forming regions: I. S 252 & G 232.6+1.0. *Astrophys. J.* 693, 397-405 (2009).

- Reid, M. J., Menten, K. M., Zheng, X. W., Brunthaler, A., Moscadelli, L., Xu, Y., Zhang, B., Sato, M., Honma, M., Hirota, T., Hachisuka, K., Choi, Y. K., Moellenbrock, G. A., Bartkiewicz, A.: Trigonometric parallaxes of massive star forming regions: VI. Galactic structure, fundamental parameters and non-circular motions. *Astrophys. J.* 700, 137-148 (2009).
- Reid, M. J., Menten, K. M., Zheng, X. W., Brunthaler, A., Xu, Y.: A trigonometric parallax of Sgr B2. *Astrophys. J.* 705, 1548-1553 (2009).
- Ribeiro, V. A. R. M., Bode, M. F., Darnley, M. J., Harman, D. J., Newsam, A. M., O'Brien, T. J., Bohigas, J., Echevarría, J. M., Bond, H. E., Chavushyan, V. H., Costero, R., Coziol, R., Evans, A., Eyres, S. P. S., León-Tavares, J., Richer, M. G., Tovmassian, G., Starrfield, S., Zharikov, S. V.: The expanding nebular remnant of the recurrent nova RS Ophiuchi (2006). II. Modeling of combined Hubble Space Telescope imaging and ground-based spectroscopy. *Astrophys. J.* 703, 1955-1963 (2009).
- Riechers, D. A., Walter, F., Bertoldi, F., Carilli, C. L., Aravena, M., Neri, R., Cox, P., Weiß, A., Menten, K. M.: Imaging atomic and highly excited molecular gas in a $z = 6.42$ quasar host galaxy: Copious fuel for an Eddington-limited starburst at the end of cosmic reionization. *Astrophys. J.* 703, 1338-1345 (2009).
- Rioja, M. J., Dodson, R., Porcas, R. W., Ferris, D., Reynolds, J., Sasao, T., Schilizzi, R. T.: Revisited "cluster-cluster" VLBI with future multi-beam low frequency radio interferometers. In: The 8th International e-VLBI Workshop. Proceedings of Science. 2009. Internet: http://pos.sissa.it/archive/conferences/082/014/EXPreS09_014.pdf
- Rioja, M., Porcas, R., Dodson, R., Asaki, Y.: Astrometry with VSOP. In: Approaching Micro-Arsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 486-491.
- Roca-Sogorb, M., Perucho, M., Gómez, J. L., Martí, J. M., Antón, L., Aloy, M. A., Agudo, I.: The influence of helical magnetic fields in the dynamics and emission of relativistic jets. In: Approaching Micro-Arsecond Resolution with VSOP-2 : Astrophysics and Technologies. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 353-356.
- Rodríguez, L. F., Zapata, L. A., Ho, P. T. P.: Resolving the structure and kinematics of the BN object at 0".2 resolution. *Astrophys. J.* 692, 162-167 (2009).
- Roland, J., Britzen, S., Witzel, A., Zensus, J. A.: The origin of intrinsic variability of intraday variable sources. *Astron. Astrophys.* 496, 645-651 (2009).
- Ruffle, P., Millar, T., Roberts, H., Lubowich, D., Henkel, C.: Molecular line observations and chemical modelling of edge cloud 2. In: The Evolving ISM in the Milky Way and Nearby Galaxies. (Eds.) Sheth, K.; Noriega-Crespo, A.; Ingalls, J.; Paladini, R. 2009. Internet: http://web.ipac.caltech.edu/staff/ismevol/proceedings/rufflep_v1.pdf
- Sakamoto, T., D'Ammando, F., Gehrels, N., Kovalev, Y. Y., Sokolovsky, K.: Swift/XRT observations of a huge flare from 3C 454.3. The Astronomer's Telegram # 2329 (2009). Internet: <http://www.astronomersteleggram.org/?read=2329>
- Sanna, A., Reid, M. J., Moscadelli, L., Dame, T. M., Menten, K. M., Brunthaler, A., Zheng, X. W., Xu, Y.: Trigonometric parallaxes of massive star-forming regions. VII. G9.62+0.20 and the expanding 3 kpc arm. *Astrophys. J.* 706, 464-470 (2009).
- Schinzler, F. K., Taylor, G. B., Stockdale, C. J., Granot, J., Ramirez-Ruiz, E.: SN 2001em: not so fast. *Astrophys. J.* 691, 1380-1386 (2009).
- Schuller, F., Menten, K. M., Contreras, Y., Wyrowski, F., Schilke, P., Bronfman, L., Henning, T., Walmsley, C. M., Beuther, H., Bontemps, S., Cesaroni, R., Deharveng, L., Garay, G., Herpin, F., Lefloch, B., Linz, H., Mardones, D., Minier, V., Molinari, S., Motte, F., Nyman, L.-Å., Reveret, V., Risacher, C., Russeil, D., Schneider, N., Testi, L., Troost, T.,

- Vasyunina, T., Wielen, M., Zavagno, A., Kovács, A., Kreysa, E., Siringo, G., Weiß, A.: ATLASGAL - The APEX telescope large area survey of the galaxy at $870\ \mu\text{m}$. *Astron. Astrophys.* 504, 415-427 (2009).
- Serylak, M., Stappers, B. W., Weltevrede, P., Kramer, M., Jessner, A., Lyne, A. G., Jordan, C. A., Lazaridis, K., Zensus, J. A.: Simultaneous multifrequency single-pulse properties of AXP XTE J1810–197. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 394, 295-308 (2009).
- Siringo, G., Kreysa, E., Kovács, A., Schuller, F., Weiß, A., Esch, W., Gemünd, H.-P., Jethava, N., Lundershausen, G., Colin, A., Güsten, R., Menten, K. M., Beelen, A., Bertoldi, F., Beeman, J. W., Haller, E. E.: The Large APEX Bolometer CAmera LABOCA. *Astron. Astrophys.* 497, 945-962 (2009).
- Smits, R., Lorimer, D. R., Kramer, M., Manchester, R., Stappers, B., Jin, C. J., Nan, R. D., Li, D.: Pulsar science with the five hundred metre Aperture Spherical Telescope. *Astron. Astrophys.* 505, 919-926 (2009).
- Sokolovsky, K. V., Healey, S. E., Schinzel, F., Kovalev, Y. Y.: Fermi LAT detection of a GeV flare from GB6 B1310+4844. The Astronomer's Telegram # 2306 (2009). Internet: <http://www.astronomerstelegram.org/?read=2306>
- Sokolovsky, K. V., Kovalev, Y. Y., Kovalev, Y. A., Nizhelskiy, N. A., Zhekanis, G. V.: A sample of GHz-peaked spectrum sources selected at RATAN-600: spectral and variability properties. *Astronomische Nachrichten* 330, 199-202 (2009).
- Song, H.G., Liu, X., Marchili, N., Krichbaum, T.P.: A search of IDV sources around J1819+3845. In: Proceedings of the 10th Asian-Pacific Regional IAU Meeting. (Eds.) Shuang Nan Zhang; Yan Li; Qing Juan Yu. National Observatories of China Press, 2009, 256-257.
- Sowade, R., Breunig, I., Cámara Mayorga, I., Kiessling, J., Tulea, C., Dierolf, V., Buse, K.: Continuous-wave optical parametric terahertz source. *Optics Express* 17, 22303-22310 (2009).
- Stappers, B., Vlemmings, W., Kramer, M.: Pulsars, e-VLBI, and LEAP. In: The 8th International e-VLBI Workshop. Proceedings of Science. 2009. Internet: http://pos.sissa.it/archive/conferences/082/020/EXPreS09_020.pdf
- Stepanov, Rodion, Fletcher, A., Shukurov, A., Beck, R., La Porta, L., Tabatabaei, F. S.: Relative distributions of cosmic ray electrons and magnetic fields in the ISM. In: Cosmic Magnetic Fields: From Planets to Stars and Galaxies. (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckmann, J.E. IAU Symposium No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 93-94.
- Stil, J. M., Krause, M., Beck, R., Taylor, A. R.: The integrated polarization of spiral galaxy disks. *Astrophys. J.* 693, 1392-1403 (2009).
- Stil, J. M., Krause, M., Mitchell, L., Beck, R., Taylor, A. R.: The integrated polarization of spiral galaxies. In: Cosmic Magnetic Fields: From Planets, to Stars and Galaxies. (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckman, J.E. IAU Symposium No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 543-544.
- Sun, X. H., Reich, W.: Simulated square kilometre array maps from Galactic 3D-emission models. *Astron. Astrophys.* 507, 1087-1105 (2009).
- Surcis, G., Tarchi, A., Henkel, C., Ott, J., Lovell, J., Castangia, P.: New H₂O masers in Seyfert and FIR bright galaxies. III. The southern sample. *Astron. Astrophys.* 502, 529-540 (2009).
- Surcis, G., Vlemmings, W. H. T., Dodson, R., van Langevelde, H. J.: Methanol masers probing the ordered magnetic field of W75N. *Astron. Astrophys.* 506, 757-761 (2009).
- Suyu, S. H., Marshall, P. J., Blandford, R. D., Fassnacht, C. D., Koopmans, L. V. E., McKean, J. P., Treu, T.: Dissecting the gravitational lens B1608+656: lens potential reconstruction. *Astrophys. J.* 691, 277-298 (2009).

- Tabatabaei, F. S., Beck, R., Fletcher, A.: Magnetism in the nearby galaxy M33. In: *Cosmic Magnetic Fields: From Planets, to Stars and Galaxies*. (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckman, J.E. IAU Symposium No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 545-546.
- Takahashi, Y., the JEM-EUSO Collaboration, incl. Biermann, P. L.: The JEM-EUSO mission. *New Journal of Physics* 11, 065009 (2009).
- Thorwirth, S., Harding, M. E.: Coupled-cluster calculations of C₂H₂Si and CNHSi structural isomers. *Journal of Chemical Physics* 130, 214303 (2009).
- Tingay, S. J., Alef, W., Graham, D., Deller, A. T.: Geodetic VLBI correlation in software. *Journal of Geodesy* 83, 1061-1069 (2009).
- Tuccari, G., Buttaccio, S., Nicotra, G., Alef, W., Graham, D., Roy, A., Bertarini, A., Neidhardt, A., Zeitlhöfler, R.: DBBC.2 Bachend system: status report. In: *Proceedings of the 19th European VLBI for Geodesy and Astrometry Working Meeting*. (Eds.) Bourda, G.; Charlot, P.; Collioud, A. Université Bordeaux, Bordeaux 2009, 71-73.
- van der Tak, F. F. S., Müller, H. S. P., Harding, M. E., Gauss, J.: Hyperfine structure in the $J = 1 - 0$ transitions of DCO⁺, DNC, and HN₁₃C: astronomical observations and quantum-chemical calculations. *Astron. Astrophys.* 507, 347-354 (2009).
- van Kempen, T. A., van Dishoeck, E. F., Güsten, R., Kristensen, L. E., Schilke, P., Hogerheijde, M. R., Boland, W., Menten, K. M., Wyrowski, F.: APEX-CHAMP⁺ high-J CO observations of low-mass young stellar objects. II. Distribution and origin of warm molecular gas. *Astron. Astrophys.* 507, 1425-1442 (2009).
- van Kempen, T. A., van Dishoeck, E. F., Güsten, R., Kristensen, L. E., Schilke, P., Hogerheijde, M. R., Boland, W., Nefs, B., Menten, K. M., Baryshev, A., Wyrowski, F.: APEX-CHAMP⁺ high-J CO observations of low-mass young stellar objects. I. The HH 46 envelope and outflow. *Astron. Astrophys.* 501, 633-646 (2009).
- van Kempen, T. A., van Dishoeck, E. F., Hogerheijde, M. R., Güsten, R.: Dense and warm molecular gas in the envelopes and outflows of southern low-mass protostars. *Astron. Astrophys.* 508, 259-274 (2009).
- Venter, C., Harding, A. K., Guillemot, L.: Probing millisecond pulsar emission geometry using light curves from the Fermi/Large Area Telescope. *Astrophys. J.* 707, 800-822 (2009).
- Villata, M., Raiteri, C. M., Larionov, V. M., Nikolashvili, M. G., Aller, M. F., Bach, U., Carosati, D., Hroch, F., Ibrahimov, M. A., Jorstad, S. G., Kovalev, Y. Y., Lähteenmäki, A., Nilsson, K., Teräsranata, H., Tosti, G., Aller, H. D., Arkharov, A. A., Berdyugin, A., Boltwood, P., Buemi, C. S., Casas, R., Charlot, P., Coloma, J. M., di Paola, A., di Rico, G., Kimeridze, G. N., Konstantinova, T. S., Kopatskaya, E. N., Kovalev, Yu. A., Kurtanidze, O. M., Lanteri, L., Larionova, E. G., Larionova, L. V., Le Campion, J.-F., Leto, P., Lindfors, E., Marscher, A. P., Marshall, K., McFarland, J. P., McHardy, I. M., Miller, H. R., Nucciarelli, G., Osterman, M. P., Pasanen, M., Pursimo, T., Ros, J. A., Sadun, A. C., Sigua, L. A., Sixtova, L., Takalo, L. O., Tornikoski, M., Trigilio, C., Umama, G., Xie, G. Z., Zhang, X., Zhou, S. B.: The correlated optical and radio variability of BL Lacertae WEBT data analysis 1994-2005. *Astron. Astrophys.* 501, 455-460 (2009).
- Vollmer, B., Derrire, S., Boch, T., Gassmann, B., Dubois, P., Genova, F., Ochsenbein, F., Krichbaum, T. P.: Cross-identification of radio sources from a large number of heterogeneous catalogues using VO tools. In: *Multi-Wavelength Astronomy and Virtual Observatory*. (Eds.) Baines, D.; Osuna, P. European Space Agency, Noordwijk 2009, 81-84.
- Vollmer, B., Soida, M., Chung, A., Chemin, L., Braine, J., Boselli, A., Beck, R.: Ram pressure stripping of the multiphase ISM in the Virgo cluster spiral galaxy NGC 4438. *Astron. Astrophys.* 496, 669-675 (2009).
- Wagg, J., Owen, F., Bertoldi, F., Sawitzki, M., Carilli, C. L., Menten, K. M., Voss, H.: Radio and X-ray properties of submillimeter galaxies in the A2125 field. *Astrophys. J.* 699, 1843-1849 (2009).

- Walter, F., Riechers, D., Cox, P., Neri, R., Carilli, C., Bertoldi, F., Weiß, A., Maiolino, R.: A kiloparsec-scale hyper-starburst in a quasar host less than 1 gigayear after the Big Bang. *Nature* 457, 699-701 (2009).
- Walter, F., Weiß, A., Riechers, D. A., Carilli, C. L., Bertoldi, F., Cox, P., Menten, K. M.: A sensitive search for $[\text{N II}]_{205\ \mu\text{m}}$ emission in a $z = 6.4$ quasar host galaxy. *Astrophys. J.* 691, L1-L4 (2009).
- Wang, R., Carilli, C. L., Neri, R., Walter, F., Bertoldi, F., Cox, P., Omont, A., Wagg, J., Menten, K. M., Fan, X.: The nature of the millimeter bright quasars at $z \approx 6$. In: *The Starburst-AGN Connection*. (Eds.) Wang, W.; Yang, Z.; Luo, Z.; Chen, Z. ASP Conference Series No. 408, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco 2009, 452-456.
- Wang, M., Chin, Y.-N., Henkel, C., Whiteoak, J. B., Cunningham, M.: Abundances and isotope ratios in the Magellanic clouds: the star forming environment of N 113. *Astrophys. J.* 690, 580-597 (2009).
- Weigelt, G., Kraus, S., Driebe, T., Hofmann, K.-H., Millour, F., Petrov, R., Schertl, D., Chesneau, O., Davidson, K., Domiciano de Souza, A., Gull, T., Hillier, J.D., Malbet, F., Rantakyro, F., Richichi, A., Schöller, M., Wittkowski, M.: VLTI-AMBER observations of η Carinae with high spatial resolution and spectral resolutions of $\lambda/\Delta\lambda = 1500$ and 12000. In: *Science with the VLT in the ELT Era*. (Ed.) Moorwood, A. Springer, Dordrecht 2009, 107-111.
- Weiß, A., Ivison, R. J., Downes, D., Walter, F., Cirasuolo, M., Menten, K. M.: First redshift determination of an optically/ultraviolet faint submillimeter galaxy using CO emission lines. *Astrophys. J.* 705, L45-L47 (2009).
- Weiß, A., Kovács, A., Coppin, K., Greve, T. R., Walter, F., Smail, Ian, Dunlop, J. S., Knudsen, K. K., Alexander, D. M., Bertoldi, F., Brandt, W. N., Chapman, S. C., Cox, P., Dannerbauer, H., De Breuck, C., Gawiser, E., Ivison, R. J., Lutz, D., Menten, K. M., Koekemoer, A. M., Kreysa, E., Kurczynski, P., Rix, H.-W., Schinnerer, E., van der Werf, P. P.: The large Apex bolometer camera survey of the extended Chandra deep field south. *Astrophys. J.* 707, 1201-1216 (2009).
- Wielebinski, R.: The 408 MHz all-sky survey: commentary of Haslam, C.G.T.; Salter, C.J.; Stoffel, H.; Wilson, W.E. 1982, *A&AS*, 47,1. *Astron. Astrophys.* 500, 245-246 (2009).
- Wielebinski, R.: What do we really know about the magnetic fields of the Milky Way? In: *Cosmic Magnetic Fields: From Planets, to Stars and Galaxies*. (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckman, J.E. IAU Symposium No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 515-518.
- Wild, W., Kardashev, N. S., Likhachev, S. F., Babakin, N. G., Arkhipov, V. Y., Vinogradov, I. S., Andreyanov, V. V., Fedorchuk, S. D., Myshonkova, N. V., Alexandrov, Y. A., Novokov, I. D., Goltzman, G. N., Cherepaschuk, A. M., Shustov, B. M., Vystavkin, A. N., Koshelets, V. P., Vdovin, V. F., de Graauw, Th., Helmich, F., van der Tak, F., Shipman, R., Baryshev, A., Gao, J. R., Khosropanah, P., Roelfsema, P., Barthel, P., Spaans, M., Mendez, M., Klapwijk, T., Israel, F., Hogerheijde, M., van der Werf, P., Cernicharo, J., Martin-Pintado, J., Planesas, P., Gallego, J. D., Beaudin, G., Krieg, J. M., Gerin, M., Paganì, L., Saraceno, P., di Giorgio, A. M., Cerulli, R., Orfei, R., Spinoglio, L., Piazzo, L., Liseau, R., Belitsky, V., Cherednichenko, S., Poglitsch, A., Raab, W., Güsten, R., Klein, B., Stutzki, J., Honingh, N., Benz, A., Murphy, A., Trappe, N., Räisänen, A.: Millimetron—a large Russian-European submillimeter space observatory. *Experimental Astronomy* 23, 221-244 (2009).
- Wolf, S., Lopez, B., Jaffe, W., Weigelt, G., Augereau, J.-Ch., Berruyer, N., Chesneau, O., Danchi, W. C., Delbo, M., Demyk, K., Domiciano, A., Henning, Th., Hofmann, K.-H., Kraus, S., Leinert, Ch., Linz, H., Mathias, Ph., Meisenheimer, K., Menut, J.-L., Millour, F., Mosoni, L., Niedzielski, A., Petrov, R., Ratzka, Th., Stecklum, B., Thiebaut, E., Vakili, F., Waters, L. B. F. M., Absil, O., Hron, J., Lagarde, S., Matter, A., Nardetto, N., Olofsson,

- J., Valat, B., Vannier, M.: MATISSE science cases. In: Science with the VLT in the ELT Era. (Ed.) Moorwood, A. Springer, Dordrecht 2009, 359-360.
- Wolleben, M., Landecker, T. L., Carretti, E., Dickey, J. M., Fletcher, A., Gaensler, B. M., Han, J. L., Haverkorn, M., Leahy, J. P., McClure-Griffiths, N. M., McConnell, D., Reich, W., Taylor, A. R.: GMIMS: the global magneto-ionic medium survey. In: Cosmic Magnetic Fields: From Planets to Stars and Galaxies. (Eds.) Strassmeier, K.G.; Kosovichev, A.G.; Beckmann, J.E. IAU Symposium No. 259, Cambridge University Press, Cambridge 2009, 89-90.
- Worms, J.-C., Lammer, H., Barucci, A., Beebe, R., Bibring, J.-P., Blamont, J., Blanc, M., Bonnet, R., Brucato, J. R., Chassefiere, E., Coradini, A., Crawford, I., Ehrenfreund, P., Falcke, H., Gerzer, R., Grady, M., Grande, M., Haerendel, G., Horneck, G., Koch, B., Lobanov, A. P., Lopez-Moreno, J. J., Marco, R., Norsk, P., Rothery, D., Swings, J.-P., Tropea, C., Ulamec, S., Westall, F., Zarnecki, J.: ESSC-ESF position paper-science-driven scenario for space exploration: report from the European Space Sciences Committee (ESSC). *Astrobiology* 9, 23-41 (2009).
- Xiao, L., Reich, W., Fürst, E., Han, J. L.: Radio properties of the low surface brightness SNR G65.2+5.7. *Astron. Astrophys.* 503, 827-836 (2009).
- Xu, Y., Reid, M. J., Menten, K. M., Brunthaler, A., Zheng, X. W., Moscadelli, L.: Trigonometric parallaxes of massive star forming regions: III. G 59.7+0.1 and W 51 IRS2. *Astrophys. J.* 693, 413-418 (2009).
- Xu, Y., Voronkov, M. A., Pandian, J. D., Li, J. J., Sobolev, A. M., Brunthaler, A., Ritter, B., Menten, K. M.: Absolute positions of some 6.7 GHz methanol masers. *Astron. Astrophys.* 507, 1117-1139 (2009).
- Yang, J., Gurvits, L. I., Frey, S., Lobanov, A. P., Hong, X.-Y.: VSOP imaging of the quasar PKS 1402+044 at $z = 3.2$. In: Approaching Micro-Arcsecond Resolution with VSOP-2: Astrophysics and Technologies. (Eds.) Hagiwara, Y.; Fomalont, E.; Tsuboi, M.; Murata, Y. ASP Conference Series No. 402, Astron. Soc. Pacific, San Francisco 2009, 139-142.
- Yates, S. J. C., Baryshev, A. M., Baselmans, J. J. A., Klein, B., Güsten, R.: Fast Fourier transform spectrometer readout for large array of microwave kinetic inductance detectors. *Applied Physics Letters* 95, 042504 (2009).
- Yusef-Zadeh, F., Bushouse, H., Wardle, M., Heinke, C., Roberts, D. A., Dowell, C. D., Brunthaler, A., Reid, M. J., Martin, C. L., Marrone, D. P., Porquet, D., Grosso, N., Dodds-Eden, K., Bower, G. C., Wiesemeyer, H., Miyazaki, A., Pal, S., Gillissen, S., Goldwurm, A., Trap, G., Maness, H.: Simultaneous multi-wavelength observations of Sgr A during 2007 April 1-11. *Astrophys. J.* 706, 348-375 (2009).
- Zapata, L. A., Ho, P. T. P., Schilke, P., Rodríguez, L. F., Menten, K., Palau, A., Garrod, R.: A ring/disk/outflow system associated with W51 north: a very massive star in the making. *Astrophys. J.* 698, 1422-1428 (2009).
- Zapata, L. A., Menten, K. M., Reid, M., Beuther, H.: An extensive, sensitive search for SiO masers in high- and intermediate-mass star-forming regions. *Astrophys. J.* 691, 332-341 (2009).
- Zapata, L. A., Schmid-Burgk, J., Ho, P. T. P., Rodríguez, L. F., Menten, K. M.: Explosive disintegration of a massive young stellar system in Orion. *Astrophys. J.* 704, L45-L48 (2009).
- Zhang, B., Zheng, X. W., Reid, M. J., Menten, K. M., Xu, Y., Moscadelli, L., Brunthaler, A.: Trigonometric parallaxes for massive star forming regions: IV. G35.20-0.74 and G35.20-1.74. *Astrophys. J.* 693, 419-423 (2009).
- Zuther, J., Lemson, G., Eckart, A., Voges, W., Gadotti, D. A., Won Kim, J.: Using virtual observatory techniques to search for adaptive optics suitable AGN. In: Multi-Wavelength Astronomy and Virtual Observatory. (Eds.) Baines, D.; Osunat, P. ESA, Noordwijk 2009, 15-18.

7.2 Abstracts

- Bennert, N., Barvainis, R., Henkel, C., Antonucci, R.: Searching for water megamasers in type-2 QSOs. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 476 (2009).
- Braatz, J. A., Reid, M., Humphreys, E., Kuo, C., Condon, J., Lo, K. Y., Greenhill, L., Henkel, C., Zaw, I., Tilak, A.: The megamaser cosmology project: the maser distance to UGC 3789. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 718 (2009).
- Brenneman, L., Weaver, K., Kadler, M., Tueller, J., Marscher, A., Ros, E., Zensus, A., Kovalev, Y., Aller, M., Aller, H., Irwin, J., Kerp, J., Kaufmann, S.: An X-ray spectral analysis of the nucleus of NGC 1052: what is the nature of the accretion flow? *Bull. American Astron. Soc.* 41, 685 (2009).
- Brogan, C. L., Hunter, T. R., Indebetouw, R., Menten, K., Young, K., Beuther, H.: Properties of the massive protocluster NGC 6334I. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 499 (2009).
- Carilli, C. L., Walter, F., Wang, R., Wagg, J., Menten, K., Bertoldi, F., Cox, P.: Study of the gas dust and star formation in the first galaxies: current and future directions at cm/m wavelengths. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 402 (2009).
- Demorest, P., Lommen, A., Kramer, M., Consortium, NANOGrav: Testing fundamental physics with pulsars: future directions at cm/m-wavelengths. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 402 (2009).
- Güsten, R.: GREAT capabilities and status. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 281 (2009).
- Humphreys, E., Reid, M. J., Menten, K. M.: Active star formation within two parsecs of Sgr A*? *Bull. American Astron. Soc.* 41, 226 (2009).
- Hunter, T. R., Brogan, C. L., Indebetouw, R., Menten, K., Beuther, H., Thorwirth, S.: Digging into NGC 6334I(N): SMA and VLA imaging of a massive protostellar cluster. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 398-399 (2009).
- Kramer, M.: Radioastronomy in the future: impact on relativity. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 892 (2009).
- Kuo, C.-Y., Braatz, J. A., III, Lo, K. Y., Condon, J., Reid, M., Greenhill, L., Henkel, C.: The megamaser cosmology project: the maser disk and distance to NGC 6323. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 680 (2009).
- Laine, S. J., Krause, M., Tabatabaei, F., Siopis, C.: Interaction between the dust grains and the radio jet in NGC 4258. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 455 (2009).
- Max-Moerbeck, W., Pavlidou, V., Pearson, T. J., Readhead, A. C. S., Richards, J. L., Stevenson, M., Healey, S. E., Romani, R. W., Angelakis, E., Fuhrmann, L., Zensus, J. A.: Variability studies of CGRaBS candidate blazars with the OVRO 40 m telescope at 15 GHz in support of Fermi. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 417 (2009).
- Max-Moerbeck, W., Pavlidou, V., Pearson, T. J., Readhead, A. C. S., Richards, J. L., Stevenson, M., Healey, S. E., Romani, R. W., Angelakis, E., Fuhrmann, L., Zensus, J. A., Grainge, K., Taylor, G. B.: Two years of monitoring of blazars with the Ovro 40 m telescope at 15 GHz in support of Fermi-GST. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 686 (2009).
- McCormick, M., Homan, D. C., Lister, M. L., Kovalev, Y. Y.: Probing the intrinsic brightness temperature distribution of the MOJAVE complete sample. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 332 (2009).
- Pandian, J. D., Momjian, E., Xu, Y., Menten, K. M., Goldsmith, P. F.: Spectral energy distributions of 6.7 GHz methanol masers. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 223 (2009).
- Richards, J. L., Max-Moerbeck, W., Pavlidou, V., Pearson, T. J., Readhead, A. C. S., Stevenson, M. A., Healey, S. E., Romani, R. W., Angelakis, E., Fuhrmann, L., Zensus, J. A.: 15 GHz monitoring of CGRaBS blazar candidates with the OVRO 40-meter telescope in support of Fermi. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 417 (2009).

Richards, J. L., Max-Moerbeck, W., Pavlidou, V., Pearson, T. J., Readhead, A. C. S., Stevenson, M. A., Healey, S. E., Romani, R. W., Shaw, M., Angelakis, E., Fuhrmann, L., Zensus, J. A., Grainge, K., Taylor, G. B.: 15 GHz monitoring of gamma-ray blazars with the OVRO 40 meter telescope in support of Fermi-GST. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 720 (2009).

Shannon, R., Cordes, J., Lazio, J., Kramer, M., Lyne, A.: A search for debris disks around variable pulsars. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 307 (2009).

Stankovic, M., Seaquist, E. R., Leurini, S., Muehle, S., Menten, K. M.: A new view at the Galactic Center region - methanol emission in the Sgr A* environment. *Bull. American Astron. Soc.* 41, 267 (2009).

7.3 Populärwissenschaftliche Veröffentlichungen

Grypstra, K.: Moderne Ventilatoren für radioastronomische Empfänger. *Telemeter Electronic* aktuell 31, No. 9, 13 (2009).

Junkes, N.: Argelanders Erbe: Himmelskartographie von Radio- bis Röntgenwellenlängen. In: *Bonner Durchmusterungen - Argelander und sein astronomisches Erbe*. Deutsches Museum, Bonn 2009, 53-61.

Kraus, S., Weigelt, G., Balega, Y., Docobo, J., Hofmann, K.-H., Preibisch, T., Schertl, D., Tamazian, V., Driebe, T., Ohnaka, K., Petrov, R., Schöller, M., Smith, M.: Tracing the dynamic orbit of the young, massive high-eccentricity binary system Theta1 Orionis C: first results from VLTI aperture-synthesis imaging and ESO 3.6-metre visual speckle interferometry. *The Messenger* 136, 44-48 (2009).

Le Bouquin, J.-B., Millour, F., Merand, A., VLTI Science Operations Team: First images from the VLT interferometer. *The Messenger* 137, 25-29 (2009).

Menten, K. M., Wyrowski, F.: Blick ins staubige Universum: das wissenschaftliche Potenzial des Atacama Large Millimeter Array. *Sterne u. Weltraum* 48, No. 5, 28-37 (2009)

Menten, K. M., Wyrowski, F., Neumann, M. J.: Interferometrie mit ALMA. *Sterne u. Weltraum* 48, No. 5, 38-39 (2009).

Millour, F., Chesneau, O., Driebe, T., Matter, A., Schmutz, W., Lopez, B., Petrov, R. G., Groh, J. H., Bonneau, D., Dessart, L., Hofmann, K.-H., Weigelt, G.: Wolf-Rayet stars at the highest angular resolution. *The Messenger* 135, 26-31 (2009).

Norbert Junkes