

Köln

I. Physikalisches Institut der Universität zu Köln

Zülpicher Straße 77, 50937 Köln
Telefon: (0221) 470-3567, Telefax: (0221) 470-5162
E-Mail: . . .@ph1.uni-koeln.de
WWW: <http://www.ph1.uni-koeln.de>

0 Allgemeines

Die Arbeiten am Institut konzentrieren sich auf drei Schwerpunkte: die interstellare Molekülspektroskopie, die Entwicklung von Empfängersystemen und Spektrometer für den Submillimeterspektralbereich und die Molekülspektroskopie im Labor. Alle Projekte werden neben der Finanzierung durch die Universität und das Land NRW zu wesentlichen Teilen durch den SFB 301 „Die Physik und Chemie der interstellaren Molekülwolken“ gefördert, die technologischen Entwicklungen zusätzlich durch die DLR und das BMFT im Rahmen der Verbundforschung Astronomie. Das Institut betreibt seit 1985 ein 3-m-Submillimeterteleskop, das von der Stiftung Hochalpine Forschungsstationen unterhaltene Kölner Observatorium für Submillimeter Astronomie (KOSMA) auf dem 3100 m hohen Gornergrat bei Zermatt in der Schweiz.

1 Personal und Ausstattung

1.1 Personalstand

Direktoren und Professoren:

Prof. Dr. R. Schieder [-3568], Prof. Dr. J. Stutzki [-3494], Prof. Dr. G. Winnewisser (geschäftsführender Direktor) [-3567], N.N.

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. F. Bensch [3485], Dr. U. Corneliussen [-3558], Dr. B. Deiss [-6157], Dr. T. Giesen [-4529], Dr. U. Graf [-4092], Dr. S. Haas [-3560], Dr. N. Honingh [-4528], Dr. K. Jacobs [-3484], Dr. E. Klisch [-4530], Dr. C. Kramer [-3484], Dr. F. Lewen [-3489], Dr. M. Miller [-3558], Dr. H. Müller [-3554], Dr. V. Ossenkopf [-3485], Dr. O. Siebertz [-3483], Dr. H. Störzer [-2626], Dr. A.R. Tieftunk [-3483], Dr. B. Vowinkel [-3550], Prof. Z.Y. Yue (China).

Doktoranden:

U. Bernd, M. Brandt, U. Fuchs, G. Fuchs, R. Gendriesch, S. Glenz, H. Hafok, S. Heyminck, G. Klapper, H. Klein, C. Möckel, P. Pütz, C. Robertz, D. Roth, F. Schlöder, G. Sonnabend, S. Stanko, J. Stodolka, S. Thorwirth, M. Wangler, M. Wingender, M. Zielinsky.

Diplomanden:

A. Borch, M. Brüll

Sekretariat und Verwaltung:

A. Anzinger [-3546], S. Krämer [-3499], B. Krause [-3498].

2 Wissenschaftliche Arbeiten

2.1 Technische Entwicklungen

KOSMA Teleskop

Die guten atmosphärischen Bedingungen des Standortes auf dem Gornegrat sowie die Oberflächengenauigkeit des neuen Teleskops erlauben astronomische Beobachtungen bis in die höchsten von der Erde aus zugänglichen atmosphärischen Fenster (bis ca. 900 GHz). Mittels eines holographischen Messverfahrens wurde die gesamte Reflektoroberfläche vermessen und auf deutlich besser als $30\ \mu\text{m}$ rms einjustiert. Zur optimalen Nutzung der Beobachtungszeit bei Kartierungsprojekten wurde der Beobachtungsmodus „on-the-fly mapping“ weiter verbessert.

Empfänger

Am Teleskop ist ein 2-Kanal-SIS-Empfänger im Einsatz, der in den Herbst- und Wintermonaten mit niedrigem atmosphärischen Wasserdampfgehalt bei 345 und 690 GHz arbeitet. Für die Sommermonate wird der 690er Kanal gegen einen Kanal bei 230 GHz ausgewechselt. Dieser Empfänger wird durch eine im Hause entwickelte Kühlmaschine mit geschlossenem Heliumkreislauf betrieben. In der Hauptsache werden mit diesen Empfängern die Rotationslinien von CO und CO-Isotopomeren beobachtet. Ein Array-Empfänger zur simultanen Beobachtung bei 490 und 810 GHz mit jeweils 4 Pixeln ist derzeit im Bau. Diese Empfängern erlauben die simultane Beobachtung der beiden einzigen Feinstrukturübergänge von atomarem Kohlenstoff im Submillimeterbereich.

Darüberhinaus wird in Zusammenarbeit mit dem MPIfR (Bonn) und dem DLR (Berlin) ein Empfänger für das Flugzeugprojekt SOFIA entwickelt. Der Frequenzbereich über 1 THz, der aufgrund der atmosphärischen Absorption vom Erdboden aus nicht beobachtbar ist, wird damit erstmals für hochempfindliche Heterodynspektroskopie zugänglich. Die Beobachtungsschwerpunkte in diesem Wellenlängenbereich sind die Untersuchung der interstellaren Feinstrukturemission von ionisiertem Kohlenstoff bei 1.9 THz, des Rotationsübergangs von HD bei 2.7 THz und der Feinstrukturlinien von [O I] bei 2.1 und 4.8 THz.

Die astronomischen Beobachtungen bis nahe an Frequenzen im THz-Bereich werden von entsprechenden Labormessungen leichter Hydride wie SH, H₂S, CH₂ etc. sowie der astrophysikalisch relevanten Kohlenstoff-Isotope ¹²C und ¹³C begleitet. Die hierbei im Moment eingesetzten monochromatischen Strahlungsquellen (Backward Wave Oszillator, FIR-Laser) können in Zukunft als Lokaloszillatoren eingesetzt werden und legen so die Basis für die Entwicklung höchstfrequenter Empfänger.

Basierend auf Entwicklungen in der Laborspektroskopie wurde ein IR-Heterodynenempfänger aufgebaut. Durch den Einsatz einer abstimmbaren Laserdiode als Lokaloszillator fallen die Einschränkungen des herkömmlichen IR-Heterodyn-Systems, mit CO₂-Laser-LO, hinsichtlich der spektralen Abdeckung weg.

Backends

Die Entwicklung radioastronomischer Backends am Institut konzentriert sich auf akustooptische Spektrometer (AOS). Zur Zeit stehen am KOSMA Observatorium vier Spektrometer zur Verfügung: zwei breitbandige (1 GHz) AOS mit einer Frequenzauflösung von etwa 700 kHz, wovon eins eine Variation der Auflösung bis hin zu 320 kHz erlaubt, sowie zwei schmalbandigere AOS mit mittlerer (170 kHz) und hoher (30 kHz) Frequenzauflösung. Ausserdem wurde ein akustooptisches Kontinuum Backend gebaut. In Köln gebaute AOS sind neben KOSMA aber auch an verschiedenen anderen Observatorien (SEST, AST/RO, SWAS, Karlsruher Kernforschungszentrum) im permanenten Einsatz.

Eine wichtige Weiterentwicklung im Hinblick auf den geplanten Einsatz von Array-Empfängern stellen Array-AOS dar. Durch Verwendung eines 4-Kanal-Array-Deflektors können in einem bereits fertiggestellten Prototyp 4 Empfängerkanäle gleichzeitig verarbeitet werden.

2.2 Astronomie und Astrophysik

Mit dem 2-Kanal (230/345 GHz) SIS-Empfänger wurde eine Kartierung von Teilen des galaktischen molekularen Rings bei $^{13}\text{CO } J = 2 \rightarrow 1$ und $^{12}\text{CO } J = 3 \rightarrow 2$ begonnen. Die ^{13}CO Karte umfasst bereits ein Gebiet von 675 arcmin^2 auf einem Raster von 0.5 arcmin . In Ergänzung zur weiträumigen Kartierung des molekularen Rings mit dem FCRAO in $^{13}\text{CO } J = 1 \rightarrow 0$, werden die KOSMA Beobachtungen das wärmere und dichtere Gas detektieren. Weitere KOSMA Beobachtungen waren die Kartierung von Cepheus B und einzelner Globule in IC 1396. Als Ergänzung und Fortsetzung zum IRAM key-project am 30-m-Teleskop wurde L1512/L134A kartiert.

Die Karten erlauben die Analyse der Wolkenstruktur mittels am Institut entwickelter Verfahren. Ausserdem werden die Daten der verschiedenen Übergänge und Isotopomere mit einfachen und komplexen Strahlungstransportmodellen verglichen und interpretiert.

Mit einer Auflösung von $80''$ bei 345 GHz eignet sich das KOSMA Teleskop sehr gut für die Erforschung globaler Eigenschaften externer Galaxien. Diese Beobachtungen stellen besondere Anforderungen an das Gesamtsystem, da die gemessenen Antennentemperaturen je nach Galaxie nur zwischen 5 mK und 50 mK liegen. Aus diesem Grund erfolgen alle Messungen im sog. 'Dual Beam Switch' Modus mit wobbelndem Subreflektor. Zentraler Untersuchungsgegenstand bilden Spiralgalaxien im Virgohaufen (Entfernung 15 Mpc). Ausgehend von vorhandenen $^{12}\text{CO } J = 1 \rightarrow 0$ Kartierungen mit dem FCRAO Teleskop und dem Bell-Labs-7-m-Teleskop wurden mit dem KOSMA Teleskop 18 Galaxien in $^{12}\text{CO } J = 2 \rightarrow 1$ und 10 Galaxien in $^{12}\text{CO } J = 3 \rightarrow 2$ detektiert. Des weiteren ergänzen $^{12}\text{CO } J = 2 \rightarrow 1$ und $^{12}\text{CO } J = 3 \rightarrow 2$ Beobachtungen näher gelegener Galaxien (Entfernung ca. 3–7 Mpc), wie NGC 6946, IC 342, Maffei2, NGC 3627 das Sample.

Die Dunkelwolke IC 5146 wird im Zuge eines laufenden Projekts mit verschiedenen Teleskopen (100 m Effelsberg, 30 m IRAM, 10 m HHT, 10 m CSO, 15 m JCMT) im Detail untersucht. IC 5146 dient als Beispiel für eine dichte, kalte Region, in der noch keine Sternentstehung stattgefunden hat. Es wurden erstmalig direkte Hinweise auf das Ausfrieren von CO auf Staubkörnern im dichten, kalten Innern einer Molekülwolke gefunden. Zusätzliche Beobachtungen von atomarem Kohlenstoff mit dem CSO zeigen, dass C I unter den Bedingungen einer Dunkelwolke die kinetische Gastemperatur misst. Die großräumige Staubemission wurde mit dem SCU Bolometer Array am JCMT simultan bei ca. 345 und 690 GHz gemessen. Weitere Messungen sind geplant. Ziel ist es, die Staubtemperaturen, Staubeigenschaften und ihre Variation im Detail, auch im Vergleich zu hochauflösenden NIR Extinktionsmessungen, zu untersuchen.

Die Entstehung massereicher Sterne und ihre Wechselwirkung mit ihrer Umgebung wurde in den Sternentstehungsgebieten NGC 6334, NGC 6357 und W3 durch neue Beobachtungen am SEST, dem 100 m Effelsberg, dem 12 m Kitt Peak und dem Heinrich-Hertz-Teleskop untersucht. In NGC 6334 weisen massereiche Ausflüsse in Verbindung mit Methanol II Maser auf die vielleicht jüngsten Anzeichen für die Entstehung von Sternenhaufen massereicher Sterne hin. In NGC 6357 half die Untersuchung einer Vielzahl von Molekülen entlang der PDRen zu entscheiden, ob massereiche Wolkenkerne von außen oder durch neue junge Sterne von innen geheizt werden. In W3 wurde mit Hilfe des CfA HEBs die erste on-the-fly Karte in C I bei 492 GHz und 809 GHz am HHT gemacht, die sich in ihrer detaillierten Struktur gut mit IRAM 30 m C^{18}O Karten vergleichen lässt und zu zeigen scheint, daß auch W3 West noch aktiv neue Sterne bildet. Mit ausgedehnten Karten von W3(OH) am HHT und 12 m wurde begonnen die Sternentstehungsgebiete in der 'Plume' zu untersuchen.

Die kalte und trockene Atmosphäre am Südpol, dem Standort des Antarctic Submillimeter Telescope and Remote Observatory (AST/RO), erlaubt einzigartige Beobachtungen im

Submillimeterbereich. Das Kölner Institut ist mit mehreren Spektrometern und einem 810-GHz-Mischer an diesem Projekt beteiligt. Ein Ziel ist es, den $^3P_2 - ^2P_1$ Feinstrukturübergang von atomarem Kohlenstoff C I bei $370 \mu\text{m}$ (809 GHz), im höchsten vom Erdboden aus zugänglichen atmosphärischen Fenster, mit dem AST/RO-1.7-m-Teleskop zu beobachten. Das Observatorium ist offen für Beobachtungsanträge der astronomischen „Community“ und das Kölner Institut ist mit mehreren Beobachtungsprojekten engagiert.

Die Modellierung von Molekülwolken, mit und ohne Sternentstehung, ist eins der am Institut bearbeiteten Themen, um die gewonnenen Beobachtungsdaten interpretieren zu können. Dazu werden u. a. die chemische Bilanz, die Energiebilanz und der Einfluß des UV-Feldes in PDRs untersucht. Das chemische Netzwerk wird auf weitere Moleküle und Isotopomere ausgedehnt, die zum einen in Hinblick auf das Verständnis der großräumigen Anregungsbedingungen (s. o.) interessant sind, zum anderen in Zusammenhang mit anderen Beobachtungsmöglichkeiten im Submm und FIR (ISO, SOFIA) interessant sind. Komplexe Strahlungstransportrechnungen erlauben den detaillierten Vergleich mit den Beobachtungsdaten. Desweiteren werden am Institut grundlegende Arbeiten zur Analyse komplexer Strukturen und zum Vergleich von Beobachtungen und Simulationen filamentärer und fraktaler Molekülwolken durchgeführt.

SWAS

Der Submillimeter Wave Astronomy Satellite (SWAS) wurde im Rahmen des NASA Small Explorer Programmes entwickelt. SWAS ist ein komplettes Submillimeterteleskop im Welt- raum und erlaubt die Beobachtung der Linienübergänge von fünf astrophysikalisch relevanten Spezies O_2 , C I, $^{13}\text{CO } J = 5 \rightarrow 4$, H_2^{16}O und H_2^{18}O . Das akusto-optische Spektrometer an Bord des SWAS Satelliten wurde am I. Physikalisches Institut (Köln) entwickelt und gebaut. SWAS wurde in Dezember 1998 gestartet und hat das erste Jahr mit Routinebetrieb im Orbit erfolgreich absolviert. Bislang wurden über 70 galaktische und extragalaktische Quellen untersucht, sowie drei Planeten (Mars, Jupiter, Saturn) und der Komet C/1999 H1 (Lee).

Eines der primären Ziele des ersten Jahres war die Suche nach molekularem Sauerstoff und Wasser in Sternentstehungsregionen und nach kalten Dunkelwolken. Während die Wasserlinie vor allem in aktiven Sternentstehungsregionen ein sehr komplexes Linienprofil aufweist, konnte molekularer Sauerstoff bislang noch nicht detektiert werden. Die beobachteten Linienstärken und die daraus abgeleiteten molekularen Häufigkeiten (bzw. deren obere Grenzen) liefern wichtige Parameter für chemische Modelle des interstellaren Mediums und Informationen über die in den Molekülwolken dominierenden Kühllinien. Ferner wurde mit SWAS die räumlich ausgedehnte [C I] und ^{13}CO Emission von vier Molekülwolkenkomplexen beobachtet: Orion A, M17, ρ Oph und DR21. Untersuchungen, die vom I. Physikalisches Institut durchgeführt werden, konzentrieren sich auch auf [C I]-Beobachtungen von Wolken mit nur geringer visueller Extinktion ($A_v < 4^m$, sog. *translucent clouds*).

3 Diplomarbeiten, Dissertationen, Habilitationen

3.1 Diplomarbeiten

Abgeschlossen:

Albers, Jens: Entwicklung eines Supraleiter-Isolator-Supraleiter-Mischers für 345 GHz mit integrierten Magnetspulen

Beuther, Henrik: On-the-Fly Kartierung und Multilinienanalyse der Molekülwolke Cepheus B

Gröber, Marcus: Entwurf und Test von Komponenten für einen Submm-Arrayempfänger

Heyminck, S.: Entwicklung und Test von optimierten Phasengittern für Submillimeter Mehrkanal-Empfänger

Kootz, Thilo: Aufbau und Rauschoptimierung eines gekühlten Zwischenfrequenzverstärkers

Lipp, Peter: CO-Multilinienanalyse der Molekülwolke IC5146

Mathas, Christoph: Vermessung der Strahlcharakteristik von Dammann-Gittern im submm-Wellenlängenbereich

Macke, Christoph: Aufbau eines transportablen akusto-optischen Array-Spektrometers

Neubauer-Günther, P.: Entwicklung eines Farby-Perot-Resonators für den höchstempfindlichen Nachweis schwach absorbierender Moleküle

Stricker, Kai: Untersuchung von Optikkomponenten für Submillimeter-Empfänger

Wirtz, D.: Messungen mit einem Infrarot-Heterodyn-Empfänger

Laufend:

Borch, A.: Charakterisierung von supraleitenden, diffusionsgekühlten Hot Electron Bolometern

Brüll, M.: Entwicklung eines optischen Bildrotators für einen Zwei-Frequenzband-Mehrkanalempfänger am KOSMA Teleskop

3.2 Dissertationen

Abgeschlossen:

Bensch, Frank: The structure of interstellar molecular clouds: observations and Delta-variance analysis

Haas, Sybille: Low Noise fixed tuned SIS Mixers for Astronomical Observations in the submm Wave Region

Klein, Henrik: Atom- und Molekülspektroskopie im Terahertz-Bereich

Maiwald, Frank: Frequenzvervielfacher für die THz-Spektroskopie

Müller, Urs: Charakterisierung supraleitender Flux-Flow Oszillatoren für den Einsatz als Lokaloszillatoren in SIS-Heterodynempfängern

Nitsch, Ralf: Ein quasioptischer Arrayempfänger für 400–500 GHz mit neuartigen planaren SIS-Heterodynmischern

Siebertz, Oliver: Akusto-optisches Spektrometer mit variabler Auflösung

Trojan, Christoph: Bestimmung physikalischer Parameter massiver sternbildender Wolkenkerne

Laufend:

Ahrens, Volker: Hydrogencyanid im Grundzustand und in vibrationsangeregten Zuständen

Bernd, Ute: Jet-Spektroskopie an kohlenstoffhaltigen Radikalen

Brandt, Michael: Mikromechanische Methoden zur Herstellung von Hohlleitern im Terahertzbereich

Drascher, Thorsten: Spektroskopie kalter Gase: Linienprofilmessungen an CO und CO₂

Fuchs, Guido: Infrarotspektroskopie an Kohlenstoff-Wasserstoff Clustern

Fuchs, Ulrike: Terahertz-Spektroskopie an kohlenstoffhaltigen Radikalen

Gendriesch, Ralf: Präzisionsspektroskopie mit einem stabilisierten THz-Seitenbandspektrometer

Glenz, Stefan: Niob-Titan-Nitrid-Filme für supraleitende Terahertz-Heterodynmischer

Hafok, Heiko: Submm-Beobachtungen externer Galaxien

Klapper, Gabriele: Höchstaufauflösende Rotationsspektroskopie an Molekülen von astrophysikalischer Relevanz

Möckel, Cornelius: Untersuchungen zur Bestimmung von Hochfrequenz-Korrelationen mit akusto-optischen Methoden

Pütz, Patrick: Herstellung und Analyse von SIS-Mischern mit submikrometergroßen Tunnelementen höchster Stromdichte

Roth, Daniel: Millimeterwellen-Spektroskopie an van-der-Waals Komplexen

Schlöder, Frank: Entwicklung eines extrem breitbandigen HF-Spektrometers mit optischen Methoden

Stanko, Stephan: Algorithmen für die automatische Abstimmung eines SIS-Array-Empfängers

Stodolka, Jörg: Diffusionsgekühlte Niob-Hot-Electron-Bolometer als Terahertz-Heterodynmischer

Sonnabend, Guido: Beobachtungen mit einem Infrarot-Heterodyn Spektrometer

Thorwirth, Sven: Rotationsspektroskopie von Cyanopolyinen und zyklischen Molekülen

Wangler, Michael: Infrarotspektroskopie von schwach gebundenen Komplexen

Wingender, Martin: Untersuchungen zur Überlagerung von Diodenlasern zur Herstellung von THz-Strahlung

Zielinsky, Maik: Signaturen der fraktalen Struktur von interstellaren Molekülwolken

4 Tagungen, Projekte am Institut und Beobachtungszeiten

4.1 Projekte und Kooperationen mit anderen Instituten

SWAS: erster Submm-Satellit (60-cm-Teleskop) (PI: Dr. G. Melnick, CfA, Cambridge U.S.A.). Kölner Beitrag zur Instrumentierung ist ein akusto-optisches Spektrometer.

AST/RO: 1.7-m-Submm-Off-Axis-Teleskop (PI: Dr. A. Stark, CfA, Cambridge, U.S.A.); Kölner Beitrag sind 2 breitbandige und 1 hochauflösendes AOS sowie ein 810 GHz Mischer

Verbundforschung: Entwicklung eines Prototyp Submm Array Heterodyn-Empfängers.

Entwicklung hochfrequenter SIS-Mischer in Zusammenarbeit mit dem MRAO/Cambridge, England (Prof. R. Hills).

IRAM KeyProjekt über 'The small-scale structure of non-star forming regions' (Heithausen, Stutzki, Bensch mit Drs. Falgarone, Puget und Panis, ENS, Paris)

5 Auswärtige Tätigkeiten

5.1 Nationale und internationale Tagungen

5.2 Vorträge und Gastaufenthalte

Graf U., Multi-Beam Imaging at KOSMA, eingeladener Vortrag, „Imaging at Radio through Submillimeter Wavelengths“, Tucson/Arizona/USA, Juli 1999

Kramer C., Surveys with the new KOSMA telescope, eingeladener Vortrag, „Imaging at Radio through Submillimeter Wavelengths“

Ossenkopf V., Structure characterization and simulation for molecular clouds, at: „The Chaotic Universe“, 2nd ICRA Workshop, Rom, Februar 1999

Ossenkopf V., Radiative transfer approximations for turbulent molecular clouds, „Radiative Transfer in Molecular Lines“, Leiden, Mai 1999

Ossenkopf V., Trojan Ch., Stutzki J., Parameters of massive cores from KOSMA observations, „Early Phases of Star Formation“, DFG-Kolloquium, Tautenburg, Dezember 1999

Stutzki J., The Density Structure of Interstellar Molecular Clouds, eingeladener Vortrag, SOFIA Star Formation Workshop, Santa Cruz, Juli 1999

5.3 Beobachtungsaufenthalte, Meßkampagnen

Kramer C., Cyanoacetylene as a probe of depletion in dense cores, 100 m Teleskop, Effelsberg (1/99)

Tieftrunk A.R., SO – a tracer of hidden star formation, 100 m Teleskop, Effelsberg (2/99)

Kramer C., C¹⁸O 3–2 in a dense core of IC5146, CO 7–6 in the hot core of Cepheus B, Heinrich-Hertz Teleskop, Arizona, USA (2/99)

Tieftrunk, A.R., Atomic Carbon toward W3 East & West, High Mass Star Formation in the W3(OH) plume, Heinrich-Hertz Teleskop, Arizona, USA (3/99)

Kramer C., Depletion in IC5146, IRAM 30 m Teleskop, Granada, Spanien (4/99)

Thorwirth S., Bensch F., A Search for Interstellar Ethylenimine (c-C₂H₄NH), IRAM 30 m Teleskop, Granada, Spanien (7/99)

Kramer C., CI abundance in IC5146, Caltech Submillimeter Telescope, Mauna Kea, Hawaii (7/99)

Tieftrunk, A.R., Physics and Chemistry of dense cores in the star-forming region NGC 6357, SEST 15 m Teleskop, ESO, Chile (8/99)

Kramer C., The dust grain opacity at submm wavelengths (IC 5146), James Clerk Maxwell Telescope, Mauna Kea, Hawaii (9/99)

Bensch F., Tracing the evolution of molecular clouds structure, FCRAO 14 m Telescope, Amherst, USA (12/99)

6 Veröffentlichungen

6.1 In Zeitschriften und Büchern

Erschienen:

Kramer, C., Alves, J., Lada, C., Lada, E., Sievers, A., Ungerechts, H., Walmsley, M.: Depletion of CO in a cold dense cloud core of IC5146. *Astron. Astrophys.* **342** (1999), 257

Mac Low, M.-M., Ossenkopf, V.: Characterizing the structure of interstellar turbulence. *Astron. Astrophys.* **353** (2000), 339

Megeath, S.T., Tieftrunk, A.R.: The Detection of Outflows in the Infrared-quiet Molecular Core NGC 6334/I(North). *Astrophys. J.* **526** (1999), 2

Ossenkopf, V., Stutzki, J., Winnewisser, G. (eds.): The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium. Proc. 3rd Cologne-Zermatt Symposium, GCA-Verlag Herdecke, 1999

Winnewisser, G., Kramer, C.: Spectroscopy between the stars. In: The Origin and Composition of Cometary Material. Int. Space Sci. Inst., Bern/Switzerland, 1999

Zielinsky, M., Stutzki, J.: The Relation of the Allan- and Δ -Variance to the Continuous Wavelet Transform. *Astron. Astrophys.* **347** (1999), 630

Eingereicht, im Druck:

Bensch, F., Panis, J.-F., Stutzki, J., Heithausen, A., Falgarone, E.: The IRAM key-project: Small-scale structure of pre-star-forming regions: III. Influence of and correction for the error beam pick-up. *Astron. Astrophys.*, in press

- Köster, B., Störzer, H., Stutzki, J.: A Two-Component Model for Clumpy Photon-Dominated Regions and Application to the DR21 Star Forming Region. *Astron. Astrophys.*, in press
- Panis, J.-F., Heithausen, A., Falgarone, E., Perault, M., Stutzki, J., Puget, J.-L., Bensch, F.: The IRAM key-project: Small-scale structure of pre-star-forming regions: II. Data Reduction, Calibration and Error Analysis. *Astron. Astrophys.*, submitted
- Störzer, H., Stutzki, J., Sternberg, A.: CO low-J line emission from spherical PDRs. *Astron. Astrophys.*, in press
- Thorwirth S., Müller, H. S. P., Winnewisser, G.: The Millimeter- and Submillimeter-Wave Spectrum and the Dipole Moment of Ethylenimine. *J. Mol. Spectrosc.* **199** (2000), 116

6.2 Konferenzbeiträge

- Bensch, F., Ashby, M.L.N., Bergin, E.A., Carpenter, J., Kleiner, S.C., Melnick, G.J., Paten, B.M., Plume, R., Stauffer, G.J., Tolls, V., Wang, Z., Zhang, Y.F., Goldsmith, P.F., Harwit, M., Erickson, N.R., Howe, J.E., Snell, R.L., Neufeld, D.A., Koch, D.E., Schieder, R., Winnewisser, G., Chin, G.: SWAS [C I] Observations towards the High Latitude Cloud MCLD 123.5+24.9. In: *Am. Astron. Soc. Meeting 195, 84.02*, *Bull. Am. Astron. Soc.* **31** (1999), No. 5, 1498
- Bensch, F., Roth, D.A., Takano, S., Pak, I., Stutzki, J., Winnewisser, G.: Van der Waals Complexes: A Search for Interstellar (CO)₂ and CO-H₂ Dimer. In: *Astrochemistry: From Molecular Clouds to Planetary Systems*. IAU Symposium 197, August 23–27, 1999, Sogwipo, Cheju Island, Korea
The same paper was presented at the Sixteenth Colloquium on High Resolution Molecular Spectroscopy in Dijon, France, 6–10 September 1999
- Deiss, B.M., Beuther, H., Kramer, C.: Temperature gradients in the Cepheus B molecular cloud – a multi line analysis. In: Schielicke, R.E. (ed.): *Astron. Ges. Abstr. Ser.* **15** (1999), 98
- Kramer, C.: Dust and gas in IC5146. In: Ossenkopf, V., Stutzki, J., Winnewisser, G. (eds.): *The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium*. GCA-Verlag Herdecke, 1999
- Kramer, C., Beuther, H., Stutzki, J., Winnewisser, G.: Surveys with the new KOSMA telescope. In: *Imaging at Radio through Submillimeter Wavelengths*. Tucson/Arizona/USA
- Muders, D., Peters, W.L., Butner, H.M., Gensheimer, P.D., Wilson, T.L., Uchida, K.I., Kramer, C., Tieftrunk, A.R.: Spectral Line On-The-Fly Mapping at the SMTO. In: Schielicke, R.E. (ed.): *Astron. Ges. Abstr. Ser.* **15** (1999), 144
The same paper was presented at the Conference: *Imaging at Radio through Submillimeter Wavelengths*. Tucson/Arizona/USA
- Ossenkopf, V., Bensch, F., Mac Low, M.-M., Stutzki, J.: Molecular Cloud Structure Analysis by Direct Simulation. In: Ossenkopf, V., Stutzki, J., Winnewisser, G. (eds.): *The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium*. GCA-Verlag Herdecke, 1999
- Ossenkopf, V., Bensch, F., Stutzki, J.: Characterization of molecular cloud structure. In: Gurzadyan, V.G., Ruffini, R. (eds.): *The Chaotic Universe*, World Sci., 1999, in press
- Ossenkopf, V., Bensch, F., Zielinsky, M.: Structure Analysis of Molecular Clouds: Observations and Simulations. In: Franco, J., Carraminana, A. (eds.): *Interstellar Turbulence*, Cambridge, 1999
- Panis, J.-F., Falgarone, E., Heithausen, A., Perault, M., Stutzki, J., Puget, J.-L., Bensch, F.: The IRAM key-project: small scale structure of pre-star forming regions. In: Ossenkopf, V., Stutzki, J., Winnewisser, G. (eds.): *The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium*. GCA-Verlag Herdecke, 1999

- Plume, R., Howe, J.E., Bensch, F., Kaufman, M.J., Melnick, G.J., Stauffer, J.R., Ashby, M.L.N., Bergin, E.A., Kleiner, S.C., Patten, B.M., Tolls, V., Wang, Z., Zhang, Y.F., Goldsmith, P.F., Harwit, M., Erickson, N.R., Snell, R.L., Neufeld, D.A., Koch, D.E., Schieder, R., Winnewisser, G., Chin, G.: SWAS Mapping of Photon Dominated Regions. In: Am. Astron. Soc. Meeting 195, 84.02, Bull. Am. Astron. Soc. **31** (1999), No. 5, 1465
- Schneider, N. et al.: Millimeter and Submm 'On-The-Fly' Mapping of S106. In: Imaging at Radio through Submillimeter Wavelengths. Tucson/Arizona/USA
- Schneider, N., Simon, R., Kramer, C., Stutzki, J., Winnewisser, G.: Submm- and FIR-observations of the S106 Photon Dominated Region. In: Ossenkopf, V., Stutzki, J., Winnewisser, G. (eds.): The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium. GCA-Verlag Herdecke, 1999
- Stutzki, J.: Structure of the Interstellar Medium: Observational Constraints (Review). In: Ossenkopf, V., Stutzki, J., Winnewisser, G. (eds.): The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium. GCA-Verlag Herdecke, 1999
- Stutzki, J.: The Density Structure of Interstellar Molecular Clouds (Review). In: Ostrowski, M. (ed.): Turbulence in Astrophysics. Proc., Krakau, September 1999, in press
- Thorwirth, S., Müller, H.S.P., Winnewisser, G.: Rotational Spectra of HC₃N isotopomers in the Ground and Vibrationally Excited States. In: Astrochemistry: From Molecular Clouds to Planetary Systems. IAU Symposium 197, August 23–27, 1999, Sogwipo, Cheju Island, Korea
- Thorwirth, S., Müller, H.S.P., Winnewisser, G.: Rotational Spectra of HC₃N isotopomers in the Ground and Vibrationally Excited States. In: High Resolution Molecular Spectroscopy. 16th Coll., September 6–10, 1999, Dijon, France
- Thorwirth, S., Müller, H.S.P., Winnewisser, G.: The Millimeter- and Submillimeter Wave Spectrum and the Dipole Moment of Ethylenimine (c-C₂H₄NH). In: Astrochemistry: From Molecular Clouds to Planetary Systems. IAU Symposium 197, August 23–27, 1999, Sogwipo, Cheju Island, Korea
- Thorwirth, S., Müller, H.S.P., Winnewisser, G.: The Millimeter- and Submillimeter Wave Spectrum and the Dipole Moment of Ethylenimine (c-C₂H₄NH). In: High Resolution Molecular Spectroscopy. 16th Coll., September 6–10, 1999, Dijon, France
- Thorwirth, S., Winnewisser, G., Wyrowski, F., Schilke, P.: Vibrationally Excited HCN, HC₃N, and HC₅N toward CRL 618. In: Astrochemistry: From Molecular Clouds to Planetary Systems. IAU Symposium 197, August 23–27, 1999, Sogwipo, Cheju Island, Korea
- Thorwirth, S., Winnewisser, G., Wyrowski, F., Schilke, P.: Vibrationally Excited HCN, HC₃N, and HC₅N toward CRL 618. In: High Resolution Molecular Spectroscopy. 16th Coll., September 6–10, 1999, Dijon, France
- Tieftrunk, A.R., Megeath, S.T., Gaume, R.A., Rayner, J.T., Wilson, T.L.: Dense Ammonia Cores, Clumps and Young Stellar Clusters in the W3 GMC. In: Ossenkopf, V., Stutzki, J., Winnewisser, G. (eds.): The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium. GCA-Verlag Herdecke, 1999
- Wilson, T.L., Muders, D., Butner, H.M., Gensheimer, P.D., Uchida, K.I., Kramer, C., Tieftrunk, A.R.: Sub-mm Science with the Heinrich Hertz Telescope. In: Wootten, A. (ed.): Science with the Atacama Large Millimeter Array (ALMA). Aston. Soc. Pac. Conf. Ser. **3** (1999)

