

# Jena

## Astrophysikalisches Institut und Universitäts-Sternwarte

Schillergäßchen 2, D-07745 Jena  
Telefon: (0 36 41) 94 75-01; Telefax: (0 36 41) 94 75-02  
E-Mail: [moni@astro.uni-jena.de](mailto:moni@astro.uni-jena.de); WWW: <http://www.astro.uni-jena.de>

### 0 Allgemeines

Am 6. Januar 2000 erlag Herr Dr. Christian Friedemann, langjähriger Mitarbeiter des Instituts, einer mit großer Tapferkeit ertragenen schweren Krankheit. Leider erlitt das Institut mit dem Tode von Herrn Dr. Hans-Georg Reimann einen weiteren schweren Verlust. Im Alter von 50 Jahren kam Herr Reimann während eines Arbeitsaufenthaltes in Chile bei einem Verkehrsunfall auf tragische Weise ums Leben. Beide Kollegen fehlen uns sehr.

Im Berichtsjahr ging die Leitung des Instituts zum 1. November 2000 von Prof. Dr. Werner Pfau auf Prof. Dr. Thomas Henning über.

Zum 13. Juli 2000 nahm die gemeinsam mit dem Institut für Physik der TU Chemnitz betriebene DFG-Forschergruppe „Laborastrophysik – Struktur, Dynamik und Eigenschaften von Molekülen und Staubteilchen im Weltraum“ (FGLA) ihre Arbeit auf. Es handelt sich dabei um die erste DFG-Forschergruppe auf dem Gebiet der Astrophysik.

Dr. J. Blum erhielt den Habilitationspreis der Friedrich-Schiller-Universität Jena für seine Arbeit „Planetesimalentstehung im frühen Sonnensystem – Beiträge der Laborastrophysik“.

Prof. Dr. Th. Henning wurde im Juni des Jahres zum Mitglied der Leopoldina gewählt.

### 1 Personal und Ausstattung

#### 1.1 Personalstand

*Direktoren und Professoren:*

Prof. Dr. W. Pfau [-50], Prof. Dr. Th. Henning [-30].

*Wissenschaftliche Mitarbeiter:*

Dr. A. Bacmann (DFG) [-18] (ab 01.03.2000), Dr. habil. J. Blum (DLR) [-51] (ab 01.07.2000), Dr. J. Dorschner [-37], Dr. C. Friedemann (freier Mitarbeiter, verstorben am 06.01.2000), Dr. J. Gürtler [-16], Dr. C. Jäger (DFG) [-35], Dr. R. Klein (DFG) [-13] (ab 01.04.2000), Dr. M. Küker (DFG) [-48] (ab 01.12.2000), Dr. H. Mutschke [-33], Dr. T. Poppe (DLR) [-54], Dr. H.-G. Reimann (verstorben am 27.05.2000), Dr. H. Relke (BMBF) [-27], Dr.-Ing. R. E. Schielicke [-26], Dr. W. Schmitt (DLR) [-38] (ab 01.03.2000), Dr. K. Schreyer [-18], Dr. J. Steinacker [-45], Dr. G. Wurm (beurlaubt).

*Doktoranden:*

Dipl.-Phys. D. Apai (DAAD) [-38] (ab 01. 10. 2000), Dipl.-Chem. D. Clément (DFG) [-39], G. D'Angelo (DFG) [-48], Dipl.-Phys. D. Fabian (DFG) [-33], Dipl.-Phys. M. Ilgner (DFG) [-33], Dipl.-Phys. I. Pascucci [-18] (ab 03. 04. 2000), Dipl.-Phys. R. Schröpfer (ESA) [-48], Dipl.-Phys. D. Semenov (DFG) [-48].

*Diplomanden:*

T. Göhzold (bis 31. 03. 2000), S. Umbreit (ab 07. 07. 2000), E. Vogelsberger (ab 01. 12. 2000).

*Sekretariat und Verwaltung:*

B. Berger [-31], M. Müller [-01].

*Technisches Personal:*

G. Born [-34], Dipl.-Phys. W. Teuschel [-43], Dipl.-Phys. R. Wagner (BMBF) (bis 30. 04. 2000), Dipl.-Inform. J. Weiprecht [-46].

*Studentische Mitarbeiter:*

A. Jannasch [-54].

## 1.2 Rechenanlagen

Das gesamte Rechnernetz des Instituts wurde modernisiert. In allen Gebäudeteilen befinden sich jetzt Knoten die direkt mit dem Backbone-Netz der Universität verkoppelt sind, alle Rechner sind via FastEthernet verbunden. In Betrieb genommen wurde ein File-Server mit einem Raid-System mit 95 Gbyte Kapazität. Eine ISDN-Standleitung mit 128 kbit/s besteht nun zwischen dem Rechenzentrum und der Beobachungsstation in Großschwabhausen.

## 1.3 Gebäude und Bibliothek

Im Berichtsjahr wurde das Hauptgebäude des Instituts, das alte Sternwartengebäude im Schillergäßchen 2, komplett rekonstruiert. Wegen der gewachsenen Größe des Instituts und der Notwendigkeit für eine Erweiterung der Experimentierfläche stellte die Universitätsleitung eine Etage im Gebäude Grietgasse 6 zusätzlich zur Verfügung. Diese Räume werden insbesondere für die Vorbereitungen des ICAPS-Experiments genutzt.

Der Buchbestand der Bibliothek konnte um 48 Bände, z. T. aus Drittmitteln, erweitert werden.

## 2 Gäste

Für jeweils mindestens eine Woche hielten sich am Institut auf:

Ciska Kemper, Astronomical Institute 'Anton Pannekoek', University of Amsterdam

Th. Posch, Institut für Astronomie der Universität Wien

Prof. Dr. A. Witt, University of Toledo, USA

## 3 Lehrtätigkeit, Prüfungen und Gremientätigkeit

### 3.1 Lehrtätigkeiten

J. Blum und A. Hatzes:

Extrasolare Planeten, WS 2000/01

J. Dorschner und J. Gürtler:

Das Sonnensystem (mit Seminar), WS 1999/00

J. Gürtler und J. Dorschner:

Das Sonnensystem (mit Seminar), WS 2000/01

J. Gürtler und W. Pfau:

Astronomisches Praktikum, WS 2000/01

Th. Henning:

Innerer Aufbau und Entwicklung der Sterne, WS 1999/00

Seminar zur theoretischen Astrophysik, WS 1999/00

Physik der interstellaren Materie, SS 2000

Grundkurs Astrophysik I, WS 2000/01

Th. Henning und H. Mutschke:

Seminar Laborastrophysik, WS 1999/00, SS 2000, WS 2000/01

Th. Henning und W. Pfau:

Astronomische Computeraufgaben, WS 1999/00, SS 2000

Seminar zur Astrophysik, SS 2000

Seminar zur Sternentstehung, SS 2000, WS 2000/01

Institutskolloquium, WS 1999/00, SS 2000

Th. Henning, W. Pfau und A. Hatzes:

Institutskolloquium, WS 2000/01

Th. Henning und J. Steinacker:

Aktive Galaktische Kerne, WS 2000/01

Astronomisches Numerikum, WS 2000/01

W. Pfau:

Grundkurs Astrophysik I, WS 1999/00, WS 2000/01 (J. Steinacker: dazu Übungen),

Einführung in die Astronomie, SS 2000 (J. Gürtler: dazu Übungen)

Seminar zur beobachtenden Astrophysik, WS 1999/00

Grundkurs Astrophysik II, SS 2000

Sterne in besonderen Entwicklungsphasen, WS 2000/01

W. Pfau und J. Dorschner:

Eine alte Wissenschaft vor neuen Horizonten – Astronomie im 21. Jahrhundert,

WS 2000/01

W. Pfau und J. Solf, Tautenburg:

Spezialseminar zum Grundkurs Astrophysik I und II, SS 2000

H.-G. Reimann und W. Pfau:

Astronomisches Praktikum, WS 1999/2000, SS 2000

Im Rahmen der Weiterbildung von Lehrern wurde das auf vier Semester konzipierte Teilzeitstudium zum Erwerb der Lehrbefähigung (Erweiterungsprüfung) in einem weiteren Fach lt. Thüringer Verordnung für das Lehramt an Gymnasien fortgeführt (WS 1999/00, SS 2000, WS 2000/01). Im Oktober wurde diese Weiterbildung für eine neue Matrikel externer Studenten begonnen. Inzwischen ist die Möglichkeit des Erwerbs dieser Lehrbefähigung in Thüringen auch für die Regelschule gegeben.

Mitarbeiter des Instituts waren im Bereich des Physikalischen Praktikums tätig.

### 3.2 Prüfungen

Es wurden zahlreiche Prüfungen innerhalb des Rigorosums abgenommen (Th. Henning, W. Pfau).

### 3.3 Gremientätigkeit

J. Blum:

ESA Physical Science Working Group.

J. Dorschner:

IAU-Kommissionen 34 und 51.

Th. Henning:

German SOFIA Science Working Group; SOFIA Science Steering Committee; IAU, Kommission 34; Mitglied des Organizing Committee und der Working Group „Star Formation“; Mitglied im Programmausschuß des Heinrich-Hertz-Teleskops; Gutachterausschuß „Extraterrestrische Grundlagenforschung“ (DLR); Sprecher des DFG-Schwerpunktprogramms „Physik der Sternentstehung“; Mitglied des ESFON-Netzwerkes; ESO-VLT Instrument Science Team für VISIR; Mitglied ESO STC; Chairman „ESO STC-Subcommittee for the VLTI“; Mitglied „VLTI Implementation Committee“; Co-Chair, Working Group „Laboratory Astrophysics“ am International Space Science Institute (ISSI) in Bern; Mitglied der Berufungskommissionen für das MPI für extraterrestrische Physik und eine C4-Professur Biophysik der Universität Jena; DFG-Fachgutachter.

W. Pfau:

DFG-Fachgutachter (bis Mai); Mitglied im Programmkomitee des DSAZ, Calar-Alto-Observatorium (bis März); Mitherausgeber der Zeitschrift „Sterne und Weltraum“; Sprecher der Bundesjury „Jugend forscht“ im Fachgebiet Geo- und Raumwissenschaften.

H.-G. Reimann:

Jurorentätigkeit beim Landeswettbewerb des Freistaates Thüringen „Jugend forscht“.

R. Schielicke:

Schriftführer der Astronomischen Gesellschaft; LOC JENAM 2001.

## 4 Wissenschaftliche Arbeiten

### 4.1 Theorie

#### *Chemische Entwicklung in protoplanetaren Akkretionsscheiben*

Die Struktur der Akkretionsscheiben wurde über die Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen unter Einbeziehung des Strahlungstransportes bestimmt. Aufgrund der komplizierten turbulenten Strömung in der Akkretionsscheibe (typische Reynoldszahlen um  $10^{10}$ ) und der Existenz sehr verschiedener Längen- und Zeitskalen der Problems stellte sich die numerische Simulation selbst unter Beschränkung auf grossskalige Turbulenzzellen als extrem zeitaufwendig heraus.

Zur Behandlung des Problems wurden daher 1+1D-Modelle für die Bewegung des Gases in der Scheibe und die daran gekoppelte chemische Entwicklung verwendet. Unter der Annahme, daß die Dicke der Scheibe überall klein ist gegen den Radius, kann die Gleichung für den zeitabhängigen viskosen Fluß in der Scheibe auf eine nicht-lineare parabolische Gleichung für die Oberflächendichte reduziert werden.

Basierend auf dem Modell für die vertikale und die radiale Struktur lassen sich zwei verschiedene Modelle konstruieren: ein statisches 1+1D-Scheibenmodell (entsprechend der viskosen Zeitskala) und ein dynamisches 1+1D-Scheibenmodell (entsprechend der dynamischen Zeitskala).

Unter Berücksichtigung der Nichtlinearität des Problems wurde der Einfluß der Temperatur und des Dichteprofiles auf die chemische Entwicklung untersucht. Es zeigte sich, daß die Chemie an der Scheibenoberfläche aufgrund der Ionisationsprozesse und der einfallenden Strahlung völlig verschieden ist von der in anderen Bereichen der Scheibe (Th. Henning, M. Ilgner mit A. Markwich und T. Millar, Manchester).

#### *Scheibe-Planet Wechselwirkung*

Mit Hilfe des dreidimensionalen magnetohydrodynamischen Programms NIRVANA wurde die Wechselwirkung und Entwicklung eines Protoplaneten in einer Akkretionsscheibe untersucht. In den Simulationen wurden die Zeitskala der Akkretion von Materie auf

den Planeten und die Migrationszeitskala aufgrund der gravitativen Wechselwirkung bestimmt. Die Modelle schließen Planetenmassen von 1 bis hinunter zu 1/10 Jupitermasse ein. Darüber hinaus wurde der Einfluss der Dicke der Akkretionsscheibe auf die Ergebnisse untersucht. Unter Verwendung von verfeinerten Gittern wurde die Auflösung um den Planeten erhöht, um mit noch akzeptablem numerischen Aufwand das dynamische Verhalten der Materie um erdähnliche Planeten zu analysieren (Th. Henning, G. D'Angelo mit W. Kley, Heidelberg/Tübingen).

#### *Wechselwirkung von Akkretionsscheiben um Sterne und vorbeifliegenden Sternen*

Das vorliegende dreidimensionale SPH-Programm wurde in Fortran90 umgeschrieben und die Schrittweitensteuerung der Zeitintegration überarbeitet. Es wurden Stöße zwischen einem Stern mit Akkretionsscheibe und einem vorbeifliegenden Stern simuliert. Die resultierenden Bahnen wurden mit den analytischen Lösungen für den Fall ohne Scheibe sowie für den Fall, daß die Masse der Scheibe in dem Zentralstern konzentriert ist, verglichen. Die Berechnung der Periastronabstände erlaubt, den Einfluß der Scheibe auf die Einfangwahrscheinlichkeit zu ermitteln und daraus die Vergrößerung des Stoßquerschnitts zu berechnen. Dabei wurden die Anfangsposition und die -relativgeschwindigkeit der Sterne so gewählt, daß für den analytischen Fall mit der Masse der Scheibe im Zentralstern genau eine Parabelbahn herauskommt. Bei der Scheibe wurde zunächst nur der Einfluß der Gravitationskraft zwischen Scheibenteilchen und Sternen berücksichtigt. Die Simulationen wurden für drei unterschiedliche Perihelabstände mit jeweils unterschiedlichem Drehsinn der Scheibe (prograde, retrograde Stöße) und unterschiedlichen numerischen Auflösungen durchgeführt (Th. Henning, St. Umbreit mit S. Pfalzner, Köln).

#### *Strahlungstransport in staubigen Medien*

Die Anwendung von 3D-Programmen für den Transport der Kontinuumsstrahlung ist in vielen staubigen Medien (Starburstgalaxien, Staubtori um AGN, Staubhüllen um AGB-Sterne, protostellare und protoplanetare Scheiben) erforderlich, um die bei verschiedenen Wellenlängen durchgeführten Beobachtungen mit Modellen vergleichen zu können

Im Berichtszeitraum wurde das auf der Monte-Carlo-Methode beruhende 3D-Strahlungstransportprogramm weiterentwickelt. Die selbstkonsistente Temperaturberechnung wurde auf eine Teilchenverteilung ausgedehnt. Außerdem ist es jetzt erstmals möglich, die Streuung an sphäroidischen Teilchen innerhalb eines Monte-Carlo-Programms zu behandeln (mit N. Voshchinnikov, St. Petersburg).

Unter Verwendung des Programms STEINRAY zur Behandlung des 3D-Kontinuumsstrahlungstransports wurden Vergleichsrechnungen für 2D-Konfigurationen (protoplanetare Akkretionsscheibe um Einzelstern) durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß die von beiden Programmen berechneten mit den aus der Literatur vorliegenden Spektren übereinstimmen. Abweichungen traten nur dann auf, wenn eine Auflösung gewählt wurde, die deutlich oberhalb der im MC-Programm verwendeten lag. Die Laufzeiten des Programms sind trotz der verwendeten Linearisierung der Quellfunktion für hohe optische Tiefen für das auf Gittern basierende Programm STEINRAY um einen Faktor 10 höher. Eine Analyse der Programme ergab, daß dies durch die unterschiedliche Behandlung der Temperaturiteration zu begründen ist. Während die Temperatur im MC-Programm auf einem separat von den Photonenbahnen gewählten, gemäß der Dichte verfeinerten frequenzunabhängigen Gitter berechnet wird, wird sie im gitterbasierten Programm direkt auf den für den Diskretisierungsfehler optimierten frequenzabhängigen Gittern ausgerechnet.

In Zusammenarbeit mit W. Kley (Tübingen) und A. Dutrey (IRAM) wurden die Arbeiten zur Modellierung des Doppelsternsystems GG Tauri fortgesetzt. Dazu wurden erste Studien zum Vergleich von beobachteten visibilities mit theoretischen Intensitätskarten betrieben (Th. Henning, J. Steinacker mit S. Wolf, Tautenburg).

## 4.2 Instrumentierungs- und Beobachtungsprojekte

### *Instrumentierung*

*TIMMI 2*: Das inzwischen am 3.6-m-Teleskop der ESO eingesetzte Kamerasystem für das thermische Infrarot wurde im April des Berichtsjahres zum Observatorium auf La Silla transportiert. Nachdem endlich auch die kommerzielle Ausleseelektronik für den Detektor und das Teleskop-Chopping durch die Firma Wallace Instruments geliefert worden war, konnte die Funktionsfähigkeit des Instruments hergestellt werden. Es kam im September in einer ersten Testphase an das Teleskop. Zusammen mit den vorher erfolgten, grundlegenden technischen Verbesserungen am Teleskop selbst, entsprach die Leistungsfähigkeit von TIMMI 2 weitgehend den Erwartungen: Streulicht in der Kamera, Geisterbilder und Detektor-Dunkelsignal sind zu vernachlässigen, die Bildqualität ist besser als 0.8 Bogensekunden bei  $\lambda \leq 13 \mu\text{m}$  und beugungsbegrenzt bei größeren Wellenlängen. Bei  $\lambda \approx 12 \mu\text{m}$  wurde (mit dem *engineering grade* des Detektors) ein Flußgrenzwert von  $\approx 40 \text{ mJy}$  ( $10\sigma$ , 1 Stunde Meßzeit einschließlich aller Zeiten zwischen den Integrationen) erzielt. Die Datenvorverarbeitung (*pipeline*) und die Benutzeroberfläche erwiesen sich als sehr praktikabel. Bis zur ersten Nutzung im offenen Beobachtungsbetrieb am 3.6-m-Teleskop wurden darüberhinaus noch notwendige und wünschenswerte Veränderungen vorgenommen.

Die kostenmäßig günstige Lieferung weiterer MIR-Filter durch gemeinsame Bestellung eines Konsortiums mehrerer Institute unter Federführung des CEA/Saclay ließ sich im Berichtsjahr noch nicht realisieren.

Mit dem Jahresende ist die Projektförderung durch die Verbundforschung „Erdegebundene Astrophysik“ (BMBF) ausgelaufen. Projektleiter W. Pfau, verantwortlicher Bearbeiter (bis Ende Mai) H.-G. Reimann, Mitarbeiter H. Relke und R. Wagner. Enge Zusammenarbeit bestand mit den Mitarbeitern der ESO Garching und La Silla sowie mit J. Hron und M. Sperl (Wien).

*Large Binocular Telescope*: Um langfristig unseren Zugang zu räumlich hochauflösenden Beobachtungen zu sichern, wird weiterhin die Mitwirkung an der Geräteausstattung des LBT angestrebt. Im Rahmen einer durch die Verbundforschung, Bereich „Erdegebundene Astrophysik“, geförderten Studie wurde an der Entwicklung eines Weitfeld-Kamerasystems für das thermische Infrarot gearbeitet. Neben der Abbildung in den *N*- und *Q*-Bändern werden Möglichkeiten zur GRISM-Spektroskopie und zur Polarimetrie untersucht. Außer ersten Entwürfen zur technischen Konstruktion erfolgten Überlegungen zur erzielbaren Reichweite und der Statistik der zur Phasenreferenz geeigneten Punktquellen (W. Pfau mit B. Stecklum, Tautenburg).

*FIFILS für das Flugzeugobservatorium SOFIA*: Das MPE in Garching (PI: A. Poglitsch) entwickelt in Zusammenarbeit mit dem AIU das Field-Imaging Far-Infrared Spectrometer *FIFILS* für SOFIA. Die Aufgabe des AIU ist es, die Software zur Datenaufnahme und Vorreduzierung, die in Echtzeit erfolgen muß, zu entwickeln. Weiter wird bei uns eine graphische Benutzeroberfläche zur Datenvisualisierung und -reduktion erstellt. In diesem Jahr wurde hauptsächlich das Echtzeitbetriebssystem getestet und die Echtzeitdatenreduktion erprobt.

Die Herausforderung besteht darin, die hohe Datenrate von bis zu 390 KB/s in Echtzeit zu analysieren. Um einen solchen hohen Datendurchsatz zu erzielen, muß ein schneller und simpler Algorithmus eingesetzt werden, der gegen Ausreißer in den Daten stabil sein muß. Um einen solchen Algorithmus zu erstellen, steht die Arbeitsgruppe mit dem Team an der Technischen Universität Wien in Verbindung, die für die Echtzeitdatenreduktion für PACS, einem Instrument für den Satelliten FIRST mit gleichen FIR-Detektoren, verantwortlich ist.

Um den hohen Datendurchsatz erreichen zu können, muß der Algorithmus für die Plattform, auf der er zum Einsatz kommen soll, optimiert werden. Hierzu ist ein Echtzeitsystem auf der Basis eines Power-PCs mit VxWorks-Betriebssystem charakterisiert worden. Das Echtzeitverhalten dieses System ist hervorragend, jedoch liefert der zugehörige C-Compiler (GNU) weniger schnellen Code als z. B. der GNU-C-Compiler für einen Intel-Prozessor.

Daher wird als Alternative ein Intel-basierter PC mit einem echtzeit-fähigen Linux (RTAI) getestet werden. Ein weiterer Vorteil eines Linux-System ist die Lizenzfreiheit, die einen unproblematischen Austausch von Hardwarekomponenten erlaubt.

*Herschel Space Observatory – PACS:* Im Rahmen des von der ESA (European Space Agency) geplanten „Herschel Space Observatory“ (früher FIRST) beteiligt sich die Universität Jena in einem internationalen Konsortium aus Forschungseinrichtungen und Industriebeteiligungen an der Entwicklung des Instruments PACS (Photodetector Array Camera and Spectrometer). Seit April 2000 erweitert und modifiziert das AIU Jena sein Softwarepaket DAS (Data Analysis Software) zur Akquisition, Analyse und Visualisierung der Photodetektordaten entsprechend den experimentellen Erfordernissen (Th. Henning, W. Schmitt).

#### *Beobachtungsprojekte*

*Entstehung massereicher Sterne:* Der im Institut erstellte Katalog massereicher Sternentstehungsgebiete enthält alle IRAS-Punktquellen mit einem verlässlichen Fluß  $>500 \text{ Jy}$  bei  $100 \mu\text{m}$  im Rektaszensionsbereich von  $0^{\text{h}}$  bis  $12^{\text{h}}$ . 67 Quellen erfüllen das Kriterium. Mit der Durchmusterung dieser Quellen bei (sub-)Millimeter Wellenlängen wurde die systematische Untersuchung heller IRAS-Quellen in der äußeren Galaxis fortgesetzt und nahezu vervollständigt. Damit werden von allen ausgewählten Quellen (sub-)Millimeter-Kontinuumskarten und Informationen über Ausflüsse vorliegen. Die Karten werden schrittweise durch eigene NIR-Beobachtungen und Daten von 2MASS und DENIS ergänzt.

Für Strahlungstransportrechnungen standen für folgende Sternentstehungsgebiete Meßdaten zur Verfügung (B. Stecklum, Tautenburg, mit SpectroCam-10 am 5-m-Hale-Teleskop,  $\lambda = 8.8, 11.7$  und  $17.9 \mu\text{m}$ ):

- **W3(OH):** Die Modellrechnungen zeigen für diese Quelle und den benachbarten, im MIR nicht nachgewiesenen *hot core* (W3(H<sub>2</sub>O)), daß der letztere mit  $A(11.7 \mu\text{m}) \geq 12 \text{ mag}$  tief eingebettet ist. Die thermische Emission des Staubes (N-Band) in W3(OH) ist mit einer räumlichen Ausdehnung von  $\sim 2''$  deutlich aufgelöst. Die kometare H II-Region 6'' nord-östlich von W3(OH) ist mit schwacher diffuser thermischer Emission verbunden (Th. Henning und I. Pascucci mit B. Stecklum, Tautenburg, und J. Wilson, B. Brandl, T.L. Hayward).

- **G 10.47+0.03:** Dort befinden sich vier ultrakompakte H II-Regionen (UCH IIS) und ein *hot core*. Der letztgenannte ist im im MIR nicht nachgewiesen, seine Relation zu den UCH IIS wurde untersucht (Th. Henning und I. Pascucci mit B. Stecklum, Tautenburg und R. Cesaroni, M. Walmsley, beide Florenz).

- **Beobachtungen mit adaptiver Optik: G 11.11--0.40 und G 341.21--0.21:** Die beiden Sternentstehungsregionen werden mit Hilfe von Radiodaten, Polarisationsdaten und insbesondere NIR-AO-Beobachtungen sehr genau untersucht. Im Fall von G 11.11--0.40 gelang es, den anregenden O-Stern zu identifizieren (Th. Henning, R. Klein mit M. Feldt, Heidelberg und B. Stecklum, Tautenburg).

*Staubspektroskopie:* Im Rahmen der Auswertung von ISO-Spektren (ISOPHOT-S) wurde bei tief eingebetteten Quellen nach Hinweisen auf die Präsenz von NH<sub>3</sub>-Eis gesucht. Diese Eis-Banden werden i. a. von stärkeren interstellaren Banden überlagert, so daß bisher wenig über die Verbreitung des NH<sub>3</sub>-Eises bekannt ist. Bei einer Reihe von Objekten (u. a. AFGL 2591, W33A, W3-IRS5) wurden im Bereich der tiefen Silikatbanden Anzeichen für eine schwache Bande bei  $9.0 \mu\text{m}$  gefunden. Große Schwierigkeiten macht die Festlegung einer geeigneten Basislinie im Bereich der NH<sub>3</sub>-Bande und damit die Abschätzung der optischen Tiefe. Unsere Ergebnisse für W33A stimmen jedoch angemessen mit solchen überein, die auf hochauflösenden ISO-SWS-Spektren beruhen (J. Gürtler, K. Schreyer, Th. Henning, in Zusammenarbeit mit P. Ábrahám und D. Lemke, Heidelberg).

*Interferometrie:* In Vorbereitung von Beobachtungen ultrakompakter H II-Regionen am VLTI (MIDI) wurden eindimensionale Strahlungstransportrechnungen an unterschiedlichen Modellquellen durchgeführt. Das geschah mit dem Ziel der Untersuchung zirkumstel-

larer Staubverteilungen und der Multiplizität massereicher Sterne. Die Modellrechnungen dienten auch dem Verständnis, welche Quellenparameter aus realen *Visibility*-Messungen hergeleitet werden können. Auf dieser Basis wurde eine Quellenliste erstellt (I. Pascucci, Th. Henning in Zusammenarbeit mit B. Stecklum und H. Linz, Tautenburg, M. Feldt, Heidelberg, und L. Kaper, Amsterdam).

*SIRTF-Legacy-Programme:* Th. Henning war an der Ausarbeitung mehrerer Legacy-Proposals beteiligt. Das Programm „The Formation and Evolution of Planetary Systems: Placing Our Solar System in Context“ (PI: M. Meyer) war erfolgreich. Gegenwärtig läuft eine intensive Vorbereitung zur Erstellung einer Quellenliste.

### 4.3 Laboratoriumsastrophysik

#### *Eigenschaften von kohlenstoffhaltigen Nanoteilchen*

Die Untersuchungen zur Struktur und den optischen Eigenschaften von kohlenstoffhaltigen Teilchen konzentrierten sich im Jahr 2000 auf die Fortsetzung der IR-Matrixisolationsspektroskopie von Siliziumkarbidpartikeln und auf theoretische Studien der Lichtstreuung an Aggregaten aus Kohlenstoffpartikeln.

Bei den Karbidteilchen, die in unserem Experiment mit Hilfe einer laserinduzierten Pyrolyse aus der Gasphase kondensiert werden, wurde im letzten Jahr der Effekt des Einbaus von Stickstoffatomen auf die IR-Absorptionseigenschaften untersucht. Die Matrixisolation der Partikel in einer Argon-Eisschicht erlaubte dabei die Untersuchung von kalten und isolierten Teilchen. Es wurden systematische Messungen sowohl im Bereich der Phononenabsorptionsbande (8–13  $\mu\text{m}$ ) als auch im NIR-Bereich durchgeführt. In letztgenanntem zeigen die Partikel starke Absorption durch freie Ladungsträger infolge der Dotierung des SiC-Gitters mit Stickstoffatomen. Darüber hinaus gelang im letzten Jahr auch die Erzeugung und IR-spektroskopische Analyse von reinen Siliziumnitrid-Teilchen. Diese zeigen im Gegensatz zu den SiC-Partikeln keine kristalline Ordnung. Ihre IR-Signatur weist Ähnlichkeiten mit einer Absorptionsbande im IR-Spektrum von AGB-Sternen mit hohem Masseverlust auf (D. Clément, H. Mutschke, Th. Henning).

Im Rahmen der in diesem Jahr begonnenen DFG-Forschergruppen-Projekte wird die für die oben beschriebenen Experimente genutzte Apparatur derzeit umgerüstet. In Zukunft sollen hiermit Versuche zur Kondensation von Kohlenstoffpartikeln durchgeführt werden (H. Mutschke, Th. Henning, D. Clément).

Zu den optischen Eigenschaften von Partikeln und Aggregaten aus amorphem Kohlenstoff wurden in Zusammenarbeit mit dem 1. Physikalischen Institut der RWTH Aachen Modellrechnungen durchgeführt. Hierzu wurden in unserem Institut bestimmte optische Materialdaten sowie das Modell von Gerardy und Ausloos für die Streueigenschaften von Aggregaten kugelförmiger Partikel benutzt. Die Ergebnisse dieser Rechnungen zeigten, daß die Absorptionseigenschaften bei stark graphitischen Kohlenstoffteilchen erheblich von der Aggregatmorphologie abhängen. Bei weniger graphitischem Material ist die Abhängigkeit dagegen nur schwach. Außerdem wurden Effekte der Koaleszenz (Verwachsung der Einzelteilchen) anhand von Grenzfällen simuliert (M. Quinten, H. Mutschke, Th. Henning mit U. Kreibitz, Aachen).

#### *IR-Spektroskopie von Oxidteilchen*

Oxide der Metalle Aluminium, Magnesium, Titan, u. a. sind die ersten Kondensate in sauerstoffreichen Sternatmosphären z. B. von AGB-Sternen. Ihr Vorkommen zeigt sich in der Anwesenheit von IR-Emissionsbanden in den Spektren solcher Sterne. Als Beitrag zur Identifikation dieser Banden wurden im letzten Jahr in Zusammenarbeit mit dem Astronomischen Institut der Universität Wien spektroskopische Messungen an synthetischen und natürlichen Spinell-Kristallen mit verschiedenen Al/Mg-Verhältnissen durchgeführt. Daraus wurden optische Materialkonstanten bestimmt, die für die Modellierung der Sternatmosphären zur Verfügung stehen. Erste Vergleiche berechneter Spektren mit einem neu abgeleiteten mittleren Profil der „13  $\mu\text{m}$ -Absorptionsbande“ von AGB-Sternen bestätigen die Hypothese der Kondensation von Spinellpartikeln in solchen Sternatmosphären (D. Fabian, H. Mutschke mit Th. Posch, F. Kerschbaum, Wien).

In einem Projekt im Rahmen der Forschergruppe „Laborastrophysik“ sollen diese Untersuchungen mit Hilfe der Matrixisolationsspektroskopie weitergeführt werden. Hierbei wird die Kondensation der Oxidteilchen aus der Gasphase einbezogen werden, um möglichst realistische Zusammensetzungen und Kristallstrukturen studieren zu können (H. Mutschke, D. Fabian).

#### *Experimentelle Studien zum Silikatstaub*

Erste Studien von Sol-Gel-Syntheseprodukten, die unter definiertem Sauerstoffpartialdruck auf die Herstellung Fe-haltiger Mg-Silikate zielten, zeigten Entmischungen und örtlich begrenzte Reduktion der Eisenionen bis zur metallischen Phase. Als Ursache wurden unterschiedliche Kohlenstoffkonzentrationen in der SOL-GEL-Probe während der Sinterstufe erkannt.

Die Untersuchungen der über Sol-Gel-Synthese hergestellten Mg-Silikate ließen ein deutlich verändertes Kristallisationsverhalten gegenüber den durch Abschrecken von Schmelzen gewonnenen amorphen Silikaten erkennen. Der Unterschied konnte auf die in den Sol-Gel-Proben verbleibenden Si-OH-Bindungen zurückgeführt werden. Diese wirken wie Netzwerkwandler und erniedrigen die Viskosität der Silikate, wodurch die Beweglichkeit der strukturellen SiO<sub>4</sub>-Basiseinheiten und der eingebauten Metallionen erhöht und die Kristallisationstemperatur abgesenkt wird. Die ermittelten Aktivierungsenergien für die Kristallisation der Sol-Gel-Silikate sind daher um ca. 30 % niedriger als die für Glas- bzw. Smoke-Proben bestimmten Werte. Bei der Suche nach Mechanismen zur Erklärung der beobachteten kristallinen Silikatphasen im zirkumstellaren Staub könnten Si-OH-Bindungen eine Schlüsselrolle spielen (C. Jäger, J. Dorschner).

Die bereits im letzten Jahr begonnenen Bestrahlungsversuche (in Zusammenarbeit mit dem Institut für Festkörperphysik der Universität Jena) zum Phasenübergang kristallin/amorph wurden fortgeführt. Es kamen He<sup>+</sup>- und Ar<sup>+</sup>-Ionen mit Energien von 150 bzw. 400 keV mit verschiedenen Bestrahlungsdosen zum Einsatz. Erste Erfolge bei der Amorphisierung von kristallinem Enstatit wurden mit 400-keV-Ar<sup>+</sup>-Ionen erzielt, und die kritische Amorphisierungsdosis konnte auf ca.  $3 \cdot 10^{14}$  Ionen/cm<sup>2</sup> eingegrenzt werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß hauptsächlich die nukleare Energieübertragung für die Amorphisierung der kristallinen Struktur verantwortlich ist. Nachfolgende Versuche mit He<sup>+</sup>-Ionen haben bewiesen, daß auch mit leichteren Ionen durch Erhöhung des Verhältnisses von nuklearer zu elektronischer Energiedeposition in Verbindung mit sehr hohen Dosen ( $1 \cdot 10^{18}$  Ionen/cm<sup>2</sup>) eine Amorphisierung erreicht werden kann. Zum Studium des Phasenübergangs in umgekehrter Richtung (amorph/kristallin) wurden Experimente mit den gleichen Ionen im selben Energiebereich begonnen. Die Targettemperatur wurde auf 600 °C erhöht. Die ersten Versuche haben angedeutet, daß für diesen Phasenübergang ein höheres Verhältnis von elektronischer zu nuklearer Energiedeposition nötig ist. Von weiteren Versuchen mit höheren Beschleunigungsenergien ( $\geq 1$  MeV, He<sup>+</sup>-Ionen, Ne<sup>+</sup>-Ionen) erwarten wir wichtige Erkenntnisse zur Präzisierung dieser Aussage (C. Jäger, D. Fabian, J. Dorschner, Th. Henning).

#### *Erweiterung der IR-Spektroskopie astrophysikalisch relevanter Festkörper*

Die IR-Spektroskopie an astrophysikalisch interessanten Materialien mit begleitender Analytik wurde fortgesetzt und auf wasserhaltige Silikatminerale (Chlorite, Serpentin, Talk, Montmorillonit, Chrysotil) sowie auf Karbonatminerale ausgedehnt. IR-Tieftemperaturmessungen (bis 10 K) wurden an Pulverproben sowie an Dünnschliffen der Olivinminerale Forsterit, Olivin und Fayalit sowie an Chlorit durchgeführt (D. Fabian, C. Jäger, J. Dorschner, W. Teuschel, G. Born).

Durch die Identifikation der Extended Red Emission durch Silizium-Nanokristalle sind generell nichtoxidische Si-haltige Festkörper als mögliche Staubkonstituenten interessant geworden. Zur experimentellen Überprüfung von Anregungen in der Literatur, in denen auf Eisensilicide zur Erklärung unidentifizierter Banden verwiesen wird, wurden die IR-optischen Eigenschaften von Fe-mono- und Fe-disilicid in das Meßprogramm aufgenommen.

Untersuchungen zu den optischen Eigenschaften von FeSi und FeSi<sub>2</sub> im UV/VIS sowie im IR-Bereich wurden durchgeführt und mit FIR Tieftemperaturmessungen (bis 10 K) an KBr Presslingen beider Verbindungen erweitert (C. Jäger, H. Mutschke, G. Born, W. Teuschel).

#### *Lichtstreuung an Staubaggregaten*

Die durch ein DFG-Projekt im Rahmen des Schwerpunktsprogramms „Physik der Sternentstehung“ in Jena im Vorjahr begonnenen Lichtstreuemessungen an agglomerierten SiO<sub>2</sub>-Monospheres wurden zunächst am vorhandenen experimentellen Aufbau fortgesetzt. Die Auswertung und Ergebnispublikation erfolgte hauptsächlich durch G. Wurm, der im Rahmen des Emmy-Noether-Programms der DFG zu einem zweijährigen Forschungsaufenthalt am Laboratory for Atmospheric and Space Physics (LASP) in Boulder, Colorado, weilt, durch die vorgesehene Rückkehr nach Jena aber weiterhin mit dem Jenaer Laborprogramm verbunden bleibt. Die bisherigen Streuexperimente zeigen, daß die mittleren optischen Eigenschaften (Messungen an einem Teilchenstrahl!) der fraktalen Aggregate im Größenbereich zwischen 2 und 28 agglomerierten Monospheres hinsichtlich Extinktion und Polarisation denen der monomeren Bausteine sehr ähnlich sind (G. Wurm, L. Heim, T. Göhzold).

Im Jahre 2000 wurde aus dem bisherigen Laboraufbau zur Messung von Streulicht an einem Agglomeratstrahl eine Anlage mit größerer mechanischer Stabilität, verbesserter Justierbarkeit und Meßgenauigkeit sowie effektiverer Meßwertgewinnung geschaffen. Das lichtdichte Gehäuse und der stabilere Aufbau bieten eine stärkere Isolation gegen äußere Störeinflüsse. Weiterhin wurde der erfaßbare Bereich der Streuwinkel ausgedehnt und läßt jetzt Messungen im Intervall 10 bis 170° zu. Weiterhin kann bei mehreren Streuwinkeln und in beiden Polarisationsrichtungen gleichzeitig und damit wesentlich zeitökonomischer gemessen werden kann. Die Anlage befindet sich derzeit im Erprobungszustand (W. Teuschel).

Mit dieser Anlage sollen zunächst weitere Messungen an Strahlen von Teilchenaggregaten ausgeführt werden, um den bisher sehr eingeschränkten Parameterbereich hinsichtlich Monomer- und Aggregatgröße, Material und Wellenlänge auszuweiten. Dabei wird der Strahl aus CCA-Teilchen im Rahmen der bei CODAG entwickelten Agglomerations-technik mit Hilfe einer Turbomolekularpumpe gewonnen. Die Anlage soll weiterhin experimentelle Erfahrungen auf dem Wege zur Messung des Lichtstreuverhaltens einzelner Teilchenagglomerate vermitteln, die das Teilprojekt „Agglomerate und Lichtstreuung“ der im Berichtsjahr gegründeten DFG-Forschergruppe „Laboratoriumsastrophysik“ zum Ziel hat (G. Wurm, J. Dorschner, W. Teuschel).

#### *Astronomisch relevante Eigenschaften fraktaler Teilchenagglomerate*

Die Ergebnisse des im Oktober 1998 auf dem Space Shuttle Discovery geflogenen Mikrogravitationsexperiments CODAG (Cosmic Dust Aggregation) zeigen erstmals, daß der theoretisch vorhergesagte Prozeß der durch Brownsche Bewegung im dünnen Gas verursachten Staubagglomeration tatsächlich zu einem Wachstum der Staubpartikel führt. Die sich dabei bildenden Aggregate zeigen fraktale Struktur mit einer unerwartet niedrigen fraktalen Massendimension von 1.3. Verantwortlich für diese kettenförmige Strukturen ist höchstwahrscheinlich die (bei CODAG beobachtete) Brownsche Rotation der Staubteilchen, die zu einer Symmetriebrechung führt und große Stoßparameter bevorzugt. Erste Computersimulationen bestätigen diesen Effekt (J. Blum und das CODAG-Team).

#### *Geräteentwicklung für Weltraumexperimente und andere Anwendungen*

Seit Mai 2000 werden vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt Vorbereitungsarbeiten zum Projekt ICAPS (Interactions in Cosmic and Atmospheric Particle Systems) gefördert. Mit diesen Arbeiten sollen die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für dieses multinationale Programm gelegt werden, das auf der Internationalen Raumstation durchgeführt werden soll. Unter anderem sind dies Entwicklungsarbeiten zur Erzeugung makroskopischer, hochporöser Staubagglomerate, mit denen eine Vielzahl von Experimenten unter Schwerelosigkeitsbedingungen ausgeführt werden sollen, z. B. mechanische

Festigkeitsuntersuchungen, Kollisionsexperimente, Impaktversuche, Lichtstreuemessungen und Verfestigung durch Sintern. Aus astrophysikalischer Sicht werden davon wichtige Hinweise zur Planetesimalbildung (Runaway-Wachstum), zur Chondrenentstehung und zur Entstehung und Morphologie von Regolithoberflächen kleiner Himmelskörper erwartet. Einen weiteren Schwerpunkt der ICAPS-Vorbereitungsarbeiten bilden Ausarbeitung und Koordinierung der vielfältigen wissenschaftlichen Zielsetzungen und deren technische Realisierungsmöglichkeiten (J. Blum, Th. Henning, T. Poppe).

Die 1999 begonnenen Arbeiten zur Entwicklung des optischen Partikelanalysators PATRICIA (Particle Tracking by Microscopical Imaging and Correlation for In-situ Analysis) wurden 2000 fortgesetzt. Dieses mit DLR-Mitteln geförderten Techniktransferprojekt soll unter Verwendung von in der Weltraumforschung entwickelten Techniken zu einem in Wissenschaft und Industrie vielfältig einsetzbaren Gerät zur optischen Partikel- und Partikelströmungsanalyse führen. Im Berichtszeitraum wurde ein tragbarer Prototyp hergestellt, der die Meßprinzipien verifizierte. Ferner wurde eine Softwareentwicklung sowohl zur Gerätesteuerung als auch zur Bildauswertung begonnen und ist weit fortgeschritten. Die Suche nach Anwendern und Partnern zur Vermarktung des Geräts, des damit verbundenen Patents, der Software und der Bauweise wurde durch gezielte Kontaktaufnahme zu möglichen Interessenten und durch eine Präsentation auf den Internetseiten des Instituts begonnen. In Bezug auf mögliche Anwendungen sind Testmessungen hervorzuheben, die im Rahmen des Projektes MENAPA II (Metallische Nanopartikel) an einem Aufbau zur Produktion hochporöser Silberpartikel am IFAM (Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialwissenschaft) vorgenommen wurden. Ziel ist es, ein Verfahren zur Prozeßüberwachung bereitzustellen, um die Herstellung der Partikel zu optimieren. Die Anpassung des Partikelanalysators an diese Anwendung wird durch einen Auftrag der TU Cottbus (Prof. Dr. C. Egbers) finanziert und führte im Oktober zur Anstellung von Dipl.-Phys. René Krieg, der die damit verbundenen Arbeiten ausführt. Der Partikelanalysator ist am „Tag der Raumfahrt“ im Planetarium in Jena öffentlich ausgestellt und vorgeführt worden (T. Poppe).

Im Rahmen des ICAPS-Programms ist ein Staubdispersierer entworfen und in Auftrag gegeben worden, der nach dem Prinzip des Zahnradstaubstrahldispersierers funktioniert, jedoch im Gegensatz zu früheren Geräten einen weitaus größeren Staubvorrat aufnehmen kann. Ebenfalls in Bezug auf die Vorarbeiten zu ICAPS ist die Beteiligung an einem Mikrogravitationsexperiment von Studenten der TU Braunschweig zu sehen, das von Prof. Dr. K.-H. Glaßmeier und Dipl.-Phys. H. Nübold betreut wurde und sich der Aggregation magnetischen Staubes widmet. Hierfür wurde ein pyrotechnischer Staubdispersierer entwickelt, gebaut und zur Verfügung gestellt, der im Gegensatz zu einem Vorläufermodell acht statt eines Staubeinschusses in eine Vakuumkammer erlaubt und sich auf den Parabelflügen im Oktober bewährt hat. Ferner steht durch die Mitwirkung an dieser Arbeit mittlerweile ein erfolgreich erprobter Grundaufbau für die Parabelflüge, die im Rahmen des ICAPS-Programms für Anfang 2002 geplant sind, zur Verfügung (T. Poppe).

## 5 Diplomarbeiten, Dissertationen, Habilitationen

### 5.1 Diplomarbeiten

H. Knoll: Matrixisolationsspektroskopie von Phenanthrenclustern

### 5.2 Dissertationen

A. Braatz: Über die optischen Eigenschaften präsolärer Diamanten

L.-O. Heim: Dynamische und statische Messungen interpartikulärer Kräfte zwischen mikrometergroßen Staubteilchen, Stoßsimulationen und deren astrophysikalische Anwendungen

### 5.3 Habilitationen

S. Pflanzner: Hierarchical Treecodes for Collisional and Hydrodynamical Systems

## 6 Tagungen und Projekte am Institut

### 6.1 Tagungen und Veranstaltungen

Das Institut organisierte gemeinsam mit dem MPI für Astronomie die internationale Tagung „Star Formation 2000“ auf Schloß Ringberg (Juni). Das Institut war im Oktober Gastgeber eines Meetings des PACS-Konsortiums. Im Rahmen der DFG-Forschergruppe wurden eine Reihe von Kolloquien veranstaltet. Th. Henning bestritt einen der Eröffnungsvorträge für das „Jahr der Physik“ in Berlin.

### 6.2 Projekte

Im Jahr 2000 liefen folgende Drittmittelthemen:

- J. Blum: Interactions in Cosmic and Atmospheric Particle Systems (ICAPS) (ESA)
- J. Blum/H.-J. Butt, Mainz: Dynamische und statische Messungen interpartikulärer Kräfte zwischen  $\mu\text{m}$ -großen Staubteilchen, Stoßsimulationen und deren astrophysikalische Anwendungen (DFG)
- J. Blum/Th. Henning: Experiment zur Aggregation kosmischen Staubes (CODAG – 2. Phase) (DLR, Fortsetzung)
- J. Dorschner: Präparation von Analogmaterialien des kosmischen Staubes über Sol-Gel-Synthese (DFG)
- J. Dorschner: FIR-Spektroskopie von Laboranalogprodukten des kosmischen Staubes (DFG)
- J. Dorschner: Agglomerate und Lichtstreuung. TP10, DFG-FGLA
- Th. Henning: Mikrophysikalische Staubentwicklungsprozesse beim protostellaren Kollaps (DFG)
- Th. Henning/J. Blum: Labor- und Entwicklungsarbeiten im Rahmen der astrophysikalischen Fragestellungen des internationalen Mikrogravitationsforschungsprogramms ICAPS (Interactions in Cosmic and Atmospheric Particle Systems) (DLR/BMBF)
- Th. Henning: Astrophysikalische Modellierung – chemische Entwicklung protoplanetarer Scheiben. TP3, DFG-FGLA
- Th. Henning/Fr. Huisken: Spektroskopie von Polyaromatischen Kohlenwasserstoffen zur Identifikation der Diffusen Interstellaren Banden (DFG)
- Th. Henning/K. M. Menten: Zirkumstellare Scheiben um Herbig Ae/Be-Sterne (DFG)
- Th. Henning/H. Mutschke: Struktur, Dynamik und Eigenschaften von Molekülen und Staubteilchen im Weltraum (TMWFK)
- Th. Henning/A. Poglitsch: Photodissoziationsgebiete im Lichte verbotener FIR-Linien: Abbildende Spektroskopie mit FIFILS auf SOFIA (DFG)
- Th. Henning/G. Rüdiger: Zweidimensionale Akkretionsscheiben im äußeren Magnetfeld (DFG)
- Th. Henning/Rens Waters: Theoretical and experimental investigations of light scattering by heterogeneous non-spherical cosmic grains (INTAS)
- Th. Henning/S. Wolf: Magnetische Felder und Sternentstehung: Bok-Globulen als eine Fallstudie / Beobachtungsreise (DFG)
- R. Klein: Beobachtungsreise zum James Clerk Maxwell Telescope auf dem Mauna Kea, Hawaii (DFG)
- W. Kley/Th. Henning: Entstehung von massereichen Planeten in Akkretionsscheiben (DFG)
- H. Mutschke: Infrarot-Spektroskopie isolierter oxidischer Submikrometer-Teilchen. TP9, DFG-FGLA

- H. Mutschke: Berechnung von Extinktionsspektren von Nebeltröpfchen (Daimler Chrysler AG)
- H. Mutschke/Th. Henning: Kohlenstoffstrukturen (Degussa AG)
- H. Mutschke/Th. Henning: IR-Matrixisolationsspektroskopie an Siliziumkarbid- und Siliziumnitrid-Nanoteilchen (DFG)
- H. Mutschke/Th. Henning: Gasphasen-Kondensation von Kohlenstoff-Nanopartikeln und ihre strukturelle Charakterisierung. TP8, DFG-FGLA
- W. Pfau/Th. Henning/B. Stecklum (Tautenburg): Bau der thermischen Infrarotkamera TIMMI 2 für den Wellenlängenbereich 10 bis 20  $\mu\text{m}$  (BMBF Verbundforschung)
- W. Pfau/B. Stecklum: Ultrakompakte H II-Gebiete als Indikatoren für den Entstehungsprozeß massereicher Sterne (DFG)
- W. Pfau/B. Stecklum/Th. Henning: 10- $\mu\text{m}$ -Weitfeld-Kamerasystem als Meßeinrichtung zur Interferometrie am Large Binocular Telescope (LBT) (BMBF)
- T. Poppe: Stoßexperimente mit Membranen (Bosch GmbH)
- T. Poppe: Menapa II: Anpassung des Partikelanalysators PARTRICIA (TU Cottbus)
- T. Poppe/G. Wurm: Technische Realisierung eines kontaktfreien, mikroskopisch abbildenden „one-line“ Partikelanalysators (DLR)
- W. Schmitt/Th. Henning: FIRST/PACS-ICC (DLR)
- K. Schreyer: Eine Suche nach massenreichen protostellaren Molekülwolkenkernen in der Umgebung von hellen Infrarot-(IRAS)-Objekten (DFG)
- B. Stecklum/Th. Henning: Hochauflösende polarimetrische Untersuchungen junger stellarer Objekte (DFG)
- G. Wurm: Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe (DFG)
- G. Wurm/J. Dorschner: Messung winkelabhängiger Lichtstreuung an mikrometergroßen Staubaggregaten und deren Anwendung in astrophysikalischen Umgebungen (DFG)

## 7 Auswärtige Tätigkeiten

### 7.1 Nationale und internationale Tagungen

- J. Blum:  
 COSPAR, Warschau (Polen), Juli. 2 Vorträge  
 ISS-Konferenz, Sorrento (Italien), September. Vortrag  
 AG-Tagung, Bremen, September. Vortrag  
 Drop Tower Days, Bremen, Oktober. Vortrag  
 DPS-Tagung, Pasadena (USA), Oktober. Poster
- J. Dorschner:  
 AMICO 2000 (AG-Frühjahrstagung), Nördlingen, Mai  
 AG-Tagung Bremen, September  
 Paneth-Kolloquium 2000, Nördlingen, Oktober. Vortrag
- Th. Henning:  
 Tagung „Disks, Planetesimals, and Planets“, Tenerifa/Spanien, Januar. Vortrag und Poster  
 Tagung „ISO Beyond the Peaks“, 2nd ISO Workshop on Analytical Spectroscopy, Villafranca/Spanien, Februar. Eingeladener Vortrag  
 Tagung „IAU Symposium 200“, Potsdam, April. Eingeladener Vortrag  
 Tagung „High-Mass Star Formation: An Origin in Clusters“, Volterra/Italien, Mai. Eingeladener Vortrag  
 Tagung „Laboratory Astrophysics“, Bern, Mai. Eingeladener Vortrag

Tagung „Star Formation 2000“, Schloß Ringberg, Juni. Vortrag  
 Tagung „Observation, Analysis and Theory of Astronomical and Laboratory Spectra“, Canterbury, September. Eingeladener Vortrag  
 Tagung „Modes of Star Formation“, Heidelberg, Oktober. Eingeladener Vortrag  
 Tagung „Herbig Ae/Be Stars“, Amsterdam, Oktober. Eingeladener Vortrag  
 Tagung „The Promise of FIRST“, Toledo, Dezember. Vortrag

R. Klein:

Calar Alto Kolloquium, Heidelberg, März. Vortrag  
 Joint Astronomy Seminar am JAC, Hilo, Hawaii, September. Vortrag  
 ISO-Splintermeeting, AG-Tagung, Bremen, September. Vortrag  
 Plasma 2000, Lexington, Kentucky, November. Poster

H. Mutschke:

Atomic and Molecular Data for Astrophysics: New Developments, Case Studies and Future Needs. Joint Discussion at the 24th meeting of the IAU. Manchester, August. Eingeladener Vortrag  
 11th European Conference on Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes, Nitrides and Silicon Carbide, Porto, September. Poster

I. Pascucci:

NEON School, Calar Alto, Juli  
 Summer School on Space and Groundbased Optical/Infrared Interferometry, Leiden, September

W. Pfau:

Calar-Alto-Kolloquium, Heidelberg, März  
 International Conf. on Hands-on Universe and Global Education. München, Juli. Eingeladener Vortrag  
 AG-Tagung, Bremen, September

H.-G. Reimann:

SPIE Conference 4008, Optical and IR Telescope Instrumentation and Detectors. München, März. Vortrag

H. Relke:

SPIE Conference 4009, Advanced Telescope and Instrumentation Control Software. München, März. Poster  
 DIVA-Treffen, Heidelberg, November

W. Schmitt:

FIRST-PACS Consortium Meeting 10, Instituto de Astrofísica de Canarias, La Laguna, Tenerife/Spain, April

R. Schielicke:

AG-Tagung, Bremen, September  
 Erhard-Weigel-Kolloquium, Jena, Dezember

G. Wurm:

Fifth International Conference on Light Scattering by Nonspherical Particles, Halifax, Canada, August. Vortrag

## 7.2 Vorträge und Gastaufenthalte

J. Blum:

Physikalisches Kolloquium, TU Braunschweig, Oktober

Th. Henning:

Vortrag im Physikalischen Kolloquium, Universität Göttingen, Februar  
 Vortrag im Physikalischen Kolloquium, TU Braunschweig, Mai  
 Vortrag im Physikalischen Kolloquium, ETH Zürich, Juni  
 Eröffnungsvortrag „Jahr der Physik“, Berlin, Januar

R. Klein:

Arbeitsaufenthalte am MPE (Garching) wegen FIFI-LS, April, Mai, Juni und August  
Datenreduktion von PdB-Beobachtungen von UCH II-Gebieten, IRAM (Grenoble),  
Juni

W. Pfau:

Interferometer für die Astronomie. Jenaer Carl-Zeiss-Optikkolloquium, Januar  
Fremde Planeten im All. Öffentlicher Vortrag, AG-Tagung Bremen, September

W. Schmitt:

Arbeitsaufenthalte am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik: 08.–12.05.,  
26.–30.06., 28.08.–01.09. und 15.–17.11.

G. Wurm:

Gastaufenthalt am Laboratory of Atmospheric and Space Physics (LASP), Boulder,  
Colorado, USA (im Rahmen des Emmy-Noether-Programms der DFG), ganzjährig

### 7.3 Beobachtungsaufenthalte, Meßkampagnen

J. Gürtler, K. Schreyer:

Mt. Graham/AZ, Messungen am Heinrich-Hertz-Teleskop, Januar

R. Klein:

Beobachtungen massereicher Sternentstehungsgebiete zur Komplettierung des (sub-)  
mm-Surveys heller IRAS-Quellen bei 850 und 450  $\mu\text{m}$ , JCMT mit SCUBA, September

H.-G. Reimann, H. Relke:

ESO La Silla 3.6-m-Teleskop. Erste Inbetriebnahme TIMMI 2-Kamera, Mai

H. Relke:

ESO La Silla 3.6-m-Teleskop. Anbau des Detektors für TIMMI 2, Juli/August  
ESO La Silla 3.6-m-Teleskop. Zweite Inbetriebnahme TIMMI 2-Kamera, erste Beob-  
achtungen am 06.–11.10. September/Oktober

## 8 Veröffentlichungen

### 8.1 Beiträge in referierten Zeitschriften

Ábrahám, P., Leinert, C., Burkert, A., Henning, Th., Lemke, D.: Far-infrared Photometry  
and Mapping of Herbig Ae/Be Stars. *Astron. Astrophys.* **354** (2000), 965–982

Blum, J.: Laboratory Experiments on Preplanetary Dust Aggregation. *Space Sci. Rev.* **92**  
(2000), 265–278

Blum, J., Wurm, G.: Experiments on Sticking, Restructuring and Fragmentation of Pre-  
planetary Dust Aggregates. *Icarus* **143** (2000), 138–146

Blum, J., Wurm, G., Kempf, S., Poppe, T., Klahr, H., Kozasa, T., Rott, M., Henning, Th.,  
Dorschner, J., Schräpler, R., Keller, H.U., Markiewicz, W.J., Mann, I., Gustafson,  
B.A.S., Giovane, F., Neuhaus, D., Fechtig, H., Grün, E., Feuerbacher, B., Kochan, H.,  
Ratke, L., El Goresy, A., Morfill, G., Weidenschilling, S.J., Schwehm, G., Metzler, K.,  
Ip, W.-H.: On Growth and Form of Planetary Seedlings. *Phys. Rev. Lett.* **85** (2000),  
2426–2429

Braatz, A., Ott, U., Henning, Th., Jäger, C., Jeschke, G.: Infrared, Ultraviolet, and Elec-  
tron Paramagnetic Resonance Measurements on Presolar Diamonds: Implications for  
Optical Features and Origin. *Meteoritics Planet. Sci.* **35** (2000), 75–84

Burkert, A., Stecklum, B., Henning, Th., Fischer, O.: Multi-Wavelength Imaging of the  
Peculiar Vela Molecular Ridge Nebula BBW 192E. *Astron. Astrophys.* **353** (2000),  
153–162

Fabian, D., Jäger, C., Henning, Th., Dorschner, J., Mutschke, H.: Steps toward Interstellar  
Silicate Mineralogy, V. Thermal Evolution of Amorphous Magnesium Silicates and  
Silica. *Astron. Astrophys.* **364** (2000), 282–292

- Henning, Th., Lapinov, A., Schreyer, K., Stecklum, B., Zinchenko, I.: IRAS 12326–6245: Luminous Very Young Stellar Objects with a Massive Molecular Outflow. *Astron. Astrophys.* **364** (2000), 613–624
- Henning, Th., Schreyer, K., Launhardt, R., Burkert, A.: Massive Young Stellar Objects with Molecular Outflows. *Astron. Astrophys.* **353** (2000), 211–226
- Käufl, H.-U., Ageorges, N., Dietzsch, E., Hron, J., Relke, H., Scholz, D., Silber, A., Sperl, M., Sterzik, M., Wagner, R., Weilenmann, U.: First Astronomical Light with TIMMI 2, ESO's 2nd Generation Thermal Infrared Multimode Instrument at the La Silla 3.6 m Telescope. *Messenger* **102** (2000), 4
- Poppe, T., Blum, J., Henning, Th.: Analogous Experiments on the Stickiness of Micron-sized Preplanetary Dust. *Astrophys. J.* **533** (2000), 454–471
- Poppe, T., Blum, J., Henning, Th.: Experiments on Collisional Grain Charging of Micron-sized Preplanetary Dust. *Astrophys. J.* **533** (2000), 472–480
- Voshchinnikov, N.V., Ilin, V.B., Henning, Th., Michel, B.: Extinction and Polarization of Radiation by Absorbing Spheroids: Shape/Size Effects and Benchmark Results. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* **65** (2000), 877–893
- Voshchinnikov, N.V., Semenov, D.A.: The Temperature of Nonspherical Circumstellar Dust Grains. *Astron. Lett.* **10** (2000), 679–690
- Wurm, G., Blum, J.: An Experimental Study on the Structure of Cosmic Dust Aggregates and their Alignment by Motion Relative to Gas. *Astrophys. J.* **529** (2000), L57–L60
- Wolf, S., Henning, Th.: Accelerated Self-consistent Radiative Transfer Based on the Monte Carlo Method. *Comput. Phys. Commun.* **132** (2000), 166–188

## 8.2 Eingeladene Übersichtsartikel

- Beckwith, S., Henning, Th., Nakagawa, Y.: Dust Properties and Assembly of Large Particles in Protoplanetary Disks. In: Boss, A., Mannings, V., Russell, S.S. (eds.): *Protostars and Planets IV*. Univ. Arizona Press, Tucson (2000), 533–558
- Henning, Th.: Infrared Spectroscopy of Cosmic Grains – Contributions from Laboratory Astrophysics. In: *ISO beyond the Peaks*. Proc. Conf. ESA SP-456 (2000), 329–333
- Henning, Th., Klein, R., Launhardt, R., Schreyer, K., Stecklum, B.: Search for Very Young Massive Stars. In: Lemke, D., Stickel, M., Wilke, K. (eds.): *ISO Surveys of a Dusty Universe*. Springer-Verlag, Berlin (2000), 339–346
- Henning, Th., Mutschke, H.: Optical Properties of Cosmic Dust Analogs. In: Sitko, M. L., Sprague, A. L., Lynch, D. K. (eds.): *Thermal Emission Spectroscopy and Analysis of Dust, Disks, and Regoliths*. Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. **196** (2000), 253–271
- Kempf, S., Pfalzner, S., Henning, Th.: N-Body Calculations of Cluster Growth in Protoplanetary Discs. In: Esser, R., Grassberger, P., Grotendorst, J., Lewerenz, M. (eds.): *Molecular Dynamics on Parallel Computers*. World Scientific, Singapore (2000), 253–263

## 8.3 Konferenzbeiträge

- Ábrahám, P., Leinert, Ch., Lemke, D., Burkert, A., Henning, Th.: ISOPHOT Observations of the Circumstellar Environment of Young Stars. In: Schielicke, R.E. (ed.): *Astron. Ges. Abstr. Ser.* **17** (2000), 16
- Blum, J.: From Dust to Planetesimals – Fast and Easy?, In: Schielicke, R.E. (ed.): *Astron. Ges. Abstr. Ser.* **17** (2000), 11
- Blum, J., Wurm, G., Kempf, S.: The Onset of Planetesimal Formation – Results from the Cosmic Dust Aggregation Experiment (CODAG). In: *Am. Astron. Soc., DPS meeting 32*, 53.03

- Clément, D., Mutschke, H., Henning, Th.: Infrared Matrix Isolation Spectroscopy of SiC Nanoparticles. Observation, Analysis and Theory of Astronomical and Laboratory Spectra. In: Meeting of CCP7 and Astrophysical Chemistry Group of The Royal Society of Chemistry. Abstract Book, 20
- Fabian, D., Jäger, C., Henning, Th.: Laboratory Study of the Thermal Evolution of Amorphous Magnesium Silicates and Silica. In: ISO beyond the peaks: The 2nd ISO workshop on analytical spectroscopy, held 2-4 February 2000, at VILSPA
- Henning, Th., Ilgner, M., Schräpler, R.: Grain Diffusion and Chemical Evolution in Protoplanetary Disks. In: Garzón, F., Eiroa, C., de Winter, D., Mahoney, T.J. (eds.): Disks, Planetesimals, and Planets. Proc. Conf. Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain, 24-28 January 2000. Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. **219** (2000), 56
- Keller, L. P., Bradley, J. P., Bouwman, J., Molster, F. J., Waters, L. B. F. M., Henning, Th., Flynn G.J., Mutschke, H.: Sulfides in Interplanetary Dust Particles: A Possible Match to the 23  $\mu\text{m}$  Feature Detected by the Infrared Space Observatory. In: 31st Annual Lunar and Planetary Science Conference. Houston, Texas. March 13-17, 2000, abstr. 1860
- Kempf, S., Blum, J., Wurm, G.: Formation of Non-symmetric Fractals During the First Stage of Dust Growth. Am. Astron. Soc., DPS meeting 32, 53.02
- Kempf, S., Blum, J., Wurm, G.: Formation of Non-symmetric Fractals During the First Stage of Pre-planetesimal Dust growth. In: Schielicke, R.E. (ed.): Astron. Ges. Abstr. Ser. **17** (2000), 11
- Klein, R., Henning, Th., Launhardt, R., Feldt, M.: An Intermediate-mass Class 0 Object – ISO Observations of CB3. In: Schielicke, R.E. (ed.): Astron. Ges. Abstr. Ser. **17** (2000), 18
- Launhardt, R., Sargent, A. I., Henning, Th., Zylka, R., Zinnecker, H.: Binary and Multiple Star formation in Bok globules, Birth and Evolution of Binary Stars. In: Reipurth, B., Zinnecker, H. (eds.): The Formation of Binary Stars. Poster Proc. IAU Symp. No. 200, (2000), 103
- Linz, H., Stecklum, B., Henning, Th., Norris, R., Nyman, L.-A.: Radio Observations of Massive Star forming Regions. In: Abstracts from a conference held in Granada, 17-20 of September 2000 and hosted by the Instituto de Radioastronomía Millimétrica (URAM), Universidad de Granada and Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA)
- Looney, Leslie W., Geis, N., Genzel, R., Park, W.K., Poglitsch, A., Raab, W., Rosenthal, D., Urban, A., Henning, Th.: Realizing 3D Spectral Imaging in the Far-infrared. In: Melugin, R.K., Roeser H.-P. (eds.): Airborne Telescope Systems. FIFI LS, Proc. SPIE 4014, 14-22
- Lopez, B., Leinert, Ch., Graser, U., Waters, L.B.F.M., Perrin, G., Herbst, T.M., Rottgering, H., Rouan, D., Stecklum, B., Mundt, R., Zinnecker, GH., de Laverny, P., Feldt, M., Meisner, J., Dutrey, A., Henning, T., Vakili, F.: The Astrophysical Potential of the MIDI VLTI Instrument. In: Lena, P.J., Quirrenbach, A. (eds.): Interferometry in Optical Astronomy. Proc. SPIE 4006, 54
- Menshchikov, A.B., Henning, Th.: Multidimensional Radiative Transfer Modeling: Indispensable Tool for Interpretation of Interferometry Observations. In: Darwin and Astronomy - The Infrared Space Interferometer. Proc. ESA Conf. SP-451 (2000), 125-130
- Mutschke, H., Clément, D., Henning, Th.: Infrared Matrix Isolation Spectroscopy of SiC Nanoparticles from Laser-induced Gas Pyrolysis. In: Diamond, Diamond-Like Materials, Carbon Nanotubes, Nitrides, and Silicon Carbide. 11th Europ. Conf. Porto, Portugal. Sept. 2000, abstr. 5.6.19
- Mutschke, H., Henning, Th., Clément, D., Andersen, A. C.: Effects of Grain Morphology and Impurities on the Infrared Spectra of Silicon Carbide Particles. In: Sitko, M.L., Sprague, A.L., Lynch, D.K. (eds.): Thermal Emission Spectroscopy and Analysis of Dust, Disks and Regoliths. Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. (2000), 273-280

- Pfalzner, S., Henning, Th., Kley, W.: Star-disc and disc-disc encounters, Birth and Evolution of Binary Stars. In: Reipurth, B., Zinnecker, H. (eds.): *The Formation of Binary Stars*. Poster Proc. IAU Symp. No. 200 (2000), 193
- Pfalzner, S., Gibbon, P.: Hierarchical Treecodes: Periodic Systems Example. In: Esser, R., Grassberger, P., Grotendorst, J., Lewerenz, M. (eds.): *Molecular Dynamics on Parallel Computers*. World Scientific. Singapore (2000), 365–366
- Pfalzner, S., Speith, R.: Hierarchical Treecodes: Smoothed Particle Hydrodynamics Example. In: Esser, R., Grassberger, P., Grotendorst, J., Lewerenz, M. (eds.): *Molecular Dynamics on Parallel Computers*. World Scientific. Singapore (2000), 367–368
- Pfau, W.: The Astronomische Gesellschaft: Pieces from its History. In: Heck, A. (ed.): *Organizations and Strategies in Astronomy*. Kluwer (2000)
- Reimann, H.-G., Linz, H., Wagner, R., Relke, H., Kaeuffl, H.U., Dietzsch, E., Sperl, M., Hron, J.: TIMMI2: a new multimode mid-infrared instrument for the ESO 3.6-m telescope. Proc. SPIE 4008, 1132R
- Relke, H., Sperl, M., Hron, J., Käuffl, H.U., Linz, H., Reimann, H.-G., Wagner, R.: Advanced Instrument Control and Data Reduction Software for TIMMI2: The new Mid-infrared Camera for the ESO 3.6-m Telescope. In: Hilton L. (eds.): *Advanced Telescope and Instrumentation Control Software*. Proc. SPIE 4009, 440–448
- Wolf, S., Henning, Th., Kley, W.: Modeling of Infrared/Millimeter Images of Circumstellar Disks with an Embedded Planet. In: Garzón, F., Eiroa, C., de Winter, D., Mahoney, T.J. (eds.): *Disks, Planetesimals, and Planets*. Proc. Conf. Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain, 24–28 January 2000. Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. **219** (2000), 38
- Wurm, G., Heim, L.-O., Göhzold, T.: Light Scattering Experiments on CCA Dust Aggregates and Applications to Astrophysics. In: *Light Scattering by Nonspherical Particles*. Halifax Contrib. (2000), 226–229

#### 8.4 Populärwissenschaftliche und sonstige Veröffentlichungen

- Feldt, M., Henning, Th., Stecklum, B.: Massereiche Sterne – Entstehung und Frühphase. *Sterne Weltraum* **11** (2000), 950–955
- Henning, Th.: Solids in Space. *The Chemistry of Interstellar Dust*. *Sci. Spectra* **23** (2000), 56–63
- Poppe, T.: ICAPS: Partikelforschung auf der Internationalen Raumstation. *Luft- und Raumfahrt*. Heft 1/2000
- Schielicke, R.: Über 200 Jahre altes Telskop restauriert. *Sterne Weltraum* **39** (2000), 492–493

#### 8.5 Patent

- Poppe, T., Wurm, G., Blum, J. (Erfinder): Vorrichtung zur optischen Partikel- und Partikelströmungsanalyse. Patent Nr. DE 199 32 870.6 (1999) und PCT/EP00/06320 (2000)

### 9 Sonstiges

Im Frühjahr 2000 wurde das zum Inventar des Instituts gehörende Newton-Teleskop in der Herschelschen Aufstellung aus dem Jahre 1793 von dem Bürgeler Kunsthandwerker Rösch restauriert. Mit diesem Fernrohr hatte Goethe im Sommer 1800 von seinem Weimarer Gartenhaus aus beobachtet. Das Instrument war für den Rest des Jahres 2000 in Lilienthal, seinem Entstehungsort, ausgestellt. Während einer Exkursion konnte es von den Teilnehmern der Jahrestagung der AG in Bremen besichtigt werden.

Thomas Henning