

# 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: [obs@astro.uni-jena.de](mailto:obs@astro.uni-jena.de); WWW: <http://www.astro.uni-jena.de>

### 0 Allgemeines

Die selbständige Arbeitsgruppe Meteorologie wurde mit Wirkung vom 31. Oktober 1999 aus dem Institut ausgegliedert. Grund war die Verabschiedung des bisherigen Leiters, Herrn Prof. Dr. G. Kluge, in den Ruhestand. Die regelmäßige Erfassung von Daten für den Deutschen Wetterdienst, die Fortführung der seit 1816 kontinuierlich betriebenen Wetteraufzeichnungen und die Beratertätigkeit für die Region obliegen seitdem der Chemisch-Geowissenschaftlichen Fakultät, Institut für Geographie.

### 1 Personal und Ausstattung

#### 1.1 Personalstand

##### *Direktoren und Professoren:*

Prof. Dr. W. Pfau [-00], Prof. Dr. Th. Henning [-30].

##### *Wissenschaftliche Mitarbeiter:*

Dr. J. Blum (DLR, bis 31.07.99), Dr. J. Dorschner [-37], Dr. C. Friedemann (freier Mitarbeiter) [-25], Dr. J. Gürtler [-16], Dr. C. Jäger (DFG) [-35], Dr. R. Klein (BMBF) [-13], Dr. H. Mutschke (MPG) [-33], Dr. T. Poppe (DLR) [-44], Dr. H. Relke (BMBF) [-27], Dr. H.-G. Reimann [-15], Dr.-Ing. R. Schielicke [-26], Dr. K. Schreyer [-18], Dr. A. Steinacker (DFG, bis 15.03.99), Dr. J. Steinacker [-45], Dr. G. Wurm (DLR, bis 31.12.).

##### *Doktoranden:*

Dipl.-Chem. D. Clément (DFG), G. D'Angelo (DFG), Dipl.-Phys. D. Fabian (DFG), Dipl.-Phys. M. Ilgner (DFG), Dipl.-Phys. L.-O. Heim (DFG), Dipl.-Phys. R. Schröpfer (DLR, später DFG, bis 31.12.99), A. Tadross (DAAD, bis 31.12.99).

##### *Diplomanden:*

J. Drosihn (bis 30.03.99), T. Göhzold, F. Hanel (bis 30.03.99), H. Linz (bis 30.11.99).

##### *Sekretariat und Verwaltung:*

A. Holthaus (bis 30.06.99), B. Berger [-31] (ab 01.12.99), M. Müller [-01].

*Technisches Personal:*

G. Born, Dipl.-Phys. W. Teuschel, Dipl.-Phys. U. Weinert (BMBF, bis 30.09.99), Dipl.-Phys. R. Wagner (BMBF, ab 25.11.99), Dipl.-Inform. J. Weiprecht.

O. Fischer [-14] arbeitet weiterhin in der Arbeitsgruppe „Didaktik des Physik- und Astronomie-Unterrichts“ der Fakultät an seiner Habilitationsschrift zur Thematik der astronomischen Bildung in der Schule. Er engagiert sich aber daneben bei Lehr- und Forschungsaufgaben des Instituts.

## 1.2 Instrumente

*TIMMI 2*

Mit Ablauf des Berichtsjahres konnten die Arbeiten an diesem zum Einsatz am 3.6-m-Teleskop der ESO vorgesehenen Kamerasystem für das thermische Infrarot so weit vorangetrieben werden, daß die mechanischen Teile einschließlich des Strahlungsschildes fertiggestellt und in den Kryostaten eingebaut werden konnten. Ferner erfolgten die Integration des Kaltkopfes einschließlich der Kälteankopplung und der Verkabelung der Motor- und Sensorelektronik. Das  $320 \times 240$  Si:As IR-Array der Firma Raytheon wurde – nach langer Verzögerung – im Herbst geliefert, dagegen steht die Ausleseelektronik der Firma Wallace Electronics, Madison/WI, immer noch aus. Bei der Optik wurden alle Linsensysteme zusammengesetzt und mit Schwarzkörper und pyroelektrischen Detektoren auf der optischen Bank getestet; die vorhandenen Filter wurden unter Normalbedingungen und bei 40 K vermessen. Die qualitätsgerechte Lieferung der  $20\text{-}\mu\text{m}$ -Filter ist noch nicht erfolgt.

Zum Jahresende konnte TIMMI 2 erstmals fast komplett zusammengebaut werden und zeigte sich weitgehend funktionstüchtig: bei den Positions- und Temperatursensoren wurde die geforderte Genauigkeit erreicht, der erzielte Druck von  $8 \times 10^{-7}$  hielt sich bei nur sehr geringer Leckrate konstant, die verbleibenden Schwingungen des Kaltkopfes waren minimal. Die kalten Strukturen einschließlich der bewegten Teile kühlten gleichmäßig ab und blieben auch im kalten Zustand betriebstüchtig.

Verstärkt wurde die Entwicklung der Software für den Betrieb von TIMMI 2 vorangetrieben. Das betraf sowohl das User-Interface als auch die Online-Datenreduktion unter MIDAS. H. Linz schrieb die Programmrountinen für die Bearbeitung der Polarisationsdaten. Zur Datenübernahme sowie zur Steuerung der Motorik und Sensorik wurden funktionstüchtige Programmodule mit der IEEE-Software erstellt und getestet. Die Programmodule wurden in C bersetzt und in das User-Interface (TNT = Timmi Navigator Terminal) integriert. Die Funktionssteuerung des gesamten Gerätes erfolgt einheitlich über einen IEEE 488-BUS und kann über das lokale Netzwerk angesprochen werden.

Im Sommer wurde am 3.6-m-Teleskop ein Softwaretest durchgeführt, um diejenigen Programmteile des TNT zu testen, welche die Steuerung des Teleskops und des Teleskop-Adapters von TIMMI 2 ansprechen. Es zeigte sich, daß die Kommunikation mit dem Teleskop über Kommando- und Statusfiles die erforderliche Funktionalität gewährleistet.

Der Bau von TIMMI 2 wird durch die Verbundforschung Astronomie/Astrophysik (BMBF) gefördert. (Projektleiter W. Pfau, verantwortlicher Bearbeiter H.-G. Reimann, Mitarbeiter H. Relke, R. Wagner, U. Weinert). Eine enge Zusammenarbeit bestand naturgemäß mit den Mitarbeitern der ESO in Garching, sowie mit J. Hron und M. Sperl (Wien), die die Software für die Bildverarbeitung erstellen. Von der ESO konnten verschiedene konstruktive und technische Lösungen übernommen werden.

*Die Raumfahrtexperimente CODAG-GAS und CODAG-SRE*

Die Daten des Space-Shuttle-Experiments CODAG-GAS (Cosmic Dust Aggregation – Get Away Special) wurden 1999 detaillierter analysiert. Entgegen allen vorangegangenen Tests (Labor-, Fallturm-, Parabelflugexperimente) waren die sich in der Experimentkammer ausbildenden Staubwolken nicht homogen. Außerdem drifteten die Partikel gleichförmig durch die Kammer, so daß nach ca. 2 Minuten in keinem der Einzelexperimente noch Staub auf den Mikroskopaufnahmen beobachtbar war. Die inhomogenen Bereiche der Staubwolken

wiesen jedoch teilweise wesentlich höhere Partikeldichten auf als erwartet. Die beobachteten Staubaggregate zeigten sehr offene Strukturen, die auf ein sehr schnelles Wachstum in diesen 2 Minuten schließen ließen.

Diese Befunde rückten neue Fragestellungen in den Mittelpunkt der Auswertung: 1. nach den Ursachen der Inhomogenität der Staubwolken, 2. nach der Ursache der Partikeldrift und 3. nach dem Zeitpunkt und dem Mechanismus des Wachstums der Aggregate (wenn sie im Sinne der Strategie des Experiments auswertbar sein sollen, müssen sie innerhalb der Staubwolke und nicht bereits durch inhomogenen Einschuss entstanden sein). Für die Beantwortung dieser Fragen war vor allem der im Mai durchgeführte Flug von CODAG-SRE (Sounding Rocket Experiment) hilfreich. Hier traten unter variierten Experimentierbedingungen vergleichbare Effekte auf. Nach der Diskussion vieler denkbarer Möglichkeiten zur Erzeugung der Inhomogenität blieben als plausible Hauptursache die Vibrationen des Raketenstarts übrig. In einer Testserie von Einschußversuchen wurden die Dispergiermechanismen am Schütteltisch des ZARM Bremen den simulierten Vibrationsspektren von Raketenstarts ausgesetzt. Tatsächlich zeigten sich auch hier nur inhomogene Staubwolken. Gleichzeitig konnte die Anfangsverteilung des Staubes in den inhomogenen Bereichen beobachtet werden. Die Partikel waren allerdings nach Sekunden auch in den dichten Gebieten im Mittel wesentlich kleiner als die im Shuttle-Experiment nach 2 Minuten beobachteten Aggregate, so daß aufgrund der hohen Partikeldichten in manchen der Shuttle-Experimente trotz der geringen Beobachtungszeit sinnvolle Aussagen über den Wachstumsprozess getroffen werden können. Diese neuen Gesichtspunkte bestimmen die weiterführende Analyse. Die Partikeldrift scheint durch Aufladung der Kammerfenster und Nettoaufladung der Partikel erklärbar zu sein. Entsprechende Berechnungen (R. Schröpfer) sind mit den Beobachtungen gut verträglich (G. Wurm, J. Blum, T. Poppe, R. Schröpfer).

Am 14. Mai 1999 fand der Suborbitalflug des Mikrogravitationsexperiments CODAG-SRE auf der Höhenforschungsrakete MASER-8 in Kiruna in Nordschweden statt. Das Experiment diente wie CODAG-GAS der Untersuchung der vorplanetaren Staubaggregation in einem verdünnten Gas während der sechsminütigen Schwerelosigkeitsphase. Der Versuchsaufbau wurde unter französischer Mitwirkung entwickelt, von Fokker Space in Leiden gebaut und durch die ESA gefördert. Die Auswertung der Ergebnisse zeigte die schon erwähnten Probleme der Inhomogenität der Staubwolke und der Partikeldrift. Daneben wurden durch die im Vergleich zum GAS-Experiment veränderten Bildaufnahmemodi einzelne Aggregate auf bis zu 80 Bildern beobachtet. Hieraus sind weiterführende Erkenntnisse über die Brownsche Bewegung, vor allem die Brownsche Rotation von Staubclustern, zu erwarten, ein Gebiet, das bislang fast nur theoretisch bearbeitet wurde (G. Wurm, J. Blum, T. Poppe).

#### *SOFIA-Field-Imaging Far-Infrared Line Spectrometer (FIFI-LS)*

Hierzu besteht Zusammenarbeit mit der Gruppe um A. Poglitsch (Garching). Th. Henning wirkt als Co-I, R. Klein ist zuständig für die Entwicklung der Software zur Datenauswertung und der Benutzeroberfläche. Das Instrument wird am MPE Garching gebaut.

Thomas Henning ist Co-I des PACS-Instruments für die ESA-Cornerstone-Mission FIRST. In dieser Funktion nahm er an einer Reihe von Treffen des PACS-Konsortiums teil und bereitete den entsprechenden DLR-Antrag vor.

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

Im Rahmen des 1997 durch die ESA eingerichteten Topical Teams zum Thema „Staubdispergierung und -aggregation“ (Jenaer Mitglieder: Th. Henning, J. Blum und T. Poppe), dessen Ziel es war, künftige Weltraumexperimente zu diesen Themen vorzuschlagen, wurde 1999 der Projektvorschlag ICAPS (‘Interactions in Cosmic and Atmospheric Particle Systems’) fertiggestellt und bei der ESA eingereicht. Er sieht ein siebenjähriges Programm von Mikrogravitationsexperimenten und einen entsprechenden Versuchsaufbau auf der Internationalen Raumstation vor. Darunter befinden sich auch Experimente zum Studium des Aggregationsverhaltens vorplanetaren Staubes sowie der optischen und mechanischen

Eigenschaften von Regolith. Das Projekt ICAPS erhielt von den Gutachtern der ESA die Bestnote „outstanding“ und wurde offiziell in den Finanzplan der ESA aufgenommen. Die Bemühungen von J. Blum und T. Poppe führten im November zu der Ankündigung des DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt), ein zweijähriges Programm am AIU Jena zur Vorbereitung der ICAPS-Experimente zu fördern.

Für den von Th. Henning, J. Blum, T. Poppe und G. Wurm 1998 an das DLR eingereichten Vorschlag zur technischen Realisierung eines kontaktfreien mikroskopisch abbildenden On-line-Partikelanalysators wurden im Juni 1999 (rückwirkend zum April 1999) Mittel bewilligt. Im Rahmen dieses Projektvorschlages soll der Detektor PATRICIA (**P**Article **T**Racking by microscopical **I**maging and **C**orrelation for **I**n-situ **A**nalysis) gebaut werden. Er kombiniert zwei in Jena entwickelte Meßverfahren, d.h. er bildet Mikropartikel kontaktfrei ab und mißt gleichzeitig ihre Geschwindigkeit. Das Prinzip wurde zum Patent angemeldet. Das Gerät könnte in einer Vielzahl von Gebieten (Autoindustrie, Umweltkontrolle, Strömungsforschung u. a. m.) zum Einsatz kommen (T. Poppe, G. Wurm).

Die 1998 vorgeschlagene Studie (einschließlich Versuchsaufbau) für Experimente zur Simulation des Einflusses von aufprallenden Kometenstaubteilchen auf empfindliche Komponenten der Sonde Rosetta (ESA-Cornerstone-Mission) während des Rendezvous mit dem Kometen Wirtanen hat zwar kein zur Finanzierung führendes Interesse seitens der ESA gefunden, stellte sich aber 1999 als sehr wichtiges Thema heraus. An der Sternwarte von Capodimonte (Neapel) werden Experimente mit Mikrowaagen durchgeführt (E. Palomba), die als Staubdetektoren für Rosetta vorgesehen sind. Mit einem bereits bestehenden Versuchsaufbau eingeschränkter Leistungsfähigkeit wurden im Juni und September 1999 in Jena Kollisionsexperimente mit den Mikrowaagen durchgeführt (T. Poppe, E. Palomba).

#### *Mitwirkung am 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 Astronomie/Astrophysik (BMBF) geförderten Phase-A-Studie erfolgten erste Überlegungen zum Bau eines Weitfeld-Kamerasystems für interferometrische Messung (Abbildung, Polarimetrie, GRISM-Spektrometrie) im Wellenlängenbereich des thermischen Infrarot (W. Pfau, Th. Henning und B. Stecklum, Tautenburg).

### 1.3 Gebäude und Bibliothek

Der letzte Zugang zu dem unterirdischen Arbeitsbereich des im Jahre 1900 von Ernst Abbe konzipierten Zenitteleskops ist im Berichtsjahr fest vermauert worden, so daß die 8,64 m unter dem Kellerniveau liegenden Räume somit endgültig unzugänglich geworden sind.

Die Arbeitsfähigkeit im Infrarotlabors in der Außenstation Großschwabhausen steigerte sich durch Aufbau eines Laborkrans und durch die Installation von Stickstoffleitungen.

Der Bestand der Bibliothek konnte um 72 Bände, z. T. aus Drittmitteln, erweitert werden.

Die Website des Instituts wurde durch J. Steinacker unter Mitwirkung von R. Klein betreut.

## 2 Gäste

Für jeweils mindestens eine Woche hielten sich am Institut auf:

V. Farafonov (April 99), N. Voshchinnikov (Januar, Mai, November 99), N. Krivova (Januar 99), D. Semenov (Juli 99), M. Prokopeva (Juli 99).

### 3 Lehrtätigkeit und Gremientätigkeit

#### 3.1 Lehrtätigkeiten

- J. Dorschner und J. Gürtler: Das Sonnensystem, WS 1998/99, WS 1999/00 (mit Übungen),  
 Th. Henning: Akkretion in der Astrophysik, WS 1998/99,  
 Physik der Sternentstehung, SS 1999,  
 Innerer Aufbau und Entwicklung der Sterne, WS 1999/00,  
 Seminar zur Theoretischen Astrophysik, WS 1998/99, SS 1999, WS 1999/00,  
 Th. Henning mit H. Mutschke: Seminar Laborastrophysik, WS 1998/99, SS 1999, WS 1999/00,  
 W. Pfau: Grundkurs Astrophysik I, WS 1998/99, WS 1999/00 (J. Steinacker: dazu Übungen),  
 Grundkurs Astrophysik II, SS 1999,  
 Sterne in besonderen Entwicklungsphasen, WS 1998/99,  
 Einführung in die Astronomie, SS 1999 (J. Gürtler: dazu Übungen),  
 Seminar zur beobachtenden Astrophysik, WS 1998/99, SS 1999, WS 1999/00,  
 W. Pfau mit Th. Henning: Astronomische Computeraufgaben, WS 1998/99, SS 1999, WS 1999/00,  
 W. Pfau mit J. Solf, Tautenburg: Spezialseminar zum Grundkurs Astrophysik I und II, SS 1999,  
 H.-G. Reimann (als Leiter): Astronomisches Praktikum WS 1998/99, SS 1999, WS 1999/00,  
 J. Dorschner, J. Gürtler, K. Schreyer und J. Steinacker: Mitarbeit im Physikalisches Praktikum im Rahmen der Physikausbildung an der Fakultät.  
 Im Rahmen der Weiterbildung von Lehrern wurde das auf vier Semester konzipierte Teilzeitstudium zum Erwerb der Lehrbefähigung (Erweiterungsprüfung) in einem weiteren Fach laut Thüringer Verordnung für das Lehramt an Gymnasien fortgeführt (WS 1998/99, SS 1999, WS 1999/00, Beteiligung mehrerer Institutsmitglieder).  
 Im Rahmen der astronomischen Öffentlichkeitsarbeit, Lehrerfortbildung u. a. wurden durch J. Dorschner, Th. Henning und W. Pfau eine Reihe von Veranstaltungen bestritten.

#### 3.2 Gremientätigkeit

- J. Blum: ESA Topical Team „Pre-Planetary Dust Aggregation and Related Subjects“  
 J. Dorschner: IAU-Kommissionen 34 und 51  
 WG „Interstellar Dust in the Solar System“ am International Space Science Institute (ISSI) in Bern  
 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“ (DARA/DLR)  
 Gutachter SFB 439 „Galaxien im jungen Universum“ (DFG)  
 Sprecher des DFG-Schwerpunktprogramms „Physik der Sternentstehung“  
 Mitglied des ESFON-Netzwerkes  
 ESA Topical Team „Pre-Planetary Dust Aggregation and Related Subjects“  
 ESO-VLT Instrument Science Team für VISIR  
 Mitglied ESO STC  
 Chairman ESO STC-subcommittee for the VLTI  
 Co-Chair Working Group „Laboratory Astrophysics“ am International Space Science Institute (ISSI) in Bern  
 Mitglied Berufungskommission MPI für extraterrestrische Physik (Garching)

- W. Pfau: Vorsitzender der Astronomischen Gesellschaft (bis Oktober 1999)  
 IAU, Kommission 25  
 Fachgutachter der Deutschen Forschungsgemeinschaft  
 Gutachter SFB 494 „Die Entwicklung der interstellaren Materie – Terahertz-Spektroskopie im Weltall und Labor“ (DFG)  
 Mitglied im Programmkomitee des DSAZ, Calar-Alto-Observatorium  
 Mitherausgeber der Zeitschrift „Sterne und Weltraum“  
 Jurysprecher des Fachgebiets „Geo- und Raumwissenschaften“ beim Bundeswettbewerb „Jugend forscht“
- T. Poppe: ESA Topical Team „Pre-Planetary Dust Aggregation and Related Subjects“
- H.-G. Reimann: Jurorentätigkeit beim Landeswettbewerb des Freistaates Thüringen „Jugend forscht“
- R. Schielicke: Schriftführer der Astronomischen Gesellschaft

## 4 Wissenschaftliche Arbeiten

### 4.1 Theoriegruppe

#### *Wechselwirkung von protoplanetaren Akkretionsscheiben*

Beobachtungen zeigen, daß die Mehrzahl der Sterne als Doppelsterne, in Mehrfachsystemen oder in dichten Sternhaufen entstehen. Es ist daher wahrscheinlich, daß diese Systeme in der Frühphase ihrer Entwicklung durch Stöße modifiziert wurden. Dies betrifft insbesondere auch die Struktur zirkumstellarer Gas-Staub-Scheiben um Sterne niedriger Masse, aus denen Planetensysteme entstehen sollten.

In den letzten Jahren werden zunehmend „Smoothed Particle Hydrodynamics“-Methoden zur Simulation der hydrodynamischen Entwicklung von Akkretionsscheiben verwendet. Allerdings wurden immer wieder Zweifel laut, inwieweit die damit erzielten Ergebnisse verlässlich sind. In Zusammenarbeit mit R. Speith (Tübingen) wurde gezeigt, daß die Ergebnisse von SPH-Simulationen relativ unempfindlich gegenüber der Änderung numerischer Details der hydrodynamischen Beschreibung sind, aber die Art der Behandlung der Gravitation (Glättung des Potentials etc.) von entscheidender Bedeutung ist.

In Zusammenarbeit mit W. Kley (jetzt Heidelberg) wurden Vergleichssimulationen zwischen den im Institut entwickelten SPH-Methoden und gitterbasierten Methoden durchgeführt, wobei als Testbeispiel der Stoß zwischen einem vorbeifliegenden Stern und einem von einer Scheibe umgebenen Stern simuliert wurde. Die sehr gute Übereinstimmung der Resultate beider Rechnungen bestätigte die Verlässlichkeit der erzielten Simulationsergebnisse.

Es konnte darüberhinaus die Ursache für die in solchen Stößen typischerweise auftretenden zweiarmigen Spiralstrukturen gefunden werden. Der erste Spiralarm wird durch die von dem vorbeifliegenden Stern erzeugte Stoßwelle erzeugt, wohingegen der zweite Spiralarm durch die Bewegung des Sterns im Zentrum der Akkretionsscheibe hervorgerufen wird.

Simulationen auf der Basis der SPH-Methoden haben gegenüber gitterbasierten Methoden den Vorteil, daß sie ohne Probleme auf komplexe, zeitlich veränderliche Konfigurationen angepaßt werden können. Daher sind sie im Zusammenhang mit Akkretionsscheiben in idealer Weise geeignet, das bisher wegen seiner Komplexität nur wenig untersuchte Problem der Stöße zwischen zwei Akkretionsscheiben zu behandeln. Erste Simulationen hierzu wurden bereits durchgeführt und die Erzeugung eines Doppelsternsystems durch den Stoß zweier von Akkretionsscheiben umgebener Sterne simuliert (S. Pfalzner mit R. Speith, Tübingen, und W. Kley, Heidelberg).

*Strahlungstransport in staubigen Medien*

Zur Interpretation von Infrarot- und Submillimeterbeobachtungen ist eine adäquate Betrachtung des Kontinuumsstrahlungstransports in staubigen Medien (Starburstgalaxien, Staubtori in AGN, Staubhüllen um AGB-Sterne, protostellare und protoplanetare Scheiben) notwendig.

Das von uns entwickelte Monte-Carlo-Strahlungstransportprogramm zur Behandlung des Kontinuumsstrahlungstransports (incl. Polarisation) in dreidimensionalen Staubkonfigurationen wurde wesentlich optimiert, so daß es jetzt auch die Modellierung optisch dicker Objekte (optische Tiefe  $\leq 10^3$ ) erlaubt. Weiterhin wurde die Simulationssoftware in zweierlei Hinsicht erweitert: Zum einen ist die direkte Einbindung von Staubdichte- und Temperaturverteilungen aus externen Programmen (z. B. Hydrodynamik-Codes) möglich. In diesem Zusammenhang wurde der Strahlungstransport untersucht unter anderem in der Staubhülle um einen Protostern (basierend auf Hydrodynamiksimulationen von H. W. Yorke, Pasadena), einem Proto-Doppelsternsystem (basierend auf Modellrechnungen von A. P. Boss, Washington), in der zirkumstellaren Scheibe des jungen Doppelsternsystems GG Tau und einer zirkumstellaren Scheibe, in welcher ein Protoplanet eingebettet ist (basierend auf Modellrechnungen von W. Kley, Heidelberg). Zum anderen wurde in Zusammenarbeit mit N. V. Voshchinnikov (St. Petersburg) die Behandlung der Streuung und Absorption durch sphäroidische Teilchen in den Code integriert. Somit wurde erstmals die Möglichkeit geschaffen, den Strahlungstransport unter Berücksichtigung des Polarisationszustandes der Strahlung in beliebig komplexen Staubkonfigurationen mit ausgerichteten sphäroidischen Partikeln zu untersuchen.

Zur Erweiterung des gitterbasierten 3D-Strahlungstransportprogramms STEINRAY auf Anwendungen mit hohen optischen Tiefen wurde eine Approximation implementiert, die es gestattet, in optisch dicken Gebieten im Rechenbereich die Quellfunktion der Integrodifferentialgleichung zur Beschreibung des Strahlungstransports linear zu interpolieren. Diese Näherung kann bereits bei der Generierung des Gitters frequenzabhängig eingebaut werden und verkürzt die Laufzeit des Programms je nach Anwendung bis zu einem Faktor 10 und reduziert den Speicherbedarf erheblich. Erste Vergleichsrechnungen mit dem Monte-Carlo-Strahlungstransportprogramm und anderen 1D-Programmen für einfache 1D-Modelle von Sternen mit Staubhüllen weisen eine sehr gute Übereinstimmung auf. Als weiteres Projekt sind Rechnungen zu Definition von Benchmark-Modellen angelaufen, die den für komplexe Programme unerläßlichen Vergleich der verwendeten Algorithmen und Fehlerschätzer liefern und vergleichende Aussagen über Rechenzeit und Speicheraufwand zulassen sollen (Th. Henning, J. Steinacker mit S. Wolf, Tautenburg).

*Chemische Entwicklung in protoplanetaren Akkretionsscheiben*

Mit Hilfe unserer Codes, in welchen das Atmosphärenmodell einer Akkretionsscheibe mit einem chemischen Netzwerk gekoppelt ist, haben wir 1D-Simulationen der vertikalen Scheibenstruktur durchgeführt. Es wurde damit begonnen, systematisch den Einfluß diffusiver Strömungen auf die chemische Entwicklung in protoplanetaren Scheiben zu untersuchen. Im Vergleich zu statischen 1D-Simulationen konnte gezeigt werden, daß die Berücksichtigung von Ausgleichsprozessen zu einer starken Veränderung in den Moleküllhäufigkeiten führt. In Anbetracht der Empfindlichkeit des Netzwerkes gegenüber den diffusionsbedingten Konzentrationsänderungen ist es nicht möglich, eine generelle Aussage über die Richtung des Diffusionsstromes zu treffen.

Die Codeentwicklung ist noch nicht abgeschlossen, da angesichts der Dimension des benutzten Netzwerkes (von 4000 chemischen Reaktionen und 300 Molekülen) bisher Langzeitsimulationen über Zeiträume von  $10^5$  Jahren nicht möglich waren. Es wurden neue Programmpakete entwickelt und getestet, um die Effizienz des Codes zu steigern. Darüber hinaus werden *timestepping* Techniken genutzt, um den numerischen Fehler abschätzen zu können.

Das chemische Netzwerk soll außerdem derart modifiziert werden, daß es ständig den lokalen physikalischen Bedingungen angepaßt wird (Th. Henning, M. Ilgner mit A. Markwick und T. Millar, Manchester).

#### *Optische Streutheorie für axialsymmetrische Teilchen*

Innerhalb eines gemeinsamen VW-Projekts mit dem Astronomischen Institut der Universität St. Petersburg wurde ein neues Lösungsverfahren zur Berechnung der Lichtstreuung an axialsymmetrischen Teilchen entwickelt. Gleichzeitig wurden mit verschiedenen Verfahren Benchmark-Rechnungen durchgeführt, um die Form- und Größeneffekte auf Extinktion und Polarisierung durch absorbierende Sphäroide beurteilen zu können. Erste Anwendungen auf astronomische Problemstellungen fanden diese Verfahren bei der Berechnung der Temperatur interstellarer nichtkugelförmiger Staubteilchen und der Streueigenschaften innerhalb des Monte-Carlo-Codes (Th. Henning mit N. Voshchinnikov, V. Ilin, V. Farafonov, St. Petersburg).

## 4.2 Beobachtergruppe

### *Junge stellare Objekte und Sternentstehungsgebiete*

Die Untersuchung der Sternentstehungsregion M17-Nord ist im Berichtsjahr mit Hilfe von Moleküllinien- und Millimeterkontinuumsdaten sowie Messungen im NIR und mit ISO-CAM wesentlich fortgeschritten. Es konnte gezeigt werden, daß der Wolkenkern in M17-Nord in ein ausgedehntes H II-Gebiet eingebettet ist. Die Emission von M17-Nord geht hauptsächlich auf Sterne in der Umgebung zurück, die auch für das ionisierte Gas verantwortlich sind. Nur ca. 3% der gesamten Leuchtkraft sind durch Quellen im Wolkenkern selbst bedingt (R. Klein, Th. Henning mit D. Cesarsky, Paris).

Ein weiterer Schwerpunkt war die Analyse der ISO-Beobachtungen der Bok-Globule LBN 594. Es konnte mit diesem Beobachtungsmaterial zusammen mit bereits aus der Literatur bekannten Radiodaten gezeigt werden, daß sich in LBN 594 ein Protostern mit einer Masse von 5 bis  $10 M_{\odot}$  befindet. Dieser hat ähnliche Eigenschaften wie ein Objekt der Lada-Klasse 0 unter den *massearmen* Sternen (R. Klein, Th. Henning mit R. Launhardt, Pasadena).

Am 100-m-Effelsberg-Teleskop erfolgte die Beobachtung von Übergängen des  $C_2S$ -Moleküls in 13 kalten Globulen. Ziel war die Ermittlung des Häufigkeitsverhältnisses  $C_2S/NH_3$ , da dieses möglicherweise den Schluß auf den Entwicklungsstand von Sternentstehungsgebieten erlaubt (K. Schreyer und R. Launhardt, Pasadena).

Das Sternentstehungsgebiet NGC 2264 IRS1 wurde am IRAM PdB-Interferometer in der Linie von CS 2 – 1 und im Kontinuum bei 96 GHz kartiert (K. Schreyer mit H. Wiesemeyer, IRAM).

Mit Hilfe des Bolometers am IRAM 30-m-Teleskop wurde in den Umgebungen leuchtkräftiger IRAS-Quellen nach weiteren, tief eingebetteten stellaren Objekten gesucht. Insgesamt konnten daraufhin 15 Objekte kartiert werden. In Fortführung des Projekts wurden zusätzliche acht Objekte bei 450 und  $850 \mu m$  mit dem SCUBA-Bolometer am JCMT (Hawaii) kartiert (Th. Henning, K. Schreyer, R. Klein mit R. Waters, Amsterdam).

Ein tief eingebetteter, massereicher Protostern im H II-Gebiet N 160 A in der Großen Magellanschen Wolke wurde mit Hilfe von ISO-SWS-Spektren und NIR- und MIR-Bildern untersucht (Th. Henning, R. Klein; B. Stecklum, Tautenburg).

In Zusammenarbeit mit der Leidener Gruppe von E. van Dishoeck wurden die Linien- und Kontinuumsbeobachtungen des massereichen jungen stellaren Objektes AFGL 490 durch Anpassung theoretischer Modelle interpretiert (K. Schreyer, Th. Henning).

Auf der Basis von Linien- und Kontinuumsbeobachtungen vom nahen bis zum fernen Infrarot wurde die leuchtkräftige Infrarot-Quelle IRAS 12326–6245 untersucht (Th. Henning, K. Schreyer; I. I. Zinchenko und A. V. Lapinov, Novgorod; R. Launhardt, Pasadena; B. Stecklum, Tautenburg).

Gemeinsam mit dem ISOPHOT-Team des MPI für Astronomie wurden ISO-Beobachtungen von Herbig-Ae/Be-Sternen durchgeführt. Dabei konnten erstmals Komponenten auch bei

längeren Wellenlängen räumlich getrennt beobachtet und ihre spektrale Energieverteilung bestimmt werden. Es zeigte sich weiterhin, daß die Objekte mit ausgedehnter FIR-Emission verbunden sind, die höchstwahrscheinlich aus dem assoziierten Molekülwolkenkern stammt (A. Burkert, Th. Henning).

#### *Zirkumstellare Umgebungen*

Im Rahmen der Untersuchungen über das Langzeitverhalten des Lichtwechsels junger irregulärer Veränderlicher mit algolähnlichen Minima (UX-Orionis-Sterne) wurde die vergleichende Bearbeitung der Sterne BH Cep, BO Cep, SV Cep, VX Cas, WW Vul und RZ Psc abgeschlossen. Die abgeleiteten Lichtkurven, die überwiegend auf Helligkeitsschätzungen auf Photoplatten aus den Archiven der Sternwarten Sonneberg und Harvard beruhen, aber auch lichtelektrische Messungen und visuelle Beobachtungen der AAVSO einschließen, umfassen einen Zeitraum von nahezu 100 Jahren. Für jeden Stern konnten zahlreiche algolähnliche Minima nachgewiesen werden. Die Häufigkeitsverteilung der Amplituden ist für alle Sterne weitgehend ähnlich, allerdings scheinen bei RZ Psc Minima geringer Amplitude unterhäufig zu sein. Ursache der Minima sind Bedeckungen der Sterne durch zirkumstellare Staubwolken. Aus dem Farbverhalten der Sterne während einzelner Bedeckungen wurden Farbexzeßverhältnisse und das Verhältnis  $R$  von visueller Extinktion zu Farbexzeß  $E(B - V)$  abgeleitet. Als Mittelwert ergab sich  $R = 4.4$  mit einer relativ großen Streuung, was auf Staubpopulationen mit unterschiedlichen Extinktionseigenschaften in den einzelnen Wolken hindeutet. Dabei sind die Teilchenradien generell größer als im interstellaren Raum. Nur im Falle von BO Cep ergab die statistische Analyse des Lichtwechsels eine periodische Komponente mit  $P = 10.658289$  d. Der streng periodische Anteil des Lichtwechsels hat eine sehr kleine Amplitude und erinnert an die Lichtkurve eines Bedeckungsveränderlichen. Überraschenderweise sind die unregelmäßig auftretenden algolähnlichen Minima mit den Bedeckungsminima korreliert. Es wird ein Modell entworfen, wonach eine gegen die Bahnebene des Doppelsterns geneigte scheibenförmige Anordnung der zirkumstellaren Wolken die Beobachtungen zu erklären vermag (J. Gürtler, C. Friedemann, H.-G. Reimann).

Am Heinrich-Hertz-Teleskop auf Mt. Graham/AZ erfolgte bei sieben post-AGB-Sternen die Suche nach sehr kalten Gashüllen. In allen Fällen zeigten sich 1.3-mm-Kontinuumsflüsse, die deutlich (4- bis 5mal) über dem Rauschniveau der Messungen liegen. Leider mußten die Messungen bei kürzeren Wellenlängen wegen ungeeigneten Wetters entfallen (J. Gürtler, K. Schreyer).

#### *Verschiedenes*

Am 90-cm-Teleskop der Außenstelle Großschwabhausen wurden mit der im Schmidt-Fokus montierten CCD-Kamera folgende Meßprogramme durchgeführt:

- Fortsetzung der Photometrie von Bedeckungsveränderlichen, die gleichzeitig IRAS-Quellen sind. Ziel ist die eindeutige Identifikation der Koinzidenz von IRAS-Quelle und Veränderlichem (H.-G. Reimann, C. Friedemann).
- $B$ -,  $V$ -Photometrie an den offenen Sternhaufen Mel 111 und M44 (H.-G. Reimann, W. Pfau, A. Tadross).
- Polarimetrie an den Reflexionsnebeln M1, NGC 1068 und vdB 152. Dabei ging es um die grundsätzliche Möglichkeit abbildender Polarisationsmessungen im Schmittfokus des Teleskops mit Hilfe von Polarisationsfolien. Das Ergebnis war positiv, Aussagen zur erreichbaren Genauigkeit der Stokesparameter stehen jedoch noch aus. Im Rahmen dieser Arbeiten entstand ein Auswerteprogramm zum Einsatz von Polarimetrie im Astronomischen Praktikum (H.-G. Reimann mit O. Fischer und H. Linz).
- Astrometrie der bisher nicht nummerierten Planetoiden 1982 DW3, 1992 SF2, 1994 UZ12, 1992 UP8 und 1988 RS3 (H.-G. Reimann).

### 4.3 Laboratoriumsastrophysik

#### *Untersuchungen zum Silikatstaub*

Die mit dem Infrared Space Observatory (ISO) gewonnenen Spektren haben die Koexistenz amorpher und kristalliner Silikatphasen im zirkumstellaren Staub um sauerstoffreiche entwickelte Sterne, in planetaren Nebeln, im Staub um junge stellare Objekte und in Kometen unterstrichen. Die Mechanismen, die zu Phasenumwandlungen amorph/kristallin (in beide Richtungen) führen, sind jedoch noch nicht endgültig aufgeklärt. Aus diesem Grund wurden 1999 experimentelle Untersuchungen zum Kristallisationsverhalten von amorphem Magnesiumsilikat und chaotisch zusammengesetztem Silikatrauch durch Tempern („Annealing“) durchgeführt. Kristallisationstemperaturen sowie Aktivierungsenergien für die Kristallisation dieser Systeme wurden abgeleitet. Es hat sich gezeigt, daß die Aktivierungsenergie  $E_a$  für die Kristallisation mit steigendem Magnesiumgehalt abnimmt (D. Fabian, C. Jäger, Th. Henning, J. Dorschner, H. Mutschke).

Die Synthese amorpher Silikate im System  $\text{SiO}_2\text{-MgO}$  über chemische Kondensationsprozesse silizium- und metallorganischer Ausgangsstoffe (Sol-Gel-Prozeß) konnte zur Herstellung von amorphem „Forsterit“ ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) und einer Reihe nichtstöchiometrischer Verbindungen des Typs  $\text{Mg}_x\text{SiO}_{2+x}$  ( $x = 0.5\text{--}2.4$ ) genutzt werden. Aus Reflexionsmessungen polierter Oberflächen werden optische Konstanten ( $n$  und  $k$ ) mittels Kramers-Kronig-Analyse abgeleitet. Erste Studien zur Kristallisation dieser Silikate zeigen ein abweichendes Verhalten gegenüber Materialien, die mit herkömmlichen Techniken (Schmelzen und Abschrecken) hergestellt wurden. Sol-Gel-Prozesse unter definierten atmosphärischen Bedingungen werden ebenfalls zur Synthese eisenhaltiger Magnesiumsilikate angewendet (C. Jäger, J. Dorschner).

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Festkörperphysik der Universität Jena wurden experimentelle Untersuchungen zum Phasenübergang kristallin/amorph in Enstatit durch Bestrahlung mit energiereichen Ionen ( $\text{He}^+$ : 1 MeV, 400 keV;  $\text{C}^+$ : 3 MeV) begonnen. Bei den He-Ionen kamen Dosen von  $1\cdot 10^{14}$  bis  $5\cdot 10^{15}$   $\text{cm}^{-2}$  zur Anwendung, bei den C-Ionen von  $2\cdot 10^{15}$ . Ein Teil der Proben wurde tief gekühlt (fl.  $\text{N}_2$ , fl. He). Zur Analyse der durch die Ionenbestrahlung hervorgerufenen Defekte bzw. Amorphisierung wird die hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie (HRTEM) in Kombination mit Elektronenbeugung genutzt. Die Experimente sollen die Frage beantworten helfen, mit welchen strukturellen Veränderungen kristalliner Silikate durch stellare Korpuskularstrahlung und kosmische Strahlung zu rechnen ist. Durch Ionenbestrahlung beeinflusste amorphe Silikate könnten ein modifiziertes Rekrystallisationsverhalten aufweisen (C. Jäger, J. Dorschner, Th. Henning, H. Mutschke).

Die im Vorjahr begonnene IR-Spektroskopie von astrophysikalisch interessanten Silikat- und Oxidmineralen mit begleitender Analytik wurde fortgesetzt. Abgeschlossen werden konnte die Bestimmung optischer Konstanten von Mineralen der Olivinreihe im Wellenlängenbereich von  $0.4\text{--}750$   $\mu\text{m}$  aus Reflexions- und Dünnschliff-Transmissionsmessungen. Ein weiterer Schwerpunkt sind die Messungen an den Silikat- und Oxidmineralen, an deren Zusammensetzung auch die Elemente Ca und Al wesentlichen Anteil haben. Sie beherrschen die Hochtemperaturkondensate des Sonnennebels (Calcium-Aluminium-Einschlüsse: CAIs) und haben zunehmende Bedeutung in der Diskussion von ISO-Spektren gewonnen. An ausgewählten Proben wurden auch Messungen bei tiefen Temperaturen durchgeführt (herunter bis 10 K). Die Daten sind im Internet (<http://www.astro.uni-jena.de>) zu finden (D. Fabian, J. Dorschner, G. Born, W. Teuschel).

#### *Eigenschaften von kohlenstoffhaltigen Partikeln*

Aufbauend auf den bisher gewonnenen Erfahrungen wurden 1999 weitere Experimente zum Studium der Kondensation von Kohlenstoffpartikeln, ihrer Mikrostruktur und ihrer optischen Eigenschaften durchgeführt.

Die Kondensationsversuche konzentrierten sich auf die Erzeugung von Molekülaggregaten aus polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAHs). Wie durch die Spektren des

Infrared Space Observatory (ISO) erneut unterstrichen wurde, sind solche Moleküle ein wesentlicher Bestandteil des kohlenstoffhaltigen Staubes im interstellaren Medium, wobei ihre genaue Struktur und ihr Zusammenhang mit anderen Kohlenstoffpartikeln jedoch noch weitgehend unbekannt sind. In den noch nicht abgeschlossenen Experimenten, an denen auch das Institut für Physikalische Chemie der Universität Jena (W. Vogelsberger, H. Knoll) beteiligt ist, wird mit Hilfe der Methode der Matrixisolationsspektroskopie untersucht, wie sich das Ultraviolett-Spektrum von PAHs durch die Bildung von durch van-der-Waals-Kräfte gebundenen Aggregaten verändert. Die Erzeugung der Aggregate erfolgt in verschiedenen sogenannten Gasaggregationsquellen, die durch thermische Verdampfung oder Laserablation des PAH-Materials gespeist werden. Im UV-Spektrum wurde mit zunehmender Größe der Aggregate eine starke Verbreiterung der Molekülbanden der PAHs beobachtet. Das Spektrum sehr großer Aggregate ähnelt dem der  $\pi$ -Elektronen-Resonanz von amorphen Kohlenstoffteilchen, die allgemein als Erklärung für die starke UV-Bande der interstellaren Extinktion bei 217 nm Wellenlänge angesehen wird (H. Knoll, H. Mutschke, Th. Henning, W. Vogelsberger).

Weitere Kohlenstoff-Experimente dienen der Untersuchung der Mikrostruktur von Rußteilchen. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Festkörperphysik der Universität Jena wurde 1999 versucht, die Mikrostruktur durch Bestrahlung mit Ionen verschiedener Energie gezielt zu verändern. Als Analysetechniken dienen Transmissions-Elektronenmikroskopie, Raman- und Ultraviolett-Spektroskopie. Bei den Experimenten wurde festgestellt, daß Ionenbestrahlung bei niederen Temperaturen (unter 300 K) vor allem eine Amorphisierung des Materials, d. h. eine Zerstörung der graphitischen Zonen innerhalb der Rußteilchen, bewirkt. Die Bildung neuer geordneter, z. B. zwiebelartiger Strukturen konnte nicht beobachtet werden und setzt offenbar Temperaturen um 1000 K voraus (H. Mutschke, Th. Henning, C. Jäger).

Gegenstand eines gemeinsamen Projektes mit dem 1. Physikalischen Institut der RWTH Aachen (U. Kreibig, M. Quinten) sind theoretische und experimentelle Studien der optischen Eigenschaften amorpher Kohlenstoffteilchen. Die 1999 durchgeführten Studien über den Einfluß von Mikrostruktur und Teilchenmorphologie dienen dem allgemeinen Verständnis des Streu- und Absorptionsverhaltens von Kohlenstoffstaub und sind nicht nur für astrophysikalische, sondern auch für technische Anwendungen, wie z. B. in der Aerosolwissenschaft, von Bedeutung (B. Michel, M. Quinten, Th. Henning, U. Kreibig, H. Mutschke, C. Jäger).

Die Anerkennung der Kompetenz der Laborgruppe auf dem Gebiet der strukturellen und optischen Charakterisierung von Kohlenstoffteilchen äußerte sich 1999 auch in der Vergabe eines entsprechenden Untersuchungsauftrages aus der Industrie (Degussa-Hüls AG) an den AIU-Laborbereich.

#### *Untersuchungen an Siliziumkarbid und -nitrid*

In Bezug auf die Untersuchungen der infrarotoptischen Eigenschaften von Siliziumkarbid- und -nitridteilchen wurden 1999 intensive Experimente mit einer Laserpyrolyse- und Infrarotmatrixisolation-Apparatur durchgeführt. Dabei wurden die Teilchen in einem Reaktor durch eine laserinduzierte Gasreaktion (aus  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  und bei Siliziumnitrid zusätzlich  $\text{NH}_3$ ) hergestellt und in der eigens entwickelten Anlage in einen Überschallstrahl überführt, aus dem Proben für strukturanalytische Untersuchungen entnommen werden können. In der Hauptsache wird der Strahl aber auf ein gekühltes optisches Fenster geleitet, wo die Teilchen in eine allmählich aufwachsende Edelgaseis-Matrix eingefroren werden. Nach Akkumulation einer genügenden Teilchenzahl wird das IR-Transmissionsspektrum gemessen. Diese Art Spektroskopie liefert nicht nur voneinander isolierte Teilchen, sondern kühlt sie auch auf tiefe Temperaturen ab.

Die erzeugten Partikel sind etwa 10 nm groß und annähernd kugelförmig. Die hergestellten SiC-Partikel bestehen aus der kubischen ( $\beta$ -)Modifikation und zeigen eine durch Gitterschwingungs-Anregung verursachte Infrarot-Absorptionsbande, die der bei Kohlenstoff-Sternen beobachteten 11  $\mu\text{m}$ -Bande sehr ähnlich ist. Bei Nitrid-Partikeln verbreitert

sich diese Bande zu kurzen Wellenlängen hin. Auch wenn Siliziumnitridteilchen bis jetzt noch nicht eindeutig in astronomischen Quellen nachgewiesen werden konnten, so ist ihre Kondensation in Sternatmosphären mit reduzierenden Bedingungen doch sehr wahrscheinlich. Ebenso wie SiC-Teilchen werden auch Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Teilchen als präsolare Einschlüsse in primitiven Meteoriten gefunden. (D. Clément, H. Mutschke, Th. Henning, W. Teuschel).

#### *Astronomisch relevante Eigenschaften fraktaler Aggregate*

Die experimentelle Untersuchung der Eigenschaften von Staubaggregaten wurde weiter vorangetrieben. Unter Berücksichtigung der neuen Erkenntnisse über Rollreibung und Haftung von Einzelpartikeln wurden quantitative Aussagen über die Restrukturierung und Fragmentierung von fraktalen Staubaggregaten gewonnen (L. Heim, T. Poppe, J. Blum, G. Wurm).

Die experimentell beobachteten Staubaggregate wurden weiterhin im Hinblick auf ihre Struktur (Achsenverhältnisse) und ihre Ausrichtung im Gasstrom analysiert. Dabei wurde eine gute Übereinstimmung mit Werten der Achsenverhältnisse gefunden, wie sie häufig für interstellare Staubteilchen angenommen werden, um die beobachtete lineare Polarisation zu erklären, so daß die Agglomeration einen Mechanismus bietet, um die benötigte geometrische Anisotropie der Teilchen zu erzeugen. Weiterhin wurde eine signifikante Ausrichtung der länglichen Aggregate im Gasstrom beobachtet, was Anwendung zur Erklärung von Polarisationsbeobachtungen an protoplanetaren Scheiben finden kann (G. Wurm, J. Blum).

Ein Schwerpunkt der Arbeiten über fraktale Aggregate waren im Jahr 1999 Lichtstreuexperimente. Dazu wurden mit einer eigens gebauten Apparatur die Streufunktionen von agglomerierenden SiO<sub>2</sub>-Monospheres (Durchmesser 1,9  $\mu\text{m}$ ) im Winkelbereich von 34 bis 144° gemessen. Als Generator zum Erzeugen von Aggregaten diente entsprechend früherer Erfahrungen auf diesem Gebiet eine Turbomolekularpumpe (TMP), die in Verbindung mit einem geeigneten Auslaßventil ein gewisses Aggregatwachstum erzeugt. Die Kenntnis der in der TMP ablaufenden Agglomeration ermöglicht die Zuordnung der gemessenen Streufunktionen zu mittleren Aggregatgrößen (L. Heim, G. Wurm, T. Göhzold).

Weiterhin wurden spektrale Messungen im Wellenlängenbereich von 7,7 und 16,7  $\mu\text{m}$  an Aggregaten aus SiO<sub>2</sub>-Monospheres (Durchmesser 500 nm) durchgeführt, um Zusammenhänge zwischen der Profilform der in diesem Bereich liegenden Absorptionsbanden und der Aggregatstruktur zu ermitteln. Als Ausgangsmaterial für diese Untersuchungen dienen in der Levitationstrommel aus den genannten Monospheres gewachsene Aggregate, die mit einem Mechanismus, der die in der Trommel befindlichen IR-Fenster zum gewünschten Zeitpunkt freigab, aufgefangen und anschließend spektroskopiert wurden. Mit dem Mikroskop des FTIR-Spektrometers konnten sowohl die IR-Spektren gemessen, als auch zuvor die Strukturen der Teilchen lichtmikroskopisch dokumentiert werden. Die so gewonnenen Spektren wurden mit den Ergebnissen von Computersimulationen verglichen (L. Heim).

## **5 Diplomarbeiten, Dissertationen, Habilitationen**

### 5.1 Diplomarbeiten, abgegeben

J. Drosihn: Spektroskopische Untersuchung eines protostellaren Molekülwolkenkerns

F. Hanel: Spektroskopie Diffuser Interstellarer Banden

R. Linz: Meßverfahren zur abbildenden Polarimetrie bei 0.7 und 10  $\mu\text{m}$  Wellenlänge

### 5.2 Dissertationen, abgeschlossen

A. Burkert: Junge Sterne mittlerer Masse und ihre Umgebung

R. Klein: Dust in Massive Star-forming Regions – A Case Study with the Infrared Space Observatory

### 5.3 Habilitation, abgeschlossen

J. Blum: Planetesimalentstehung im frühen Sonnensystem – Beiträge der Laborastrophysik

## 6 Tagungen und Projekte am Institut

### 6.1 Tagungen und Veranstaltungen

W. Pfau wirkte mit im SOC des Workshops „Optical and Infrared Spectroscopy of Circumstellar Matter“, Tautenburg, März 1999.

R. Schielicke organisierte (gemeinsam mit K.-D. Herbst und S. Kratochwil, beide Jena) und moderierte das Kolloquium „Erhard Weigel – 1625 bis 1699“ anlässlich des 300. Todestages des Jenaer Gelehrten und Erzvaters der Frühaufklärung am 26. März 1999 an der Universität Jena.

Aus Anlaß der totalen Sonnenfinsternis vom August 1999 in Deutschland wurde gemeinsam mit dem Planetarium der Ernst-Abbe-Stiftung und der Volkssternwarte „Urania“ im Juni eine öffentliche Veranstaltung im Planetarium Jena durchgeführt.

R. Schielicke wirkte mit an der Folge „Sinnliche Wahrnehmung: Sehen“ des Fernseh-Geschichtsmagazins „Zeiträume“ des Südwest-Rundfunks (Erstsendung am 28. September 1999).

### 6.2 Projekte

Im Jahr 1999 liefen folgende Drittmittelthemen:

J. Blum: Dust Aggregation and Related Subjects (ESA)

J. Blum: Untersuchungen kosmischer Staubaggregationen und Weiterentwicklung von Techniken zum Umgang mit Mikro- und Nanopartikeln (Alfried Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung)

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) (DARA, Fortsetzung)

J. Dorschner: Präparation von Analogmaterialien des kosmischen Staubes über Sol-Gel-Synthese (DFG)

J. Dorschner: FIR-Spektroskopie von Laboranalogprodukten des kosmischen Staubes (DFG)

Th. Henning: Spektroskopische Untersuchungen an isolierten Festkörperpartikeln (MPG)

Th. Henning: Numerisches Teleskop (MPG)

Th. Henning: Lichtstreuung an kleinen Teilchen: neue Methoden und Techniken (Volkswagenstiftung)

Th. Henning: Mikrophysikalische Staubentwicklungsprozesse beim protostellaren Kollaps (Fortsetzung) (DFG)

Th. Henning/H. Yorke: Staubwachstum in protostellaren Akkretionsscheiben (DFG)

H. Mutschke/Th. Henning: IR-Matrixisolationsspektroskopie an Siliziumkarbid- und Siliziumnitrid-Nanoteilchen (DFG)

S. Pfalzner: Simulation stoßdominierter Systeme durch hierarchische *Tree Codes* (DFG)

W. Pfau: Bau der thermischen Infrarotkamera TIMMI 2 für den Wellenlängenbereich 10 bis  $20\ \mu\text{m}$  (BMBF Verbundforschung)

W. Pfau/B. Stecklum, Tautenburg: Ultrakompakte H II-Gebiete als Indikatoren für den Entstehungsprozeß massereicher Sterne (DFG)

- W. Pfau/B. Stecklum/Th. Henning: 10- $\mu$ m-Weitfeld-Kamerasystem als Meßeinrichtung zur Interferometrie am Large Binocular Telescope (BMBF)
- B. Stecklum/Th. Henning: Hochauflösende polarimetrische Untersuchungen junger stellarer Objekte (DFG)

## 7 Auswärtige Tätigkeiten

### 7.1 Nationale und internationale Tagungen

- Th. Henning: Tagung „Thermal Emission Spectroscopy and Analysis of Dust“, Houston/TX, April 1999, (eingeladener Vortrag)  
 Tagung „SOFIA Star Formation Meeting“, Santa Cruz/CA, Juli 1999, (eingeladener Vortrag)  
 Tagung „Wissenschaft mit SOFIA“, DLR/Bonn, August 1999, (eingeladener Vortrag)  
 Tagung „Laboratory Astrophysics“, ISSI Bern, Oktober 1999, (eingeladener Vortrag)  
 Tagung zur Eröffnung des Beverly and Raymon Sackler Laboratory, Leiden/NL, Oktober 1999, (eingeladener Vortrag)  
 Tagung „ISO Surveys of a Dusty Universe“, Ringberg, November 1999, (eingeladener Vortrag)  
 Tagung „Denkschrift Astronomie“, DFG/Bad Honnef, Dezember 1999
- Th. Henning, W. Pfau, J. Steinacker waren mit Vorträgen auf dem Workshop „Optical and Infrared Spectroscopy of Circumstellar Matter“, Tautenburg, März 1999, vertreten.
- R. Klein, K. Schreyer und J. Steinacker nahmen mit Vorträgen am Mini-Workshop zum DFG-Schwerpunkt „Physik der Sternentstehung“, Tautenburg, Dezember 1999, teil
- H. Mutschke: Tagung „Thermal Emission Spectroscopy and Analysis of Dust“, Houston/TX, April 1999 (Vortrag)
- W. Pfau: Calar-Alto-Kolloquium, Heidelberg, März 1999

### 7.2 Vorträge und Gastaufenthalte

- J. Dorschner: Kolloquium „Erhard Weigel – 1625 bis 1699“, Jena, März 1999
- Th. Henning: Kolloquiumsvortrag (Joint Astron. Colloquium), Garching, Februar 1999  
 Tagung der Wirtschaftsunioren Thüringens, April 1999  
 Kolloquiumsvortrag, Oss. Napoli/Italien, Mai 1999  
 Kolloquiumsvortrag, Universität Nürnberg-Erlangen, Mai 1999  
 Kolloquiumsvortrag, Universität Amsterdam, September 1999  
 Offizielle Rede zur Feierlichen Immatrikulation an der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Oktober 1999
- W. Pfau: Festveranstaltung aus Anlaß des 20jährigen Bestehens der französischen astronomischen Gesellschaft SFSA, Paris, Januar 1999  
 Kolloquium „Erhard Weigel – 1625 bis 1699“, Jena, März 1999
- H.-G. Reimann, H. Relke, U. Weinert: mehrere Aufenthalte ESO Garching
- R. Schielicke: Kolloquium „Erhard Weigel – 1625 bis 1699“, Jena, März 1999

### 7.3 Beobachtungsaufenthalte, Meßkampagnen

- J. Gürtler: Mt. Graham/AZ (Heinrich-Hertz-Teleskop), Februar 1999;
- R. Klein: ESO La Silla (NTT), Mai 1999;  
 Mauna Kea/HI (JCMT), Oktober 1999;  
 Calar Alto (1.23 m), Dezember 1999;
- H.-G. Reimann: ESO La Silla (Software-Tests zu TIMMI 2), Juli/August 1999;
- H. Relke: ESO La Silla (Software-Tests zu TIMMI 2), Juli/August 1999;

- K. Schreyer: Mt. Graham/AZ (Heinrich-Hertz-Teleskop), Februar 1999;  
IRAM (PdB), März 1999;  
IRAM (30-m-Teleskop), April 1999;  
Mauna Kea/HI (JCMT), Oktober 1999;

## 8 Veröffentlichungen

### *Beiträge in referierten Zeitschriften*

- Andersen, A.C., Jäger, C., Mutschke, H., Braatz, A., Clément, D., Henning, Th., Jørgensen, U.G., Ott, U.: Mid-infrared Spectra of Meteoritic SiC Grains. *Astron. Astrophys.* 343 (1999), 933–938
- Blum, J., Wurm, G., Poppe, T.: The CODAG Sounding Rocket Experiment to Study Aggregation of Thermally Diffusing Dust Particles. *Adv. Space Res.* 23/7 (1999), 1267–1270
- Blum, J., Wurm, G., Poppe, T., Kempf, S., Fiethe, B., Giel, M., Offterdinger, P., Neuhaus, D., Rott, M., Giovane, F., Gustafson, B.: The Cosmic Dust Aggregation Experiment CODAG. *Meas. Sci. Technol.* 10 (1999), 836–844
- Braatz, A., Ott, U., Henning, Th., Jäger, C., Jeschke, G.: Infrared and Electron Paramagnetic Measurements of Presolar Diamonds: Implications for Optical Features and Origin. *Meteoritics Planet. Sci.* 35 (1999), 75–84
- Farafonov, V.G., Ilin, V.B., Henning, Th.: A New Solution of the Light Scattering Problem for Axisymmetric Particles. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* 63 (1999), 205–216
- Feldt, M., Stecklum, B., Henning, Th., Launhardt, R., Hayward, T.L.: High-resolution Imaging of Ultracompact H II Regions. II. G 5.89–0.39 Revisited. *Astron. Astrophys.* 346 (1999), 243–259
- Gürtler, J., Friedemann, C., Reimann, H.-G., Splittgerber, E., Rudolph, E.: A comparative Study of the long-term Light Variations of six young irregular Variables. *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.* 140 (1999), 293–307
- Gürtler, J., Schreyer, K., Henning, Th., Lemke, D., Pfau, W.: Infrared Spectra of Young Stars in Chamaeleon. *Astron. Astrophys.* 346 (1999), 205–210
- Heim, L.-O., Blum, J., Preuss, M., Butt, H.-J.: Adhesion and Friction Forces between Spherical Micrometer-sized Particles. *Phys. Rev., Lett.* 83 (1999), 3328–3331
- Henning, Th., Ilin, V.B., Krivova, N.A., Michel, B., Voshchinnikov, N.V.: WWW Data Base on Optical Constants for Astronomy. *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.* 136 (1999), 405–406
- Jäger, C., Henning, Th., Schlögl, R., Spillecke, O.: Spectral Properties of Carbon Black. *J. Non-Cryst. Solids* 258 (1999), 161–179
- Kempf, S., Pfalzner, S., Henning, Th.: N-Particle Simulation of Dust Growth: I. Growth Driven by Brownian Motion. *Icarus* 141 (1999), 388–398
- Klahr, H.H., Henning, Th., Kley, W.: On the Azimuthal Structure of Thermal Convection in Circumstellar Disks. *Astrophys. J.* 514 (1999), 325–343
- Klein, R., Henning, Th., Cesarsky, D.: The Molecular Cloud Core M17-North: New ISO-CAM Observations. *Astron. Astrophys.* 343 (1999), L53–L56
- Manske, V., Henning, Th.: 2D Radiative Transfer with Transiently Heated Particles for the Circumstellar Environment of Herbig Ae/Be Stars. *Astron. Astrophys.* 349 (1999), 907–911
- Menshchikov, A.B., Henning, Th., Fischer, O.: Self-consistent Model of the Dusty Torus around HL Tau. *Astrophys. J.* 519 (1999), 257–278

- Michel, B., Henning, Th., Kreibig, U., Jäger, C.: Optical Extinction by Spherical Carbonaceous Particles. *Carbon* 37 (1999), 391–400
- Molster, F.J., Waters, L.B.F.M., Trams, N., van Winckel, H., Decin, L., van Loon, Jacco Th., Jäger, C., Henning, Th., Käuff, H.-U., de Koter, A., Bouwman, J.: The Composition and Nature of the Dust Shell Surrounding the Binary AFGL 4106. *Astron. Astrophys.* 350 (1999), 163–180
- Morris, P.W., Waters, L.B.F.M., Barlow, M.J., Lim, T., de Koter, A., Voors, R.H.M., Cox, P., de Graauw, Th., Henning, Th., Hony, S., Lamers, H.J.G.L.M., Mutschke, H., Trams, N.R.: Discovery of a Massive Disk in Eta Carinae. *Nature* 402 (1999), 502–504
- Mutschke, H., Andersen, A.C., Clément, D., Henning, Th., Peiter, G.: Infrared Properties of SiC Particles. *Astron. Astrophys.* 345 (1999), 187–202
- Poppe, T., Blum, J., Henning, Th.: Experiments on the Effects of Dust Flux Exposure on Rosetta Spacecraft Materials. *Adv. Space Res.* 23/7 (1999), 1225–1228
- Poppe, T., Blum, J., Henning, Th.: New Experiments on Collisions of Solid Grains Related to the Preplanetary Dust Aggregation. *Adv. Space Res.* 23/7 (1999), 1197–1200
- Posch, Th., Kerschbaum, F., Mutschke, H., Fabian, D., Dorschner, J., Hron, J.: On the Origin of the 13 Micron Feature. *Astron. Astrophys.* 352 (1999), 609–618
- Schnaiter, M., Henning, Th., Mutschke, H., Kohn, B., Ehbrecht, M., Huisken, F.: Infrared Spectroscopy of Nano-sized Carbon Grains produced by Laser Pyrolysis of Acetylene – Analogue Materials for Interstellar Grains. *Astrophys. J.* 519 (1999), 687–696
- Szczerba, R., Henning, Th., Volk, K., Cox, P.: IRAS 04296+3429: A 21  $\mu\text{m}$  Source with a Very Strong 30  $\mu\text{m}$  Emission Band. *Astron. Astrophys.* 345 (1999), L39–L42
- 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 (1999), 877–893
- Voshchinnikov, N. V., Semenov, D. A., Henning, Th.: The Temperature of Non-spherical Interstellar Grains. *Astron. Astrophys.* 349 (1999), L25–L28
- Wolf, S., Henning, Th.: AGN Polarization Models. *Astron. Astrophys.* 341 (1999), 675–682
- Wolf, S., Henning, Th., Stecklum, B.: Multidimensional Self-Consistent Radiative Transfer Calculations Based on the Monte-Carlo-Method. *Astron. Astrophys.* 349 (1999), 839–850
- Xu, Y., Gustafson, B.S., Giovane, F., Blum, J., Tehranian, S.: Calculation of the Heat-Source Function in Photophoresis of Aggregated Spheres. *Phys. Rev., E.* 60 No. 2 (1999), 2347–2365
- Eingeladene Übersichtsartikel*
- Blum, J., Wurm, G., Poppe, T., Heim, L.-O.: Aspects of Laboratory Dust Aggregation with Relevance to the Formation of Planetesimals. In: Ehrenfreund, P., Krafft, C., Kochan, H., Pirronello, V. (eds.): *Laboratory Astrophysics and Space Research. Astrophys. Space Sci. Libr.* 236 (1999), 399–423
- Dorschner, J.: Stardust Mineralogy. The Laboratory Approach. In: Greenberg, J.M., Li, A. (eds.): *Formation and Evolution of Solids in Space. NATO ASI Series, Vol C* 523 (1999), 229–264
- Henning, Th.: Grain Formation and Evolution in the Interstellar Medium. In: d'Hendecourt, L., Joblin, Chr., Jones, A. (eds.): *Solid Interstellar Matter: The ISO Revolution.* Springer-Verlag, Berlin (1999), 247–262
- Henning, Th.: Laboratory Astrophysics of Circumstellar Dust. In: Le Bertre, T., Lebre, A., Waelkens, C. (eds.): *Asymptotic Giant Branch Stars. Proc. IAU Symp.* 191, *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.* (1999), 221–232

- Henning, Th.: Progress in Infrared Spectroscopy of Solid Matter. In: Guenther, E., Stecklum, B., Klose, S. (eds.): Optical and Infrared Spectroscopy of Circumstellar Matter. Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. **188** (1999), 199–210
- Henning, Th., Schnaiter, M.: Carbon – From Space to Laboratory. In: Ehrenfreund, P., Krafft, C., Kochan, H., Pirronello, V. (eds.): Laboratory Astrophysics and Space Research. Astrophys. Space Sci. Libr. 236 (1999), 249–278
- Konferenzbeiträge*
- Ábrahám, P., Leinert, Ch., Burkert, A., Lemke, D., Henning, Th.: Far-Infrared Mapping of Herbig Ae/Be Stars with ISO. ESA Spec. Publ. Ser. 427 (1999), 265–268
- Ábrahám, P., Leinert, Ch., Burkert, A., Lemke, D., Henning, Th.: Search for Cool Circumstellar Matter in the Ursae Majoris Group with ISO. ESA Spec. Publ. Ser. 427 (1999), 261–264
- Blum, J., Cabane, M., Henning, Th., Holländer, W., Lvasseur-Regourd, A. C., Lumme, K., Marijnissen, J., Muinonen, K., Poppe, T., Prodi, F., Wagner, P., Worms, J.-C.: Research with Small Particles Onboard the ISS. ESA SP-433 (1999), 285–289
- Braatz, A., Ott, U., Henning, Th., Jäger, C., Jeschke, G.: Nitrogen Configuration in Pre-solar Diamonds. LPI 30 (1999), 1551
- Clément, D., Mutschke, H., Henning, Th.: Infrared Matrix Isolation Spectroscopy of Nanometre-sized SiC Particles. In: Astrochemistry: From Molecular Clouds to Planetary Systems. IAU-Symposium 197, Abstract Book (1999), 208
- Dorschner, J.: Erhard Weigel in seiner Zeit. In: Schielicke, R.E., Herbst, K.-D., Kratochwil, S. (Hrsg.): Erhard Weigel – 1625 bis 1699. Barocker Erzvater der deutschen Frühaufklärung. (Acta Historica Astronomiae **7**) Frankfurt am Main, Thun: Deutsch (1999), 11–38
- Henning, Th., Klein, R.: Properties of the LMC Young Stellar Object N 160 A-IR. In: Cox, P., Kessler, M. (eds.): The Universe seen by ISO. ESA SP-427 (1999), 489–492
- Ilgner, M., Henning, Th.: Diffusion and Chemical Evolution in Protoplanetary Disks. In: Schielicke, R.E. (ed.): Astron. Ges. Abstr. Ser. **15** (1999), 17
- Ilgner, M., Henning, Th., Klahr, H.: Diffusion and Chemical Evolution in Protoplanetary Disks. In: Astrochemistry: From Molecular Clouds to Planetary Systems. IAU-Symposium 197, Abstract Book (1999), 226
- Klein, R., Henning, Th., Cesarsky, D.: ISOCAM Observations of the Cloud Core M17-North. In: Cox, P., Kessler, M. (eds.): The Universe seen by ISO. ESA SP-427 (1999), 691–694
- Launhardt, R., Henning, Th., Hofner, P., Sargent, A.I.: CB17 – A Pre-Protostellar Core on the Verge of Collapse. In: Science with the Atacama Millimeter Array. Washington (1999)
- Mutschke, H., Henning, Th.: Infrared Spectroscopy of Cosmic Dust Analogues at Low Temperatures. In: Greenberg, J.M., Li, A. (eds.): Formation and Evolution of Solids in Space. NATO ASI Series, Vol C 523 (1999), 265–272
- Pfau, W.: Astrometrie – Vom Diopter zum Meßsatelliten. In: Schielicke, R.E., Herbst, K.-D., Kratochwil, S. (Hrsg.): Erhard Weigel – 1625 bis 1699. Barocker Erzvater der deutschen Frühaufklärung. (Acta Historica Astronomiae **7**) Frankfurt am Main, Thun: Deutsch (1999), 157–167
- Pfau, W.: Diffuse Interstellar Bands and Unidentified Infrared Bands in Young Galactic Clusters. In: Guenther, E., Stecklum, B., Klose, S. (eds.): Optical and Infrared Spectroscopy of Circumstellar Matter. Astron. Soc. Pac. Conf. Ser. **188** (1999), 225

- Schielicke, R.E., Herbst, K.-D., Kratochwil, S. (Hrsg.): Erhard Weigel – 1625 bis 1699. Barocker Erzvater der deutschen Frühaufklärung. *Acta Historica Astronomiae* **7** (1999), 172 Seiten
- Schnaiter, M., Mutschke, H., Dorschner, J., Henning, Th.: Matrix-isolated Nano-sized Soot Grains and their Relation to Solid Carbon in Space. In: Greenberg, J.M., Li, A. (eds.): *Formation and Evolution of Solids in Space*. NATO ASI Series, Vol C 523 (1999), 281–289
- Scherer, K., Hilchenbach, M., Kirsch, E., Livi, S., Bendisch, J., Blum, J., Mutschke, H., Diedrich, T., Oelze, H., Flury, W., Geis, S., Fricke, J., Husler, B., Huisken, F., Jessberger, E. K., Klöck, W., Koppenwallner, G., Ott, U., Sdummus, H., Srama, R.: MOP: A Space Debris and Interplanetary Dust Sample Return Mission. In: *Proc. 14th ESA Symposium on European Rocket and Balloon*. ESA SP-437 (1999)
- Stecklum, B., Feldt, M., Henning, Th., Pfau, W.: Infrared Observations of Young Massive Stars. In: van der Hucht, K.A., Königsberger, G., Eenens, P.R.J. (eds.): *Wolf-Rayet Phenomena in Massive Stars and Starburst Galaxies*. *Proc. IAU Symp.* **193**, Publ. Astron. Soc. Pac. (1999), 497
- Beiträge in nichtreferierten Zeitschriften*
- Henning, Th., Kley, W.: Planetenentstehung in Akkretionsscheiben. *Phys. Blätter* 10 (1999), 47–50
- Fischer, O., Lotze, K.-H., Pfau, W.: Jenaer Wege zum Astronomielehrer. *Astron. Raumfahrt* 4 (1999), 36
- Pfau, W.: Der Kosmos und seine Objekte – Die Astronomie im Porträt. *Forschung & Lehre* 10 (1999), 536
- Schielicke, R.E.: Erhard Weigel – 1625 bis 1699. Kolloquium aus Anlaß seines 300. Todestages. *Ber. Wissenschaftsgeschichte* **22** (1999), 284–285

Werner Pfau