

# Heidelberg

Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg (ZAH)  
— Institut für Theoretische Astrophysik (ITA) —

Albert-Ueberle-Straße 2, 69120 Heidelberg  
Telefon: 06221 / 54 4837, Telefax: 06221 / 54 4221  
Internet Homepage: <http://www.ita.uni-heidelberg.de>

## 0 Allgemeines

Das Institut für Theoretische Astrophysik der Universität Heidelberg (ITA) entstand 1976 aus den beiden bereits bestehenden Lehrstühlen für theoretische Astrophysik. Es umfasst mehrere Arbeitsgruppen, die Fragestellungen in wichtigen Bereichen der modernen Astrophysik behandeln, angefangen von Planetenentstehung und der Physik protostellarer Akkretionsscheiben, über die Bildung von Sternen in der Sonnenumgebung aber auch im frühen Universum, bis hin zu Galaxienhaufen und Kosmologie. Allen Arbeitsgruppen gemeinsam ist, dass die Entwicklung neuer statistischer Analysemethoden und numerischer Simulationstechniken wichtige Forschungsschwerpunkte darstellen. Seit dem 1. Januar 2005 ist das ITA zusammen mit dem Astronomischen Rechen-Institut und der Landessternwarte Teil des Zentrums für Astronomie der Universität Heidelberg.

Das Jahr 2010 war geprägt von zwei personellen Entwicklungen. Im September 2010 ist Prof. Werner Tscharnuter in den wohlverdienten Ruhestand eingetreten. An dieser Stelle möchten wir uns herzlich für seinen jahrezehntelangen Einsatz für die Belange des Instituts und der astrophysikalischen Forschung in Heidelberg bedanken. Prof. Werner Tscharnuter hat die Geschichte des ITA entscheidend geprägt, und wir wünschen ihm alles Gute für die Zukunft. Als Nachfolger konnten wir Prof. Cornelis P. Dullemond gewinnen, der seine Stelle im November 2010 angetreten hat. Die Schwerpunkte der wissenschaftlichen Arbeit von Prof. Dullemond sind die Planetenentstehung, insbesondere die Erforschung der Dynamik protoplanetarer Akkretionsscheiben und der Staubentwicklung darin, und die numerisch-theoretische Modellierung von Strahlungstransportprozessen.

Die Wissenschaftler am ITA sind an einer Vielzahl nationaler und internationaler Forschungsverbände beteiligt. Neben dem Heidelberger Sonderforschungsbereich SFB 881 „The Milky Way System“, sind dies der Transregio SFB-TR 33 „The Dark Universe“, die DFG-Forschergruppe 759 „The Formation of Planets: The Critical First Growth Phase“, und die Schwerpunktprogrammen SPP 1177 „Witnesses of Cosmic History: Formation and Evolution of Black Holes, Galaxies and Their Environment“, SPP 1385 „The first 10 Million Years of the Solar System - A Planetary Materials Approach“, und SPP 1573 „Physics of the Interstellar Medium“. Wichtig sind außerdem die Projekte „Formation of the First Stars“ und „Galaxy Clusters Probed by Strong Gravitational Lensing“, die von der Baden-Württemberg Stiftung gefördert werden. Auf internationaler Ebene sind Mitarbeiter des ITA am Europäischen RTN „DUEL“, am ASTRONET Projekt „STAR FORMAT“, an

Planck, und am geplanten Satellitenprojekt EUCLID beteiligt.

## 1 Personal und Ausstattung

### 1.1 Personalstand

#### *Direktoren und Professoren:*

Prof. Dr. Matthias Bartelmann [-4817], Prof. Dr. Bodo Baschek [-4838] (Emeritus), Prof. Dr. Cornelis P. Dullemond [-4815] (seit 02.11.), apl. Prof. Dr. Hans-Peter Gail [-8982] (im Ruhestand), Prof. Dr. Ralf S. Klessen [-8978] (geschäftsführender Direktor), Prof. Dr. Michael Scholz [-4838] (im Ruhestand), Prof. Dr. Werner M. Tscharnuter [-4815] (im Ruhestand seit 01.09.), Prof. Dr. Peter Ulmschneider (im Ruhestand)

#### *Wissenschaftliche Mitarbeiter:*

Dr. Robi Banerjee [-8967] (Emmy Noether Nachwuchsgruppenleiter), Dr. Ingo Berentzen [-4206] (bis 31.12.), Dr. Paul C. Clark [-8967], Dr. Christoph Federrath [-8975] (von 01.04. bis 04.10.), Dr. Carlo Giocoli [-4861] (bis 31.12.), Dr. Simon Glover [-4206], Dr. Luigi Iapichino [-8983], Dr. Viki Joergens [-8967] (Margarete von Wrangell Stipendiatin seit 15.04.), Dr. Matteo Maturi [-8983], Dr. Peter Melchior [-4869] (von 08.06. bis 31.12.), Dr. Julian Merten [-6712] (seit 23.06.), Dr. Francesco Pace [-6712], Dr. Thomas Peters [-8973], Dr. Stefan Schmeja [-4828] (bis 15.11.), Dr. Johannes Schönke [-8988] (seit 01.07.), Dr. Gregor Seidel [-8986] (bis 19.10.), Dr. Rahul Shetty [-8973], Dr. Rowan Smith [-8973], Dr. Sharanya Sur [-8974], Dr. Jean-Claude Waizmann [-8987] (seit 24.11.), Dr. Massimo Viola [-8986] (seit 15.12.)

#### *Doktoranden:*

Dipl.-Phys. Christian Angrick [-4839], Dipl.-Phys. Gustavo Dopcke [-6714], Mag. Jayanta Dutta [8975] (seit 24.06.), Dipl.-Phys. Christoph Federrath [-8975] (bis 07.06.), Dipl.-Phys. Philipp Girichidis [-6713], Dipl.-Phys. Stephan Henke [-8988] (seit 18.03.), Dipl.-Phys. Gero Jürgens [-4839], Dipl.-Phys. Lukas Konstandin [-6713] (seit 01.07.), Dipl.-Phys. Ekaterina Lüttjohann [-8988], Dipl.-Phys. Peter Melchior [-4869] (bis 08.06.), Dipl.-Phys. Julian Merten [-6712] (bis 23.06.), Dipl.-Phys. Milica Milosavljevic [-6714], Dipl.-Phys. Faviola Molina [-8975], Dipl.-Phys. Paola Pinilla [-8975] (seit 23.09.), Dipl.-Phys. Gregor Seidel [-8988] (bis 19.10.), Dipl.-Phys. Johannes Schönke [-8988] (bis 09.06.), Dipl.-Phys. Daniel Seifried [-6713], Ana Valente M.Sc. [-8987], Dipl.-Phys. Massimo Viola [-8986] (bis 15.12.), Dipl.-Phys. Jean-Claude Waizmann [-8987] (bis 30.09.), Dipl.-Phys. Frederik Windmark [-8988] (seit 01.09.), Dipl.-Phys. Emanuel Ziegler [-8986] (bis 31.08.)

#### *Diplomanden, Bachelor- und Masterstudenten:*

Christian Baczynski (seit 31.05.), Alexander Gelsin (seit 16.11.), Lukas Konstandin (bis 17.06.), Nils Krahl (betreut von Dr. Björn Schäfer, bis 16.11.), Florian Mandl (seit 01.03.), Philipp Merkel (betreut von Dr. Björn Schäfer), Matthias Redlich [-4869] (seit 29.09.), Eleonora Sarli (Laurea, Gast der Universität Pavia), Jennifer Schober (seit 01.12.), Britta Zieser (Master, seit 20.09.)

#### *Sekretariat und Verwaltung:*

Silvia Matyssek (seit 01.10.), Anna Zacheus

### 1.2 Personelle Veränderungen

Im Laufe des Jahres sind folgende Personen aus dem Institut ausgeschieden: Ingo Berentzen (31.12.), Christoph Federrath (04.10.), Nils Krahl (16.11.), Stefan Schmeja (15.11.), Gregor Seidel (19.10.), Werner Tscharnuter (30.08.), Jean-Claude Waizmann (31.12.), Emanuel Ziegler (01.09.)

Als Professor neu eingestellt wurde Cornelis P. Dullemond (seit 02.11.).

Als Gastprofessor neu eingestellt wurde Tom Abel (seit 01.09.).

Als Margarete-von-Wrangell Stipendiatin neu angestellt wurde Viki Joergens (seit 15.04.).

Als Doktoranden neu angestellt wurden Jayanta Dutta (seit 24.06.), Stephan Henke (seit 18.03.), Paola Pinilla (seit 23.09.), und Frederik Windmark (seit 01.09.).

Als Diplomanden oder Master-Studenten neu aufgenommen wurden Florian Mandl (seit 01.03), Britta Zieser (seit 20.09.), Matthias Redlich (29.09.), Alexander Gelsin (seit 16.11.), und Jennifer Schober (seit 01.12.).

Stefan Schmeja war vom 04.08. bis 03.10. in Elternzeit.

### 1.3 Instrumente und Rechenanlagen

Wissenschaftler am ITA betreiben gemeinsam mit Kollegen der Technischen Informatik den experimentellen GPU-Cluster *kolob*. Weitere Informationen findet man unter der Adresse <http://kolob.ziti.uni-heidelberg.de/>. In Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen von Prof. Männer am Institut für Technische Informatik und von Prof. Spurzem am Astronomischen Rechen-Institut wurden neue Algorithmen für numerische astrophysikalische Simulationen entwickelt und getestet.

## 2 Gäste

Auch im Jahr 2010 konnten wir eine Reihe von Gästen am Institut begrüßen, die teilweise für einen Zeitraum von mehreren Monaten am Institut gearbeitet haben. Besonders erwähnen möchten wir an dieser Stelle Prof. Tom Abel von der Stanford University, der sein Sabbatical von September 2010 bis August 2011 in Heidelberg verbringt.

## 3 Lehrtätigkeit, Prüfungen und Gremientätigkeit

### 3.1 Lehrtätigkeiten

Robi Banerjee: Vorlesung und Übung Einführung in die Gravitationstheorie (Wintersemester 2009/10 und 2010/11), Numerisches Praktikum (Wintersemester 2009/10 und 2010/11)

Matthias Bartelmann: Grundvorlesungen Theoretische Physik 3, Klassische Elektrodynamik mit Übungen (Wintersemester 2009/10 und 2010/11), Vorlesung Allgemeine Relativitätstheorie mit Übungen (Sommersemester 2010), Oberseminar Aktuelle Themen aus der Kosmologie (in jedem Semester)

Hans-Peter Gail: Vorlesung Präsolare Staubteilchen, Meteoriten und Asteroiden mit Übungen (Sommersemester 2010), Vorlesung Astrochemie mit Übungen (Wintersemester 2010/11), Oberseminar Galaktische und protostellare Akkretionsscheiben, Planetenentstehung (Sommersemester 2010)

Simon Glover: Vorlesung Physics and Chemistry of the Interstellar Medium (Wintersemester 2009/10)

Ralf Klessen: Kursvorlesung mit Übungen Theoretical Astrophysics (Wintersemester 2009/10 und 2010/11), Blockkurs Introduction to Astronomy and Astrophysics I + II (Wintersemester 2009/10), Seminar Galactic and Protostellar Disks (Wintersemester 2009/10), Seminar Galactic and Protostellar Disks (Wintersemester 2009/10), Journal Club Current Topics in Theoretical Star Formation Studies (Wintersemester 2009/10 und 2010/11)

Francesco Pace: Tutor in Allgemeiner Relativitätstheorie (Sommersemester 2010), Tutor in Elektrodynamik (Wintersemester 2010/11)

Rowan Smith: Kolloquium zu Fragen der Theoretischen Astrophysik (alle Semester)

Werner Tscharnuter: Vorlesung Präsolare Staubteilchen, Meteoriten und Asteroiden mit Übungen (Sommersemester 2010)

Ulmschneider, Peter: Vorlesung Life in the Universe an der Universität von Athen im Zeitraum 03.03. bis 08.05.2010.

### 3.2 Prüfungen

Die Dozenten am Institut beteiligten sich insgesamt an über 100 Bachelor- und Master-Prüfungen, Vordiplomprüfungen in Physik, Diplomprüfungen in theoretischer Physik, Wahl- und Nebenfachprüfungen in Physik und Astronomie, sowie an Doktorprüfungen in den Fächern Astronomie und Physik.

### 3.3 Gremientätigkeit

Matthias Bartelmann: Prodekan der Fakultät für Physik und Astronomie; Mitglied der Arbeitsgruppe Zukunft der Universität Heidelberg; Mitglied der Habilitationskommission der Fakultät für Physik und Astronomie (Wintersemester 2009/10); Mitglied des Promotionsausschusses der Fakultät; Berufungskommission für die Nachfolge von Hans-Jürgen Pirner am Institut für Theoretische Physik; Herausgeber von *Sterne und Weltraum*; Kurator des Physik-Journals; Co-Chair der Working Group 5 (Extragalactic foregrounds), Planck Projekt (bis Oktober 2010); Direktorium der Heidelberger Graduiertenschule für Fundamentale Physik; Direktorium des Transregio 33 The Dark Universe

Ralf Klessen: Stellvertretender Direktor des Zentrums für Astronomie der Universität Heidelberg; Geschäftsführender Leiter des Instituts für Theoretische Astrophysik; Mitglied der Studiengebührenkommission der Fakultät für Physik und Astronomie; Mitglied der Steuerungsgruppe der International Max Planck Research School (IMPRS) for Astronomy and Cosmic Physics at the University of Heidelberg; Stellvertretender Sprecher des SFB 881 The Milky Way System; Stellvertretender Sprecher des Schwerpunktprogrammes SPP 1375 Physics of the Interstellar Medium; Mitglied des Zeitvergabekomitees des Schweizer Supercomputing-Zentrums

Werner Tscharnuter: Mitglied des erweiterten Direktorium des Interdisziplinären Zentrums für Wissenschaftliches Rechnen (IWR)

## 4 Wissenschaftliche Arbeiten

Das Institut für Theoretische Astrophysik umfasst mehrere Arbeitsgruppen, die Fragestellungen in wichtigen Bereichen der modernen Astrophysik behandeln, angefangen von Planetenentstehung und der Physik protostellarer Akkretionsscheiben, über die Bildung von Sternen in der Sonnenumgebung aber auch im frühen Universum, bis hin zu Galaxienhaufen und Kosmologie.

Wissenschaftler in der neu gegründeten Arbeitsgruppe von Prof. Cornelis P. Dullemond beschäftigen sich mit der Frage der Entwicklung protostellarer Akkretionsscheiben und der Bildung von Planeten in diesen Scheiben. Ein wichtiger Schwerpunkt der Arbeit ist die theoretische und numerische Modellierung des Wachstumsprozesses von Staubteilchenagregaten. Dieser Prozess fängt bei Mikrometer großen Feinstaubpartikeln an und erstreckt sich über 13 Größenordnungen im Durchmesser hin zu vollständig ausgebildeten Planeten mit Radien von 5000 km und mehr. Dies entspricht 40 Größenordnungen in der Masse. Die numerische Modellierung dieses Prozesses ist eine gewaltige Herausforderung. Es ist daher wichtig, neue numerischen Verfahren zu entwickeln, um dieses Problem effizient zu lösen. Das langfristige Ziel ist, herauszufinden, wie Planetenentstehung auf Skalen von über 10.000 km und das Staubwachstum auf Skalen von unter 100  $\mu\text{m}$  miteinander wechselwirken.

Ein verwandtes Forschungsgebiet ist die Untersuchung der Struktur und Entwicklung protoplanetarer Scheiben. Diese Scheiben sind die Überreste des Sternentstehungsprozesses

und die Geburtsstätten von Planeten und Planetensystemen. Der Prozess der Planetenentstehung ist eng mit der Struktur und dynamischen Entwicklung der Scheiben verknüpft. Es ist daher ein wichtiges langfristiges Ziel der Gruppe, beide Aspekte als eine Einheit zu untersuchen und modellieren. Aktuelle Arbeiten betreffen detaillierte Vorhersagen von protoplanetaren Scheiben für ALMA und E-VLA und verbesserte Staub-Wachstum-Modelle, die aus einer engen Zusammenarbeit mit Experimentatoren in Braunschweig und Duisburg entstanden sind.

Neben den oben genannten Themen beschäftigt sich Prof. Dullemond auch mit der Entwicklung eines neuen Programms für 3-D Strahlungstransport: RADMC-3D. Dieses Programm ist sowohl für Staub-Kontinuum als auch für Linien-Strahlungstransport geeignet, und hat mehrere Gitter-Möglichkeiten. Das Ziel ist, ein flexibles und gut dokumentiertes Programm der Öffentlichkeit zu Verfügung zu stellen.

Der wissenschaftliche Schwerpunkt der Arbeitsgruppe Sternentstehung unter der Leitung von Prof. Ralf S. Klessen liegt in der Erforschung der physikalischen Prozesse, die zur Bildung von Sternen in Galaxien wie unserer Milchstraße aber auch im frühen Universum führen. Sterne entstehen in interstellaren Wolken aus molekularem Wasserstoff. Der Prozess der Sternentstehung wird dabei reguliert durch das komplexen Wechselspiel aus der Eigengravitation des Wolkengases und der darin beobachteten Überschallturbulenz. Wichtig dabei sind auch Magnetfeldern und verschiedenen Rückkopplungsprozesse, wie etwa stellare Winde oder die intensive Strahlung von jungen Sternen. Der interstellaren Turbulenz kommt dabei eine doppelte Rolle zu. Zum einen trägt sie dazu bei, dass Gaswolken auf großen Skalen gegen gravitative Kontraktion stabilisiert werden. Gleichzeitig jedoch führt sie auf kleinen Skalen zu starken Dichteschwankungen. Einige der so erzeugten Fluktuationen können die kritische Masse für gravitativen Kollaps überschreiten und neue Sterne bilden.

Mit Hilfe theoretischer Ansätze und numerischer Simulationsrechnungen wird diese Entwicklungssequenz von den Wissenschaftlern am ITA im Detail untersucht. Besonderer Bedeutung kommen dabei den Anfangs- und Randbedingungen zu. Um die dynamische Entwicklung von turbulenten Molekülwolken adäquat beschreiben zu können, wurden am Institut magnetohydrodynamische Simulationen mit zeitabhängigen chemischen Reaktionsnetzwerken verknüpft. Damit lässt sich zum ersten Mal, die komplette Entwicklungssequenz der Sternentstehung, von der Bildung einer Molekülwolke aus dem atomaren Gas der Milchstraße bis hin zum Aufbau von Sternhaufen in ihrem Inneren konsistent am Rechner verfolgen. Aus den so erzeugten Datensätzen lassen sich mit Hilfe des 3D Strahlungstransportprogramms RADMC-3D synthetische Karten für verschiedenen Moleküllinien erzeugen, die den direkten Vergleich mit Beobachtungsdaten erlauben. Als eine erste Anwendung wurden die fundamentalen astrophysikalischen Prozesse im Detail untersucht, die den sogenannten X-Faktor bestimmen, den Umrechnungsfaktor von gemessener CO-Emission und tatsächlicher Gasmasse.

Ein wichtiges Ergebnis der Arbeitsgruppe aus dem Bereich der primordialen Sternentstehung ist die Vorhersage, dass die Akkretionsscheiben, aus denen die ersten Sterne im Universum entstanden sind, hochgradig instabil gewesen sein müssen, und dass deshalb diese Objekte nicht als Einzelsterne, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach als Doppelsterne oder Mehrfachsysteme entstanden sind. Weiterhin hat eine genaue Untersuchung des turbulenten Dynamo im primordialen Kollaps ergeben, dass dieser Prozess in der Lage war, bestehende schwache Magnetfelder rasch bis auf einige Prozent des Äquipartitionswertes zu verstärken. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass Magnetfelder auch bei der Bildung der ersten Sterne eine wichtige Rolle gespielt haben müssen, so wie wir dies bei der Sternentstehung heute beobachten.

Die Kosmologie-Gruppe am ITA bearbeitet drei Themenbereiche: (1) Kosmische Strukturbildung, (2) Detektion und Analyse von dunkler Materie mithilfe von Gravitationslinsen und (3) die Entstehung und Entwicklung von Galaxienhaufen. Zu (1): Die gaußsche Statistik der Schwankungen im kosmischen Gravitationspotential erlaubt, die Popu-

lation der Galaxienhaufen zu beschreiben, ohne die schlecht definierte und nicht beobachtbare Masse der Galaxienhaufen zu verwenden. Daraus ist eine neue Art kosmischer Populationsstatistik entstanden, die beispielsweise die direkte Herleitung der Temperaturverteilung von Galaxienhaufen erlaubt. Kosmologische Strukturbildung lässt sich, zumindest bis weit in den quasi-linearen Skalenbereich, durch eine Wirkungsfunktion darstellen, die enge Analogien zur Quantenfeldtheorie zeigt. Durch Funktionalableitungen des entsprechenden Zustandsfunktionalen lassen sich dann im Prinzip alle Korrelatoren gewinnen, unter anderem auch das Leistungsspektrum kosmischer Dichteschwankungen. Renormierungsgruppen-Methoden können dann dazu verwendet werden, die quasi- und nichtlineare Entwicklung des Leistungsspektrums zu beschreiben. Diese Vorgehensweise trägt das Potential in sich, die Statistik der nichtlinearen kosmischen Strukturbildung auf analytische Weise zu beschreiben. (2) Der starke und der schwache Gravitationslinseneffekt werden dazu verwendet, die innere Struktur von Galaxienhaufen aufzuklären, während mithilfe des schwachen Gravitationslinseneffekts Strukturen aus dunkler Materie gefunden werden können. Aus entsprechenden Untersuchungen wurde eine Reihe neuer und teils erheblich verbesserter Methoden entwickelt, die von der Simulation und Messung des Gravitationslinseneffekts erster und zweiter Ordnung bis zur Rekonstruktion von Galaxienhaufen reichen. Ein Teil dieser Methoden wurde auf graphischen Prozessoreinheiten (GPUs) implementiert und wird nun in einem der größten Beobachtungsprogramme mit dem Hubble Space Telescope eingesetzt. Die Detektion von Strukturen aus dunkler Materie durch lineare Filterverfahren wurde durch Hinzunahme aller verfügbaren Daten erweitert. (3) Turbulenz in Galaxienhaufen, deren innere Eigenschaften, Aufheizung und Entwicklung wurden mit Hilfe adaptiver Gittersimulationen untersucht. Zur besseren Beschreibung der kosmologischen Entwicklung der Haufenpopulation wurden die sphärischen und ellipsoidalen Kollapsmodelle untersucht, erweitert und auf kosmologische Modelle mit beliebig variabler dunkler Energie erweitert.

In dieser Übersicht der aktuellen Forschungsschwerpunkte am Institut ist es wichtig zu erwähnen, dass trotz ihrer Pensionierung sowohl Prof. Hans-Peter Gail als auch Prof. Michael Scholz wissenschaftlich weiterhin sehr aktiv sind. In der Arbeitsgruppe von Prof. Gail beispielsweise sind gänzlich neue Ansätze zur Beschreibung der inneren Struktur von Meteoriten entstanden, in denen die interne Materialstruktur und deren zeitliche Veränderung sowie eine Vielzahl verschiedener Heizprozesse in einem präzisen Modell erfasst werden. Daneben gibt es eine sehr erfolgreiche Zusammenarbeit mit Experimentatoren im Mineralogischen Institut der Universität und im Kirchhoff-Institut für Physik zu Fragen der Staubkondensation. Prof. Michael Scholz konnte seine sehr erfolgreichen Arbeiten auf dem Gebiet der theoretischen Untersuchung von Nachhauptreihensternen fortsetzen. Hier ist es gelungen, mit Hilfe verbesserter Mira/AGB-Modelle die atmosphärische Struktur des Sterns VX Sagittarii zu bestimmen und mit interferometrischen Beobachtungen zu vergleichen.

## 5 Akademische Abschlussarbeiten

### 5.1 Diplomarbeiten

#### *Abgeschlossen:*

Konstandin, Lukas: Statistische Methoden zur Untersuchung von Überschallturbulenzen im Lagrangeschen Bezugssystem

Krah, Nils: Nichtgaußsche Eigenschaften des kosmischen Mikrowellenhintergrunds

Mandl, Florian: Numerische Stabilität des FLASH Codes

#### *Laufend:*

Baczynski, Christian: Dynamik der ausgedehnten HI-Scheibe der Galaxie M83

Schober, Jennifer: Erzeugung primordialer Magnetfelder durch den turbulenten Dynamo-

prozess

Schrön, Martin: Untersuchung des Einflusses protostellarer Ausflüsse in jungen Sternhaufen

## 5.2 Dissertationen

*Abgeschlossen:*

Federrath, Christoph: The Formation of Molecular Clouds and Stars by Turbulent Compression and Collapse (07.06.)

Melchior, Peter: Shapelets for gravitational lensing and galaxy morphology studies (08.06.)

Merten, Julian: Gravitational lensing: An advanced method to recover the mass distribution of galaxy clusters (23.06.)

Schönke, Johannes: Zur Entstehung von Sternen und protoplanetaren Scheiben (09.06.)

Viola, Massimo: On Shear and Flexion Measurements and Properties of Dark Matter Halos (15.12.)

Waizmann, Jean-Claude: On Finding Galaxy Clusters with Planck (24.10.)

Ziegler, Emanuel: Divergenzfreie Simulation von Magnetfeldern in Galaxienhaufen mithilfe von SPH (abgebrochen)

*Laufend:*

Angrick, Christian: On the derivation of an X-ray temperature function without reference to mass and the prediction of weak-lensing number counts from the statistics of Gaussian random fields

Dopcke, Gustavo: Formation of the First Star Clusters

Dutta, Jayanta: Angular Momentum Evolution During Primordial Collapse

Girichidis, Philipp: Entstehung massereicher Sterne

Henke, Stephan: Modellierung der thermischen Entwicklung von Planetesimalen auf der Basis geochronologischer Daten

Jürgens, Gero: Nichtlineare kosmische Strukturbildung

Konstandin, Lukas: Einfluss ionisierender Strahlung auf die Dynamik des Interstellaren Mediums

Lexen, Ernst: Solution of the Inverse Radiative Transfer Problem as a Parameter Estimation Problem with Nonlinear Differential Equation Models

Lüttjohann, Ekaterina: Mineralogische und chemische Zusammensetzung des Sonnennebels

Milosavljevic, Milica: Chemische Prozesse im Interstellaren Medium

Molina, Faviola: Statistische Untersuchung von Molekülwolken

Seifried, Daniel: Numerische Modellierung massereicher Sternentstehung

Valente, Ana: Cross correlation of the thermal Sunyaev-Zel'dovich and weak gravitational lensing effects in the halo model

Wang, Hsiang-Hsu: Gas Evolution in Disk Galaxies

## 5.3 Projekte und Kooperationen mit anderen Instituten

Siehe Abschnitt 4, Wissenschaftliche Arbeiten

## 6 Auswärtige Tätigkeiten

### 6.1 Nationale und internationale Tagungen

Ralf Klessen: Mitorganisation der folgenden Konferenzen und Schulen: Splinter Meeting „Physics of the Interstellar Medium“ beim Jahrestreffen der Astronomische Gesellschaft in Bonn (September 2010), International Summer School „First Stars and Cosmic Reionization“ in Heidelberg (August 2010), IAU Symposium „Numerical Simulations of Star Formation“ in Barcelona (Mai 2010), Workshop „Theoretical Challenges in the JWST Era“ in Austin (März 2010)

### 6.2 Vorträge und Gastaufenthalte

Philipp Girichidis verbrachte vom 01.04. bis 30.11.2010 ein Auslandssemester an der Universität in Cardiff.

Ralf Klessen verbrachte ein Forschungssemester an der Stanford University und der University of California at Santa Cruz im Zeitraum von 01.01. bis 08.08.2010.

Milica Milosavljevic war an der University of Sidney in der Zeit vom 20.11.2010 bis zum 15.02.2011.

Thomas Peters verbrachte vom 01.03. bis 31.05.2010 einen längeren Forschungsaufenthalt an der Harvard University.

### 6.3 Kooperationen

Die Wissenschaftler des Instituts für Theoretische Astrophysik sind an einer Vielzahl nationaler und internationaler Kooperationen beteiligt. Dazu zählen neben dem Heidelberger Sonderforschungsbereich SFB 881 „The Milky Way System“, der Transregio-Sonderforschungsbereich TRR 33 „The Dark Universe“, die DFG Schwerpunktprogramme SPP 1177 „Zeugen kosmischer Geschichte: Entstehung und Entwicklung von schwarzen Löchern, Galaxien und ihrer Umgebung“, SPP 1385 „The first 10 Million Years of the Solar System, a Planetary Materials Approach“, SPP 1573 „Physics of the Interstellar Medium“, die DFG-Forschergruppe 759 „The Formation of Planets: The Critical First Growth Phase“, das Europäische RTN-Netzwerk „DUEL“, das ASTRONET Projekt „STAR FORMAT“, das Satellitenprojekt „Planck“ und das geplante Satellitenprojekt „DUNE“, sowie die Projekte „Formation of the First Stars“ und „Galaxy Clusters Probed by Strong Gravitational Lensing“, die von der Baden-Württemberg Stiftung im Rahmen des Programmes Internationale Spitzenforschung II gefördert werden.

## 7 Veröffentlichungen

### 7.1 In Zeitschriften und Büchern

Andrae, R., Melchior, P., Bartelmann, M., Soft clustering analysis of galaxy morphologies: a worked example with SDSS, *A&A* 522, A21 (2010)

Angrick, C., Bartelmann, M., Triaxial collapse and virialisation of dark-matter haloes, *A&A* 518, A38 (2010)

Bartelmann, M., Gravitational lensing, *Classical and Quantum Gravity*, 27, 3001 (2010)

Bartelmann, M., The dark Universe, *Rev. Mod. Phys.*, 82, 331 (2010)

Brunt, C. M., Federrath, C., Price, D. J., A method for reconstructing the variance of a 3D physical field from 2D observations: application to turbulence in the interstellar medium, *MNRAS* 403, 1507 (2010)

Brunt, C. M., Federrath, C., Price, D. J., A method for reconstructing the PDF of a 3D turbulent density field from 2D observations, *MNRAS* 405, 56 (2010)

- Chiavassa, A., Lacour, S., Millour, F., Driebe, T., Wittkowski, M., Plez, B., Thiebaut, E., Josselin, E., Freytag, B., Scholz, M., Haubois, X., VLTI/AMBER spectro-interferometric imaging of VX Sagittarii's inhomogeneous outer atmosphere, *A&A* 511, A51 (2010)
- Federrath, C., Banerjee, R., Clark, P.C., Klessen, R.S., Modeling Collapse and Accretion in Turbulent Gas Clouds: Implementation and Comparison of Sink Particles in AMR and SPH, *ApJ* 713, 269 (2010)
- Federrath, C., Roman-Duval, J., Klessen, R. S., Schmidt, W., Mac Low, M.-M., Comparing the statistics of interstellar turbulence in simulations and observations. Solenoidal versus compressive turbulence forcing, *A&A* 512, A81 (2010)
- Froebrich, D., Schmeja, S., Samuel, D., Lucas, P. W., Old star clusters in the FSR catalogue, *MNRAS* 409, 1281 (2010)
- Giocoli, C., Bartelmann, M., Sheth, R. K., Cacciato, M., Halo model description of the non-linear dark matter power spectrum at  $k \gg 1 \text{Mpc}^{-1}$ , *MNRAS* 408, 300 (2010)
- Glover, S. C. O., Federrath, C., Mac Low, M.-M., Klessen, R. S., Modelling CO formation in the turbulent interstellar medium, *MNRAS* 404, 2 (2010)
- Gouliermis, D. A., Schmeja, S., Klessen, R. S., de Blok, W. J. G., Walter, F., Hierarchical Stellar Structures in the Local Group Dwarf Galaxy NGC 6822, *ApJ* 725,1717 (2010)
- Greif, T. H., Glover, S. C. O., Bromm, V., Klessen, R. S., The First Galaxies: Chemical Enrichment, Mixing, and Star Formation, *ApJ* 716, 510 (2010)
- Iapichino, L., Lesaffre, P., Uncertainties and robustness of the ignition process in type Ia supernovae, *A&A* 512, A27 (2010)
- Joergens, V., Müller, A., Reffert, S., Improved radial velocity orbit of the young binary brown dwarf candidate Cha H $\alpha$ 8, *A&A* 521, A24 (2010)
- Kauffmann, J., Pillai, T., Shetty, R., Myers, P. C., Goodman, A. A., The Mass-Size Relation from Clouds to Cores. I. A New Probe of Structure in Molecular Clouds, *ApJ* 712, 113 (2010)
- Kauffmann, J., Pillai, T., Shetty, R., Myers, P. C., Goodman, A. A., The Mass-size Relation from Clouds to Cores. II. Solar Neighborhood Clouds, *ApJ*, 716, 433 (2010)
- Klessen, R. S., Hennebelle, P., Accretion-driven turbulence as universal process: galaxies, molecular clouds, and protostellar disks, *A&A* 520, A17 (2010)
- Klevenz, M., Wetzel, S., Trieloff, S., Gail, H.-P., Pucci, A., Vibrational spectroscopy of SiO on Si (111), *Phys. Status Solidi B Basic Res.*, 247, 2179 (2010)
- Kreckel, H., Bruhns, H., Čížek, M., Glover, S. C. O., Miller, K. A., Urbain, X., Experimental Results for H<sub>2</sub> Formation from H $\dot{\nu}$  $\frac{1}{2}$  and H and Implications for First Star Formation, *Science* 329 , 5987 (2010)
- Mandolesi, N., Bersanelli, M., Butler, R. C., et al., Planck pre-launch status: The Planck-LFI programme, *A&A* 520, A3 (2010)
- Maoz, D., Ebeling, H., Seidel, G., Bartelmann, M., The lensing efficiencies of MACS X-ray-selected versus RCS optically selected galaxy clusters, *MNRAS* 406, 1318 (2010)
- Maturi, M., Angrick, C., Pace, F., Bartelmann, M., An analytic approach to number counts of weak-lensing peak detections, *A&A* 519, A23 (2010)
- Melchior, P., Böhnert, A., Lombardi, M., Bartelmann, M., Limitations on shapelet-based weak-lensing measurements, *A&A* 510, 75 (2010)
- Pace, F., Waizmann, J.-C., Bartelmann, M., Spherical collapse model in dark-energy cosmologies, *MNRAS* 406, 1865 (2010)

- Pace, F., Moscardini, L., Bartelmann, M., Branchini, E., Dolag, K., Grossi, M., Matarrese, S., A numerical study of the effects of primordial non-Gaussianities on weak lensing statistics, *MNRAS* tmp,1684 (2010)
- Peters, T., Banerjee, R., Klessen, R.S., Mac Low, M.-M., Galván-Madrid, R., Keto, E. R., H II Regions: Witnesses to Massive Star Formation, *ApJ* 711, 101 (2010)
- Peters, T., Klessen, R. S., Mac Low, M.-M., Banerjee, R., Limiting Accretion onto Massive Stars by Fragmentation-induced Starvation, *ApJ* 725, 134 (2010)
- Peters, T., Mac Low, M.-M., Banerjee, R., Klessen, R. S., Dullemond, C. P., Understanding Spatial and Spectral Morphologies of Ultracompact H II Regions, *ApJ* 719, 831 (2010)
- Price, D. J., Federrath, C., A comparison between grid and particle methods on the statistics of driven, supersonic, isothermal turbulence, *MNRAS* 406, 1659 (2010)
- Schleicher, D. R. G., Banerjee, R., Sur, S., Arshakian, T. G., Klessen, R. S., Beck, R., Spaans, M., Small-scale dynamo action during the formation of the first stars and galaxies. I. The ideal MHD limit, *A&A* 522, A115 (2010)
- Schleicher, D. R. G., Spaans, M., Glover, S. C. O., Black Hole Formation in Primordial Galaxies: Chemical and Radiative Conditions, *ApJ* 712, 69 (2010)
- Schleicher, D. R. G., Spaans, M., Klessen, R. S., Probing high-redshift quasars with ALMA. I. Expected observables and potential number of sources, *A&A* 513, A7 (2010)
- Schmidt, W., Kern, S. A. W., Federrath, C., Klessen, R. S., Numerical and semi-analytic core mass distributions in supersonic isothermal turbulence, *A&A* 516, A25 (2010)
- Schnee, S., Enoch, M., Noriega-Crespo, A., Sayers, J., Terebey, S., Caselli, P., Foster, J., Goodman, A., Kauffmann, J., Padgett, D., Rebull, L., Sargent, A., Shetty, R., The Dust Emissivity Spectral Index in the Starless Core TMC-1C, *ApJ*, 708,127 (2010)
- Schneider, N., Csengeri, T., Bontemps, S., Motte, F., Simon, R., Hennebelle, P., Federrath, C., Klessen, R., Dynamic star formation in the massive DR21 filament, *A&A* 520, A49 (2010)
- Shetty, R., Collins, D. C., Kauffmann, J., Goodman, A. A., Rosolowsky, E. W., Norman, The Effect of Projection on Derived Mass-Size and Linewidth-Size Relationships, *ApJ* 712, 1049 (2010)
- Sur, S., Schleicher, D. R. G., Banerjee, R., Federrath, C., Klessen, R. S., The Generation of Strong Magnetic Fields During the Formation of the First Stars, *ApJ* 721, 134 (2010)
- Tauber, J. A., Mandolesi, N., Puget, J.-L. et al., Planck pre-launch status: The Planck mission, *A&A* 520, A1 (2010)
- Viola, M., Maturi, M., Bartelmann, M., Constraints on the inner density profile of dark matter haloes from weak gravitational lensing, *MNRAS* 403, 859 (2010)
- Viola, M., Melchior, P., Bartelmann, M., Biases in, and corrections to, KSB shear measurements, *MNRAS* tmp, 1576 (2010)
- Wang, H.-H., Klessen, R. S., Dullemond, C. P., van den Bosch, F. C., Fuchs, B., Equilibrium initialization and stability of three-dimensional gas discs, *MNRAS* 407, 705 (2010)
- Horesh, A.,

## 7.2 Konferenzbeiträge

- Banerjee, R., Jets and Outflows from Collapsing Objects, Proceedings for Jets from Young Stars V, Lecture Notes in Physics, Berlin Springer Verlag, 791, eds. J. Gracia, F. de Colle, & T. Downes, p. 201 (2010)
- Gail, H.-P., Hoppe, P.: The Origins of Protoplanetary Dust and the Formation of Accretion Disks. In: Protoplanetary Dust: Astrophysical and Cosmochemical Perspectives, ed. Apai, D.A. and Lauretta, D.S.. Cambridge University Press, p. 27-65 (2010)

- Gail, H.-P.: Formation and Evolution of Minerals in Accretion Disks and Stellar Outflows. In: *Astronomical Mineralogy*, ed. Th. Henning. Lecture Notes in Physics, Vol. 815, Berlin Springer Verlag, p.61 (2010)
- Glover, S.C.O., Federrath, C., Mac Low, M.-M., Klessen, R.S., Simulating the chemistry and dynamics of molecular clouds, *Highlights of Astronomy*, Volume 15, p. 405 (2010)
- Federrath, C.; Duval, J.; Klessen, R. S.; Schmidt, W.; Low, M.-M. Mac 2010, 'Solenoidal versus compressive turbulence forcing', *Highlights of Astronomy*, 15, 404
- Federrath, C., Banerjee, R., Seifried, D., Clark, P. C., Klessen, R. S., Implementing and comparing sink particles in AMR and SPH, to appear in the proceedings of the 270 IAU Symposium *Numerical Star Formation* (eds. Alves, Elmegreen, Girart, Trimble) [arXiv:1007.2504]
- Iapichino, L., Maier, A., Schmidt, W., Niemeyer, J.C., Turbulence modeling and the physics of the intra-cluster medium. 2010, proceedings of the *Invisible Universe International Conference*, AIP Conf. Proc., eds. J.-M. Alimi and A. Fuözfa, 1241, 928. arXiv: 0911.2629
- Iapichino, L., Niemeyer, J.C., Paul, S., Schmidt, W., Turbulence modeling and the physics of the intra-cluster medium. 2010, proceedings of the workshop *High Performance Computing in Science and Engineering, Garching/Munich 2009*, Springer Berlin Heidelberg, eds. S. Wagner, M. Steinmetz, A. Bode, and M.M. Müller, p. 383
- Jappsen, A.-K., Glover, S.C.O., Mac Low, M.-M., Klessen, R.S., The importance of initial conditions and metallicity for the fragmentation of protogalactic gas, in „Chemical Abundances in the Universe: Connecting First Stars to Planets“, Proceedings of IAU Symposium 265, pp. 65-66 (2010)
- Klessen, R. S., Peters, T., Banerjee, R., Mac Low, M.-M., Galvan-Madrid, R., Keto, E. R., Modeling High-Mass Star Formation and Ultracompact HII Regions, to appear in the proceedings of the 270 IAU Symposium *Numerical Star Formation* (eds. Alves, Elmegreen, Girart, Trimble) [arXiv:1007.3530]
- Price, D. J., Federrath, C. 2010, 'Smoothed Particle Hydrodynamics: Turbulence and MHD', ASPC 429, 274
- Schmeja, S.: The structures of embedded clusters. In *Interstellar Matter and Star Formation – A Multi-Wavelength Perspective*, ed. D. K. Ojha, Astron. Soc. India Conf. Ser., 1, 27 (2010)
- Schmeja, S., D. A. Gouliermis, R. S. Klessen, W. J. G. de Blok, & F. Walter: Hierarchical clustering in the Local Group dwarf galaxy NGC 6822. In *Star Clusters: Basic Galactic Building Blocks Throughout Time and Space*, eds. R. de Grijs & J. R. D. Lépine, IAU Symposium 266, 538 (2010)
- Schleicher, D. R. G., Banerjee, R., Sur, S., Glover, S. C. O., Spaans, M., Klessen, R. S., The formation of supermassive black holes in the first galaxies, to appear in the proceedings of the 270 IAU Symposium *Numerical Star Formation* (eds. Alves, Elmegreen, Girart, Trimble)
- Schleicher, D. R. G., Spaans, M., Klessen, R. S., Detecting the First Quasars with ALMA, in *Co-Evolution of Central Black Holes and Galaxies*, IAU Symposium, 267, 52

### 7.3 Populärwissenschaftliche und sonstige Veröffentlichungen

- Bartelmann, M., Steinmetz, M.: Dem dunklen Universum auf der Spur. *Sterne und Welt- raum* 8, (2010)
- Bartelmann, M.: Kosmologie heute: Stand und Perspektiven. In: Jakob Staude (Hg.), *Galileis erster Blick durchs Fernrohr und die Folgen heute*. Heidelberg, Universitätsverlag Winter, 173 (2010)

Bartelmann, M.: CMB fluctuations in the post-recombination universe. In: J. A. Rubino-Martin, R. Rebolo, E. Mediavilla (eds.), *The cosmic microwave background: From quantum fluctuations to the present universe*. Canary Islands winter school of astrophysics, vol. XIX, 108 (2010)

Prof. Dr. Ralf S. Klessen