Max-Planck-Institut für Astronomie

Heidelberg-Königstuhl

Jahresbericht 2014

Titelbild:
Eine der zwei von Jouni Kainulainen und Kollegen untersuchten Molekülwolken: Die Rho-Ophiuchi-Dunkelwolke vor dem Hintergrund der Milchstraße. Zu sehen ist eine normale Aufnahme der Region im sichtbaren Licht; vorgelagert ist eine Karte der Gaswolke, in der sichtbar gemacht ist, in welchem Ausmaß das Licht dahinterliegender Sterne durch die Wolke abgeschwächt wird. Solche Karten bilden die Grundlage der Rekonstruktion der räumlichen Struktur dieser Wolken, aus denen die Astronomen ein Rezept zur Sternentstehung erschlossen haben. Siehe Kapitel II.7, Seite 38.

Quelle: J. Kainulainen, MPIA (Dichtekarten). Hintergrund: ESO / S. Guisard (www.eso.org/~sguisard)

Max-Planck-Institut für Astronomie

Heidelberg-Königstuhl

Jahresbericht 2014

Max-Planck-Institut für Astronomie

Wissenschaftliche Mitglieder, Kollegium, Direktoren: Prof. Thomas Henning (Direktor)
Prof. Hans-Walter Rix (Geschäftsführender Direktor)

Wissenschaftlicher Referent: Dr. Klaus Jäger (Telefon: +49 6221 528 379)

Öffentlichkeitsarbeit (Leitung), Haus der Astronomie (Leitung): Dr. Markus Pössel (Telefon: +49 6221 528 261)
Verwaltung (Leitung): Mathias Voss (Telefon: +49 6221 528 230)

MPIA-Observatorien: Dr. Roland Gredel (Telefon: +49 6221 528 264)

Emeritierte Wissenschaftliche Mitglieder:
Prof. Immo Appenzeller, Heidelberg
Prof. Karl-Heinz Böhm, Seattle † 2. März 2015
Prof. Guido Münch, La Jolla

Auswärtige Wissenschaftliche Mitglieder:
Prof. Steven V. W. Beckwith, Berkeley
Prof. Willy Benz, Bern
Prof. Rafael Rebolo, Teneriffa
Prof. Volker Springel, Heidelberg

Fachbeirat:
Prof. Rolf-Peter Kudritzki, Honolulu (Vorsitz)
Prof. Ewine van Dishoeck, Leiden
Dr. Philip John Puxley, Arlington
Prof. Dieter Reimers, Hamburg
Prof. Anneila I. Sargent, Pasadena
Prof. Sabine Schindler, Innsbruck
Prof. Stephan Shectman, Pasadena
Prof. Rens Waters, Amsterdam
Prof. Robert Williams, Baltimore
Prof. Harold Yorke, Pasadena

Kuratorium:
Prof. Karlheinz Meier, Heidelberg (Leitung)
Prof. Bernhard Eitel, Heidelberg
Dr. Reinhold Ewald, Weißling
Dr. Peter Hartmann, Mainz
Prof. Matthias Hentze, Heidelberg
Dr. Michael Kaschke, Oberkochen
Min.-Dirig. Dr. Heribert Knorr, Stuttgart
Dipl.-Ing. Matthias Nagel, Bonn
Dr. Wolfgang Niopek, Heidelberg
Dipl.-Ing. Stefan Plenz, Wiesloch
Prof. Roland Sauerbrey, Dresden
Dr. Bernd Scheifele, Heidelberg
Dr. h.c. Klaus Tschira, Heidelberg † 31. März 2015
Prof. Andreas Tünnermann, Jena
Dipl.-Phys. Ranga Yogeshwar, Köln

Anschrift: MPI für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg
Telefon: 0049 6221 5280 *Fax:* 0049 6221 528 246
E-Mail: sekretariat@mpia.de *Internet:* www.mpia.de

Calar-Alto-Observatorium

Anschrift: Centro Astronómico Hispano Alemán, Calle Jesús Durbán 2/2, E-04004 Almería
Telefon: 0034 950 230 988, 0034 950 632 500 *Fax:* 0034 950 632 504
E-Mail: info@caha.es *Internet:* www.caha.es

Arbeitsgruppe »Laboratorastrophysik«, Jena

Anschrift: Institut für Festkörperphysik der FSU, Helmholtzweg 3, D-07743 Jena
Telefon: 0049 3641 947 354 *Fax:* 0049 3641 947 308
E-Mail: cornelia.jaeger@uni-jena.de

© 2015 Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg
Herausgeber: Thomas Henning, Hans-Walter Rix
Redaktion: Markus Pössel
Graphik-Redaktion: Axel M. Quetz
Lektorat/Korrektorat: Sigrid Brümmer, Klaus Jäger, Markus Pössel, Axel M. Quetz
Texte: Ingrid Apfel (V.1), Thomas Henning (II.2), Klaus Jäger (II.9, II.10, III.3, V.1, V.2), Knud Jahnke (III.2), Oliver Krause (III.2), Martin Kürster (III.1, III.4, III.5), Markus Pössel (I, II.1–8, II.11, III.4, IV.1–3), Hans-Walter Rix (II.1); mit Beiträgen der unter den jeweiligen Texten als Ansprechpartner/Beteiligte angegebenen Mitarbeiter
Listenteil: Axel M. Quetz
Graphiken und Layout: Karin Meißner, Carmen Müllerthann, Judith Neidel
Übersetzung: Sophia Haude und andere
Druck: ColorDruck Solutions GmbH, 69181 Leimen

Gedruckt im November 2015 ISSN 1437-2924; Internet: ISSN 1617-0490

Inhalt

Vorwort 5

I. Das Institut im Überblick 7

Unsere Forschungsgebiete 8
MPIA-Teleskope in aller Welt 10
Weltraumteleskope 12
Infrastruktur 14
MPIA in Zahlen 15

II. Forschung: Abteilungen, Kooperationen, Highlights 17

II.1 Planeten- und Sternentstehung 18
II.2 Galaxien und Kosmologie 22
II.3 Wissenschaftliche Initiativen 26
II.4 Schwarzes Loch beleuchtet kosmisches Netz 28
II.5 Erste Oberflächenkarte eines Braunen Zwergs liefert den fernsten Wetterbericht aller Zeiten 31
II.6 Wo die kleinen Galaxien herkommen: Kosmische Zusammenstöße zwischen Zwerggalaxien 35
II.7 Das Rezept für die Sternentstehung 38
II.8 Bestätigung für einen chancenlosen Planeten 41
II.9 Gigantischer Fund: Der größte Stern in der größten Sternenkinderstube unserer Heimatgalaxie 45
II.10 Die kleinste bekannte Galaxie mit einem supermassereichen Schwarzen Loch 48
II.11 Kosmische »Computertomographie« zeigt die dreidimensionale Struktur unseres Universums 53

III. Instrumentierung und Technik 57

III.1 Instrumentierung für bodengebundene Astronomie 58
III.3 Instrumentierung für Weltraumteleskope 63
III.4 Erstes Licht für SPHERE und PANIC 68
III.5 Übersicht aktueller Projekte 72
III.6 Technische Abteilungen 76

IV. Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit 77

IV.1 Universitäre Lehre und Doktorandenförderung 78
IV.2 Wissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit 80
IV.3 Haus der Astronomie 83

V. Menschen und Ereignisse 89

V.1 Preise, Ehrungen und Auszeichnungen 90
V.2 Besondere Events und Konferenzen 95
V.3 Beruf und Familie / Doppelkarrieren (Dual Career) / Work-Life-Balance 97

VI. Anhang 99

VI.1 Mitarbeiter 100
VI.2 Gästeliste 102
VI.3 Zusammenarbeit mit Firmen 103
VI.4 Tagungen, Vorträge 104
VI.5 Lehre und Service 108
VI.6 Haus der Astronomie 110
VI.7 Veröffentlichungen 113

Vorwort

Die erste Oberflächenkarte eines Braunen Zwergs, die Wolkenstrukturen und damit das (durchaus ungemütliche) Wetter auf einem solchen Himmelsobjekt zeigt. Eine dreidimensionale Rekonstruktion einer entfernten Region unseres Kosmos auf größten Skalen, die Methoden ähnlich der medizinischen Computertomographie nutzt. Ein grundlegendes Gesetz für die Voraussetzungen der Sternentstehung und der direkte Nachweis, dass Zwerggalaxien wachsen, indem sie sich noch kleinere Galaxien einverleiben. 2014 war wieder ein durchaus spannendes Jahr für die astronomische Forschung am Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA).

Deutliche Fortschritte gibt es auch bei unseren Instrumentierungsprojekten zu vermelden. Zwei Instrumente, zu denen das MPIA wichtige Beiträge geleistet hat, haben in diesem Jahr erfolgreich erste Aufnahmen angefertigt („first light"): der Exoplanetenjäger SPHERE, der am Very Large Telescope der ESO montiert ist, und die Infrarotkamera PANIC am Observatorium Calar Alto, die ein besonders weites Bildfeld besitzt. Auch im Bereich weltraumgestützter Beobachtungen gab es Neuigkeiten: Die Gaia-Mission, die 2013 gestartet wurde, hat ihren Beobachtungsbetrieb aufgenommen und arbeitet jetzt auf eine erste Veröffentlichung der Daten im Jahre 2016 hin.

Organisatorisch war für uns in diesem Jahr vor allem die Verlängerung der Laufzeit des Sonderforschungsbereichs (SFB) 881 „Das Milchstraßensystem" an der Universität Heidelberg bis 2018 wichtig, an dem das MPIA als Partner beteiligt ist. Der SFB betreibt an derjenigen Beispielgalaxie, die wir aus nächster Nähe studieren können – unserer Milchstraße – so etwas wie „lokale Kosmologie" und verbindet damit die beiden Hauptforschungsrichtungen am MPIA, nämlich Forschungen zur Stern- und Planetenentstehung einerseits, zur Entstehung und Entwicklung von Galaxien andererseits.

Mit diesem Jahresbericht möchten wir sowohl unseren Kollegen als auch der allgemeinen Öffentlichkeit weitergehende Informationen über die Aktivitäten unseres Instituts liefern – über die wissenschaftlichen Highlights des Jahres ebenso wie über den aktuellen Stand unserer Instrumentierungsprojekte am Boden und im Weltraum, aber auch über unsere Aktivitäten im Bereich Öffentlichkeitsarbeit und akademische Ausbildung sowie über wichtige Veranstaltungen und Auszeichnungen des vergangenen Jahres.

Thomas Henning, Hans-Walter Rix

Heidelberg, November 2015

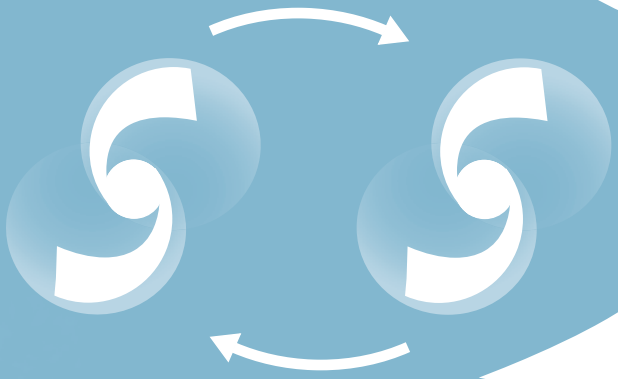
I. Das Institut im Überblick

Unsere Forschungsgebiete: Galaxien und Kosmologie

Galaxien gibt es in verschiedenen Größen und Formen. Woher kommen diese Unterschiede? Und woraus ergibt sich, wieviele Sterne in einer Galaxie entstehen?

Unsere Heimatgalaxie, die ***Milchstraße***, ist eine gigantische Spiralgalaxie mit mehreren hunderten Milliarden Sternen. Hier können wir Sternentstehung und Strukturbildung von nahem beobachten und Daten sammeln, die beim Verständnis der Galaxienentwicklung insgesamt helfen.

In den Zentren der Galaxien befinden sich ***supermassereiche Schwarze Löcher***. Wie hängt die Masse solcher Schwarzen Löcher mit der Gesamtmasse der Sterne der Galaxie zusammen – trotz der Größenordnungen, die dazwischen liegen? Wann und wie kommt es in der Umgebung Schwarzer Löcher durch Materieeinfall zu Prozessen, die für einige der hellsten Leuchtphänomene im Universum verantwortlich sind, für die Quasare?



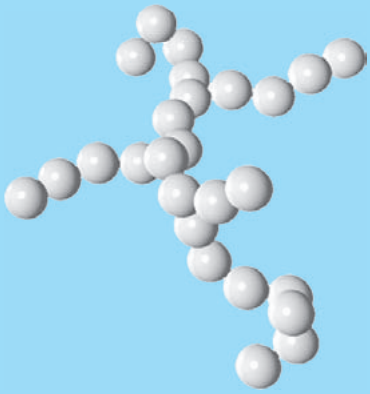
Galaxien wachsen, wenn sie mit anderen Galaxien verschmelzen oder kleinere Galaxien verschlucken. Wie funktionieren diese Wachstumsprozesse im einzelnen? Wie beeinflussen sie die Eigenschaften der unterschiedlichen Galaxientypen?

Wie sind ***Dunkle Materie*** und Wasserstoffgas auf den größten kosmischen Skalen verteilt, über hunderte von Millionen Lichtjahre hinweg? Wie hängt die Verteilung mit der Entwicklung der Galaxien über die letzten Milliarden Jahre zusammen? Wie entstand die heutige reiche Struktur aus einem anfangs fast perfekt gleichförmigen Universum?

Planeten- und Sternentstehung

Sterne entstehen, wenn überdurchschnittlich dichte Regionen kalter Gas- und Staubwolken unter ihrer eigenen Schwerkraft kollabieren. Rund um einen jungen Stern entstehen aus einer wirbelnden Materiescheibe Planeten. Was passiert dort im einzelnen, und woraus ergibt sich die Vielfalt der beobachteten Planetensysteme?

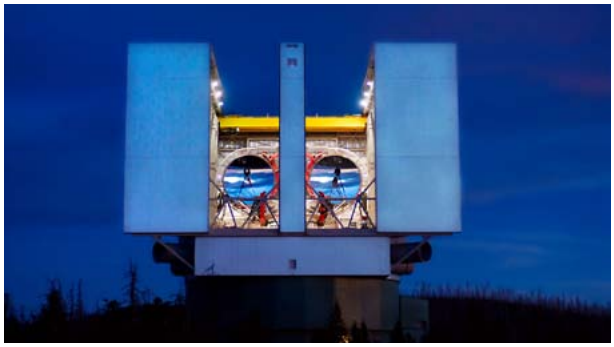
Wie beeinflussen ***Magnetfelder***, welche der interstellaren Wolken kollabieren und Sterne bilden? Welche Rolle spielen ***Turbulenzen*** innerhalb dieser Wolken?



Welches sind die unterschiedlichen Phasen der ***Planetenentstehung*** – von winzigen zusammenklebenden ***Staubkörnern*** bis zu Objekten tausende Kilometer im Durchmesser? Was sagen uns Laborexperimente über die Eigenschaften kosmischen Staubs und darüber, wie man seine Eigenschaften nachweisen kann?

Seit 1995 haben Astronomen fast 2000 ***Exoplaneten*** nachgewiesen, also Planeten, die andere Sterne umkreisen als die Sonne. Was können diese vielfältigen Systeme uns über die Planetenentstehung verraten?

MPIA-Teleskope in aller Welt

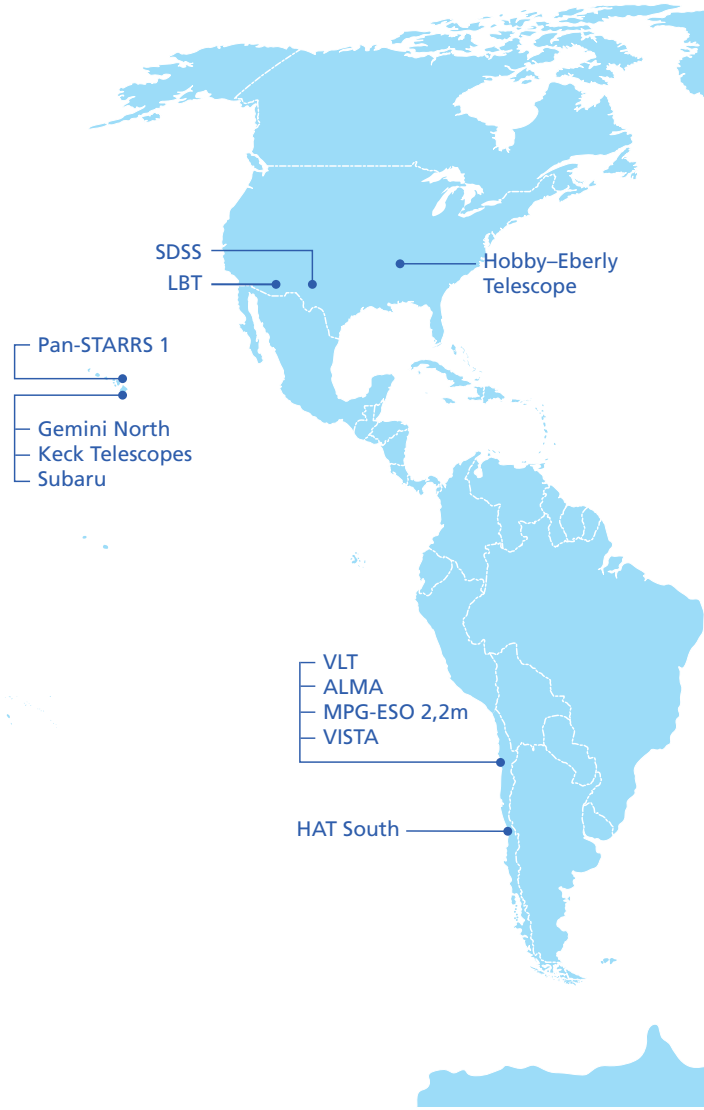


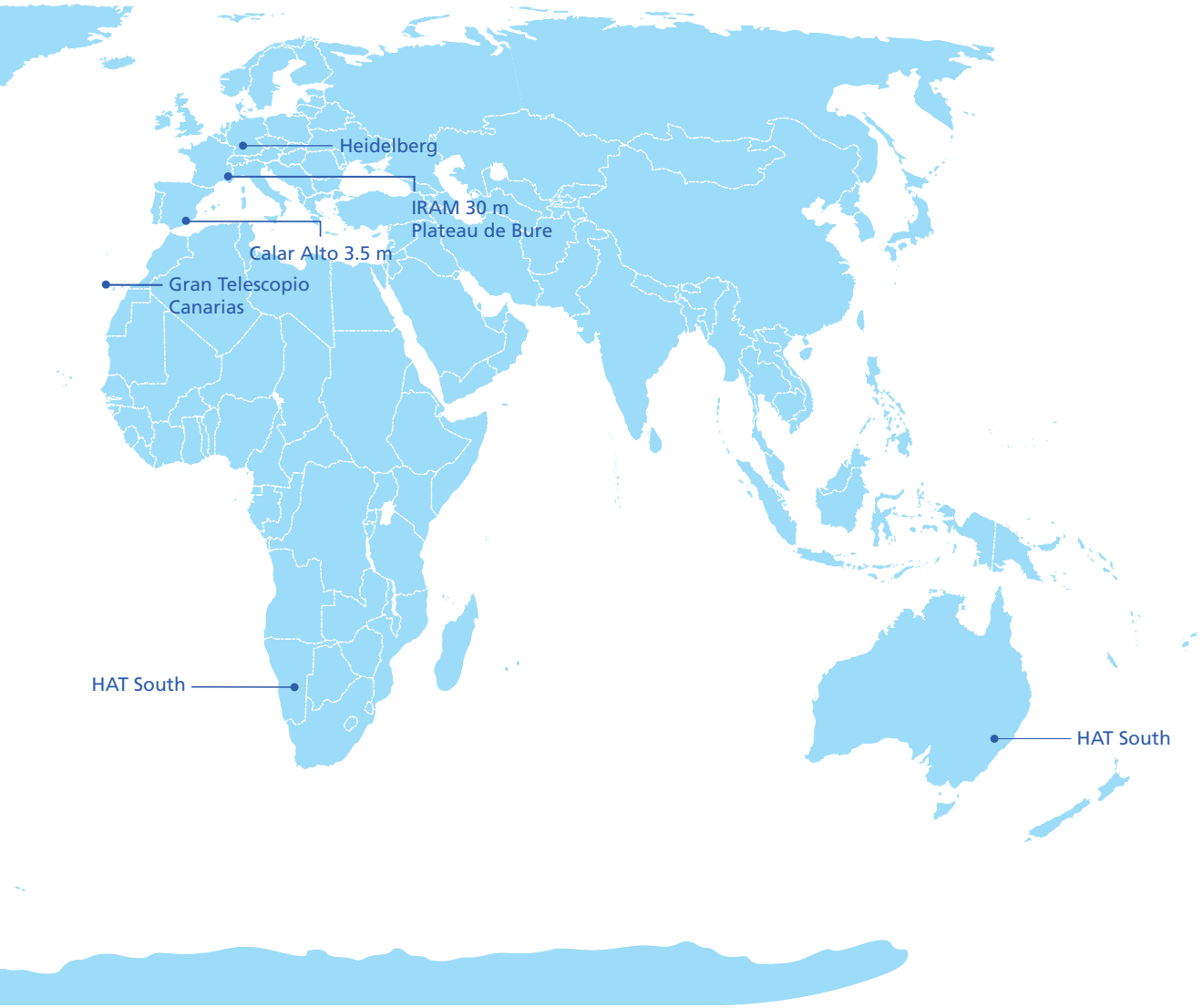
Das MPIA ist am Large Binocular Telescope (LBT) auf dem Mount Graham in Arizona beteiligt. Das LBT besitzt zwei 8,4-Meter-Spiegel auf einer Montierung. Für das LBT werden am Institut die Doppelkamera LINC-NIRVANA sowie das Laserleitstern-System ARGOS entwickelt.

Für das Very Large Telescope der ESO am Paranal-Observatorium ist das MPIA an der Entwicklung der Instrumente SPHERE, MATISSE und GRAVITY beteiligt. Der Exoplanetenjäger SPHERE wurde 2014 am VLT installiert und konnte bereits erste Daten aufnehmen.

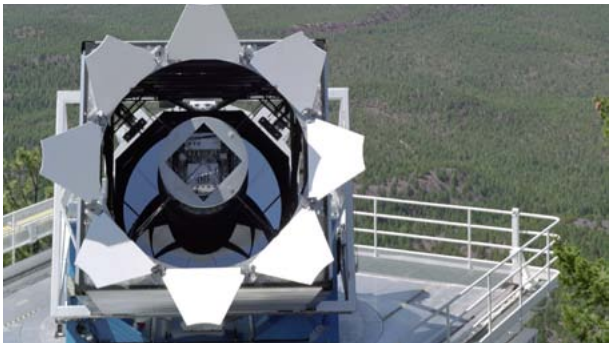
Am Subaru-Teleskop auf Hawaii, einem 8,2-Meter-Spiegelteleskop auf dem Mauna Kea, ist das MPIA an der Durchmusterung SEEDS beteiligt. Ziele des Projekts sind direkte Aufnahmen von Exoplaneten und von den Scheiben aus Gas und Staub, die solche Planeten umgeben.

Das MPIA ist Teil des PS1 Science Consortium welches das Pan-STARRS1-Teleskop auf Haleakala auf Hawaii betreibt. PS1 macht wiederholt Übersichtsaufnahmen von weiten Teilen des Nachthimmels und erstellt auf diese Weise eine Art „Himmelsfilm".



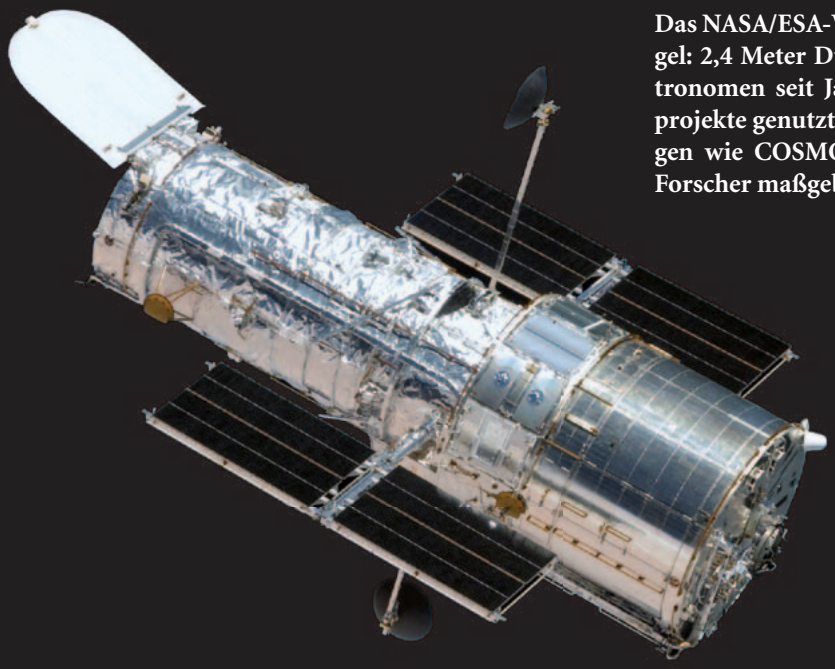


Das Calar-Alto-Observatorium in Südspanien, in den 1970er Jahren vom MPIA aufgebaut, wird inzwischen als gemeinsames deutsch-spanisches Zentrum betrieben. Das MPIA ist an der Konstruktion der Instrumente CARMENES und PANIC für dortige Teleskope beteiligt.



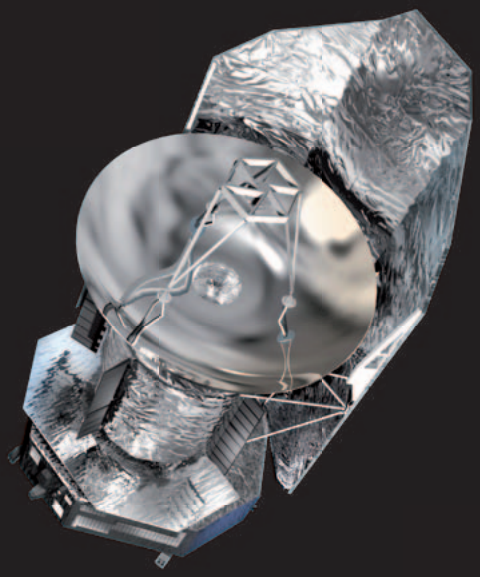
Das MPIA ist Mitglied des Sloan Digital Sky Survey (SDSS), einer spektroskopischen Durchmusterung mit einem 2,5-Meter-Teleskop in New Mexico. Das Projekt liefert für eine große Zahl astronomischer Objekte Spektren in einheitlich hoher Qualität.

Weltraumteleskope



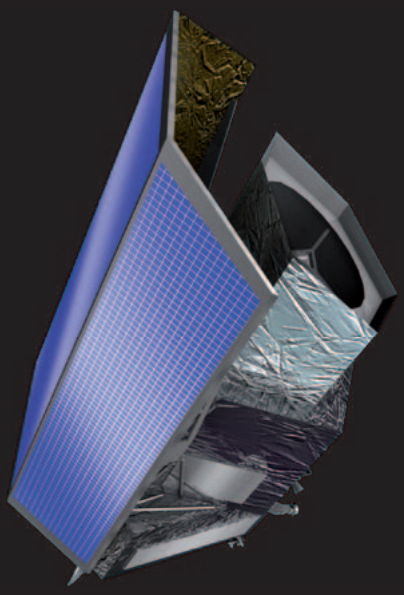
Das NASA/ESA-Weltraumteleskop Hubble (Hauptspiegel: 2,4 Meter Durchmesser) wird auch von MPIA-Astronomen seit Jahren für erfolgreiche Beobachtungsprojekte genutzt – inklusive größerer Durchmusterungen wie COSMOS oder CANDELS, an denen MPIA-Forscher maßgeblich beteiligt sind.

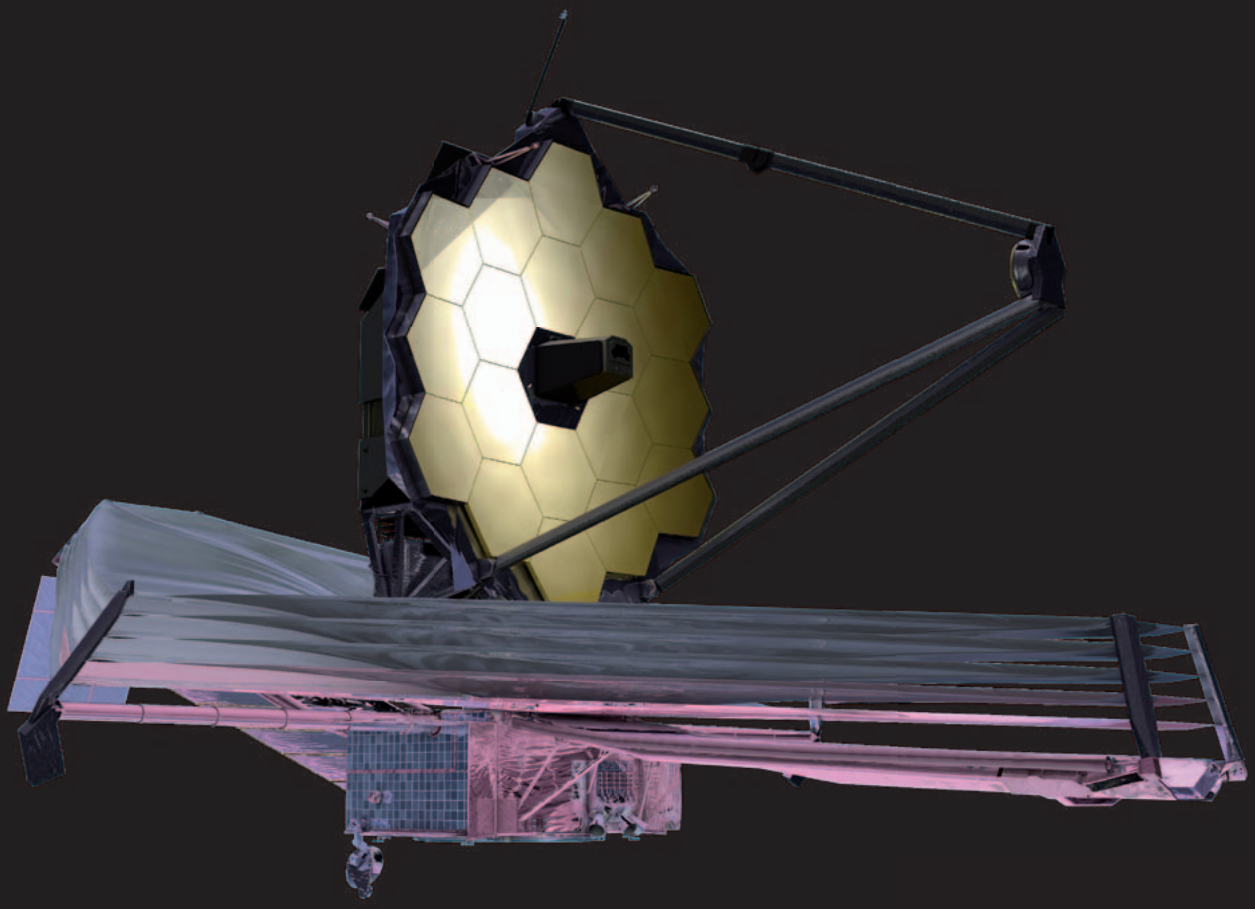
An der Konstruktion des ESA-Infrarot-Weltraumteleskops Herschel war das MPIA in wichtiger Rolle beteiligt: Am Institut wurden wichtige Teile des PACS-Instruments von Herschel entwickelt. Auch für eine Reihe von Beobachtungsprogrammen mit Herschel zeichnete das MPIA verantwortlich.



Auch das NASA-Weltraumteleskop Spitzer haben MPIA-Astronomen regelmäßig genutzt – beispielsweise zur Beobachtung von Protosternen im Inneren von Staubwolken oder zum Nachweis von aktiven Galaxienkernen aus einer Zeit nur rund eine Milliarde Jahre nach dem Urknall.

Für die ESA-Mission Euclid, die 2020 starten soll, entwickeln MPIA-Wissenschaftler Kalibrationsstrategien und sind außerdem bei der Konstruktion des Nahinfrarot-Spektrometers und -Photometers NISP beteiligt. Euclid soll Schlüsselfragen nach der Natur der Dunklen Energie und der Dunklen Materie klären helfen.





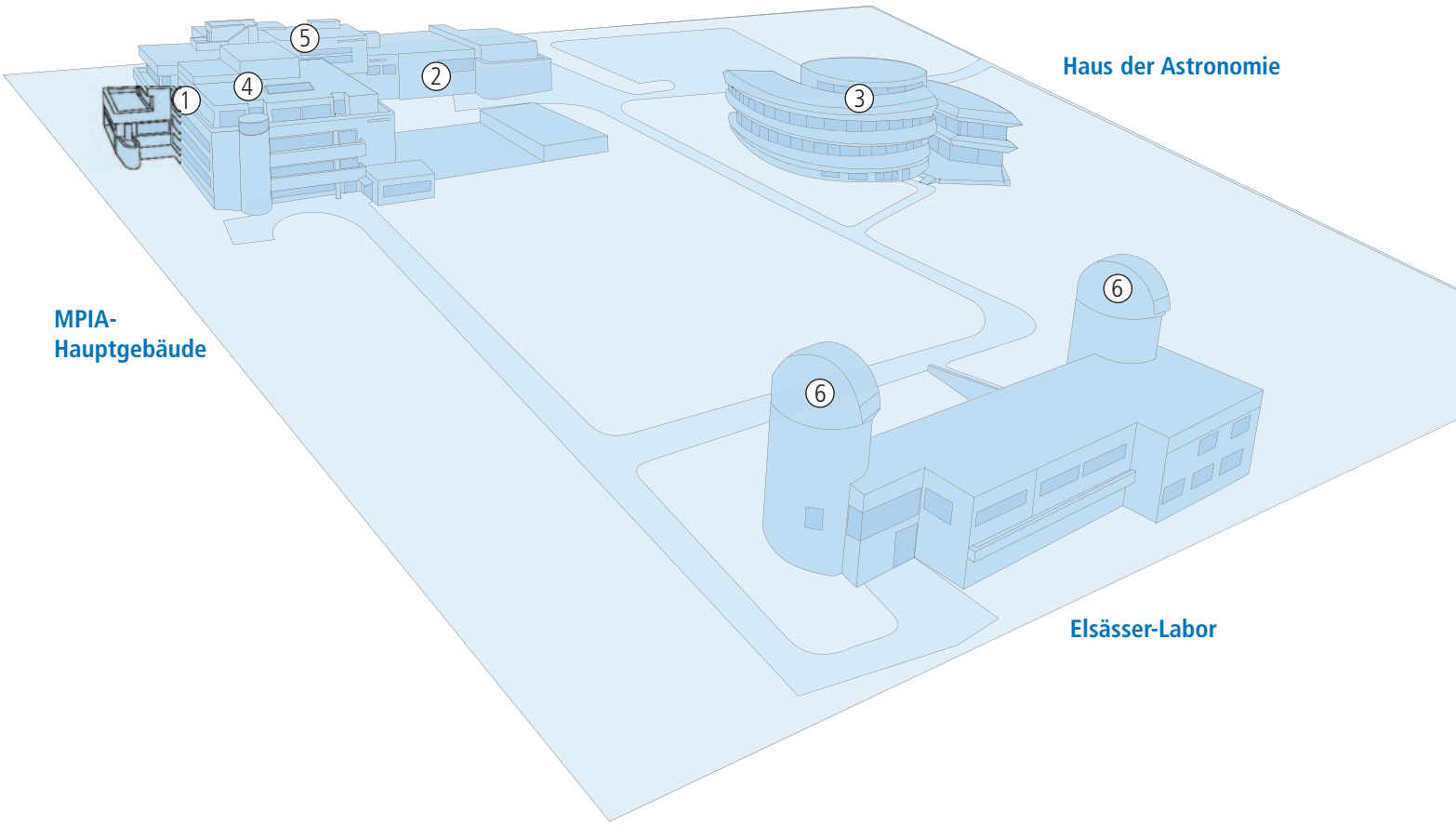
Das James Webb Space Telescope (JWST, Spiegeldurchmesser 6,5 Meter) soll 2018 als Nachfolger des Hubble-Teleskops ins All starten. Das MPIA ist an der Entwicklung zweier der Instrumente beteiligt: Des Mittel-Infrarotinstruments MIRI und des nahinfraroten Spektrografen NIRSPEC.

Infrastruktur

Spezialbibliothek mit knapp 9000 Monographien und Zugang zu rund 100 astronomischen Zeitschriftenserien

Experimentier- und Montagehallen mit Reinraumbereichen für Instrumentierung

Zwei Hörsäle und sieben Besprechungs-/Workshopräume, hier: HdA-Auditorium



IT-Infrastruktur inklusive Kapazitäten für den Umgang mit großen Datenmengen

Werkstätten und Konstruktionsbüro, hier: Feinwerktechnik-Werkstatt

Teleskope für Test- und Ausbildungszwecke, hier: 70-cm-Teleskop KING

MPIA in Zahlen

2

Wissenschaftliche Abteilungen
gibt es am Max-Planck-Institut für Astronomie: Planeten- und Sternentstehung (PSF) und Galaxien und Kosmologie (GC).

1769

Terabyte
beträgt die Datenmenge der Pan-STARRS 1-Durchmusterung der Universität Hawaii, bei der das MPIA der größte internationale Partner ist. Das entspricht 375 000 DVDs.

310

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
arbeiten am MPIA. Davon sind 209 Wissenschaftler, darunter 67 Juniorwissenschaftler oder Visiting Scientists und 59 Doktoranden.

79760

CPUs
besitzt der MPG-Supercomputer Hydra, den MPIA-Astronomen für aufwändige Simulationen der Planeten- und Galaxienentstehung nutzen.

5

unabhängige Forschungsgruppen
beherbergt das Institut: zwei Emmy-Noether-Gruppen (DFG), zwei Max-Planck-Forschungsgruppen sowie eine Gruppe der Alexander-von-Humboldt-Stiftung.

1200

referierte Publikationen
sind bis Ende 2014 mit Daten des ESA-Weltraumteleskops Herschel veröffentlicht worden. Die meisten basierten auf Messungen mit dem PACS-Instrument, an dessen Konstruktion das MPIA beteiligt war.

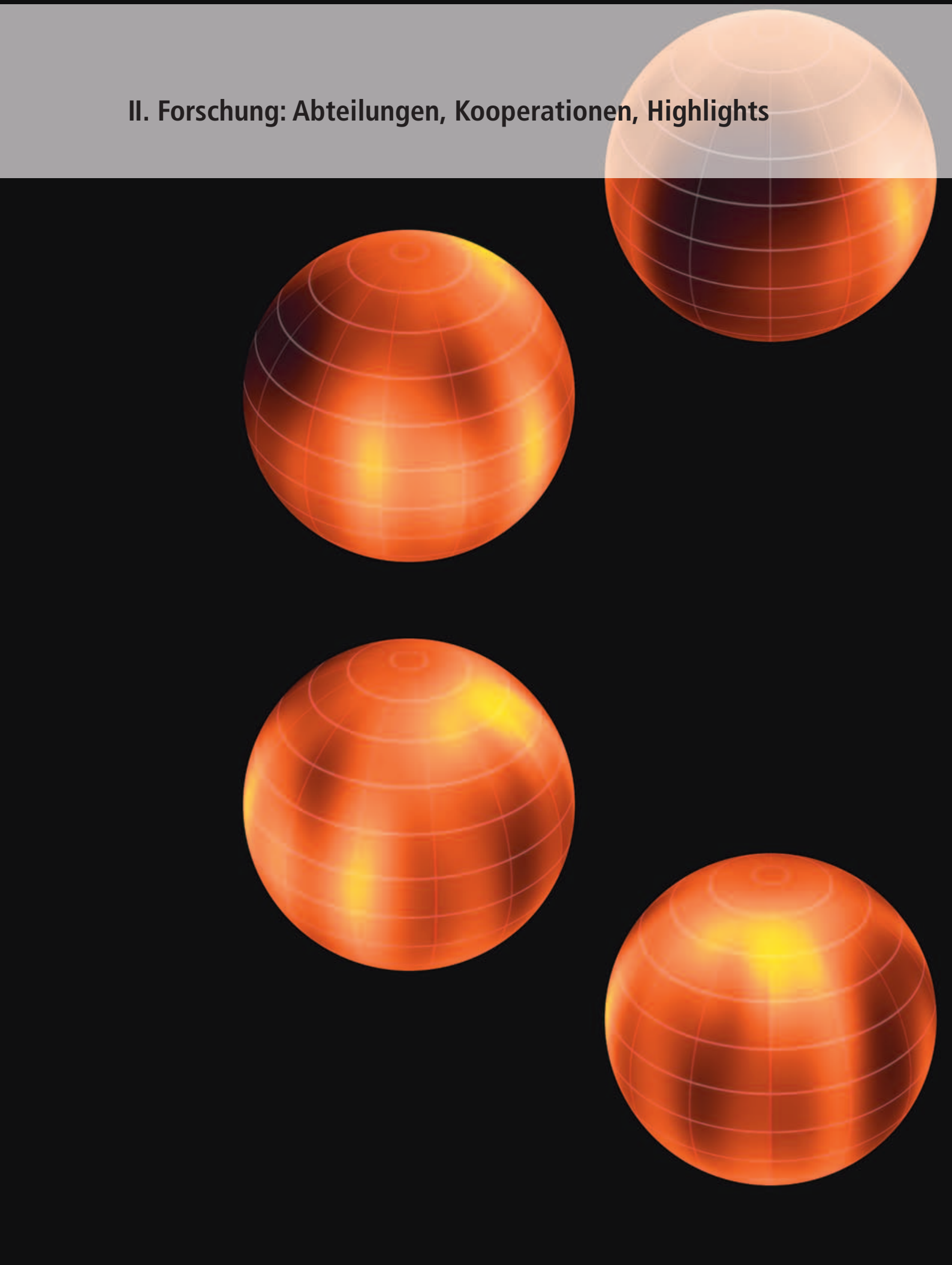
8,4

Meter Durchmesser
hat jeder der zwei Spiegel des Large Binocular Telescope in Arizona, dem größten Einzelteleskop der Welt. Das MPIA koordiniert die deutsche Beteiligung am LBT.

39

Meter Spiegeldurchmesser
hat das im Bau befindliche European Extremely Large Telescope der ESO. Das MPIA ist an Planung und Konstruktion der beiden E-ELT Instrumente METIS und MICADO beteiligt.

II. Forschung: Abteilungen, Kooperationen, Highlights



II.1 Abteilungen

Planeten- und Sternentstehung (PSF)

Die Herkunft der Sterne und ihrer Planeten

Sternentstehung ist ein fundamentaler kosmischer Prozess. Sterne bestimmen die Struktur ganzer Galaxien ebenso wie die chemische Zusammensetzung des Kosmos, und sie schaffen die nötigen Voraussetzungen für die Entstehung von Leben.
Sterne werden in den dichten Kernregionen von Molekülwolken geboren – gigantischer Wolken kalten Gases, mit dem tausendfachen der Masse der Sonne – die instabil werden und unter ihrer eigenen Schwereanziehung kollabieren. Bei diesem Kollaps können einige Teilregionen sich soweit verdichten und aufheizen, dass Kernfusionsreaktionen einsetzen: ein neuer Stern ist entstanden. Die Entstehung von Planeten ist ein natürliches Nebenprodukt der Entstehung nicht allzu massereicher Sterne. Sie spielt sich in den protoplanetaren Scheiben aus Gas und Staub ab, die junge Sterne umgeben.

Die Forscher in der PSF-Abteilung gehen einer Reihe von offenen Fragen zur Stern- und Planetenentstehung nach. Auf ihrer Suche nach Antworten nutzen sie Infrarot- und Submillimeterbeobachtungen ebenso wie ausgefeilte Computersimulationen (Magneto-Hydrodynamik).

Direkte Beobachtungen der Entstehung von Sternen und Planeten

Bei den astronomischen Beobachtungsmethoden waren über das letzte Jahrzehnt hinweg beachtliche Fortschritte zu verzeichnen. Die Beobachtungsprogramme der PSF-Abteilung decken ein breites Spektrum an Wellenlängen ab, wobei der Schwerpunkt auf Infrarot-, (Sub-)Millimeter und Radiobeobachtungen liegt.

Beobachtungen mit Hilfe des Weltraumteleskops Hubble und die reichhaltigen Daten sowohl des Spitzer-Weltraumteleskops als auch des Herschel-Weltraumobservatoriums (in Betrieb 2009 – 2013) haben in den letzten Jahren ungeahnte Einblicke in die frühesten Phasen der Planetenentstehung eröffnet. Verbesserte räumliche

Abb. II.1.1: Falschfarbenbild in drei verschiedenen »Nahinfrarot-Farben« (Filterbänder JHK) von der galaktischen Sternentstehungsregion W49, aufgenommen mit dem Instrument LUCI am Large Binocular Telescope (LBT). Nahinfrarotstrahlung kann Staubwolken so gut wie ungehindert durchdringen. So können Beobachtungen dieser Art Details über den Prozess der Sternentstehung enthüllen, der sich tief im Inneren von Molekülwolken abspielt, vgl. Abschnitt II.9.

Quelle: A. Bik / MPIA und Universität Stockholm

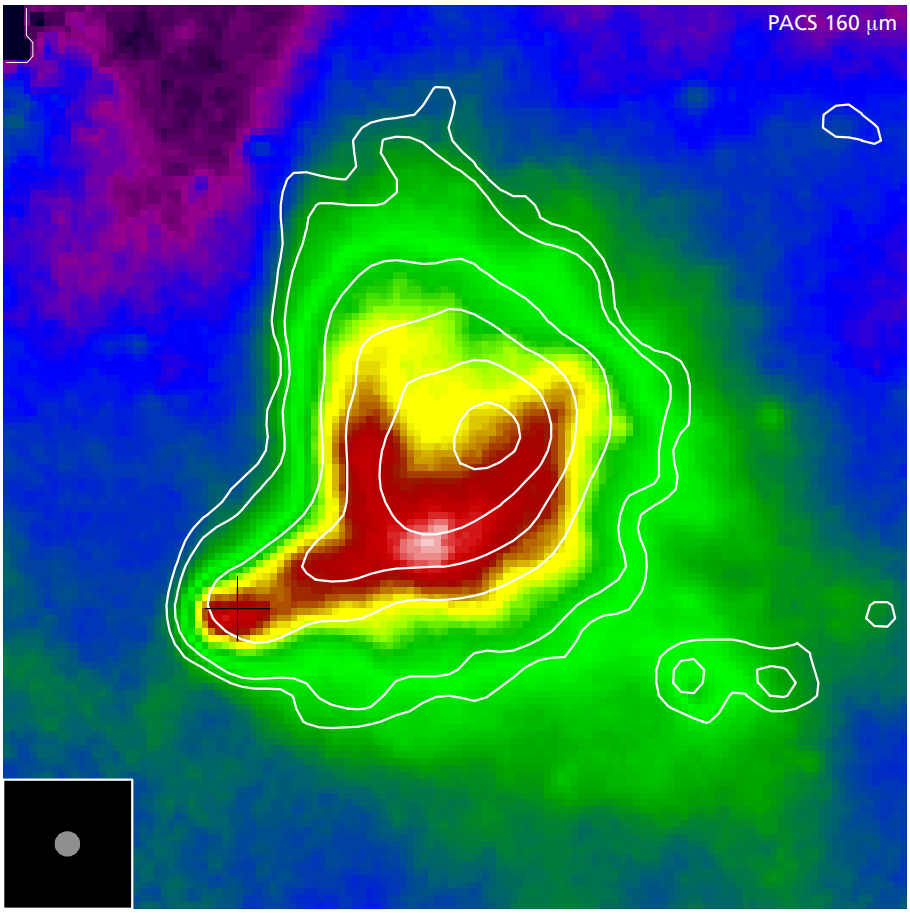


Abb. II.1.2: Bild des sternlosen Wolkenkerns Barnard 68 (B68), aufgenommen im Infrarot-Wellenlängenbereich bei 160 µm. Die Aufnahmen wurden mit der Kamera PACS des Herschel-Weltraumobservatoriums erstellt. Das Bildfeld entspricht 8 × 8 Bogenminuten. Durch die Kombination von Daten im Infrarot- und Millimeterbereich konnte gezeigt werden, dass B68 einen Temperaturgradienten von etwa 20 Kelvin am Rand bis zu 8 Kelvin im Zentrum aufweist.

Auflösung durch Adaptive Optik, Infrarot-Interferometrie mit großen Teleskopen und langen Basislinien sowie durch Millimeter-Interferometrie machen es möglich, die Scheibenstruktur und die Evolution auf für die Planetenentstehung charakteristischen Größenskalen zu untersuchen.

Die Entwicklung der Gaskomponente in solchen Scheiben lässt sich durch hochauflösende Infrarot-Spektroskopie, der Einfall weiterer Materie und Verklumpungsphänomene (Akkretion) durch Spektroskopie an mehreren Objekten gleichzeitig verfolgen.

Mehrfachsterne und Massenverteilung

Eine der Schlüsselfragen der Sternentstehung betrifft die Massenverteilung neuer Sterne, die *Initial Mass Function* (IMF): Wie wahrscheinlich ist es, dass beim Kollaps einer Wolke Sterne mit geringeren oder mit höheren Massen entstehen? Konkreter: Wie hängt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Stern der Masse M entsteht, vom Wert von M ab? Welche Eigenschaften der Wolke beeinflussen die Massen der Sterne, die sich aus der Wolke bilden? Offen sind dabei insbesondere die Fragen danach, wie Magnetfelder oder Turbulenz das Einsetzen der Sternentstehung beeinflussen – auch davon hängt die Massenverteilung der dabei gebildeten Sterne oder substellaren Objekte ab.

Im allgemeinen werden kollabierende Molekülwolken fragmentieren, so dass nebeneinander Doppel- oder noch umfangreichere Mehrfachsysteme entstehen. Besonders massereiche Sterne bilden sich ganz generell in größeren Haufen, in denen das Umfeld für die Sternentstehung dann natürlich deutlich komplexer ist als anderswo. Die schnelle Entwicklung massereicher Protosterne und die damit zusammenhängenden energetischen Phänomene machen es zu einer großen Herausforderung, die Entwicklungswege massereicher Sterne nachzuvollziehen.

Dynamische Wechselwirkungen in Mehrfachsystemen könnten sich auch als Schlüsselfaktor für die Entstehung von Objekten erweisen, deren Massen zu gering sind, um richtige Sterne zu werden: Braune Zwerge, erstmals nachgewiesen 1995. Wie entstehen Braune Zwerge? Sind die Vorläufer solcher substellaren Objekte ebenso wie junge Sterne von einer Scheibe umgeben, und gibt es dort Jetphänomene? Wie viele solcher Objekte entstehen als Teil von Binärsystemen, und welche Massen besitzen sie? Wie sind ihre Atmosphären zusammengesetzt? Das sind nur einige der Fragen, denen die PSF-Abteilung nachgeht.

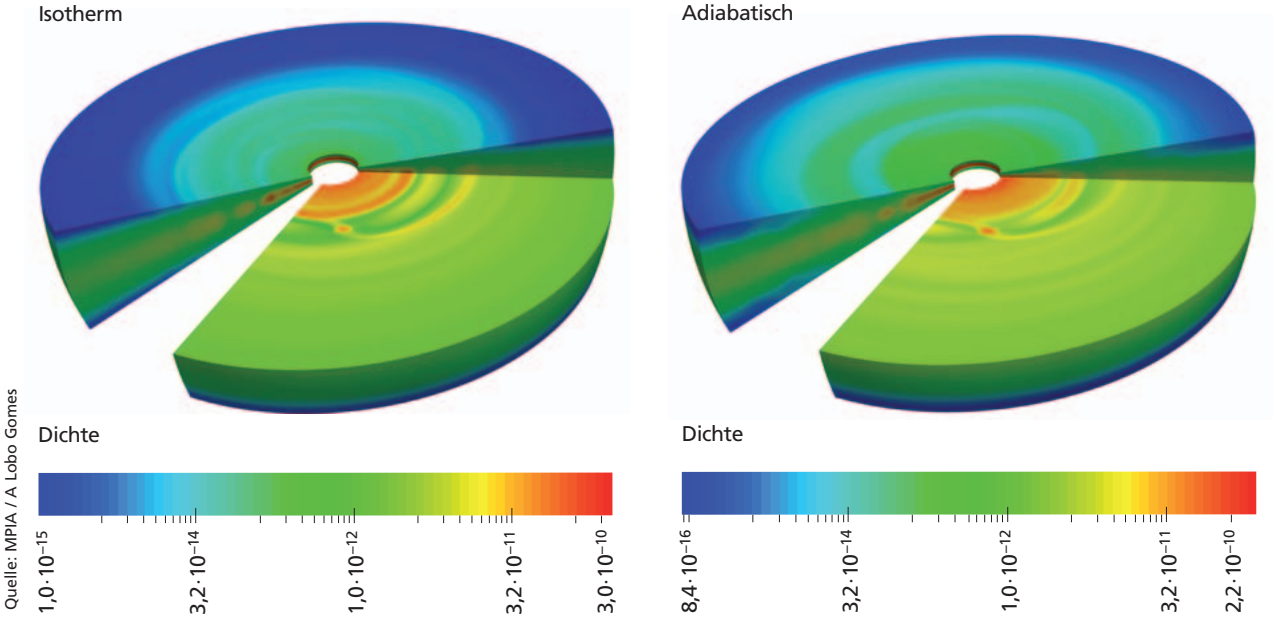


Abb. II.1.3: Simulation der Wechselwirkung eines Planeten mit Jupitermasse mit der Scheibe, in der er entstanden ist. Der Planet befindet sich im Abstand von 5 AU (entspricht dem fünffachen des durchschnittlichen Abstands der Erde zur Sonne) vom Zentralstern. Die Ergebnisse zeigen das Planeten-Scheibe-System nach 23 Umläufen des Planeten. Die drei Bilder entsprechen drei verschiedenen Modellen, mit unterschiedlichen Vereinfachungen: Links ein lokal isothermes Modell, in dem die Temperatur zwar mit dem Abstand vom Stern variiert, sich aber nicht mit der Zeit ändert. In der Mitte ein adiabatisches Modell, indem sich die Temperatur mit der Zeit verändern kann, das Gas aber mit einer vereinfachten Zustandsgleichung beschrieben wird (ideales Gas). In den ersten beiden Modellen spielt Staub keine Rolle. Im dritten, gegenüberliegende Seite, tritt er zumindest als Wärmequelle und -senke in Erscheinung: Gas kann sich durch die Wärmestrahlung des Staubs aufheizen und, ungleich wichtiger, sich abkühlen, wenn der Staub Strahlung in den Weltraum abstrahlt. Die verschiedenen Modellannahmen haben unterschiedliche Konsequenzen. Im lokal isothermen Fall entsteht die Lücke in der Mitte der Scheibe schneller als in den anderen beiden Fällen. Allerdings hat der Planet in diesem Fall kaum Einfluss auf die Scheibenatmosphäre. Im adiabatischen Fall und im Staubstrahlungsmodell ist die Lücke dagegen auch in den oberen und unteren Scheibenschichten sichtbar.

Ein Blick ins Verborgene

Die frühesten Stadien der Sternentwicklung sind hinter enormen Mengen von Staub und Gas verborgen und können nur durch empfindliche Beobachtungen im Ferninfrarot- und (Sub-)Millimeterbereich nachgewiesen werden. In späteren Stadien senden die betreffenden Objekte bereits selbst nachweisbare Mengen von Wärmestrahlung aus und werden bei nah- und mittelinfraroten Wellenlängen sichtbar. Noch später treiben die jungen Sterne ihren Kokon aus Gas und Staub auseinander und lassen sich dann auch im sichtbaren Licht beobachten.

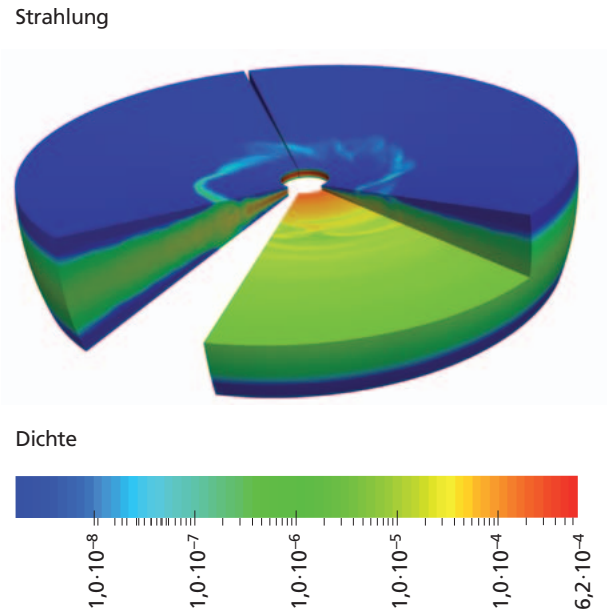
Ein Grundgesetz der Mechanik, nämlich die Erhaltung des Drehimpulses, führt dazu, dass Materie vor allem auf dem Umweg über eine zirkumstellare Scheibe auf einen Protostern einfällt. Scheiben rund um T-Tauri-Sterne – junge Sterne mit einer Masse von bis zu drei Sonnenmassen – sind natürliche Geburtsstätten für Planetensysteme. Unser eigenes Sonnensystem ist vor rund 4,5 Milliarden Jahren aus genau solch einer Scheibe hervorgegangen.

Während der Protostern noch Materie aus der ihn umgebenden Scheibe anzieht (Akkretion), wird einiges von dem Material senkrecht zur Scheibenebene hinausgeschleudert – in Form von Ausflüssen molekularen Gases ebenso wie in Form ionisierter Jets. Die direkte Beobachtung von Scheiben und den damit assoziierten Phänomenen kann Aufschlüsse sowohl über die Entstehung unseres eigenen Sonnensystems als auch, allgemeiner, über die Vielfalt von Planetensystemen liefern.

Beobachtungen vom Boden und aus dem Weltraum

Eines der Ziele der PSF-Abteilung besteht darin, die frühesten Phasen der Entwicklung sowohl für Sterne niedriger Masse als auch für massereiche Sterne zu verstehen. Mithilfe von Weltraumteleskopen wie Spitzer, Hubble und Herschel sowie mit bodengestützten Infrarot- und (Sub-) Millimeterteleskopen beobachten und untersuchen die PSF-Forscher massereiche Protosterne und ihre weitere Entwicklung. Umfangreiche Erfahrungen mit der Nutzung von Submillimeterteleskopen hat die Abteilung außerdem optimal auf die neuen Möglichkeiten des *Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array* ALMA vorbereitet.

Aktuell ist die PSF-Abteilung dabei, eine Reihe von Beobachtungsprojekten im Themengebiet Sternentstehung und protoplanetare Scheiben für das James Webb-Weltraumteleskop vorzubereiten (*James Webb Space Telescope,* JWST), den Nachfolger des Hubble-Weltraumteleskops, der 2018 starten soll. Als Konsortiumsmitglied für das JWST-Instrument MIRI haben wir Zugriff auf ein garantiertes Kontingent an Beobachtungszeit mit diesem Instrument.



Planetenentstehung und Planeten um andere Sterne

Mit dem Nachweis der ersten extrasolaren Planeten im Jahre 1995 trat die Erforschung der Planetenentstehung in protoplanetaren Scheiben in eine neue Phase ein. Anstatt nur auf ein einziges Beispiel zurückgreifen zu können – unser eigenes Sonnensystem – standen den Astronomen nun zunächst dutzende, dann hunderte und inzwischen fast 2000 Beispiele für Planetensysteme zur Verfügung, die sich untersuchen und miteinander vergleichen ließen.

Astronomen der PSF-Abteilung haben neue Beobachtungsprogramme initiiert, mit denen sich solche Planeten mithilfe direkter Abbildungen, durch die Transitmethode und über Radialgeschwindigkeitsmessungen von Beobachtungszielen des Weltraumteleskops Kepler nachweisen lassen. Das HATSouth-Transitnetzwerk mit drei Beobachtungsstationen in Chile, Australien und Namibia hat uns geradezu eine Flut neuer Entdeckungen beschert.

Mit dem neuen Planetenjäger-Instrument SPHERE, an dem das MPIA als Co-PI-Institut in leitender Funktion beteiligt ist, hat jetzt eine große Durchmusterung begonnen, die viele direkte Abbildungen von Exoplaneten liefern soll. Außerdem erhalten wir von diesem Instrument Bilder von Scheiben, in denen Planeten entstehen, mit einem nie zuvor erreichten Detailreichtum – von Ringen bis hin zu Spiralarmen, die auf eine komplexe Dynamik der Wechselwirkung von Planeten und Scheibe hindeuten.

Die Abteilung entwickelt außerdem Strahlungstransport-Simulationen, mit denen sich nachverfolgen lässt, wie sich Licht und andere elektromagnetische Strahlung beispielsweise durch das Innere und die Atmosphäre eines Sterns oder Planeten fortpflanzt. Solche Simulationen helfen bei Untersuchungen von Planetenatmosphären und insbesondere bei der Charakterisierung von deren Transmissions- und Emissionsspektren – Ergebnisse, die sich direkt mit den Messungen bodengebundener oder weltraumgestützter Teleskope vergleichen lassen.

Die Abteilung ist aktiv am Planetensuchprogramm SEEDS mit dem Subaru-Teleskop auf Mauna Kea (Hawaii) und am LEECH-Programm am Large Binocular Telescope (LBT) auf dem Mount Graham in Arizona beteiligt.

Stern- und Planetenentstehung im Computer

Die theoretischen Arbeiten der PSF-Abteilung konzentrieren sich auf komplexe numerische Simulationen der Entwicklung protoplanetarer Scheiben, inklusive des Wechselspiels zwischen Strahlung, Dynamik, Chemie und der Entwicklung der Staubkörner.

Ein weiterer Theorie-Schwerpunkt ist die Untersuchung der Entstehung besonders massereicher Sterne. Hierzu wurden in der PSF-Abteilung multidimensionale Strahlungstransport-Codes sowohl für molekulare Linien als auch für die Kontinuums-Strahlung des Staubs entwickelt. Auch auf diesem Teilgebiet gibt es intensive Wechselwirkung der Simulationen mit den verschiedenen Beobachtungsprojekten.

Vom Kosmos ins Laboratorium und zurück

Ein besseres Verständnis der mikrophysikalischen Prozesse im Gas und Staub der Sternentstehungsumgebungen und deren beobachtbarer Eigenschaften ist nur möglich durch gezielte experimentelle Forschung im Labor. Dementsprechend gehört zur PSF-Abteilung eine Gruppe Labor-Astrophysik, die am Institut für Festkörperphysik der Universität Jena angesiedelt ist. Diese Gruppe erforscht die spektroskopischen Eigenschaften von Nanopartikeln sowie von Molekülen, insbesondere von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (*polycyclic aromatic hydrocarbons*, PAHs) als einer wichtigen Klasse von Molekülen, die in Gasform in astronomischen Umgebungen vorkommen. Die Gruppe erforscht außerdem die Entstehungsmöglichkeiten für kleine Partikel (z.B. Staubkörner) und deren Wechselwirkung mit molekularen Eisschichten.

Eine ganz andere Verbindung zwischen Kosmos und Labor, nämlich mit den Laboren unserer Kollegen in den Lebenswissenschaften, strebt eine andere Initiative an: die Heidelberg Origins of Life Initiative (HIFOL), welche die PSF-Abteilung jüngst zusammen mit anderen wissenschaftlichen Instituten in Heidelberg gegründet hat.

II.2 Abteilungen

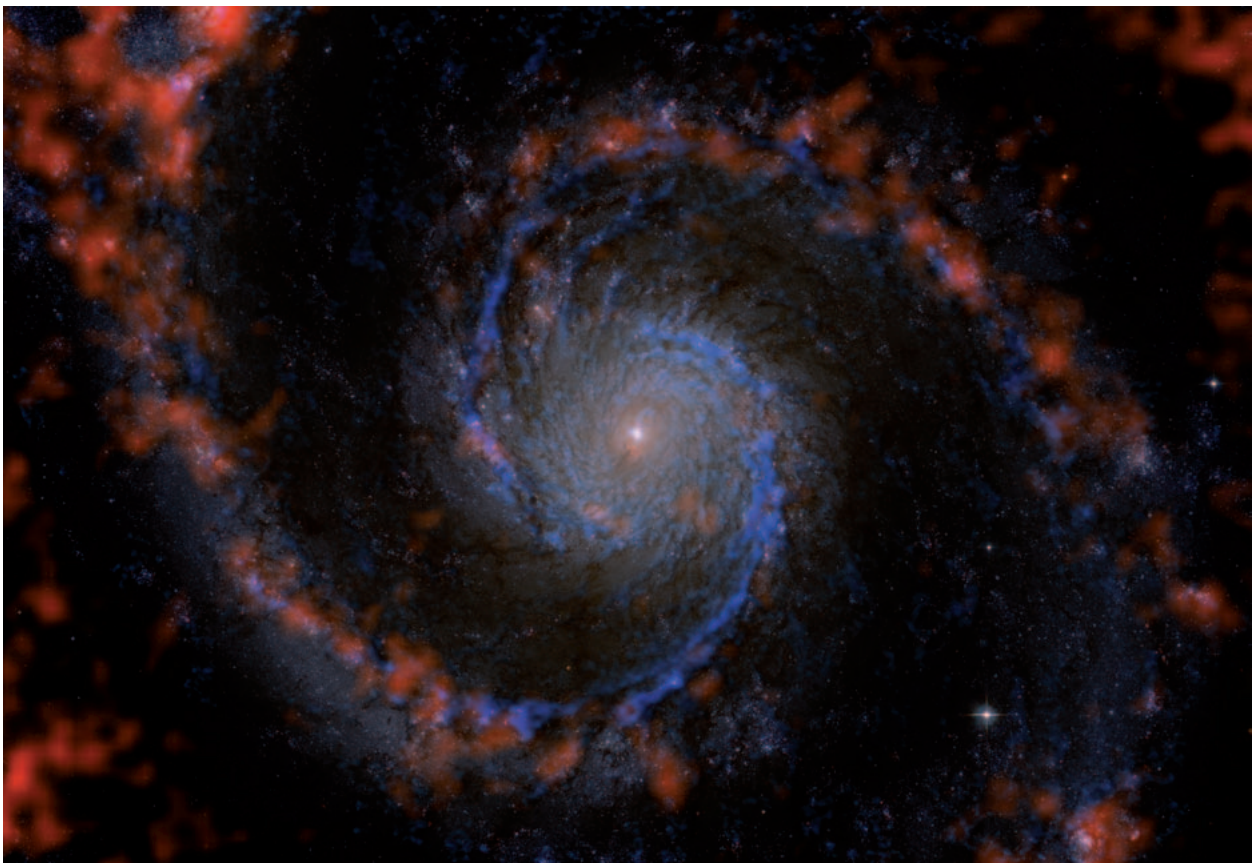
Galaxien und Kosmologie (GC)

Wie das Universum interessant wurde

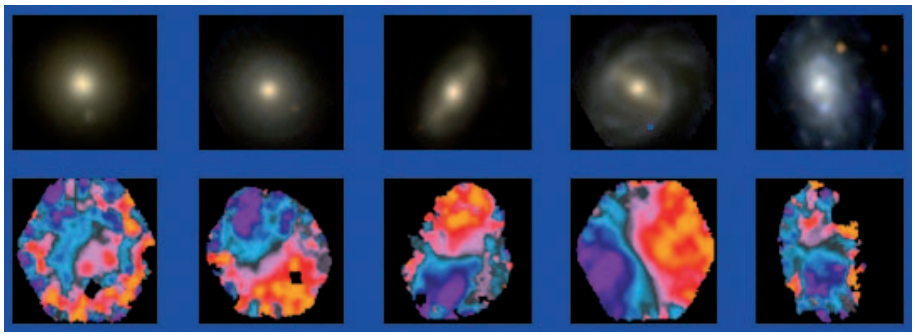
Kurz nach dem Urknall war das Universum fast perfekt homogen und einfach, mit anderen Worten: ebenso elegant wie langweilig. Das ist ein markanter Gegensatz zum heutigen Universum mit seiner reichen Hierarchie an Strukturen auf einem weiten Spektrum von Längenskalen – von den Filamenten der Galaxienverteilung im sogenannten kosmischen Netz bis hinunter zu Galaxien, Sternhaufen, einzelnen Sternen und ihren Planeten. Dieser Reichtum an Struktur macht das Universum sowohl interessant als auch komplex. Die Entstehung all dieser großräumigen Strukturen scheint durch Gravitations-Instabilitäten vorangetrieben zu werden – durch Materie, die sich unter dem allgegenwärtigen Einfluss der Schwerkraft zusammenzieht, mit größeren Strukturen, die kollabieren und sich zusammenziehen. Auf der Größenskala der Galaxien kommt noch eine Vielzahl weiterer physikalischer Effekte ins Spiel.

Um nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ zu verstehen, wie in einem expandierenden Universum die beobachtbaren Strukturen entstehen, benötigen die heutigen Modelle eine besondere Zutat: sogenannte dunkle Materie, die zwar Masse und damit auch Gravitationsanziehung besitzt, aber nicht mit elektromagnetischer Strahlung in Wechselwirkung tritt. Die genaue Natur

Abb. II.2.1: Molekülwolken in der Whirlpool-Galaxie M 51. Die blauen Strukturen zeigen die Verteilung der Wasserstoffmoleküle in M 51 an, des Rohmaterials für die Sternentstehung. Die Astronomen des PAWS-Teams haben aus diesen Daten einen Katalog von mehr als 1500 Molekülwolken erstellt. Im Hintergrund ein Bild der Galaxie im sichtbaren Licht, aufgenommen mit dem Weltraumteleskop Hubble. Darüber ist in blau die CO(1–0)-Strahlung der Kohlenstoffmonoxid-Moleküle gezeigt, die für die PAWS-Studie mit den Millimeterteleskopen des Institut de Radioastronomie Millimétrique aufgenommen wurden; da Kohlenstoffmonoxid- und Wasserstoffmoleküle zusammen auftreten, zeigt diese Strahlung die Verteilung von molekularem Wasserstoff an.



Quelle: PAWS team/IRAM/NASA HST/T. A. Rector (University of Alaska Anchorage)



Quelle: Obere Reihe: SDSS | Untere Reihe: CALIFA-Team

Abb. II.2.2: Die CALIFA-Durchmusterung, deren zweiter Datensatz im Oktober 2014 veröffentlicht wurde, stellt einzigartige Spektraldaten zu mehr als 200 nahegelegenen Galaxien zur Verfügung. Obere Reihe: Kleine Bilder von fünf der untersuchten Galaxien. Untere Reihe: Farbcodierte Geschwindigkeitskarten derselben Galaxien auf Basis der CALIFA-Spektren. Blaue Farben zeigen Bewegung auf den Beobachter zu, rötliche Farben Bewegung von ihm weg an.

dieser dunklen Materie ist derzeit noch ungeklärt. Und es kommt noch schlimmer: Beobachtungen zeigen, dass sich die Expansion des Kosmos beschleunigt. Um das erklären zu können, müssen Astronomen einen noch exotischeren Inhaltsstoff postulieren: dunkle Energie, die als eine Art abstoßende Kraft wirken kann.

An einigen Orten im Universum führen Gravitations-Instabilitäten zu dichten Konzentrationen dunkler Materie. Dort kann sich auch normale Materie sammeln und konzentrieren, so dass sich aus dichten Gaswolken Sterne bilden. Diese Orte nennen wir Galaxien, und zumindest von der Größenskala her sind sie die zentralen Elemente in der Strukturhierarchie des Kosmos.

Ordnung im Reich der Galaxien

Galaxien gibt es auf einem weiten Spektrum von Längenskalen. Eine Galaxie kann sich von einer anderen um viele Größenordnungen der Gesamtmasse ihrer Sterne, der Rate der Sternentstehung, der Größe der Schwarzen Löcher in ihren Zentren oder schlicht in ihren Ausmaßen unterscheiden.

Und doch stellte bereits Edwin Hubble vor 80 Jahren fest, dass diese »Inseluniversen« nicht so vielfältig sind, wie sie es den physikalischen Gesetzen nach sein könnten. Beobachtungen, insbesondere aus den letzten 15 Jahren, haben Hubbles Beobachtungen bestätigt und wichtige Details hinzugefügt: Nur ein kleiner Bruchteil aller möglichen Eigenschaftskombinationen für Galaxien (Sternmassen, Masse des zentralen Schwarzen Lochs und mehr) finden wir im Universum tatsächlich vor. So gut wie alle physikalischen Eigenschaften von Galaxien hängen direkt miteinander zusammen: Massereiche Galaxien sind gleichzeitig groß; die Masse des zentralen Schwarzen Lochs ist proportional zur kugelförmigen Verteilung der Sterne in den Zentralregionen der Galaxie (»Bulge«), obwohl viele Größenordnungen zwischen diesen beiden Strukturen liegen (nämlich ein Faktor von rund zehn Millionen). Spiralgalaxien sind die häufigste Art von Galaxien im Universum, aber keine der massereichsten Galaxien gehört zu dieser Sorte.

All dies bedeutet, dass das »Reich der Galaxien«, wie Hubble es nannte, einen hohen Grad an Ordnung aufweist. Wie entwickelte sich diese Ordnung aus den winzigen, zufälligen Dichtefluktuationen kurz nach dem Urknall? Das ist die grundlegende Frage der Galaxienentstehung, und ein zentrales Thema der Kosmologie.

Warum keine größere Galaxienvielfalt?

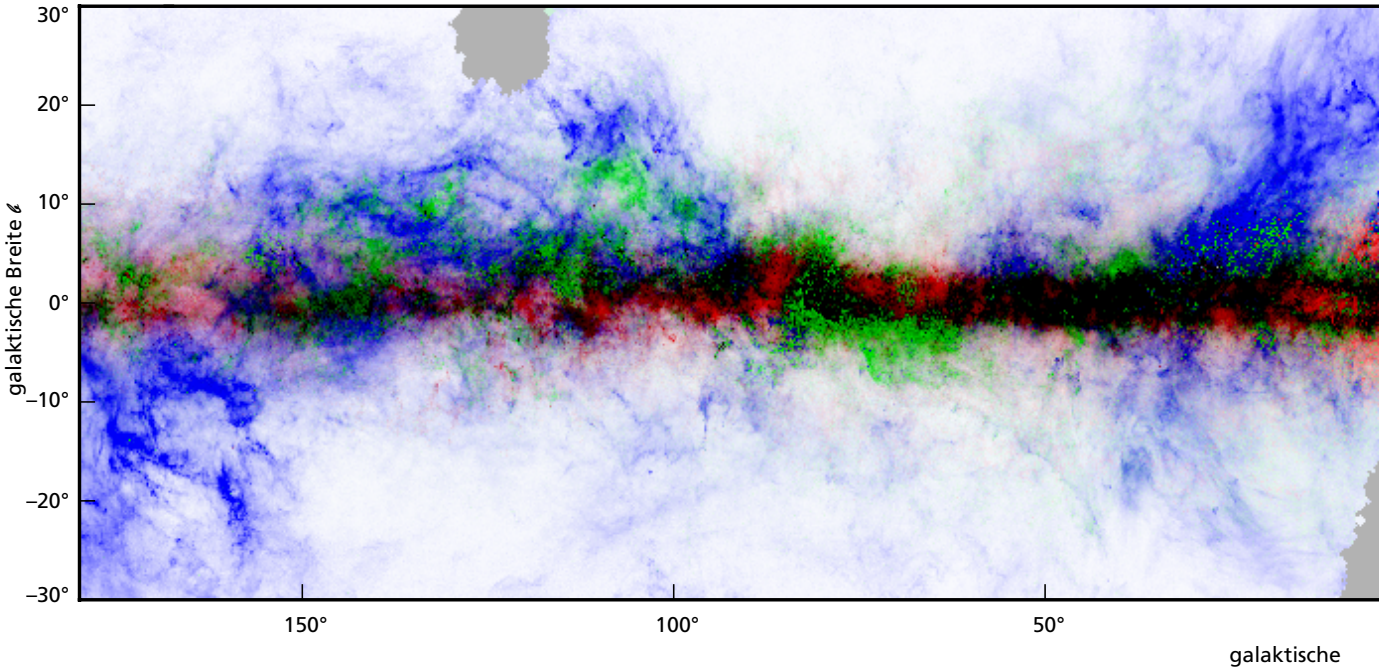
Es gibt drei unterschiedliche Erklärungsmöglichkeiten für die begrenzte Vielfalt im Zoo der Galaxien. Entweder sind diejenigen Eigenschaftskombinationen, die wir tatsächlich beobachten können, die einzigen Kombinationen, die über lange Zeit hinweg stabil sind. Angenommen, Galaxien verbrächten einen Großteil ihres Daseins in einer dieser stabilen Konfigurationen und hätten allenfalls für kurze Übergangsphasen andere Eigenschaften. Dann wäre es unwahrscheinlich, dass astronomische Beobachtungen zu einem beliebigen Zeitpunkt (in unserem Falle: der Jetztzeit) mehr als ein paar Galaxien (wenn überhaupt eine) in dieser kurzen Übergangsphase erwischen.

Alternativ ist möglich, dass die Anfangsbedingungen unseres Kosmos nur die Entstehung derjenigen Galaxiensorten zuließen, die wir tatsächlich beobachten. Oder aber die Galaxienenstehung ist ein hochgradig selbstregulierender Prozess, in dem, weitgehend unabhängig von den Anfangsbedingungen, nur bestimmte Endzustände erreicht werden können – eben jene Kombinationen von Eigenschaften, die wir auch tatsächlich beobachten.

Heutigem Wissen nach könnten alle drei Erklärungsansätze eine Rolle spielen.

Die richtigen Fragen stellen

Zahlreiche Forschungsprojekte in der GC-Abteilung stehen vor dem Hintergrund der hier umrissenen Grundfragen. Wie so oft liegt der Schlüssel zu erfolgreicher Forschung darin, Grundfragen in praktische Forschungsfragen zu übersetzen, die sich mit den heute verfügbaren Methoden und Werkzeugen beantworten lassen.



Eine Reihe dieser Forschungsfragen betreffen allgemeinere Aspekte der Galaxienentstehung. Welches sind die Eigenschaften des intergalaktischen Mediums, also des extrem dünnen Gases in den Zwischenräumen zwischen den Galaxien? Dort befindet sich die Mehrzahl der Atome im gesamten Universum. Wie ist dieses Gas aus dem kosmischen Netz in die Galaxien gelangt? Oder, um die Frage nach dem Verhältnis der Galaxien und dem kosmischen Netz allgemeiner zu formulieren: Welche Arten von Galaxien halten sich in den unterschiedlich großen Halos aus Dunkler Materie auf, die das kosmische Netz enthält?

Der Prozess der Sternentstehung auf der Ebene von Galaxien dürfte der Schlüssel zum Aussehen der Galaxien sein. Wann, wie und mit welcher Effizienz wurde das Gas in den Galaxien in Sterne umgesetzt? Die Frage nach dem Wann kann man untersuchen, indem man sehr weit entfernte Galaxien beobachtet. Da das Licht dieser Galaxien einige Zeit benötigt, um uns zu erreichen, sehen wir diese Galaxien immer so, wie sie zu einer bestimmten Zeit in der Vergangenheit waren. Das Wie lässt sich erforschen, indem man für uns nähere Galaxien detaillierte Karten der Verteilung des Gases (also des Rohmaterials der Sternentstehung) und der Sternentstehungsgebiete erstellt.

Ein weiteres Forschungsgebiet der GC-Abteilung beschäftigt sich mit den zentralen Schwarzen Löchern der Galaxien. Warum ist es möglich, die Masse des zentralen Schwarzen Lochs vorherzusagen, wenn man die Gesamtmasse der Galaxie kennt? Wie entstehen diese supermassereichen Schwarzen Löcher, und wie wachsen sie?

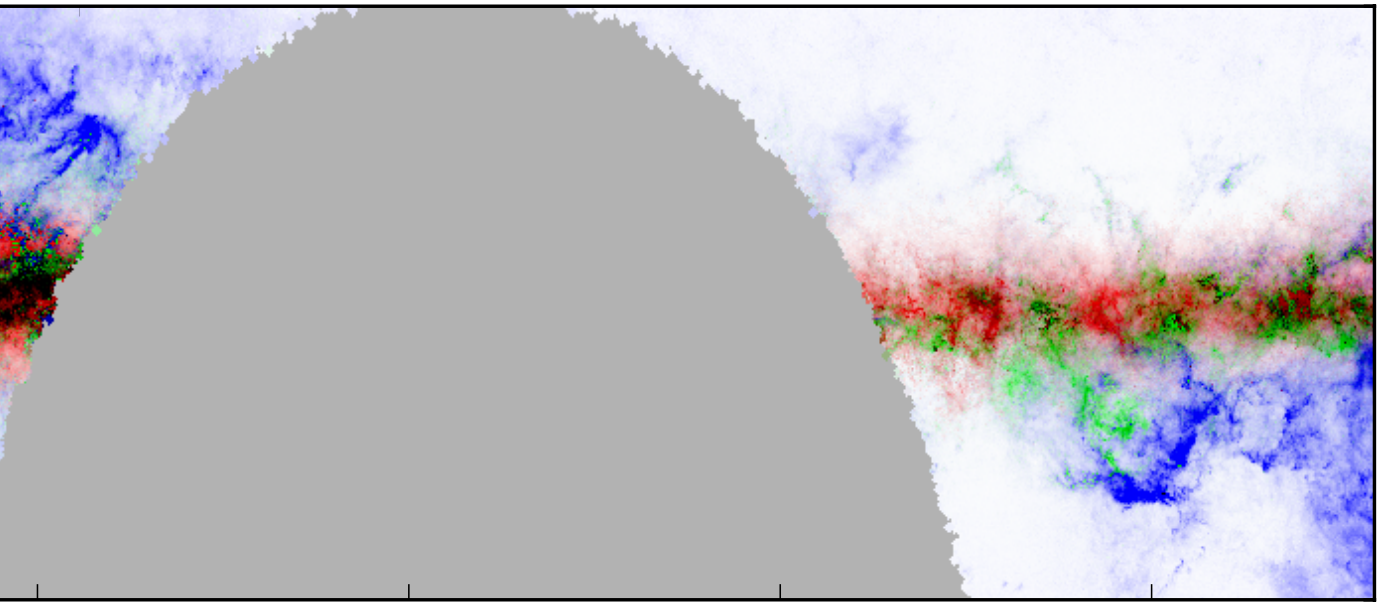
Die meisten Galaxien sind soweit von uns entfernt, dass wir ihre Sterne – als ihre wichtigsten und typischsten Bestandteile – nicht einzeln beobachten könnten. Und doch enthalten die chemische Zusammensetzung und die Umlaufbahnen der einzelnen Sterne Hinweise darauf, wo und wann sie entstanden sind. Dass wir Sterne in nahen Galaxien – und insbesondere in unserer eigenen Galaxie, der Milchstraße – individuell beobachten können, stellt damit eine einzigartige Möglichkeit dar, Prozesse der Galaxienentstehung zu verfolgen. Die Herausforderung besteht darin, die Milchstraße zu einer Art von Stein von Rosetta der Galaxienentwicklung zu machen. Dazu müssen wir allerdings alles nur Mögliche über die individuellen Eigenschaften der Sterne und die Eigenschaften von Sternpopulationen lernen. Spektroskopische Beobachtungen und die derzeit laufende Weltraummission Gaia liefern die nötigen Beobachtungsdaten.

Von der Beobachtung zur Simulation

Um Antworten auf all diese Fragen zu finden, verfolgt die GC-Abteilung drei grundsätzlich verschiedene Ansätze. Zum einen untersuchen wir Galaxien in unserer direkten Nachbarschaft, als Repräsentanten der heutigen Eigenschaften des Universums. Dabei nutzen wir insbesondere die Detailgenauigkeit aus, mit der sich unsere direkte kosmische Umgebung im Vergleich zu ferneren Galaxien beobachten lässt.

Zweitens können wir direkt in vergangene Epochen sehen, wenn wir sehr weit entfernte Objekte betrachten (entsprechend großen kosmologischen Rotverschiebungswerten z). Astronomen sehen schließlich immer in die Vergangenheit, und wenn das Licht einer fernen Galaxie 9 Milliarden Jahre benötigt, um uns hier auf der Erde zu erreichen, dann zeigen unsere Beobachtungen diese Galaxie so, wie sie vor neun Milliarden Jahren war.

Außerdem vergleichen wir unsere Beobachtungen mit physikalischen Modellen. Diese Strategie erfordert vielfältige Beobachtungsmöglichkeiten: Durchmusterungste-



Quelle: Green et al. 2014, Schlafly et al. 2014 und Green et al. 2015 (eingereicht)

Abb. II.2.2: Die dreidimensionale Verteilung von Staub in der Milchstraße (Falschfarbendarstellung). Die ungewöhnlich hohe Auflösung ergibt sich aus der Auswertung von fast einer Milliarde Sternen, die mit den Pan-STARRS1- und 2MASS-Durchmusterungen erfasst wurden. Mittels Mehrfarben-Photometrie wurden Rötung und die Entfernung zu jedem der Sterne individuell bestimmt. Daraus ließ sich dann die dreidimensionale Karte rekonstruieren. Staub innerhalb eines Abstands von 630 pc (rund 2050 Lichtjahren) ist dabei in blau dargestellt, zwischen 630 und 2000 pc (6520 Lichtjahren) grün und jenseits von 2000 pc rot. Jede der Farbebenen ist bei 1 Magnitude *E(B–V)* voll gesättigt. In den grau dargestellten Bereichen wurden keine Daten aufgenommen.

leskope, die umfangreiche Stichproben kosmischer Objekte liefern, ebenso wie die größten verfügbaren Teleskope, deren Eigenschaft, viel Licht zu sammeln, unverzichtbar ist für die Beobachtung leuchtschwacher Quellen. Erst Techniken wie adaptive Optik und Interferometrie ermöglichen bei entfernten Objekten die nötige Detailgenauigkeit. Umfassende Studien der Galaxienentwicklung benötigen Daten aus allen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums, von Röntgenstrahlung bis hin zu Radiowellen.

Kooperation und Initiativen

Das MPIA ist in führender Rolle an einer Reihe weltweiter Beobachtungsprogramme beteiligt, die sich den hier skizzierten Forschungsfragen widmen. Dazu gehören sehr tiefe Aufnahmen mit ALMA, die dichtes Gas bei hoher Rotverschiebung nachweisen sollen, ebenso wie umfangreiche Programme am VLT oder an den Keck-Teleskopen, die das intergalaktische Medium studieren, sowie eine VLT-Legacy-Durchmusterung von Galaxien mit hoher Rotverschiebung. Außerdem sind wir führend an einem großen Beobachtungsprogramm mit dem VLA des National Radio Astronomy Observatory in New Mexico, USA, sowie an einem Projekt beteiligt, das mit dem Plateau de Bure-Interferometer von IRAM in den französischen Alpen Gas in vergleichsweise nahen Galaxien untersucht.

Umfangreiche spektroskopische Durchmusterungen nahegelegener Galaxien erfassen die Kinematik der Sternbewegungen. Das erlaubt Rückschlüsse auf die dynamische Struktur und auf die Natur des zentralen Schwarzen Lochs der Galaxie.

Das MPIA spielt außerdem eine Schlüsselrolle bei der Erstellung dreidimensionaler Karten unserer Milchstraße mit Hilfe der PS1-Durchmusterung und von Gaia, sowie in großen spektroskopischen Durchmusterungen, von denen sich die Forscher ein besseres Verständnis der Vorgeschichte unserer Galaxie erhoffen.

Last but not least ist das MPIA für die Photometrie im Infrarotbereich im Rahmen der Euclid-Mission der ESA verantwortlich. Euclid soll einen der rätselhaftesten Aspekte der Physik auf kosmischen Skalen erforschen: die Natur der Dunklen Energie.

II.3 Internationale Vernetzung

Wissenschaftliche Initiativen

Wissenschaft ist vernetzt, und größere Forschungsvorhaben werden von mehreren Instituten gemeinsam in Angriff genommen: in größeren Konsortien oder als Kooperation zwischen ausgewählten Instituten. Das MPIA ist integraler Teil der internationalen astronomischen Forschungslandschaft und an zahlreichen Initiativen beteiligt.

PanSTARRS 1 Sky Survey

Das PS1 Science Consortium betreibt das Pan-STARRS1-Teleskop auf dem Berg Haleakala auf Hawaii. Die astronomische Kamera des Teleskops ist die größte Digitalkamera der Welt. Sie wird genutzt um eine Art »Himmelsfilm« zu drehen: weite Teile des Himmels zu unterschiedlichen Zeitpunkten wieder und wieder aufzunehmen, um so insbesondere auch Veränderungen von Himmelsobjekten nachweisen zu können. Zu dem Konsortium gehören neben dem MPIA noch neun andere Institutionen aus vier Ländern.

Sloan Digital Sky Survey IV

Das MPIA ist Mitglied im Sloan Digital Sky Survey IV (SDSS), einer spektroskopischen Durchmusterung, welche das 2,5-m-Teleskop der Sloan Foundation am Apache Point Observatory nutzt. Frühere SDSS haben die Astronomie revolutioniert: Durch ihre umfassenden und hochwertigen spektroskopischen Daten wurden statistische Auswertungen möglich, die vorher nicht durchführbar gewesen wären.

Sonderforschungsbereich 881: Das Milchstraßensystem

Das MPIA ist beteiligt am von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereich 881 an der Universität Heidelberg. Der SFB 881 untersucht Eigenschaften unserer Heimatgalaxie, um daraus Rückschlüsse zum einen auf deren Aufbau und Entstehung, zum anderen auf die Entstehung von Galaxien allgemein zu ziehen.

Heidelberg Initiative for the Origins of Life

Die Heidelberg Initiative for the Origins of Life bringt Forscher aus den Bereichen Astrophysik, Geowissenschaften, makromolekulare Chemie, statistische Physik und Lebenswissenschaften der Universität Heidelberg, des Max-Planck-Instituts für Astronomie, des Max-Planck-Instituts für Kernphysik und des Heidelberger Instituts für Theoretische Studien zusammen, die gemeinsam Forschung zur Entstehung des Lebens im Universum betreiben.

DFG Schwerpunktprogramm SPP 1573: Das interstellare Medium

Das MPIA nimmt am SPP 1573 der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) teil, das der Erforschung des interstellaren Mediums gewidmet ist: der hochverdünnten Mischung aus geladenen Teilchen, Atomen, Molekülen und Staubkörnern in den Raumregionen zwischen den Sternen einer Galaxie.

International Max Planck Research School »Astronomy and Cosmic Physics«

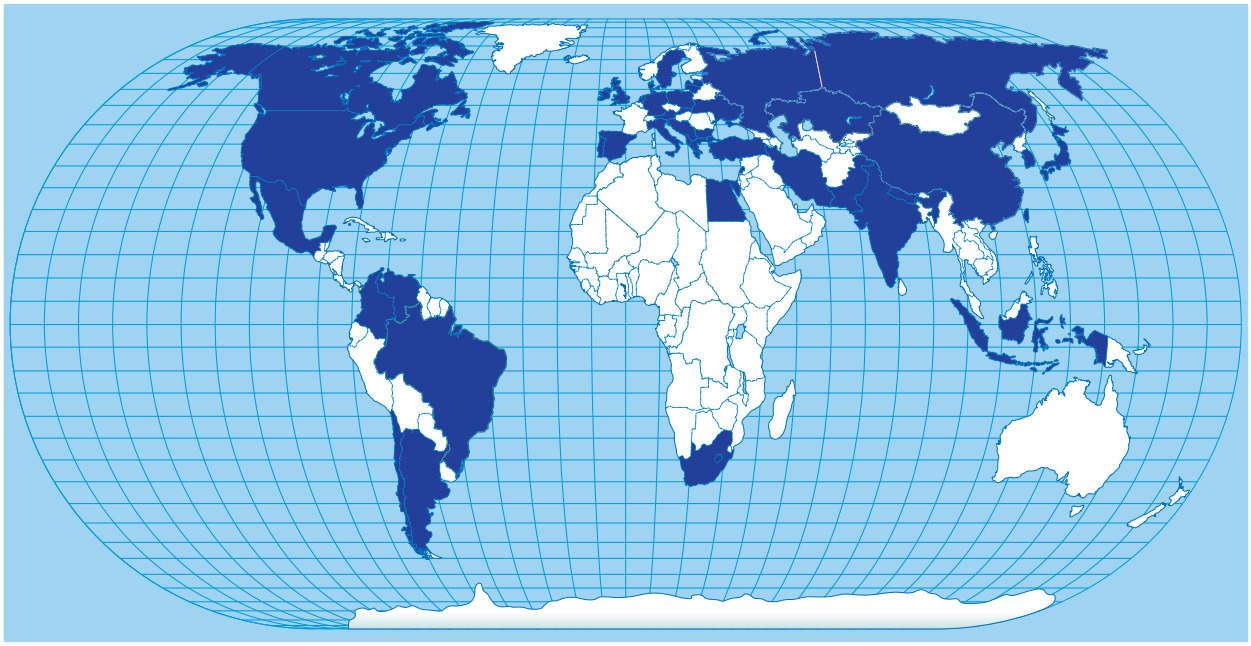
Das MPIA ist an der International Max Planck Research School »Astronomy and Cosmic Physics« an der Universität Heidelberg beteiligt, die deutschen und internationalen Studenten ein systematisches Doktorandenstudium in einem international konkurrenzfähigen Forschungsumfeld ermöglicht (vgl. Abschnitt IV.1).

HAT-South

Dieses Kooperationsprojekt des MPIA mit der Princeton University, der Australian National University und der Pontificia Universidad Catolica de Chile sucht mithilfe eines Netzwerks von sechs identischen Teleskopen auf der Südhalbkugel nach Exoplanetentransits. Die Teleskope befinden sich in Namibia, in Australien und in Chile.

Weitere Initiativen, an denen das MPIA aktiv beteiligt ist, sind das deutsche Interferometriezentrum für den optischen und infraroten Wellenlängenbereich FrInGe, das Netzwerk Opticon für Institute, die sich an der Entwicklung von Instrumenten und Teleskopen im Bereich des sichtbaren und Infrarotlichts engagieren, das internationale Konsortium Chemistry in Disks (CID) zur Chemie und Physik in protoplanetaren Scheiben, die strategische Suche SEEDS nach Exoplaneten und ihren Scheiben am Subaru-Teleskop und die Exoplaneten-Suchkampagne LEECH am Large Binocular Telescope.

Abb. IV.1.1: Herkunftsländer der (jetzigen und ehemaligen) IMPRS-HD-Studenten.



Quelle: MPIA Graphikabteilung

II.4 Wissenschaftliches Highlight

Schwarzes Loch beleuchtet kosmisches Netz

Den gängigen Vorstellungen der Kosmologen zufolge bildet die Materie im Weltall auf riesigen Größenskalen ein verzweigtes Netz von Filamenten aus Gas. Die große Mehrheit der Wasserstoffatome sind seit dem Urknall ein Teil dieses weitgehend unveränderten kosmischen Netzwerks. Jetzt ist Forschern der University of California at Santa Cruz und des Max-Planck-Instituts für Astronomie erstmals eine Aufnahme dieser kosmischen Filamentstruktur gelungen. Sie nutzten dafür die intensive Strahlung, die von einem supermassereichen Schwarzen Loch generiert wird und einen kleinen Teil des kosmischen Netzes hell erleuchtet.

Computersimulationen sagen vorher, dass die allermeisten Atome im Universum auf Größenskalen von hunderten Millionen Lichtjahren und mehr eine Art Netzwerk aus Wasserstoffgas bilden, mit Filamenten, die an Knotenpunkten miteinander verbunden sind. Galaxien wie unsere Milchstraße entstehen in diesem Modell an genau solchen Knotenpunkten; Wasserstoffgas, das entlang der Filamente auf eine Galaxie fällt, ist eine wichtige Zutat für die Bildung neuer Sterne in solchen Galaxien. Direkt überprüfen ließ sich dieses Bild der großräumigen Struktur des Kosmos allerdings bislang nicht: Selbst an den dichtesten Knotenpunkten ist das Wasserstoffgas so extrem verdünnt, dass es kaum Licht von sich gibt und sich sogar mit den größten derzeit verfügbaren Teleskopen nicht nachweisen lässt.

Jetzt haben Astronomen erstmals ein direktes Bild eines Teilgebiets des kosmischen Netzwerks aufgenommen. Sie nutzten dabei den Umstand, dass sogenannte Quasare wie kosmische Scheinwerfer wirken und nahegelegene Gaswolken anstrahlen können. Das Kerngebiet einer Galaxie kann zwischenzeitlich zu einem Quasar werden, wenn Materie auf das zentrale, supermassereiche Schwarze Loch der Galaxie fällt und dabei gewaltige Energien freisetzt. Die Wirtsgalaxie des Quasars sitzt – wie andere größere Galaxien auch – an einem der Knoten des kosmischen Netzwerks, und der Quasar kann dann die direkt umliegenden Gasfilamente anstrahlen.

Dabei kann es zum gleichen Effekt kommen, der auch das Gas in einer Leuchtstoffröhre zum Leuchten anregt: zur Fluoreszenz. Bei einer Leuchtstofflampe liefert der elektrische Strom die zur Anregung nötige Energie. In diesem astronomischen Beispiel ist es das intensive Licht des Quasars, das wie der Strahl eines Scheinwerfers direkt auf ein Filament des kosmischen Netzwerks fällt, wo das Gas dann durch die intensive Strahlung zum Leuchten anregt wird.

Die Astronomen nutzten für ihre Beobachtungen des leuchtenden Gases das Keck I-Teleskop, ein segmentiertes 10-Meter-Spiegelteleskop am Mauna Kea-Observatorium auf Hawaii. Die Beobachtungen waren dabei gezielt auf Lyman Alpha-Emissionen der zum Leuchten angeregten Gaswolken ausgerichtet. Lyman-Alpha ist einer der fundamentalen Atomübergänge des Wasserstoffatoms: ein Elektron springt vom niedrigsten angeregten Zustand ($n = 2$) in den Grundzustand ($n = 1$) und sendet dabei ein Ultraviolett-Photon mit genau definierter Frequenz bzw. Wellenlänge aus.

Die Beobachtungsobjekte sind in diesem Falle extrem weit entfernt – so weit, dass ihr Licht mehr als 10 Milliarden Jahre benötigt, um uns hier auf der Erde zu erreichen. Bei solchen Entfernungen macht sich der Umstand bemerkbar, dass unser Universum expandiert: die Expansion prägt dem Licht eine sogenannte kosmologische Rotverschiebung auf. Licht solcher extrem weit entfernten Objekte erreicht uns daher bei ungleich längeren Wellenlängen als jenen, bei denen es ausgesandt wurde. Jenseits einer bestimmten Entfernung – und das trifft in dem vorliegenden Fall zu – wird Lyman-Alpha-Licht vom ultravioletten Bereich des Spektrums in den Bereich des sichtbaren Lichts verschoben.

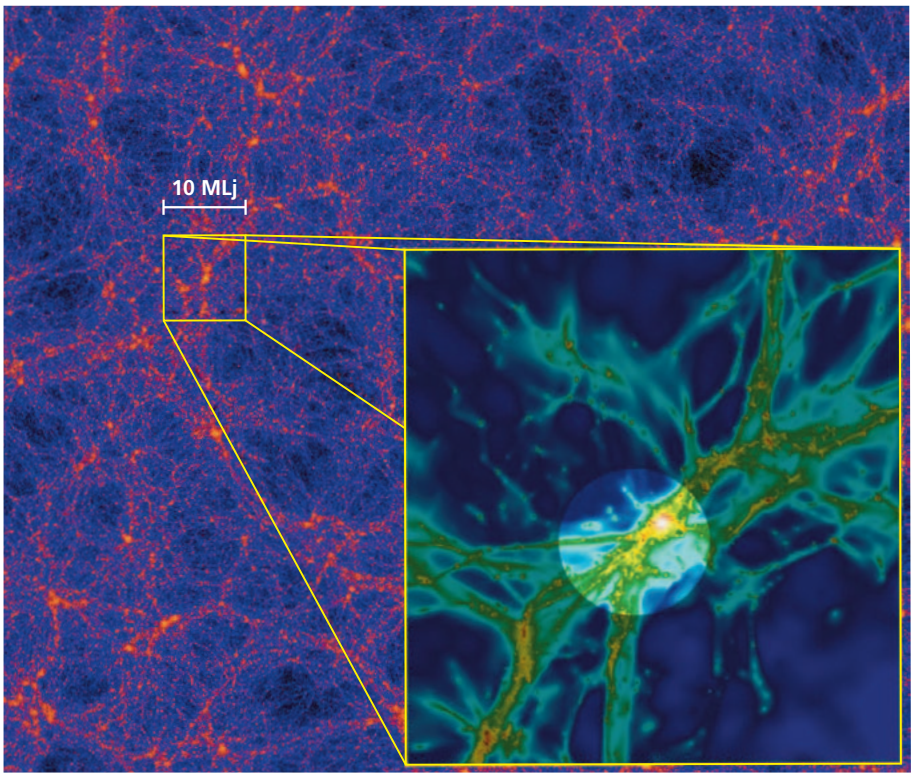
Abb. II.4.1: Der beobachtete Ausschnitt des kosmischen Netzwerks (türkisfarben) mit einer Ausdehnung von rund zwei Millionen Lichtjahren, der in der direkten Umgebung des Quasars UM 287 (Bildmitte) beobachtet wurde. Das Gas leuchtet dank desselben Effekts, dem auch Leuchtstoffröhren ihr Licht verdanken. Dies ist das erste Bild eines Teils des kosmischen Netzwerks aus Gasfilamenten, das eine Schlüsselrolle für die Sternentstehung in Galaxien spielen dürfte.

Quelle: S. Cantalupo et al.

Die Beobachtungen nutzten ein maßgeschneidertes Schmalbandfilter mit Durchlass-Wellenlänge um die 400 nm. Dieses Filter lässt nur Lyman-Alpha-Licht durch, dessen Wellenlänge rund drei Mal so groß ist wie bei der Aussendung. Alles andere Licht wird abgeblockt – so sind hochempfindliche Beobachtungen von Lyman-Alpha-Emissionen für Objekte bei einer Entfernung von rund zehn Milliarden Lichtjahren möglich (Rotverschiebung $z = 2$). Mithilfe dieses speziell angefertigten Filters konnten Astronomen ein Bild des fluoreszierenden kosmischen Gases aufnehmen.

Dies ist das erste Mal, dass Astronomen ein Bild des Gases im kosmischen Netzwerk aufnehmen konnten. Vorangehende Untersuchungen hatten das Wasserstoffgas in den weitgehend leeren Weiten zwischen den Galaxien nur indirekt und punktuell untersuchen können – anhand derjenigen Farben, die es im Licht noch fernerer Lichtquellen (insbesondere ferne Quasare) absorbiert (Absorptionslinien; vgl. Abschnitt II.8. im Jahresbericht 2013). Dabei ist man auf glückliche Zufälle angewiesen, nämlich auf jene seltenen Konfigurationen, in denen ein ferner Quasar aus Sicht eines irdischen Beobachters genau hinter einem Filament des kosmischen Gas-Netzwerks liegt. Aus den Einzelheiten der Absorption lassen sich dann Rückschlüsse auf Eigenschaften des Gases ziehen. Allerdings sind solche Situationen äußerst selten, und die gewonnenen Informationen beziehen sich nur auf das Gas entlang der Sichtlinie – eine eindimensionale Methode, die ungeeignet ist, die dreidimensionale Struktur des kosmischen Netzwerks sichtbar zu machen (aber vergleiche auch die in Abschnitt II.11 geschilderte Alternativmethode). Die neuen Bilder dagegen zeigen die Filamentstruktur eines Ausschnitts aus dem kosmischen Netz, der im Durchmesser rund zwei Millionen Lichtjahre misst.

Abbildungen dieser Art erlauben zumindest für einen Ausschnitt des kosmischen Netzwerks Rückschlüsse auf Struktur, Größe, Morphologie und Verklumpungsgrad des Gases – und außerdem eine Abschätzung der insgesamt vorhandenen Gasmenge. Das hat Konsequenzen für Forschungen zur Galaxienentwicklung: Um zu verstehen, wie Galaxien entstehen, muss man wissen, welches Rohmaterial sie für die Sternentstehung zur Verfügung haben – und einen Gutteil des Rohmaterials beziehen die Galaxien eben aus dem riesigen kosmischen Netz aus Gasfilamenten. Versteht man die Materialquellen einer Galaxie, dann kann man auch hoffen zu verstehen, warum sie mit einer gegebenen Rate neue Sterne bildet.



Quelle: A. Klypin / J. Primack and S. Cantalupo

Abb. II.4.2: Computersimulationen weisen auf die Existenz eines kosmischen Netzwerks aus Gasfilamenten auf Größenskalen von Millionen von Lichtjahren und mehr hin. Die Simulation im Hintergrund zeigt die Verteilung zwar nicht des Gases, aber von Dunkler Materie, die keinerlei Licht aussendet (Bolshoi-Simulation von Anatoly Klypin und Joel Primack). Diese Dunkle Materie bildet das Grundgerüst des kosmischen Netzwerks aus Gas. Das kleinere Bild zeigt einen stark vergrößerten Ausschnitt aus einem Teil des kosmischen Netzwerks. Der Durchmesser des Ausschnitts liegt bei zehn Millionen Lichtjahren; die entsprechende Simulation berücksichtigt zusätzlich zur Dunklen Materie auch das kosmische Gas (Simulation: S. Cantalupo). Die intensive Strahlung eines Quasars kann einen Teil des umgebenden kosmischen Netzwerks wie ein Scheinwerfer anstrahlen (dieser Teil ist im kleinen Bild hervorgehoben) und ein Filament des Gases zum Leuchten anregen. Genau das ist im Falle des Quasars UM287 beobachtet worden.

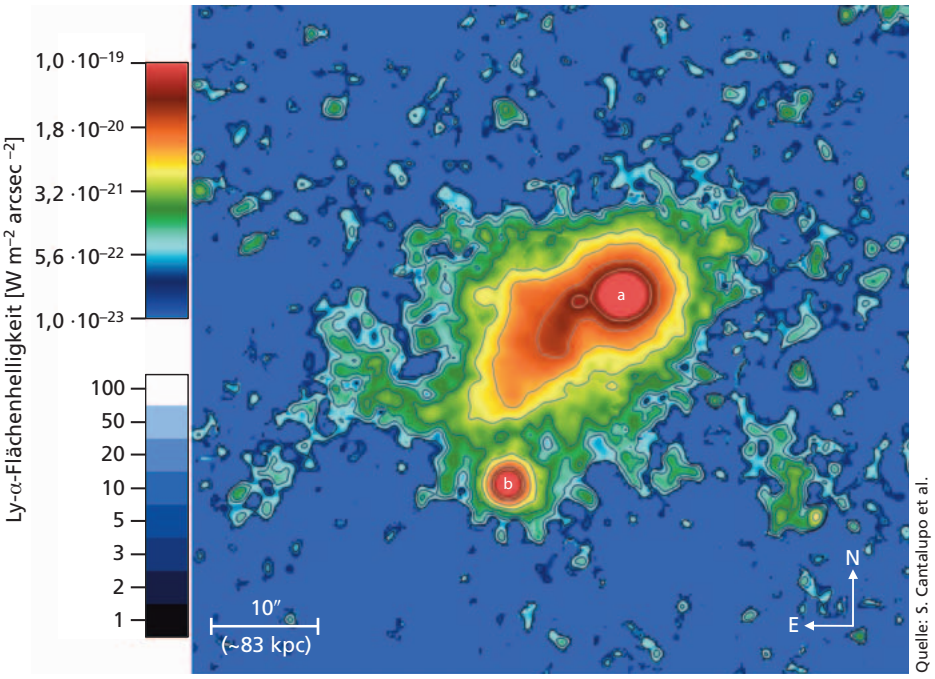


Abb. II.4.3: Lyman-α-Bild des UM287-Nebels. Für dieses Bild wurde von der Lyman-α-Aufnahme der Beitrag des Hintergrundes abgezogen, der sich anhand von Aufnahmen in weniger engen Filterbereichen erschließen last. Der Buchstabe a zeigt die Lage von UM287 an. Die Farben zeigen die Intensität der Lyman-α-Strahlung an, die Konturen das Verhältnis von Signal zu Rauschen (vereinfacht: mit welcher Sicherheit die Lyman-α-Strahlung in der betreffenden Bildregion nachgewiesen werden konnte). Die ausgedehnte Region, aus der uns Lyman-α-Strahlung erreicht, erscheint am Himmel unter einem Winkel von rund 55 Bogensekunden. Das entspricht einer physischen Ausdehnung von rund 1,5 Millionen Lichtjahren (460 kpc). Das als b markierte Objekt ist ein optisch nur schwach leuchtender weiterer Quasar in ungefähr derselben Entfernung wie UM287. Zwischen den beiden Quasaren scheint es keine Verbindung in Form von Gasfilamenten zu geben.

Konkret lassen sich mithilfe solcher Beobachtungen die Ergebnisse von Supercomputer-Simulationen auf die Probe stellen, mit denen Kosmologen die Entstehung großräumiger Strukturen im Universum nachvollziehen. Tatsächlich gibt bereits die hier beschriebene Studie Hinweise darauf, dass diesen Simulationen wichtige Elemente fehlen dürften. Aufgrund der Beobachtungen lässt sich der Gehalt des kosmischen Netzwerks an kühlem Gas abschätzen – und das Ergebnis liegt deutlich über den Vorhersagen der Simulationen. Die Beobachtungen geben auch Hinweise darauf, welcher Anteil an Materie in den Simulationen fehlt: Sie legen nahe, dass eine Menge des Gases in Form kleiner, dichter Einzelwolken vorliegt; ein Umstand, den unsere Modelle derzeit noch nicht berücksichtigen.

Während bei den kleinen Einzelwolken jetzt erst einmal die Kollegen am Zuge sind, die Simulationen durchführen, wird es auch auf Seite der Beobachter weiter vorangehen. Die hier beschriebenen Beobachtungen wurden im Rahmen eines 200-stündigen Beobachtungsprogramms am Keck-Teleskop und am Gemini South-Teleskop (Chile) im Rahmen der FLASHLIGHT-Durchmusterung vorgenommen. Zum Zeitpunkt dieses Berichts sind die Beobachtungen und die Datenreduktion für die Durchmusterung bereits abgeschlossen. Dabei wurden mit den oben beschriebenen Methoden insgesamt 24 weitere Quasare abgebildet, 17 davon mit dem Gemini South-Teleskop, 7 mit dem Keck-Teleskop. Die zusammenfassende Analyse werden die beteiligten Forscher im Laufe des Jahres 2015 präsentieren. Währenddessen ist schon die nächste Durchmusterung dieser Art geplant, die das Instrument MUSE am Very Large Telescope der ESO in Chile nutzen soll und dafür insgesamt 80 Beobachtungsstunden zugesprochen bekommen hat.

Fabrizio Arrigoni-Battaia, Xavier Prochaska
(auch University of California at Santa Cruz
und Lick Observatory) und Joseph F. Hennawi

in Zusammenarbeit mit

Sebastiano Cantalupo
(University of California at Santa Cruz
und Lick Observatory)
und Piero Madau (University of California at Santa Cruz)

S. Cantalupo et al. 2014: »A cosmic web filament revealed in Lyman-alpha emission around a luminous high-redshift quasar« in Nature 506, S. 63-66. DOI: 10.1038/nature12898

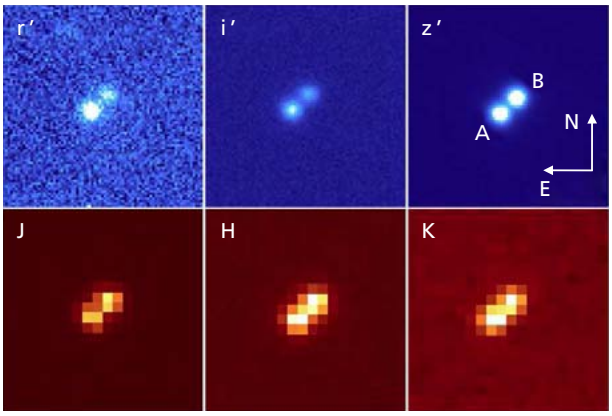
II.5 Wissenschaftliches Highlight

Erste Oberflächenkarte eines Braunen Zwergs liefert den fernsten Wetterbericht aller Zeiten

Astronomen haben die erste Detailuntersuchung von Atmosphäreneigenschaften eines Braunen Zwergs (Mittelding zwischen Stern und Planet) veröffentlicht: die erste Oberflächenkarte eines Braunen Zwergs überhaupt – das Analogon einer Wetterkarte – sowie Messungen, die Atmosphäreneigenschaften in unterschiedlichen Höhenlagen erfassen. Die Ergebnisse läuten eine neue Ära der Erforschung Brauner Zwerge ein, in der Astronomen Modelle für die Wolkenbildung auf diesen Gebilden (und später auch auf riesigen Gasplaneten) anhand von Beobachtungen überprüfen können.

Braune Zwerge sind sonderbare Objekte: sie besitzen eine größere Masse als Planeten, sind aber nicht massereich genug, dass in ihren Zentralbereichen die Kernfusion zünden kann, die Sterne zum Leuchten bringt. Als im März 2013 die Entdeckung eines Systems aus zwei einander umkreisenden Braunen Zwergen in einer Entfernung von bloßen 6,5 Lichtjahren von der Sonne bekanntgegeben wurde (nur zwei Sterne bzw. Sternensysteme sind der Erde näher als das!), war klar, dass Astronomen nun die Möglichkeit haben würden, diese ungewöhnlichen Gebilde genauer zu untersuchen als jemals zuvor. Die sich umkreisenden beiden Braunen Zwerge wurden von Kevin Luhman von der Pennsylvania State University in Daten des NASA-Infrarot-Weltraumteleskops WISE entdeckt. Ihre Katalognummern sind WISE J104915.57-531906.1 A und B, wobei A und B im Sprachgebrauch der Astronomen die beiden Komponenten eines Doppelsternsystems bezeichnen. Da Luhman vorher bereits 15 andere Doppelsternsysteme entdeckt hatte, wird das neue System auch als Luhman 16 bezeichnet – die beiden Braunen Zwerge entsprechend als Luhman 16A und Luhman 16B.

Abb. II.5.1: Einzelaufnahmen im optischen und nahinfraroten Licht von Luhman 16A und 16B durch sechs verschiedene Filter (r'i'z'JHK). Die beiden Komponenten stehen am Himmel nur 1,5 Bogensekunden auseinander, entsprechend weniger als einem halben Tausendstel Winkelgrad.



Quelle: Beth Biller

Das letzte Mal, dass ein der Erde derart nahes System entdeckt wurde, ist inzwischen fast ein Jahrhundert her. Das System Luhman 16 liegt nur ein wenig weiter entfernt als der zur Erde zweitnächste Stern, Barnards Pfeilstern, der 1916 entdeckt wurde. Damit eröffnen sich Möglichkeiten, Braune Zwerge so detailliert zu untersuchen, wie das niemals zuvor möglich war. Zwei Studien zu Luhman 16A und 16B entstanden unter der Leitung von Forschern des Max-Planck-Instituts für Astronomie – und läuten den Beginn einer neuen Ära der Erforschung Brauner Zwerge ein.

Die erste der Studien, unter der Leitung von Ian Crossfield, präsentiert etwas, das es für Braune Zwerge bislang überhaupt noch nicht gegeben hat: eine Oberflächenkarte von Luhman 16B, erstellt mit einem Verfahren, das (dem englischen Sprachgebrauch folgend) Doppler Imaging heißt.

Mit der zur Zeit verfügbaren Technik ist es unmöglich, Oberflächenkarten dieses Braunen Zwergs (oder anderer ferner Sterne oder Brauner Zwerge) in der gleichen Weise zu erstellen, wie wir z.B. die Wolkenbänder des Jupiter kartieren würden, also mithilfe räumlich aufgelöster Bilder, auf denen sich die Details der Oberfläche unterscheiden lassen. Die Methode des Doppler Imaging nutzt stattdessen aus, dass die Frequenzen des Lichts eines Sterns in ganz bestimmter Weise verschoben werden, während der Stern rotiert. Aus diesen systematischen Verschiebungen lässt sich eine ungefähre Karte der Sternoberfläche rekonstruieren.

Um ein ungefähres Verständnis dafür zu bekommen, wie das funktioniert, ist es hilfreich, sich einen Beobachter vorzustellen, der hoch über dem Äquator der Erde schwebt und verfolgt, wie die Erde unter ihm vorbei rotiert. Wenn ein Objekt, das sich am Erdäquator befindet, gerade in Sicht kommt, also gerade erst über dem Horizont auftaucht, bewegt es sich zunächst recht schnell auf den Beobachter zu. Während es direkt unten vorbeiläuft, ändert sich sein Abstand zum Beobachter im Vergleich dazu so gut wie kaum. Rotiert das Objekt über den gegenüberliegenden Horizont wieder außer Sicht, dann ändert sich sein Abstand vom Beobachter wieder deutlich schneller. Ein Objekt, das nicht am Äquator ruht, sondern in höheren (nördlichen oder südlichen) Breiten,

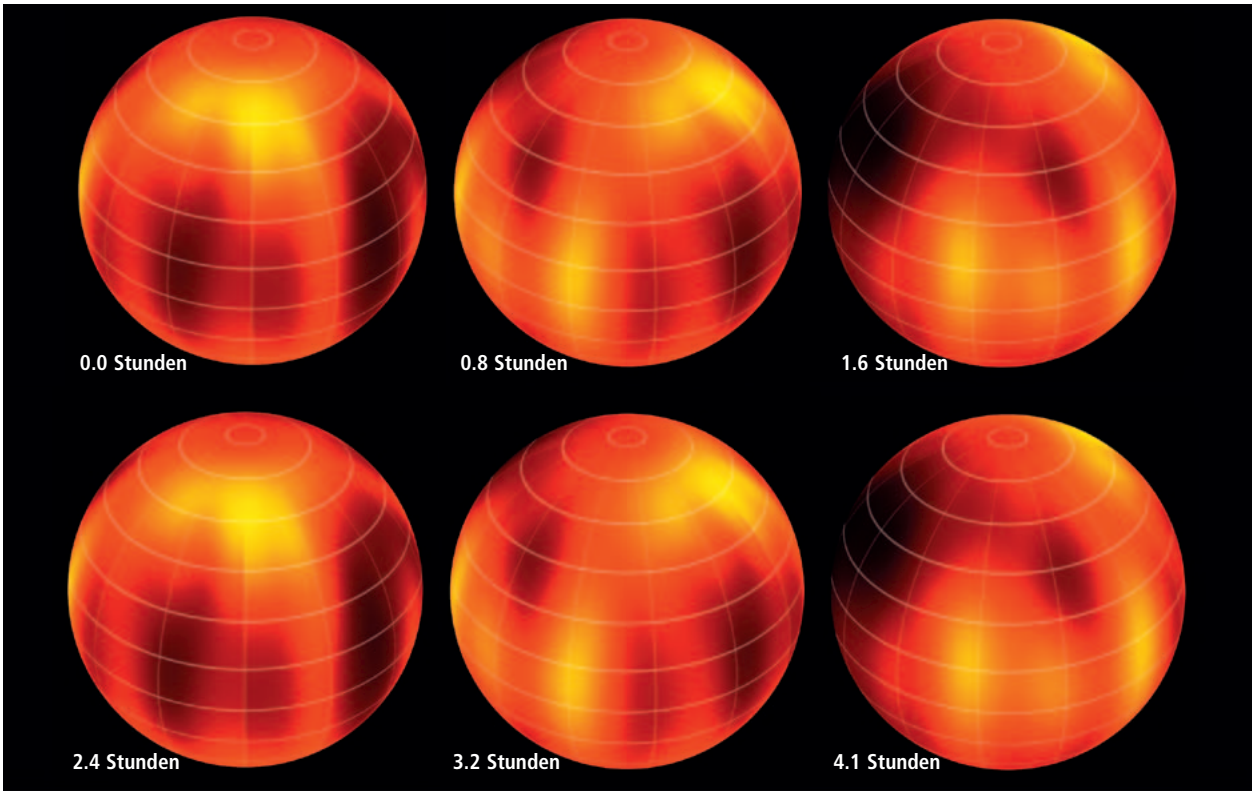
folgt dem gleichen Bewegungsmuster – nur, dass die Bewegungen auf den Beobachter zu oder von ihm weg nicht so ausgeprägt sind wie für ein Objekt am Äquator. Ein Objekt an einem der Pole erfährt durch die Erdrotation keinerlei Abstandsänderungen relativ zum Beobachter.

Die Situation im Falle eines Braunen Zwergs und eines Beobachters auf der Erde ist analog: Rotiert ein hellerer Fleck auf der Oberfläche des Braunen Zwergs in Sicht, dann wird die Art und Weise, inwieweit sich dieser Fleck direkt auf den Beobachter zu oder von ihm weg bewegt, davon abhängen, wo er sich auf der Oberfläche befindet – insbesondere: wieweit entfernt vom Äquator des Braunen Zwergs. (Zusätzlich spielt natürlich eine Rolle, wie die Drehachse des Braunen Zwergs relativ zum Beobachter orientiert ist – direkt über dem Äquator, wie im vorigen Beispiel, wird sich ein Beobachter nur in Ausnahmefällen befinden.)

Im Falle des Braunen Zwergs können die Astronomen zwar die Reise des Flecks nicht direkt verfolgen, da sie schlicht nicht über genügend hoch aufgelöste Bilder verfügen. Aber die Bewegung in Richtung Beobachter oder von ihm weg lässt sich indirekt über den Dopplereffekt nachweisen: Licht verändert seine Wellenlänge in systematischer Weise, wenn sich die Lichtquelle auf den Beobachter zu oder von ihm weg bewegt; das Ausmaß der Veränderung hängt davon ab, wie schnell die Bewegung erfolgt (und in welche der beiden möglichen Richtungen). Für hellere Flecken auf der Oberfläche eines rotierenden Sterns ergibt sich so ein Muster von miteinander überlagerten Wellenlängenverschiebungen für das empfangene Licht. Dieses Muster dokumentierten Crossfield und seine Kollegen, fein nach Wellenlängen aufgeschlüsselt, in Form von spektroskopischen Daten, die sie im Mai 2013 mit dem Spektrografen CRIRES aufnahmen. CRIRES ist an einem der 8-Meter-Telescope des VLT am Paranal-Observatorium der Europäischen Südsternwarte (ESO) installiert.

Die Details des Musters hängen von der Position der Flecken auf der Oberfläche ab, und deswegen lassen sich umgekehrt aus den Details des Musters Rückschlüsse darauf ziehen, wo auf der Oberfläche sich hellere Flecken befinden, und auch darauf, wie hell diese sind. Die Rekonstruktion der Oberfläche ist dabei nicht ganz eindeutig und mit einiger Unsicherheit behaftet. Die hier gezeigte Karte ist jedenfalls diejenige Oberflächenstruktur, die den vielen Dopplermessungen von Crossfield und Kollegen nach am wahrscheinlichsten ist.

Bereits aus früheren Beobachtungen war erschlossen worden, dass Braune Zwerge eine gefleckte Oberfläche besitzen sollten. Jetzt konnte solch eine Oberfläche direkt kartiert werden. Die Fleckenstruktur dürfte auf eine unregelmäßige Wolkendecke zurückgehen, nicht unähnlich jener des Planeten Jupiter. Die resultierende Karte ist so etwas wie eine grobe Version von Wetterkarten, wie wir sie von Satellitenbildern unseres Heimatplaneten kennen. Für menschliche Bedürfnisse dürfte die Vorhersage auf Luhman 16B allerdings zu allen Zeiten »äußerst unangenehmes Wetter« lauten: Bei Temperaturen von mehr als 1000



Quelle: ESO / I. Crossfield

Abb. II.5.2: Oberflächenkarten des Braunen Zwergs Luhman 16B. Deutlich zu sehen ist die helle Region in der Nähe des Pols (sichtbar in den Ansichten links und Mitte) sowie ein großes dunkleres Gebiet nahe der Äquatorregion (vgl. Ansichten links), die großräumigen Flecken aufgrund von Wolkenformationen entsprechen. Der jeweilige Zeitindex ist markiert.

Grad Celsius handelt es sich um Wolken aus winzigen Tröpfchen flüssigen Eisens und verschiedenen Mineralen, die in einer Wasserstoff-Atmosphäre schweben.

Die zweite Studie, die von Beth Biller geleitet wurde, geht im wörtlichen Sinne weiter in die Tiefe. Wenn hellere und dunklere Wolken ins Blickfeld rotieren und wieder außer Sicht geraten, dann ändert sich auch die Gesamthelligkeit des Braunen Zwergs. Durch gleichzeitige Beobachtung der Helligkeitsveränderungen bei unterschiedlichen Wellenlängen konnten Biller und ihre Kollegen rekonstruieren, was in unterschiedlichen Atmosphärenschichten sowohl von Luhman 16A als auch von Luhman 16B vor sich geht.

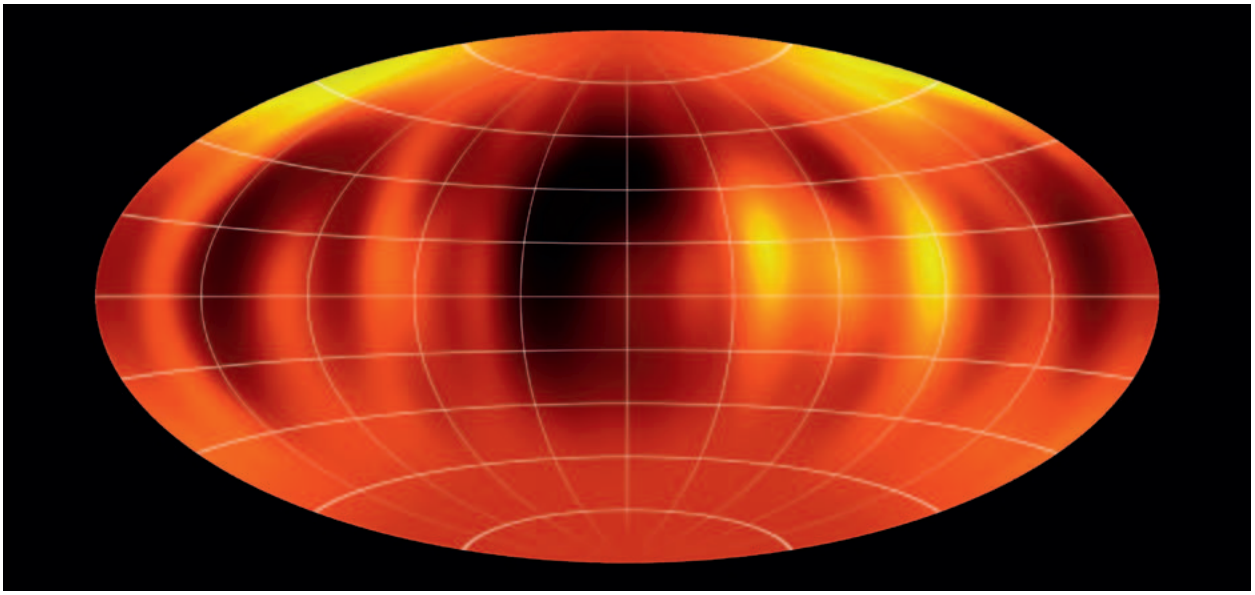
Die Helligkeitsmessungen von Biller und Kollegen wurden im April 2013 mit der astronomischen Kamera GROND am ESO/MPG – 2,2-m-Teleskop am La Silla-Observatorium in Chile aufgenommen. GROND wurde von der Hochenergie-Gruppe am Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching in Zusammenarbeit mit der Landessternwarte Tautenburg und der ESO gebaut und kann Bilder einer Himmelsregion simultan in sieben verschiedenen Wellenlängenbereichen aufnehmen. Wieviel Licht Gas in diesen sieben Wellenlängenbereichen jeweils aussendet, hängt direkt mit der Temperatur des Gases zusammen, und die sieben Wellenlängenbereiche entsprechen damit aller Wahrscheinlichkeit nach verschiedenen Atmosphärenschichten unterschiedlicher Temperatur in der Atmosphäre des Braunen Zwergs. So ermöglichen es die Messungen der Helligkeitsänderungen, verschiedene Atmosphärenschichten zu untersuchen – mit dem Ergebnis, dass die Wetterverhältnisse auf den Braunen Zwergen Luhman 16A und 16B durchaus komplex und nicht allein durch Wolken in einer einzigen Atmosphärenschicht erklärbar sind: Die Wolkenstruktur variiert, je nachdem wie tief man in die Atmosphäre blickt.

Zusammengenommen läuten die neuen Ergebnisse – zum einen die erste Karte der Oberfläche eines Braunen Zwergs, zum anderen die erste Erfassung von Helligkeitsveränderungen bei Braunen Zwergen in mehr als zwei Wellenlängenbereichen gleichzeitig – eine neue Phase der Forschung ein, in der Beobachter Details sowohl der Oberflächenstrukturen als auch der unterschiedlichen Atmosphärenschichten eines Braunen Zwergs untersuchen können. In den Daten lassen sich unterschiedliche Wolkenregionen auseinanderhalten, und die Analyse der Helligkeitsvariationen zeigt, dass der Braune Zwerg mehr als eine Atmosphärenschicht mit Wolken und/oder lokalen Temperaturveränderungen besitzen muss. Das ist das erste Mal, dass sich solche komplexen Wetterverhältnisse auf einem Braunen Zwerg in dieser Weise nachweisen lassen.

Jetzt sind die Theoretiker am Zug, bessere und detailreichere Modelle für die Atmosphärenstruktur von Braunen Zwergen zu liefern – die im Zusammenspiel mit neuen Beobachtungsdaten wie den hier beschriebenen dazu führen sollten, dass wir Braune Zwerge deutlich besser verstehen als jetzt.

Angesichts des Fortschritts bei der Entwicklung und Konstruktion neuer Teleskope dürften die hier vorgestellten Ergebnisse nur der Anfang einer längeren Entwicklung sein. Mit den Teleskopen der nächsten Generation, insbesondere mit dem European Extremely Large Telescope mit seinem Spiegeldurchmesser von 39 Metern, sollten die Astronomen Oberflächenkarten für noch entferntere Braune Zwerge erstellen können – und das Wetter auf Luhman 16B so detailliert kartieren können, dass sich verfolgen lassen sollte, wie Wolken neu entstehen, sich entwickeln und wieder verschwinden. Gut möglich, dass Exo-Meteorologen ab einem bestimmten Zeitpunkt in der Lage sein werden voraus zu sagen, wann ein fiktiver Besucher auf Luhman 16B klaren oder bewölkten Himmel erwarten könnte.

Abb. II.5.3: Die komplette Oberflächenkarte des Braunen Zwergs Luhman 16B zeigt helle und dunkle Strukturen – Wolken aus flüssigen Eisentröpfchen und Mineralen.



Quelle: ESO / I. Crossfield

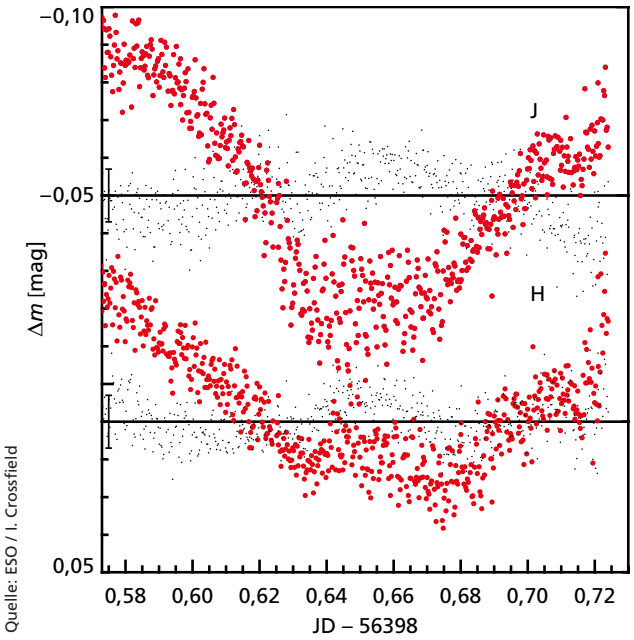


Abb. II.5.4: Lichtkurven des kombinierten Lichts von Luhman 16A und 16B, aufgenommen am 16. April 2013. Eine Abschätzung für die Fehlerbalken ist jeweils am Anfang der Lichtkurve eingezeichnet. Die grauen Punkte entsprechen Referenzlichtkurven (für einen deutlich sichtbaren Referenzstern). Die Unterschiede der Helligkeitsvariationen in den verschiedenen Lichtkurven zeigen das Vorhandensein komplexerer Strukturen an: unterschiedliche Atmosphärenschichten der Braunen Zwerge dominieren in den unterschiedlichen Filterbändern.

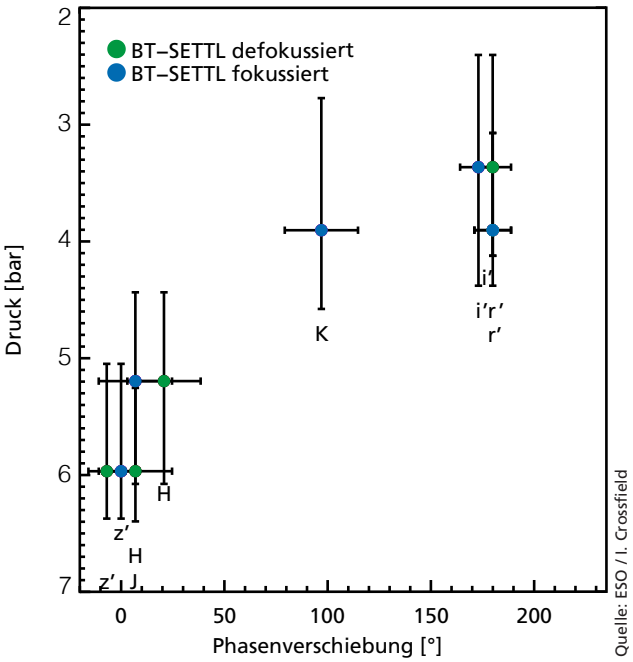


Abb. II.5.5: Phasenunterschied aufgetragen gegen den durchschnittlichen, aus dem Modell erschlossenen Druck in der Quellregion für fokussierte und unfokussierte Beobachtungen von Luhman 16AB. Das Vergleichsmodell ist das Atmosphärenmodell BT-Settl. Biller et al. fanden eine direkte Korrelation der Phasenverschiebung (wo liegen die Minima / Maxima der Lichtkurve?) mit den Druckwerten, wobei Strahlung aus den höheren Schichten der Atmosphäre gegenüber dem Extremum im z'-Filterband verschoben sind. Die tiefsten Ursprungsregionen hat die Strahlung in den Filterbänden z', J und H (Druckwerte zwischen 5 und 6 bar), während r' und i' in höher gelegene Schichten blicken (Druckwerte zwischen 3 und 4 bar). Die Korrelation zwischen Schichttiefe und Phasenverschiebung ist ähnlich wie bei dem kühleren Braunen Zwerg 2MASS J22282889-431026 vom Typ T6.5, den Buenzli et al. (2012) beobachtet hatten. Die Phasenverschiebungen zeigen an, dass die horizontale und vertikale Struktur der Atmosphäre in der Tat berücksichtigt werden muss, will man die Lichtkurven erklären.

Darüber hinaus stellen die neuen Ergebnisse wichtige Schritte in Richtung auf ein noch deutlich ehrgeizigeres Ziel dar: die Erforschung des Wettergeschehens in anderen Planetensystemen. Die nächsten Schritte wird voraussichtlich das SPHERE-Instrument unternehmen, das Mitte 2014 am Very Large Telescope am Paranal-Observatorium der ESO in Betrieb gegangen ist (vgl. Abschnitt III.3). SPHERE wurde von einem Konsortium unter der Leitung von Jean-Luc Beuzit (PI) vom Laboratoire d'Astrophysique de l'Observatoire de Grenoble und Markus Feldt (Co-PI) vom Max-Planck-Institut für Astronomie entwickelt und sollte Messungen wie die hier vorgestellten für Gasriesen vornehmen können, die andere Sterne umkreisen als die Sonne. Auch Vorschläge dafür, wie sich Wetterverhältnisse und Oberflächeneigenschaften von kleinen, kühlen, erdähnlichen Planeten um andere Sterne modellieren lassen, gibt es bereits. Aber die Beobachtungen, anhand derer man solche Modelle testen und solche Eigenschaften beobachten könnte, dürften noch einige Jahrzehnte auf sich warten lassen.

Ian Crossfield (inzwischen an der University of Arizona), Beth Biller (inzwischen an der University of Edinburgh), Joshua Schlieder, Niall Deacon, Mickaël Bonnefoy, Esther Buenzli, Thomas Henning, Wolfgang Brandner, Bertrand Goldman, Taisiya Kopytova, Luigi Mancini, Simona Ciceri und Coryn A.L. Bailer-Jones

in Zusammenarbeit mit

Derek Homeier, France Allard (beide CRAL-ENS, Lyon), John Southworth (Astrophysics Group, Keele University), Bernd Freytag (Universität Uppsala) und Jochen Greiner (MPI für Extraterrestrische Physik, Garching)

I. J. M. Crossfield et al., »Mapping Patchy Clouds on a Nearby Brown Dwarf« in Nature 505 (2014), S. 654-656. DOI: 10.1038/nature12955

B. A. Biller et al., »Weather on the Nearest Brown Dwarfs: Resolved Simultaneous Multi-Wavelength Variability Monitoring of WISE J104915.57-531906.1AB« in Astrophysical Journal Letters, Bd. 778, Artikelnummer L10. DOI: 10.1088/2041-8205/778/1/L10

II.6 Wissenschaftliches Highlight

Wo die kleinen Galaxien herkommen: Kosmische Zusammenstöße zwischen Zwerggalaxien

Galaxien wachsen, indem sie sich kleinere Galaxien einverleiben oder mit anderen Galaxien verschmelzen. Jetzt hat eine Gruppe von Astronomen, zu der auch Glenn van de Ven vom Max-Planck-Institut für Astronomie gehört, das bisher kleinste Beispiel für den Überrest einer solchen Galaxienverschmelzung identifiziert: die Zwerggalaxie Andromeda II (And II), ein Satellit der bekannten Andromeda-Galaxie. Anhand der Bewegung der Sterne in der Galaxie machten die Forscher zwei unterschiedliche Sterngruppen ausfindig: die Sterne der ursprünglichen AndII-Zwerggalaxie und Sterne einer anderen Zwergalaxie, die mit AndII verschmolz.

Im modernen Bild der Galaxienentwicklung spielen Verschmelzungen und Kollisionen die Schlüsselrolle: Kleinere Galaxien wachsen, indem sie sich noch kleinere Galaxien einverleiben. Auch unsere Heimatgalaxie, die Milchstraße, eine Scheibengalaxie, hat ihre heutige Größe auf diese Weise erreicht. Die gigantischen elliptischen Galaxien entstehen durch die Verschmelzung von zwei (oder mehr) großen Vorläufergalaxien.

Kürzlich hat nun eine Gruppe von Astronomen, zu der auch Glenn van den Ven vom MPIA gehört, das bislang kleinste Ergebnis einer solchen Verschmelzung identifiziert – sozusagen den ersten Schritt in einer Entwicklung, die über Milliarden von Jahren hinweg zu Galaxien mit hunderten von Milliarden von Sonnenmassen führen kann. Die Entdeckung der kleinsten bekannten Galaxienverschmelzung begann mit einer Anomalie: Eine US-amerikanische Astronomengruppe unter der Leitung von

Quelle: N. C. Amorisco & M. Høst (Niels Bohr Institute) and ESO / Digitized Sky Survey 2

Abb. II.6.1: Künstlerische Darstellung der Verschmelzung zweier Vorläufergalaxien zur Zwerggalaxie Andromeda II.

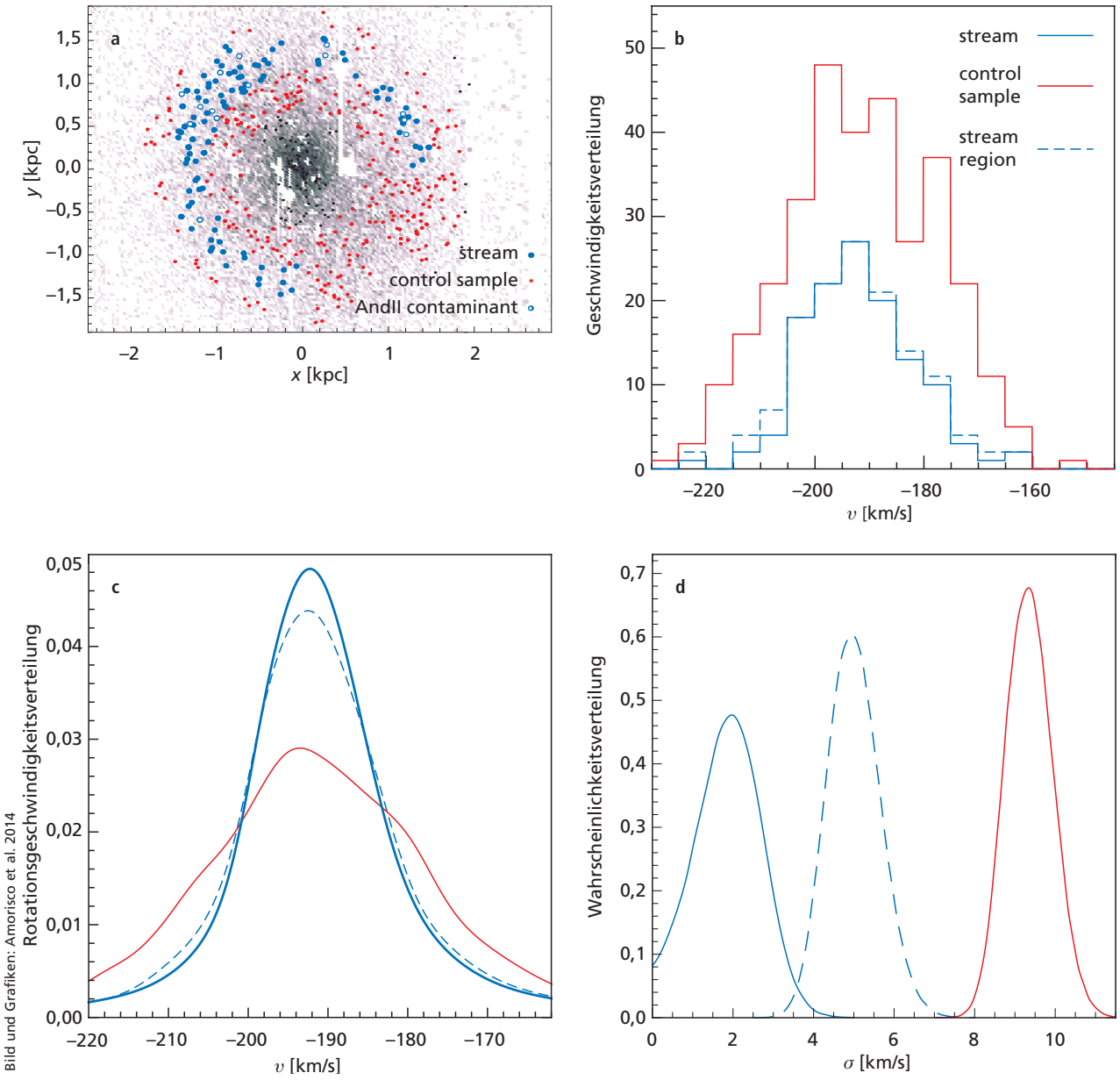


Abb. II.6.2: Bildteil (a) zeigt die Abbildung der Zwerggalaxie Andromeda II, in der die zwei verschiedenen Gruppen von Sternen identifiziert wurden. Die zusammenhängende, bereits äußerlich einem Sternenstrom ähnelnde Region zwischen 2300 und 6200 Lichtjahren vom Zentrum (0,7 kpc bis 1,9 kpc) enthält 134 Sterne, die hier als ausgefüllte blaue Kreise gekennzeichnet sind. Zum Vergleich wurden 319 Sterne außerhalb dieser Region ebenfalls untersucht (gefüllte rote Kreise). Genauere Untersuchung ergab, dass 14 Sterne in der Sternenstrom-Region offenbar nicht zum Strom dazugehören; diese Sterne sind als nicht ausgefüllte blaue Kreise eingezeichnet. In den Bildteilen (b) bis (d) entspricht die rote Kurve jeweils den Vergleichssternen, die gestrichelte blaue Kurve den Sternen in der Sternenstrom-Region und die durchgezogene blaue Kurve den Sternen im Sternenstrom abzüglich der 14 Außenseiter, die nicht dazugehören. Teil (b) zeigt die Verteilung der Geschwindigkeiten entlang der Sichtlinie, also direkt auf den Beobachter zu oder von ihm weg. Berücksichtigt man die mittlere Bewegung der Sterne der Galaxie und normiert die Geschwindigkeitsverteilung, erhält man die Kurven in Abbildung (c). Aus den Geschwindigkeiten entlang der Sichtlinie kann man auch die Verteilung der Geschwindigkeitsbeträge der Sterne rekonstruieren; das Resultat (in Form der Geschwindigkeitsdispersion) ist in Abbildungsteil (d) zu sehen.

Marla Geha hatte den DEIMOS-Spektrografen am Keck-Observatorium genutzt, um die Radialgeschwindigkeiten von mehr als 700 Einzelsternen in und um Andromeda II (AndII) zu messen, eine kleine Galaxie im Sternbild Andromeda (Ho, Geha, Munoz et al. 2012). AndII, so zeigte sich dabei, dreht sich nicht nur sehr viel schneller als andere Galaxien desselben Typs. Sie dreht sich auch auf eine gänzlich ungewöhnliche Weise: Nicht analog zu einem Rad, das sich um seine Achse dreht, sondern in einer Art Taumelbewegung senkrecht zur Symmetrieachse.

Die Anomalie veranlasste die Beobachter dazu, die Daten an drei Kollegen weiterzureichen, die große Erfahrung im Modellieren der Sternbewegungen in Galaxien besitzen: Glenn van de Ven vom Max-Planck-Institut für Astronomie, Wyn Evans von der Universität Cambridge, und Nicola Amorisco von der Universität Kopenhagen. Amorisco, Evans und van de Ven analysierten die Sterngeschwindigkeiten sorgfältig mit einer von ihnen zuvor entwickelten Methode.

Sie fanden, dass es unter den Sternen der Galaxie eine Gruppe gibt, deren Bewegung geordneter ist (»kinematisch kälter«) als jene der anderen Sterne – so, wie man es für einen Sternstrom in AndII erwarten würde, also für das Überbleibsel einer kleineren Galaxie, die mit der ursprünglichen Galaxie AndII verschmolzen ist. Insgesamt weist das Bewegungsmuster der Sterne und insbesondere der geringe Anteil an ungeordneter Bewegung der Sterne darauf hin, dass es sich nicht um eine durch den Vorbeiflug einer anderen Galaxie hervorgerufene Störung handelt, sondern tatsächlich um das Ergebnis einer (seltenen) Verschmelzung. AndII scheint damit der Überrest einer Verschmelzung zweier noch kleinerer Galaxien zu sein. Die ungewöhnliche Rotation stammt aus jener Phase, in der die kleinere der Zwerggalaxien die größere vor dem Verschmelzen umkreiste. Das ist der Grund, warum es in AndII zwei unterschiedliche Gruppen von Sternen gibt: Die Sterne der ursprünglichen Zwerggalaxie und Sterne in dem Sternstrom, der sich wie eine Art Gürtel aus Sternen um die Zentralregionen von AndII windet.

Für den Zeitpunkt der Verschmelzung kann nur eine untere Grenze bestimmt werden: Das Ereignis muss sich vor mehr als drei Milliarden Jahren ereignet haben, weil alleine drei Milliarden Jahre nötig waren, um von den verschmelzenden Galaxien zum heutigen Zustand zu gelangen. Theoretisch könnte die Verschmelzung aber bereits drei Milliarden Jahre nach dem Urknall abgeschlossen gewesen sein.

Interessanter Weise hatte bereits 2007 eine Untersuchung der Verteilung der Sterne in AndII die Autoren zu der Spekulation geführt, AndII könnte der Überrest einer Galaxienverschmelzung sein – Anhaltspunkt war damals die ungewöhnliche Form einer bestimmten Gruppe sehr alter Sterne in der Galaxie gewesen. Die Entdeckung des Sternstroms stellt diese Behauptung auf eine solide Grundlage.

Derartige Sternströme sind die charakteristischen Überreste einer kleineren Galaxie, die von einer größeren Galaxie eingefangen wurde. Man hat solche Ströme in unserer eigenen Galaxie, der Milchstraße, und in einer ganzen Reihe weiterer größerer Galaxien gefunden – aber nie in einer Galaxie mit einer Masse von weniger als einer Milliarde Sonnen. Die Masse von AndII ist deutlich geringer: Sie liegt bei nicht mehr als zehn Millionen Sonnen. Anders ausgedrückt: Bislang hatten die Astronomen lediglich Spuren späterer Stadien der Galaxienentwicklung gefunden – Fälle, in denen mindestens eine der beteiligten Galaxien bereits recht massereich und damit ihrerseits aus einer Serie früherer Verschmelzungen hervorgegangen war. Dies hier ist das erste Beispiel für eine Verschmelzung in einer sehr kleinen Galaxie, und damit für den Anfang der Wachstumskette: kleine Zwerggalaxien, die mit noch kleineren Zwergen verschmelzen.

Amorisco, Evans und van de Ven hoffen, dass die nächsten Entdeckungen dieser Art nicht lange auf sich warten lassen werden. Mit ihrer Untersuchungsmethode sollten Astronomen, die über diese Art von Beobachtungsdaten für Zwerggalaxien verfügen, in der Lage sein, in ihren Daten ebenfalls nach Sternströmen zu suchen – auf diese Weise könnten in den nächsten Jahren vielleicht noch leichtere Verschmelzungsprodukte nachgewiesen werden. Aber schon für sich allein genommen ist das jetzt veröffentlichte eine Beispiel ein guter Hinweis darauf, dass die herkömmlichen Modelle der Galaxienentwicklung so falsch mit ihrer Erklärung nicht liegen, wo die kleine(re)n Galaxien herkommen.

Glenn van de Ven

in Zusammenarbeit mit

Nicola Amorisco (Universität Kopenhagen)
und Wyn Evans (University of Cambridge)

N. C. Amorisco, N.W. Evans and G. Van de Ven: »Kinematic detection of a stellar stream in the galaxy Andromeda II« in Nature 507 (2014), S. 335-337. DOI 10.1038/nature12995

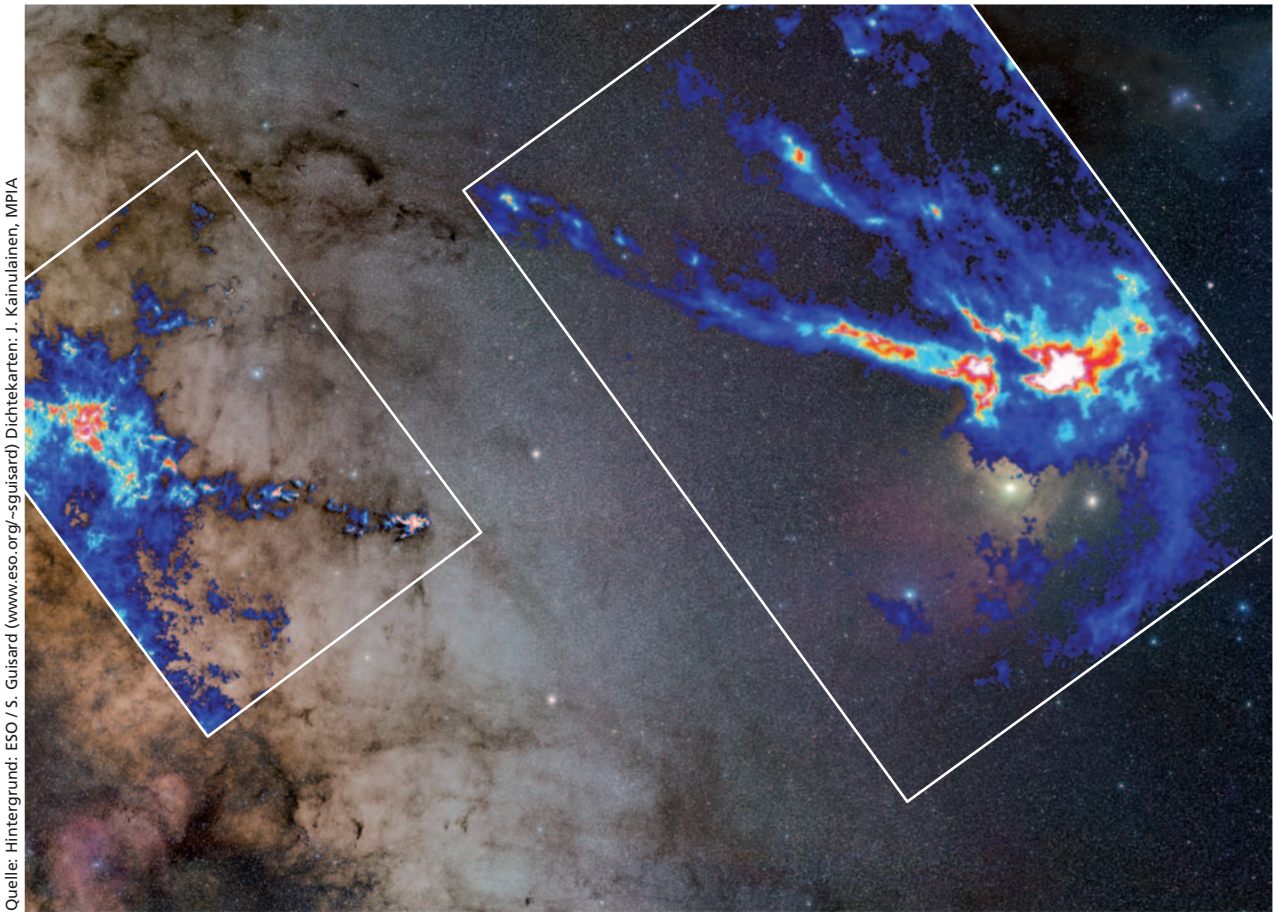
II.7 Wissenschaftliches Highlight

Das Rezept für die Sternentstehung

Astronomen unter der Leitung von Jouni Kainulainen vom MPIA haben eine Möglichkeit gefunden, anhand von Beobachtungen vorherzusagen, wieviele neue Sterne sich in einer Molekülwolke bilden werden. Sie nutzen dabei eine neue Methode, die räumliche Struktur solcher Wolken zu rekonstruieren. Das damit gefundene »Sternentstehungs-Rezept« erlaubt es, Theorien der Sternentstehung direkt mit Beobachtungen zu vergleichen. Außerdem werden Teleskope wie z.B. der Teleskopverbund ALMA auf diese Weise die Sternentstehungs-Aktivität ferner Gaswolken abschätzen und so eine Sterngeburten-Karte unserer Heimatgalaxie erstellen können.

Sternentstehung ist einer der grundlegenden Prozesse im Kosmos. Wie sich Sterne bilden, und unter welchen Bedingungen, bestimmt Erscheinungsbild und Eigenschaften ganzer Galaxien. Sterne werden in riesigen Wolken aus interstellarem Gas und Staub geboren. Kollabiert eine Gasregion im Inneren dieser Wolken unter ihrer eigenen Schwerkraft, dann zieht sich das Gas darin soweit zusammen, bis Druck und Temperatur hoch genug sind, dass Kernfusion einsetzen kann: ein neuer Stern ist entstanden.

Wie schnell in einer Wolke neue Sterne entstehen und wieviel Gas dabei verbraucht wird (die »Sternentstehungsrate«), ist nicht einfach nachzuweisen. Zwar kann



Quelle: Hintergrund: ESO / S. Guisard (www.eso.org/~sguisard) Dichtekarten: J. Kainulainen, MPIA

Abb. II.7.1: Zwei der von Kainulainen und Kollegen untersuchten Molekülwolken: Der Pfeifennebel (links) und die Rho-Ophiuchi-Dunkelwolke (rechts) vor dem Hintergrund der Milchstraße. Zu sehen ist eine normale Aufnahme der Region im sichtbaren Licht; die Kästen zeigen Karten der beiden Gaswolken, in denen sichtbar gemacht ist, in welchem Ausmaß das Licht dahinterliegender Sterne durch die Wolke abgeschwächt wird. Diese Karten bildeten die Grundlage der Rekonstruktion der räumlichen Struktur der Wolken, aus denen die Astronomen ihr »Sternentstehungs-Rezept« erschlossen haben.

man für nahegelegene Wolken in nicht mehr als 1500 Lichtjahren Entfernung vergleichsweise einfach nachzählen, wieviele junge Sterne sich in der Wolke befinden. Aber für weiter entfernte Wolken, in denen sich keine individuellen Sterne beobachten lassen, versagt die direkte Zählung. Die Sternentstehungsraten für solche Wolken sind weitgehend unbekannt.

Jetzt haben die drei Astronomen Jouni Kainulainen und Thomas Henning vom Max-Planck-Institut für Astronomie und Christoph Federrath von der Monash-Universität in Australien eine alternative Möglichkeit gefunden abzuschätzen, wieviele neue Sterne sich in einer Wolke bilden: eine Art »Sternentstehungs-Rezept«, das die Verbindung zwischen direkten astronomischen Beobachtungen der Struktur riesiger Gaswolken und ihren Sternentstehungsraten herstellt.

Dazu entwickelten die Astronomen eine Methode, mit der sich die räumliche Struktur individueller Gaswolken vereinfacht modellieren lässt – analog zu bestimmten bildgebenden Verfahren in der Medizin, die es erlauben, aus einer Durchleuchtung dreidimensionale Strukturen zu rekonstruieren: Durchquert das Licht ferner Sterne auf seinem Weg zur Erde eine Molekülwolke, wird einiges davon gestreut und absorbiert. Die Abschwächung des Lichts, die sich daraus für zehntausende hinter der Wolke stehende Sterne ergibt, lässt sich zu einer Art Karte zusammenfassen, die zeigt, durch wieviel Materie das Licht in dem betreffenden Teil der Wolke reisen musste (»Säulendichte«). Kainulainen und seine Kollegen passen ein einfaches Modell der räumlichen Struktur an die Säulendichte-Karte an. In diesem Modell haben Regionen mit höherer als der durchschnittlichen Dichte die Form mehr oder weniger länglicher Ellipsoide, die senkrecht zur Betrachtungsrichtung angeordnet sind. Der Vergleich mit Computersimulationen zeigt, dass solche Modelle die für die Sternentstehung wichtigen Eigenschaften der Wolke – insbesondere die Häufigkeit und Eigenschaften von Regionen höherer Dichte – richtig wiedergeben.

Für näher gelegene Wolken mit bis zu 1000 Lichtjahren Entfernung von der Erde verglichen Kainulainen und seine Kollegen ihre Rekonstruktion mit direkten Beobachtungen junger Sterne, die sich in den betreffenden Wolken erst vor kurzem gebildet hatten. Bis dahin hatte zwischen Beobachtungen von Molekülwolken und den Theorien zur Sternentstehung in solchen Wolken eine deutliche Lücke geklafft: In Sternentstehungsmodellen spielen Dichtewerte die Schlüsselrolle. Beobachtende Astronomen dagegen erstellen aufgrund von Lichtaussendung (Strahlung von den Molekülen oder den Staubteilchen in den Wolken) oder Lichtabsorption (welcher Anteil des Lichts ferner Sterne wird durch die Wolke wie stark abgeschwächt?) zweidimensionale Karten eines Ausschnitts der Himmelskugel. Die neu entwickelte Methode von Kainulainen und Kollegen stellt eine direkte Verbindung zwischen Beobachtungen und Modellen her, die weit genauere Vergleiche von Beobachtungen und Theorie erlaubt als bisherige Abschätzungen.

Abb. II.7.2: Wahrscheinlichkeitsdichten für die (räumliche) Dichte der Molekülwolke Serpens South, basierend auf Säulendichten, die ihrerseits aus Staub-Extinktionskarten abgeleitet wurden. Die Theorie der Turbulenz sagt voraus, dass solche Dichtefunktionen logarithmisch normalverteilt sein sollten; der Vergleich entsprechender Fit-Kurven (durchgezogene Linien) zeigt, dass dies in der Tat der Fall ist. Die dunkelblaue Region entspricht Gas, in dem Sterne entstehen, die hellblaue Region dem einhüllenden Gas rund um diese Sternentstehungsregionen. Die grüne Region entspricht vergleichsweise unstrukturiertem Gas.

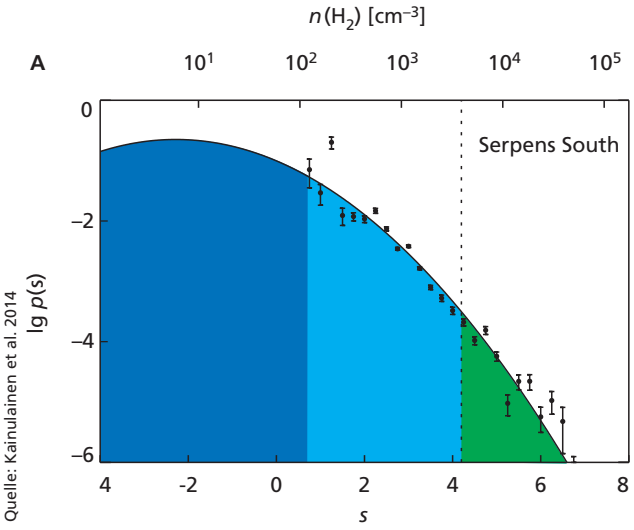
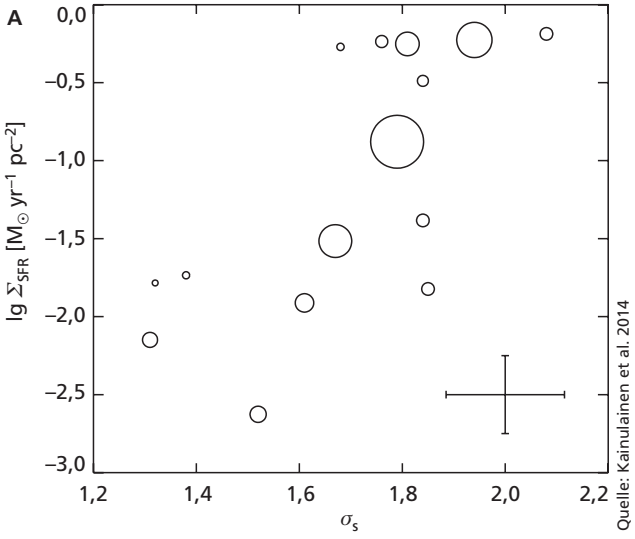
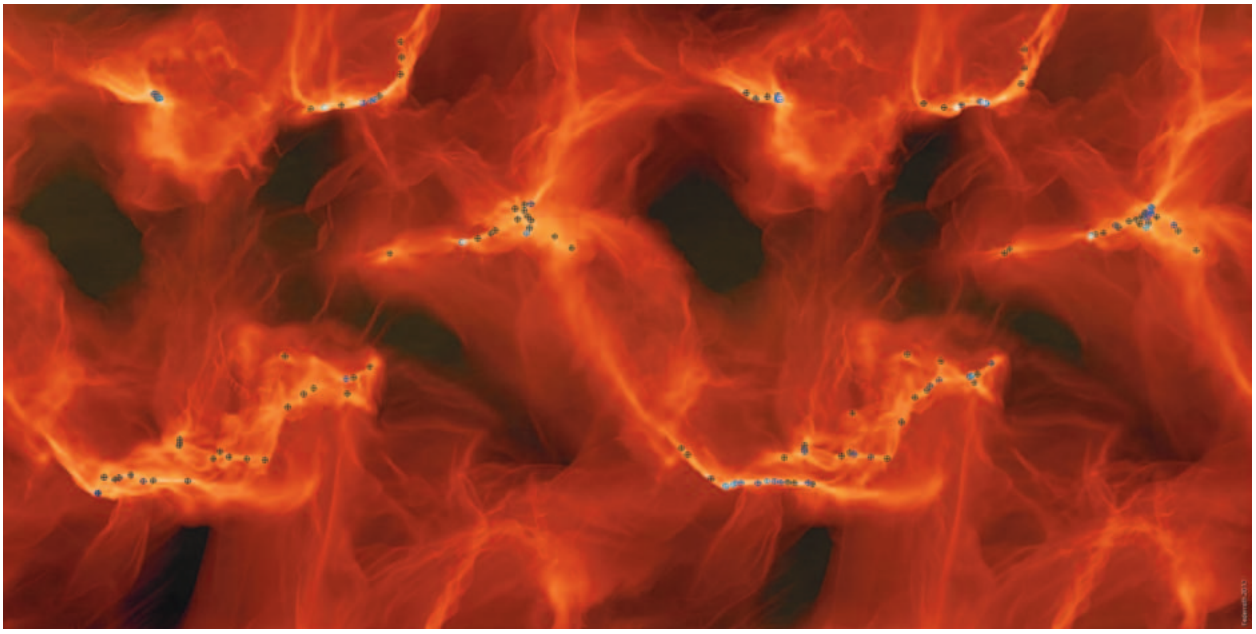


Abb. II.7.3: In dieser Abbildung sind die Breiten der Wahrscheinlichkeitsdichte für die (räumliche) Dichte (σ_s) gegen die Oberflächendichten der Sternentstehungsraten (Σ_{SFR}) aufgetragen – beide sind offenbar miteinander korreliert. Die Größe der (nicht ausgefüllten) Kreise steht für die Massen der betreffenden Wolken, die von 700 bis 36 000 Sonnenmassen reichen. Die Fehlerbalken entsprechen statistischer Unsicherheit auf dem 1σ-Niveau.





Quelle: C. Federrath, Monash University

Abb. II.7.4: Computersimulation der Sternentstehung in einer turbulenten Gaswolke. Diese und ähnliche Simulationen benutzten Kainulainen und seine Kollegen, um ihre Methode zur Rekonstruktion der räumlichen Struktur solcher Gaswolken zu testen. Orte, an denen gerade neue Sterne entstehen, sind in der Abbildung durch kleine Kreise gekennzeichnet; eine hellere Farbe entspricht dabei massereicheren Sternen.

Am Beispiel von nähergelegenen Molekülwolken (Abstände bis rund 1000 Lichtjahre) glichen Kainulainen und seine Kollegen die Ergebnisse ihrer Methode mit direkt beobachtbaren Sternenstehungsraten ab. Dabei fanden sie, dass es einen kritischen Dichtewert gibt, unterhalb dessen Gas nicht zu einem Stern kollabieren kann. Sie konnten die kritische Dichte auch direkt abschätzen: sie beträgt rund 5000 Wasserstoffmoleküle pro Kubikzentimeter. In Theorien der Sternentstehung spielt solch eine kritische Dichte bereits seit langem eine wichtige Rolle. Aber erst mit der hier beschriebenen neuen Methode, die räumliche Struktur von Molekülwolken zu rekonstruieren, können Astronomen die Dichtestruktur solcher Wolken ableiten – und dann Beobachtung und Theorie direkt vergleichen.

Auf dieser Grundlage können die Astronomen nun hoffen, eine der großen bislang unbeantworteten Fragen der Astrophysik anzugehen: Wenn in einer Wolke gegebener Masse Sterne entstehen, wie viele Sterne bilden sich dann, und welche Massen besitzen diese Sterne? Die neue Methode erlaubt es, eine Vielzahl bereits existierender Daten im Hinblick auf diese Frage neu auszuwerten und die Sternentstehungsraten in fernen Molekülwolken aus den Dichtemessungen selbst da zu erschließen, wo sich diese Sternentstehungsraten nicht auf andere Weise messen lassen.

Besondere Aktualität bekommen diese Auswertungen mit der jüngst erfolgten Inbetriebnahme des Teleskopverbunds ALMA, der noch deutlich genauere und umfassendere Daten zu entfernten Molekülwolken liefern kann. ALMA ist ein Verbund aus 66 hochpräzisen Mikrowellenantennen, die in der Atacama-Wüste in Chile mit gegenseitigen Abständen von bis zu 16 Kilometern stationiert sind und gemeinsam so wirken können wie ein extrem hochauflösendes Teleskop. ALMA kann Wolken aus Gas und Staub mit unerreichter Empfindlichkeit und deutlich höherer Detailschärfe aufnehmen als zuvor. Diese Wolken lassen sich mit ALMA nicht über das Abschwächen des Lichts von Hintergrundsternen untersuchen, sondern durch Nachweis der Strahlung, die der in den Wolken enthaltene Staub aussendet.

Mit dem hier vorgestellten neuen Werkzeug, das den Bogen zwischen den Wolkeneigenschaften und der kritischen Dichte schlagen kann, werden die Astronomen in Zukunft die Sternentstehungsraten für mehr Wolken bestimmen können als je zuvor, sowohl in unserer Heimatgalaxie als auch in ihren entfernten Geschwistern.

Jouni Kainulainen und Thomas Henning

in Zusammenarbeit mit

Christoph Federrath (Monash University)

Jouni Kainulainen, Christoph Federrath and Thomas Henning: »Unfolding the Laws of Star Formation: The Density Distribution of Molecular Clouds« in Science, Volume 344 (2014), S. 183–185. DOI: 10.1126/science.1248724

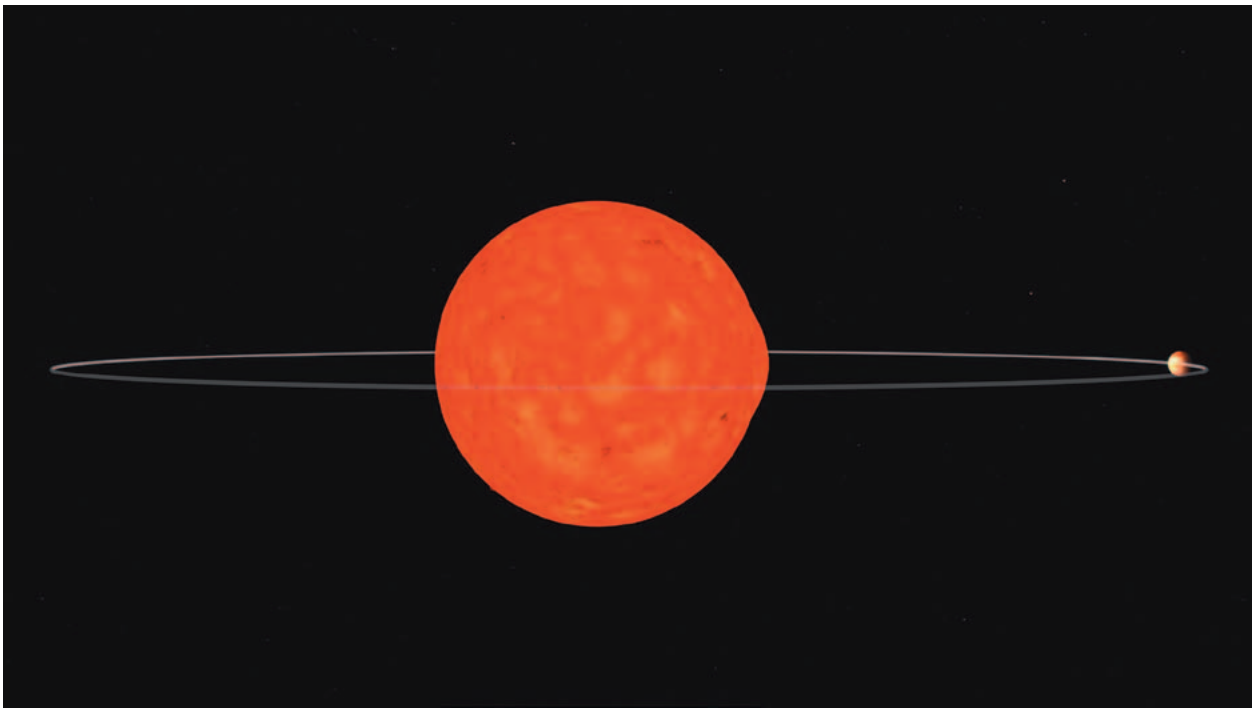
II.8 Wissenschaftliches Highlight

Bestätigung für einen chancenlosen Planeten

Der Planet Kepler 91b hat keine Chance: in rund 55 Millionen Jahren wird er von seinem Stern verschluckt werden. Doch seine Existenz schien noch auf andere Art bedroht: Zwei Studien legten nahe, es handle sich vielleicht gar nicht um einen Planeten, sondern um einen schwach leuchtenden Stern. Zumindest diese Bedrohung ist jetzt abgewendet: Neue Beobachtungen mit dem CAFE-Spektrografen am Calar-Alto-Observatorium konnten bestätigen, dass es sich in der Tat um einen Planeten handelt. Allgemeiner bestätigt das Ergebnis die Gültigkeit der innovativen Nachweismethode, die bei der Entdeckung von Kepler 91b angewandt wurde.

Als eine Gruppe von Astronomen, zu der auch Amelia Bayo und Luigi Mancini vom Max-Planck-Institut für Astronomie gehören, im Dezember 2013 die Entdeckung des Planeten Kepler 91b bekanntgab, stieß die Nachricht vor allem aufgrund des Schicksals auf Interesse, das dem Planeten bevorsteht: In 55 Millionen Jahren – astronomisch gesehen eine sehr kurze Zeitspanne – wird der Planet von seinem Stern, einem Roten Riesen, verschluckt werden. Ein ähnliches Schicksal steht der Erde in rund 5 Milliarden Jahren bevor, wenn die Sonne ebenfalls zum Roten Riesen wird.

Die Astronomen unter der Leitung von Jorge Lillo vom Zentrum für Astrobiologie (CAB) in Madrid hatten dabei eine derzeit noch sehr unübliche Nachweismethode angewandt. Sie nutzten Daten des NASA-Weltraumteleskops Kepler und untersuchten ein Kandidatenobjekt mit der Katalognummer KOI2133.01, das bis dahin noch nicht als Planet hatte bestätigt werden können. Zwischen 2009 und 2013 hat das NASA-Weltraumteleskop Kepler die Helligkeit von rund 190 000 Sternen mit bislang unerreichter Genauigkeit überwacht. Besitzt einer jener Sterne einen Planeten, und führt seine Umlaufbahn den Planeten wiederholt zwischen Stern und Beobachter vorbei, kommt es zu einer partiellen Sternfinsternis: Die Helligkeit des Sterns nimmt regelmäßig vorübergehend ein wenig ab. Eine solche Helligkeitsverminderung kann freilich auch andere Gründe haben, etwa das Vorhandensein dunkler Flecken auf der Oberfläche des Sterns (»Sternflecken«). Hat das Kepler-Teleskop eine solche Helligkeitsverminderung gefunden, wird dies daher zu-



Quelle: David Cabezas Jimeno

Abb. II.8.1: Künstlerische Darstellung des Planeten Kepler 91b, der in (astronomisch gesehen) kurzer Zeit von seinem Stern verschlungen werden wird.

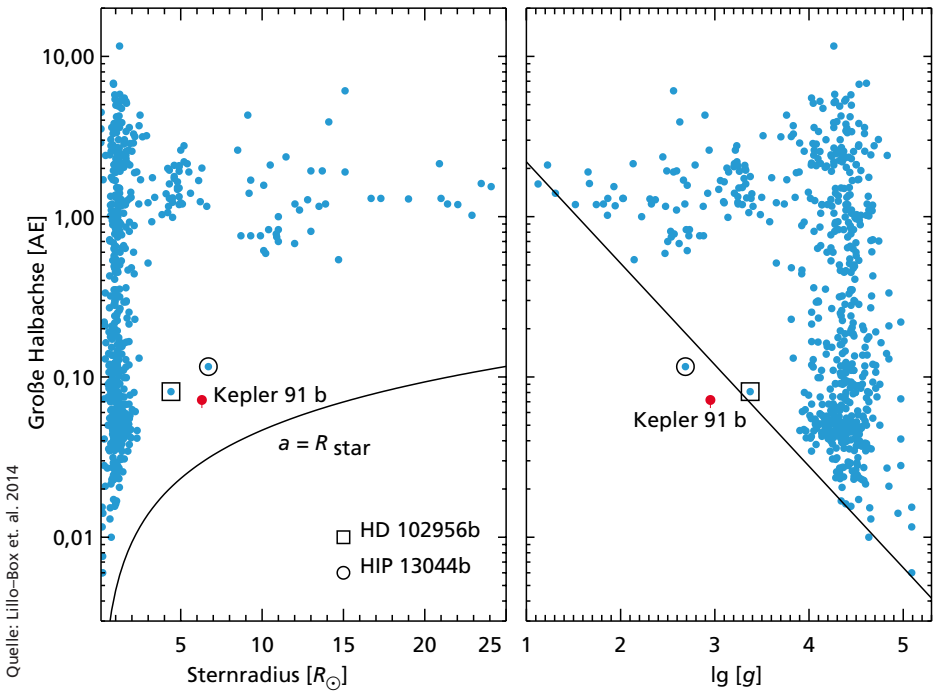


Abb. II.8.2: Vergleich der Eigenschaften des Kepler-91-Systems mit denen anderer Exoplanetensysteme. Im Diagramm links ist die große Halbachse für alle bestätigten Exoplaneten (blaue Punkte) gegen den Sternradius aufgetragen, im rechten Diagramm gegen die Gravitationsbeschleunigung an der Sternoberfläche. Der Extremfall im linken Diagramm, mit der durchgezogenen Linie markiert, wäre der eines Planeten, der direkt an der Sternoberfläche umläuft. Das Kepler-91-System, jeweils als roter Punkt markiert, ist bislang derjenige Planet, der seiner Sternoberfläche am nächsten kommt. Im Diagramm rechts markiert die durchgezogene Linie eine von Nowak und Kollegen 2013 vorgeschlagene Grenze. Sowohl Kepler 91 als auch das ungewöhnliche System HIP 13044 liegen unterhalb dieser Grenze.

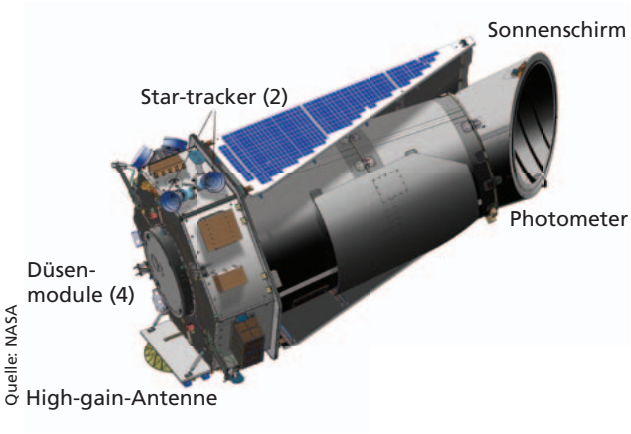
nächst nur als Planetenkandidat gehandelt. Ob es sich um einen Planeten handelt, muss dann erst noch bestätigt werden.

Eine Standardmethode dafür sind spektroskopische Beobachtungen, die Rückschlüsse auf die Bewegung eines Sterns zulassen, der gemeinsam mit einem Planeten um den gemeinsamen Schwerpunkt kreist (»Radialgeschwindigkeitsmethode«). Jüngst hat das Kepler-Team noch ein anderes Bestätigungsverfahren angewandt, das statistischer Natur ist. Das Verfahren nutzt aus, dass es sehr unwahrscheinlich ist, dass Störeffekte etwa durch Sternflecken den genauen Helligkeitsverlauf nachbilden können, wie er durch ein Mehrfachplanetensystem entsteht.

Kepler 91b wurde von Lillo und Kollegen allerdings nicht durch diese etablierten Methoden als Planet bestätigt, sondern auf andere Weise: durch eine ungewöhnlich detaillierte Untersuchung der Lichtkurve, also der Helligkeitsveränderungen des Sterns. Als Ausgangsmaterial dienten ihnen dabei die Daten des Kepler-Teleskops sowie ergänzende Beobachtungen mit der Lucky-Imaging-Kamera AstraLux am 2,2-Meter-Teleskop auf dem Calar Alto. Die Untersuchung der Astronomen berücksichtigte nicht nur die partielle Sternfinsternis selbst, sondern auch kleinere Effekte, beispielsweise die geringe eigene Strahlung des Planeten, das vom Planeten reflektierte Sternenlicht, Helligkeitseffekte aufgrund von Verformungen, die der Stern durch die Schwerkraft des Planeten erfährt und solche, die sich aus der Bewegung des Sterns um den gemeinsamen Schwerpunkt ergeben (»Doppler beaming«). Am Ende waren sich Lillo und seine Kollegen hinreichend sicher: Es handelte sich tatsächlich um einen Planeten, der daraufhin die Bezeichnung Kepler 91b bekam.

Derart detaillierte Analysen der Helligkeitsveränderungen (Astronomen sagen: der Lichtkurve) sind vergleichsweise neu und selten – und zunächst war unklar, ob sie überhaupt zuverlässig genug sind, um Planeten sicher nachzuweisen. Zwei andere Wissenschaftlergruppen (Esteves et al. 2013 und Sliski und Kipping 2014) argumentierten denn auch, dass es sich bei Kepler 91b vielleicht doch um einen leuchtschwachen Stern oder Braunen Zwerg handle, nicht um einen Planeten.

Jetzt haben spektroskopische Beobachtungen mit dem neuen Spektrografen CAFE (Calar Alto Fiber-fed Echelle spectrograph) am Observatorium Calar Alto in Spanien Klarheit geschaffen und die unabhängige Bestätigung erbracht, dass es sich doch um einen Planeten handelt. Kepler 91b besitzt demnach 10% mehr Masse als der Jupiter; das entspricht den Abschätzungen aus den früheren Untersuchungen.



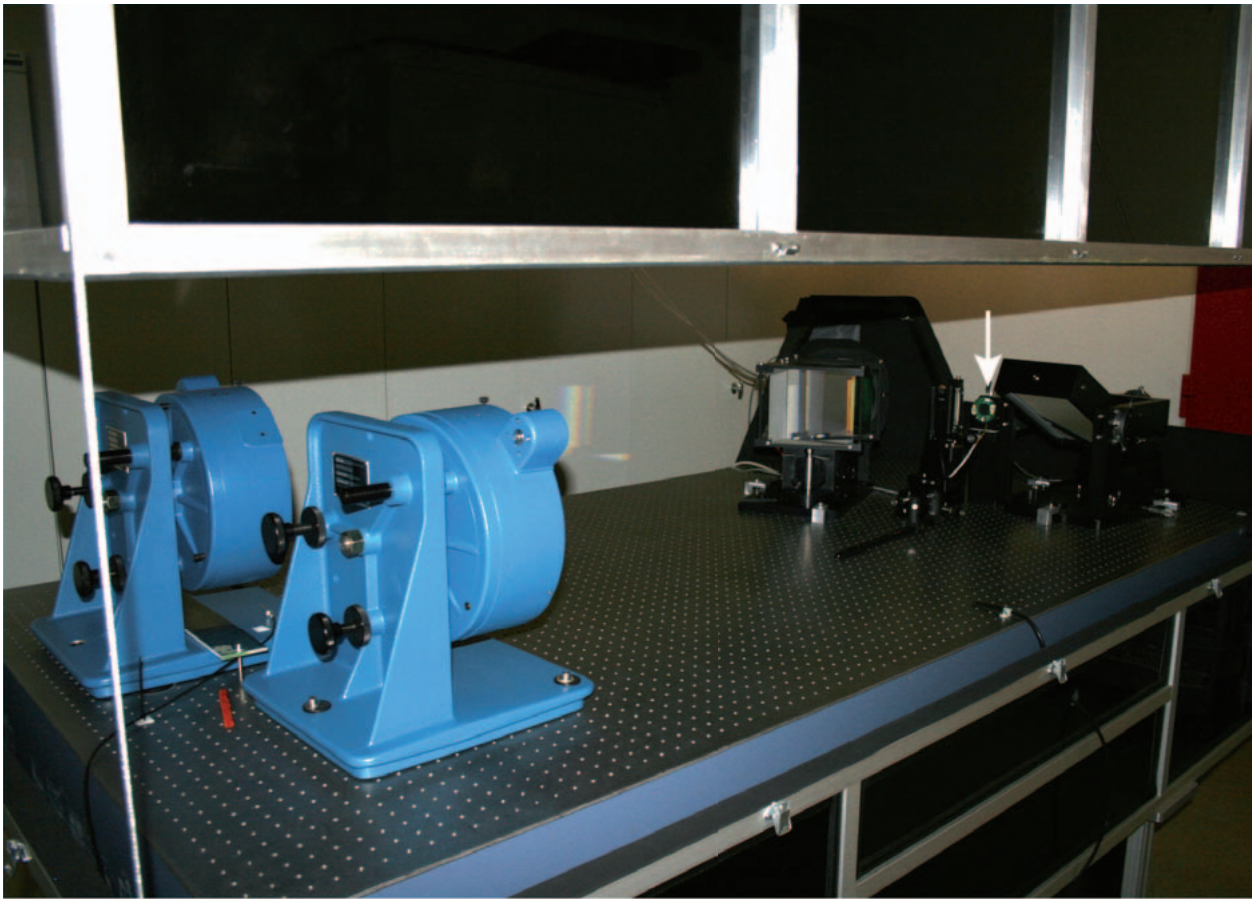
Quelle: NASA

Abb. II.8.3: Während der Hauptphase seiner Mission 2009 bis 2013 nahm das NASA-Weltraumteleskop Kepler hochpräzise Helligkeitsmessungen an rund 150 000 Sternen im und um das Sternbild Schwan herum vor. Unter diesen Messungen war auch die Helligkeitskurve, die Lillo und Kollegen genauer ausgewertet haben.

Es handelt sich um den ersten bestätigten Planeten eines Roten Riesensterns, der allein aufgrund seiner Lichtkurve als Planet identifiziert wurde. Transits bei Riesensternen sind besonders schwierig nachzuweisen, da diese Sterne soviel größer sind als ihre Planeten, so dass die Helligkeitsveränderungen, die sich aus der Anwesenheit des Planeten ergeben, im Vergleich zur Gesamthelligkeit besonders klein sind. Kepler 91b ist derzeit das einzige Beispiel für einen Planeten, der einen Roten Riesen umkreist und für den sowohl ein Transit nachgewiesen als auch die Geschwindigkeit mit der Radialgeschwindigkeitsmethode bestimmt wurde.

Die zur Bestätigung angewandte Methode war vorher nur bei einer Handvoll von Planeten zum Einsatz gekommen (verglichen mit hunderten auf andere Weise bestätigten Planeten). Das macht die jetzt erfolgte unabhängige Bestätigung von Kepler 91b durch die Radialgeschwindigkeitsmethode besonders wertvoll: Die neuen Messungen bestätigen nicht nur den Planeten, sondern auch die neue Auswertungsmethode, die in Zukunft noch viele

Abb. II.8.4: Der Spektrograf CAFE am Calar Alto-Observatorium; die schützende Abdeckung ist dabei angehoben. Im Hintergrund rechts ist das Echellegitter sichtbar, das die erste Stufe der Aufspaltung des Lichts in Myriaden von Spektralfarben vornimmt. Die zweite Stufe findet in den Prismen hinten links statt; dahinter liegt die Kamera des Spektrografen. Die Spiegel im Vordergrund (blaue Halterungen) helfen, das Licht vom Eingang (siehe weißer Pfeil) zum Echellegitter und von dort auf die Prismen zu leiten, und die Lichtstrahlen dabei weitestmöglich parallel zu halten (Kollimation).



Quelle: CAHA

interessante Anwendungen finden dürfte – insbesondere, da sie einen Großteil des Datenreichtums des Kepler-Teleskops ausnutzen kann, wo herkömmliche Analysemethoden nur einen kleinen Teil verwerten.

Auch für die Mitarbeiter am Calar Alto-Observatorium sind die neuen Beobachtungen etwas ganz Besonderes: CAFE, seit 2011 in Betrieb, ist das erste Instrument, das direkt am Observatorium konstruiert wurde, und dies ist die erste Bestätigung eines Exoplaneten, die auf Daten vom Calar Alto beruht. Die Qualität der Daten von CAFE hatte dabei die Erwartungen der Erbauer ebenso wie die der Beobachter noch übertroffen. Das ermöglichte es, die Beobachtungszeit sehr effektiv zu nutzen. Der Kalibrationsprozess für das Instrument wird unterdessen weiter verbessert, so dass sich die Qualität der Daten sogar noch steigern dürfte.

Die hohe Qualität der CAFE-Daten ist ein gutes Zeichen für die Entwicklung des Nachfolgeinstruments CARMENES, das derzeit von einem deutsch-spanischen Konsortium entwickelt wird, zu dem auch das Max-Planck-Institut für Astronomie, das Instituto de Astrofísica de Andalucía und die Landessternwarte Königstuhl (Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg) gehören. Ab 2016 soll CARMENES nach erdähnlichen Planeten suchen, die kleine rötliche Sterne umkreisen, sogenannte M-Zwerge.

Thomas Henning, Luigi Mancini, Amelia Bayo und Simona Ciceri

in Zusammenarbeit mit

Jorge Lillo-Box und David Barrado (Astrophysics Department, Center of Astrobiology, CSIC-INTA, Spain), Pedro Figueira und Nuno C. Santos (Centro de Astrofísica, Universidade and Departamento de Física e Astronomia, Universidade do Porto, Portugal), Jesús Aceituno (Centro Astronómico Hispano-Alemán, Calar Alto Observatory, Spain) und Sebastian Sánchez (Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autonóma, México)

II.9 Wissenschaftliches Highlight

Gigantischer Fund: Der größte Stern in der größten Sternenkinderstube unserer Heimatgalaxie

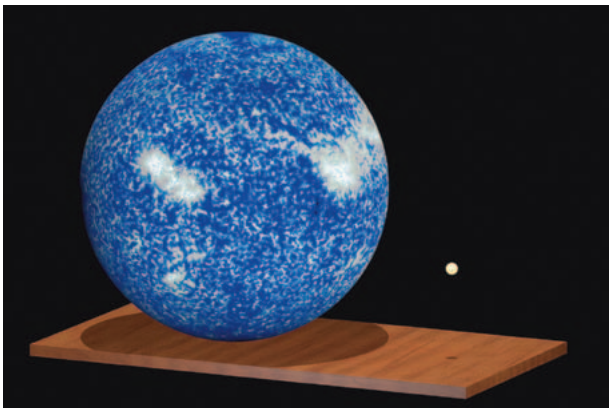
Eine Astronomengruppe unter der Leitung von Shiwei Wu vom Max-Planck-Institut für Astronomie hat den massereichsten Stern in W49, dem größten Sternentstehungsgebiet unserer Milchstraße identifiziert. Der Stern, der als W49nr1 bezeichnet wird, besitzt zwischen 100- und 180-mal soviel Masse wie unsere Sonne – nur einige Dutzend solcher Sterne sind überhaupt bislang bekannt. Von der Erde aus gesehen ist W49 hinter dichten Staubwolken verborgen. Nur mit Infrarotbeobachtungen gelang es, den Stern zu identifizieren. Von der Entdeckung erhoffen sich die Astronomen neue Einsichten in die Entstehung derart massereicher Sterne sowie zu der Rolle, die sie in den größten Sternhaufen spielen.

Die Entdeckung eines neuen, sehr massereichen Sterns ist für Astronomen aus mehreren Gründen spannend. Solche Sterne mit mehr als hundert Mal der Masse unserer Sonne bergen nach wie vor einiges an Rätseln: Im Vergleich mit der Sonne sind sie sehr kurzlebig (einige Millionen Jahre im Vergleich mit den zehn Milliarden Jahren der Sonne) und unter anderem deshalb sehr selten. Unter den Milliarden von Sternen, die Astronomen erfasst und untersucht haben, fallen nur wenige Dutzend in diesen Massenbereich – und die meisten davon kennt man erst seit einigen Jahren.

Die massereichen Sterne haben andererseits einen enormen Einfluss auf ihre Umgebung: Sie sind extrem hell und senden große Mengen sowohl von hochenergetischer UV-Strahlung als auch von Teilchenstrahlung aus

Quelle: S.-W. Wu, A. Bik, Th. Henning, A. Pasquali, W. Brandner, A. Stolte.
Die J-und H-Daten wurden ursprünglich publiziert von Alves und Homeier 2003

Abb. II.9.1: Farbaufnahme des zentralen Bereichs von W49. Der massereiche Stern W49nr1 ist mit einem weißen Pfeil gekennzeichnet. Die ebenfalls eingezeichnete Größenskala von einer Bogenminute (1 arcmin) entspricht lediglich 1/30 der scheinbaren Größe des Vollmondes. Das Farbbild entstand durch die Kombination von drei Aufnahmen in verschiedenenen Filtern bei nah-infraroten Wellenlängen (J, H, K).



Quelle: MPIA / Axel M. Quetz

Abb. II.9.2: Der bläuliche Riesenstern W49nr1 (links) besitzt den 25,5-fachen Durchmesser unserer Sonne (rechts, künstlerische Darstellung).

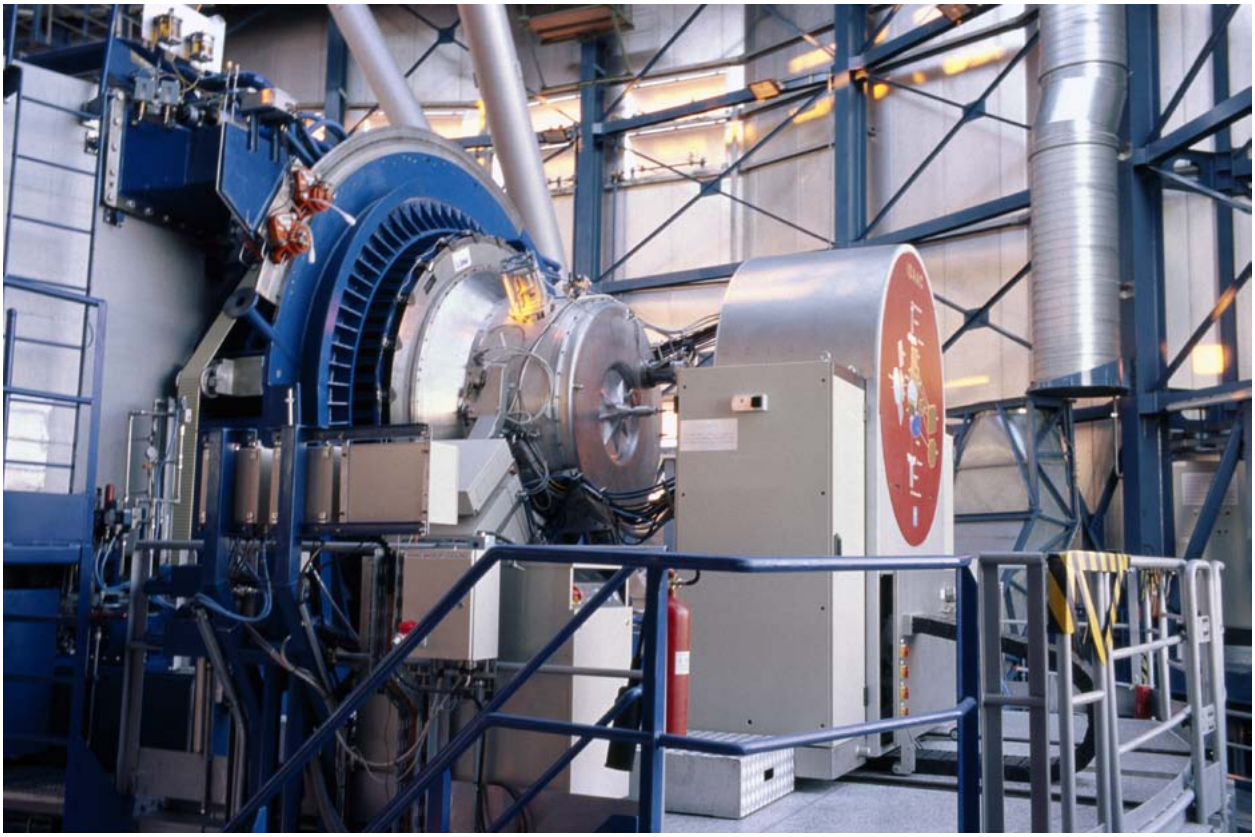
(Sternwind). Damit »pustet« ein solcher Stern eine große Blase in das ihn umgebene Gas; sternnahes Gas wird dabei sofort in seine Bestandteile zerlegt (ionisiert), weiter entferntes Gas schiebt der Stern von sich weg. Das verdrängte Gas könnte dabei dazu führen, dass noch fernere Gaswolken kollabieren und neue Sterne bilden.

Bis vor einigen Jahren war nicht einmal sicher, wie Sterne mit derart großer Masse entstehen können. Erst kürzlich ist es den Astrophysikern, die sich mit der Sternnentstehung beschäftigen, gelungen, die Entstehung solcher Sterne zu simulieren. Derzeit gibt es konkurrierende Modelle für die Entstehung. In einem davon entstehen Sterne dieser Klasse, wenn in einem ausgedehnten Sternhaufen zwei Sterne miteinander verschmelzen. Bislang gab es allerdings nur drei Sternhaufen (NGC 3603 und Arches-Sternhaufen in der Milchstraße sowie R136 in der Großen Magellan'schen Wolke), in denen derart massereiche Sterne nachgewiesen werden konnten.

Jetzt hat eine Gruppe von Astronomen unter der Leitung von Shiwei Wu vom Max-Planck-Institut für Astronomie einen solchen massereichen Stern entdeckt – und das nicht irgendwo, sondern in der größten bekannten Sternentstehungsregion unserer Milchstraße. Die Region trägt die Bezeichnung W49, und die Entdeckung war alles andere als einfach: W49 ist rund 36 000 Lichtjahre (11,1 kpc) von der Erde entfernt. Ganze zwei Spiralarme unserer Heimatgalaxie mit all ihrem Staub liegen zwischen uns und dem Sternhaufen.

Weil W49 hinter großen Mengen interstellaren Staubs verborgen ist, erreicht uns nur ein Billionstel des sicht-

Abb. II.9.3: ISAAC, die »Infrared Spectrometer And Array Camera« (zu deutsch etwa »Infrarot-Spektrometer und Feldkamera«, im Bild noch am VLT-Teleskop UT1 montiert. ISAAC kann Infrarotlicht mit Wellenlängen zwischen 1 und 5 Mikron analysieren und dabei sowohl Bilder aufnehmen als auch das Licht in ein Spektrum zerlegen. Optik und Detektor des Instruments werden in einem Vakuumtank auf niedrigen Temperaturen gehalten. Mit diesem Instrument wurde das Spektrum von W49nr1 aufgenommen, das die Abschätzung der großen Masse des Sterns ermöglichte.



Quelle: ESO

baren Lichts, das seine Sterne in Richtung Erde schicken. Daher wurden die Beobachtungen im Infrarotbereich durchgefürt – Infrarotlicht kann den Staub weitgehend unbehindert durchqueren.

Die Untersuchungen nutzten verschiedene Datensätze im Infrarotbereich. Grundlage war ein K-Band-Spektrum mittlerer Auflösung, das mit dem Instrument ISAAC am Very Large Telescope der ESO in Chile aufgenommen worden war. Ergänzende Infrarotbilder wurden mit dem Instrument SOFI am New Technology Telescope am La Silla-Observatorium der ESO (J- und H-Band) sowie mit dem Instrument LUCI am Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona (K-Band) aufgenommen. Aufgrund dieser Daten konnten die Astronomen den Typ des Sterns bestimmen (»O2-3.5If*«). Zusammen mit der gemessenen Sternhelligkeit erlaubt es diese Information, die Temperatur ebenso abzuschätzen wie die Gesamtmenge an Licht, die der Stern aussendet. Im Vergleich mit Sternmodellen ergab sich dann, dass der Stern eine Masse zwischen 100– und 180–mal der Masse der Sonne besitzen sollte.

Aufgrund seiner enormen Größe ist W49 eine der wichtigsten Regionen in unserer Galaxie, in der sich die Entstehung und Entwicklung sehr massereicher Sterne untersuchen lässt – und mit W49nr1 haben die Astronomen nun das Schlüsselobjekt des Haufens identifiziert. Aus den vorliegenden und aus zukünftigen Beobachtungen erhoffen sie sich Antworten auf eine der schwerwiegendsten offenen Fragen der Astronomie: jener nach der Geburt der massereichsten Sterne.

Shiwei Wu, Thomas Henning, Arjan Bik
(auch Universität Stockholm) und Wolfgang Brandner

in Zusammenarbeit mit

Anna Pasquali (ZAH, Universität Heidelberg)
und Andrea Stolte
(Argelander-Institut für Astronomie, Bonn)

Shiwei Wu et al.: »The discovery of a very massive star in W49« in Astronomy & Astrophysics Band 568 (2014), Artikelnummer L13. DOI: 10.1051/0004-6361/201424154

II.10 Wissenschaftliches Highlight

Die kleinste bekannte Galaxie mit einem supermassereichen Schwarzen Loch

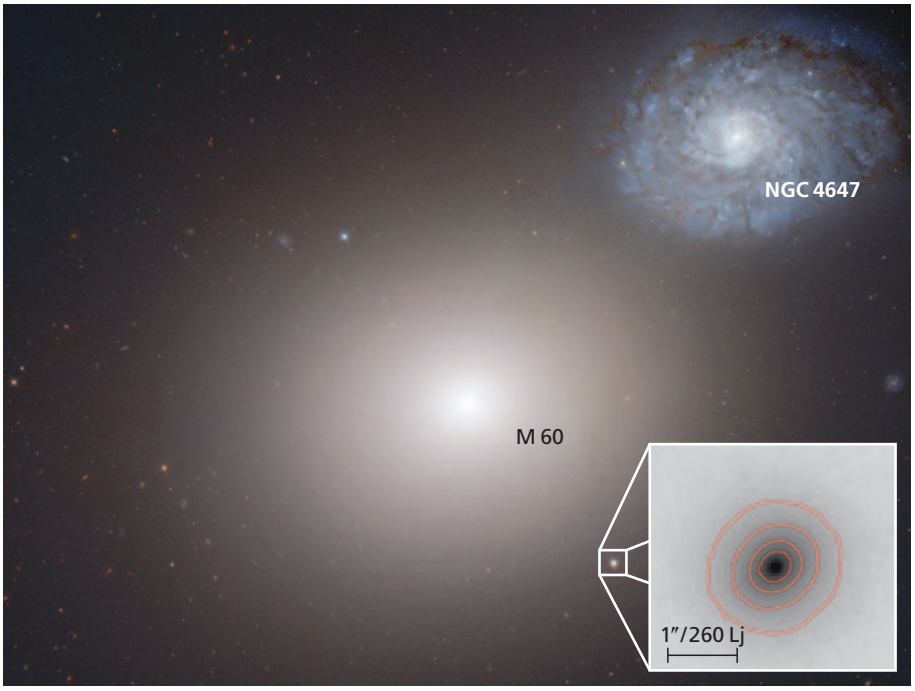
Eine Gruppe von Astronomen, zu der auch Remco van den Bosch und Nadine Neumayer vom MPIA gehören, hat entdeckt, dass eine ultrakompakte Zwerggalaxie in der Nachbarschaft der großen Galaxie M60 ein supermassereiches Schwarzes Loch beherbergt. Es ist die kleinste bekannte Galaxie, in der ein zentrales Schwarzes Loch dieser Größe gefunden wurde. Die Entdeckung legt nahe, dass Zwerggalaxien dieser Art Überreste von deutlich größeren Vorgängergalaxien sind, die bei Galaxienzusammenstößen große Teile ihrer Masse verloren haben.

Schwarze Löcher als Regionen, in denen Masse so kompakt konzentriert ist, dass noch nicht einmal Licht der Gravitationsanziehung entkommen kann, treten in der Astrophysik in mehr als einem Zusammenhang auf: Stellare Schwarze Löcher mit Massen von einigen Sonnenmassen entstehen, wenn die Kernregionen massereicher Sterne in der Endphase der Sternentwicklung kollabieren. Supermassereiche Schwarze Löcher dagegen, die typischerweise einige Millionen bis Milliarden Sonnenmassen in sich vereinigen, finden sich in den Zentren fast aller Galaxien. Nur bei sehr kleinen Galaxien ist bislang nicht sicher nachgewiesen, ob sie ebenfalls ein zentrales Schwarzes Loch beherbergen.

Dieser Umstand wird wichtig, wenn es um die Natur sogenannter ultrakompakter Zwerggalaxien geht, die zu den dichtesten Sternsystemen im Universum überhaupt zählen. Die Ausdehnung von Zwerggalaxien beträgt nur wenige hundert Lichtjahre. ZumVergleich: Unser Milchstraßensystem hat einen Durchmesser von rund 100 000 Lichtjahren.

Für die Entstehung der ultrakompakten Zwerggalaxien sind zwei Modelle in der Diskussion: Handelt es sich bei den ultrakompakten Zwerggalaxien um die Kerne von ehemals größeren Galaxien, die ihrer Außenbereiche bei Kollisionen mit anderen Galaxien beraubt wurden? Oder handelt es sich bei diesen Objekten gar nicht um Galaxien, sondern um die massereichsten Exemplare sogenannter Kugelsternhaufen? Letztere sind konzentrierte Gruppen von jeweils rund 100 000 Sternen, die Teil größerer Galaxien sind und deren Sterne alle ungefähr zur gleichen Zeit entstanden sind. Im Halo unserer Milchstraße gibt es rund 200 Kugelsternhaufen, und einige Galaxien beherbergen sogar Tausende dieser Objekte.

Abb. II.10.1: Die Aufnahme des Hubble-Weltraumteleskops zeigt in der Bildmitte die große Galaxie M60 und darunter die ultrakompakte Zwerggalaxie M60-UCD1, in der das supermassereiche Schwarze Loch gefunden wurde. Zu der Gruppe gehört auch die Spiralgalaxie NGC4647 oben rechts.



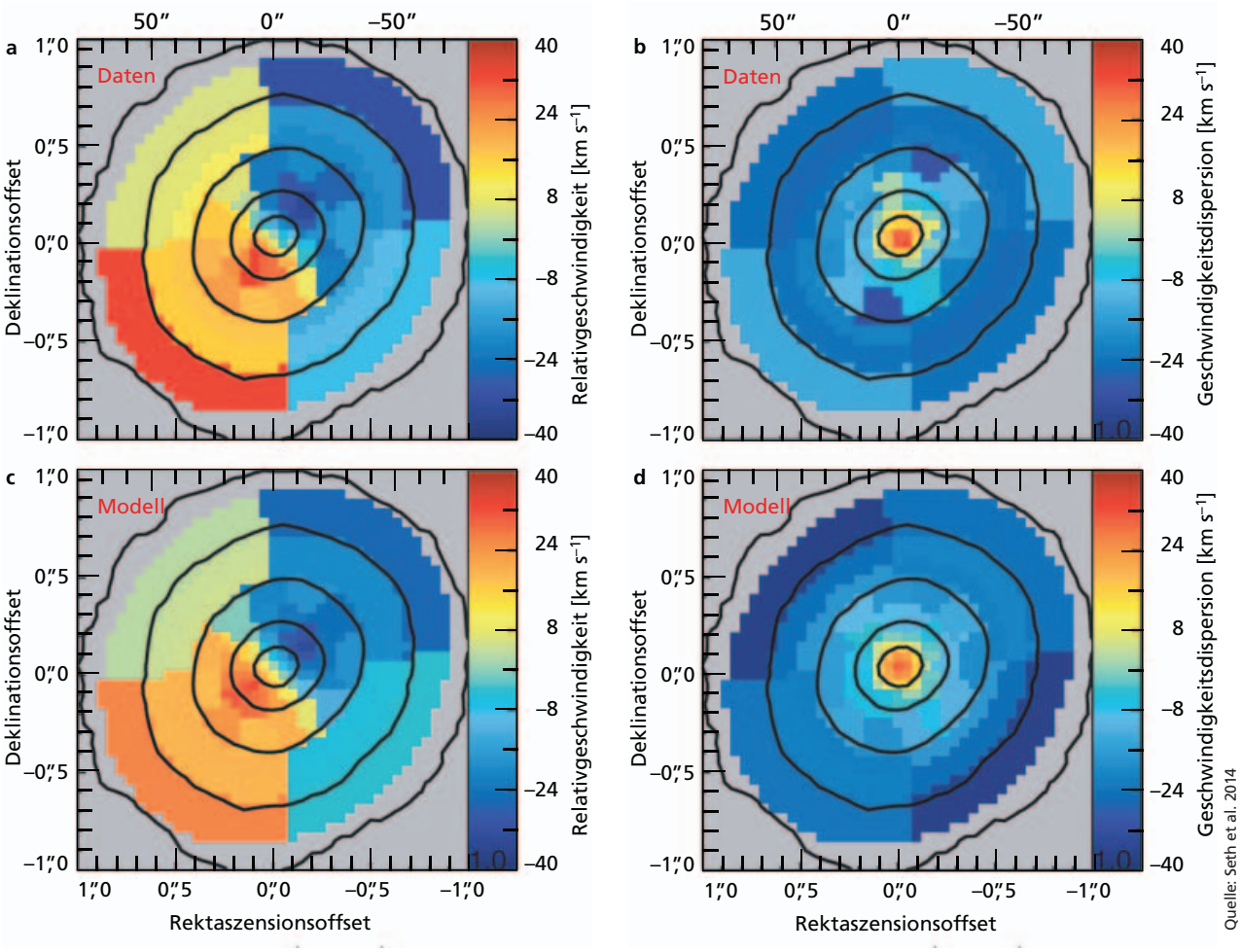
Quelle: NASA / Space Telescope Science Institute/European Space Agency

Die Anwesenheit zentraler Schwarzer Löcher in ultrakompakten Zwerggalaxien wäre im Hinblick auf diese Frage ein wichtiges Indiz: Insbesondere ein im Vergleich mit der Gesamtmasse der Galaxie sehr massereiches Schwarzes Loch würde darauf hindeuten, dass es sich bei der betreffenden Zwerggalaxie in der Tat um den Überrest einer ursprünglich deutlich größeren Galaxie – mit entsprechend massereicherem zentralen Schwarzen Loch – handelt. Tatsächlich scheinen solche Zwerggalaxien in der Regel mehr Masse zu besitzen, als man allein aufgrund ihrer Helligkeit erwarten würde.

Mit ihren 140 Millionen Sonnenmassen ist die ultrakompakte Zwerggalaxie M60-UCD1 das massereichste bekannte System dieser Art. Sie befindet sich nahe der deutlich größeren, elliptischen Galaxie M60 im Sternbild Jungfrau. Die Zwerggalaxie befindet sich nur 22 000 Lichtjahre vom Zentrum von M60 entfernt – geringer als der Abstand unseres eigenen Planetensystems zum Zentrum unserer Galaxis. Die Entfernung von M60 bzw. M60-UCD1 zu uns beträgt rund 54 Millionen Lichtjahre.

Diese Zwerggalaxie hat eine Gruppe von Astronomen unter der Leitung von Anil Seth von der Universität Utah näher untersucht. Beteiligt waren auch Remco van den Bosch und Nadine Neumayer vom MPIA. Die Galaxie war zuvor bereits als kompakte Röntgenquelle aufgefallen, ein erstes Indiz auf das Vorhandensein eines Schwarzen Lochs: Stürzt Gas in ein Schwarzes Loch, dann sammelt es sich vor dem Hineinfallen in einer sogenannten Akkretionsscheibe rund um das Loch; das nachströmende Gas, das mit großem Schwung eintrifft, heizt die

Abb. II.10.2: Beobachtung (oben) im Vergleich mit Modell (unten) für Sternbewegungen in der ultrakompakten Zwerggalaxie M60-UCD1. Die Abbildungen in der linken Spalte zeigen die großräumige Bewegung der Sterne. Die Farben zeigen jeweils Radialgeschwindigkeiten an, also denjenigen Anteil der Sterngeschwindigkeiten, der direkt auf uns zu (hellblau bis blau) oder von uns weg (gelb, orange, rot) führt. Abbildung (a) zeigt Beobachtungsdaten. Wir beobachten von der Seite, wie die Galaxie rotiert: Die Regionen rechts oben bewegen sich dabei auf uns zu, die Regionen links unten von uns weg. Abbildungsteil (b) zeigt anhand der Beobachtungsdaten die Geschwindigkeitsdispersion. Sie ist insbesondere im Zentralbereich sehr hoch und reicht dort bis zu mehr als hundert Kilometer pro Sekunde. Die untere Reihe zeigt, welche Werte für die mittleren Radialgeschwindigkeiten (c) und Geschwindigkeitsdispersion (d) sich aus dem besten an die Sternbewegungen angepassten dynamischen Modell ergeben. Dieses Modell kann insbesondere das zentrale Dispersionsmaximum nur dann wiedergeben, wenn die Präsenz eines supermassereichen Schwarzen Lochs angenommen wird.



Scheibe dabei extrem auf, so dass sie Wärmestrahlung in Form von Röntgenstrahlung aussendet. Dieses Phänomen ist bekannt von anderen größeren Galaxien mit zentralen Schwarzen Löchern und ist für die enorme Helligkeit sogenannter Quasare und anderer aktiver Galaxienkerne verantwortlich.

Diesem Verdacht gingen die Astronomen nach. Mithilfe des Gemini-Nord-Teleskops, einem 8-Meter-Spiegelteleskop auf dem Mauna Kea auf Hawaii, bestimmten sie die Geschwindigkeiten der Sterne der Galaxie, und insbesondere die Geschwindigkeit jener Sterne, die das Zentrum der Zwerggalaxie umlaufen. Diese Geschwindigkeiten hängen direkt mit der zentralen Massenverteilung der Galaxie zusammen und lassen daher Rückschlüsse darauf zu, wie viel an Masse sich dort befindet und wie konzentriert diese Masse ist. Damit wiederum kann man beurteilen, ob sich dort ein Schwarzes Loch befindet. Ist dies der Fall, kennt man auch gleich die Masse des Schwarzen Lochs.

Die Beobachtungen mit dem NIFS-Instrument am Gemini-North-Teleskop, durchgeführt im Februar und Mai 2014, lieferten für jede von rund 1400 Teilregionen der Galaxie, die sich in den Bildern unterscheiden lassen, ein Infrarotspektrum, also eine Zerlegung des eingefangenen Lichts in zahlreiche regenbogenartige Teilfarben. In solch einem Spektrum finden sich Absorptionslinien: eng begrenzte Wellenlängenbereiche, in denen deutlich weniger Licht ausgesandt wird als in den anderen Regionen des Spektrums. Jede dieser Absorptionslinien hat eine feste charakteristische Wellenlänge, die sich aus der Atom- und Molekülphysik ergibt und im Labor nachgemessen werden kann. Verschiebungen von dieser festen Wellenlänge hin zu größeren oder kleineren Wellenlängen lassen sich dem Dopplereffekt gemäß direkt entsprechenden Geschwindigkeiten der Lichtquelle auf uns zu oder von uns weg zuordnen. Auf diese Weise entsteht eine Karte der Radialgeschwindigkeiten für die verschiedenen Regionen der Galaxie (Abbildung II.10.2a).

Die Spektren liefern jeweils Durchschnittswerte für alle Sterne in der beobachteten Region, und dementsprechend stellt auch die für die betreffende Region ermittelte Radialgeschwindigkeit einen Durchschnittswert dar. Um wie viel die einzelnen Sterne in der betreffenden Region im Mittel von diesem Durchschnittswert abweichen, die sogenannte Geschwindigkeitsdispersion, schlägt sich in der Breite der Absorptionslinien nieder: Eine größere Geschwindigkeitsvielfalt entspricht einer größeren Linienbreite. Auch diese Linienbreiten lassen sich für die verschiedenen Galaxienregionen bestimmen und die daraus ermittelten Dispersionen ergeben eine weitere Bewegungskarte der Galaxie (Abbildung II.10.2b).

Diese Karten kann man dann mit den Vorhersagen von Modellen für die Sternbewegungen vergleichen. Die einfachsten Modelle, die gute Erklärungen liefern, erhält man wie folgt: Die Galaxie wird durch einen Ellipsoid

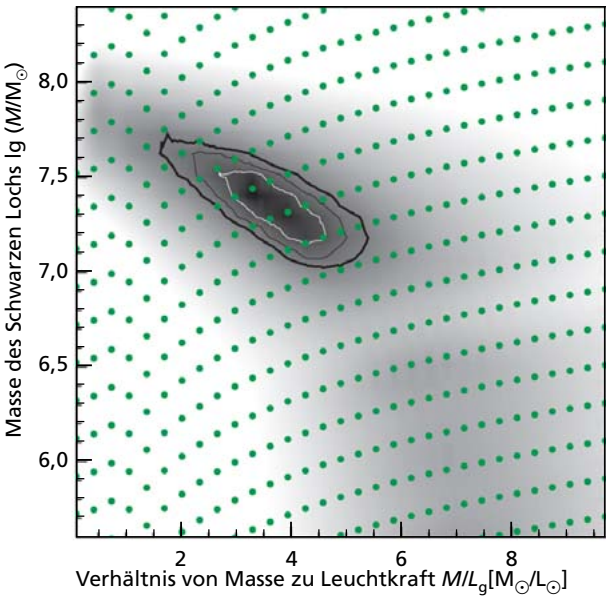


Abb. II.10.3: Ausschnitt aus dem Parameterraum der Modelle. Jeder Punkt in dieser Ebene entspricht spezifischen Werten: zum einen der Masse des Schwarzen Lochs (*y*-Achse, logarithmisch), zum anderen dem Verhältnis von Masse zu Leuchtkraft in einem bestimmten Filterbereich (g-Band). Die mit grünen Punkten gekennzeichneten Wertekombinationen wurden mit den Beobachtungsdaten verglichen. Die Graustufen zeigen an, wie gut das entsprechende Modell zu den Beobachtungsdaten passt. (Die Konturen entsprechen den Bereichen 1σ [weiß], 2σ und 3σ [schwarz] für zwei Freiheitsgrade.) Die Abbildung zeigt deutlich, dass die Modelle, welche die Beobachtungsdaten am besten reproduzieren können, ein zentrales Schwarzes Locher mit einer Masse zwischen 10 und 30 Millionen Sonnenmassen annehmen müssen.

(abgeflachte Kugel) dargestellt. Vereinfacht nimmt man außerdem an, dass die Galaxie aus lauter Sternen besteht, deren Leuchtkraft und Masse in konstantem Verhältnis stehen. Wie diese Sterne verteilt sind, bestimmt man aus Aufnahmen wie Abbildung II.10.1, nämlich so, dass das Helligkeitsprofil der Galaxie gut nachgebildet wird. Damit sind nur noch wenige Parameter unbestimmt: Die Orientierung der Galaxie relativ zu uns, das erwähnte Leuchtkraft-Masse-Verhältnis und die Masse eines etwaigen Schwarzen Lochs, das im Zentrum der Galaxie sitzt und durch seine Masse die Sternbewegungen ebenfalls beeinflusst.

Für diese freien Parameter setzt man eine Vielzahl verschiedener Werte ein und schaut, welche Radialgeschwindigkeits-Karte und welche Geschwindigkeitsdispersions-Karte jede dieser Wertekombinationen für die Galaxie voraussagt. Der Vergleich dieser Vorhersage mit den Beobachtungswerten (Abbildungen II.10.2a und b) zeigt, wie gut jede Wertewahl die Beobachtungsdaten erklärt. Das erlaubt Rückschlüsse darauf, welche Wertekombination die Galaxie tatsächlich beschreibt, also insbesondere auch dazu, wie groß die Masse des zentralen Schwarzen Lochs der Galaxie sein dürfte. Abbildung II.10.3 zeigt die Vorhersagekraft für Modelle mit verschiedenen Werten für

Schwarzloch-Masse und Masse-Leuchtkraft-Verhältnis; Abbildungen II.10.2c und d zeigen Radialgeschwindigkeits- und Dispersionskarte für das am besten passende Modell.

Die entsprechende Modellierung zum Vergleich mit den Beobachtungsdaten nahm Remco van den Bosch vom MPIA vor. Die Beobachtungsdaten ließen sich dieser Analyse nach nur durch Modelle reproduzieren, die ein Schwarzes Loch mit einer Masse von um die 21 Millionen Sonnenmassen annehmen (vgl. Abbildung II.10.3). Mit im Mittel 370 000 Kilometern pro Stunde bewegen sich die Sterne in den innersten Regionen der Galaxie deutlich schneller, als man es ohne zentrales Schwarzes Loch erwarten würde. Allenfalls wäres alternativ möglich, dass sich im Zentralbereich eine Population sehr massereicher Sterne befindet. Durch die Auswertung von Aufnahmen des Weltraumteleskops Hubble konnten die Forscher aber nachweisen, dass die Masse zu sehr auf das Zentrum konzentriert ist, als man es für einen solchen Sternhaufen erwarten sollte.

Alles deutet demnach darauf hin, dass M60-UCD1 ein zentrales Schwarzes Loch mit einer Masse von 21 Millionen Sonnen besitzt. Damit ist M60-UCD1 die kleinste und leichteste Galaxie, in der jemals ein Schwarzes Loch nachgewiesen wurde.

Im Gegensatz zu den überall in Galaxien anzutreffenden stellaren Schwarzen Löchern ist die Herkunft der um Größenordnungen (mehr als eine Million Sonnenmassen) schwereren Schwarzen Löcher in den Zentren von Galaxien eine der großen offenen Fragen der modernen Astrophysik. Ihre Entstehung ist offenbar eng mit der Entstehung der Galaxien in der Frühphase des Universums verknüpft. Darauf weist insbesondere eine vor einigen Jahren entdeckte Beziehung zwischen der Masse einer Galaxie und der Masse ihres zentralen Schwarzen Lochs hin.

Diese Beziehung sagt allerdings ein deutlich kleineres Zahlenverhältnis zwischen Schwarzloch- und Galaxienmasse voraus. Ein typisches Beispiel ist unsere Milchstraße: Das supermassereiche Schwarze Loch im Zentrum entspricht mit seinen etwas mehr als vier Millionen Sonnenmassen weniger als 0,01 Prozent der Gesamtmasse unserer Heimatgalaxie.

Im Vergleich dazu entsprechen die 21 Millionen Sonnenmassen des zentralen Schwarzen Lochs in M60-UCD1 etwa 15 Prozent, rund einem Siebtel, der Gesamtmasse der Zwerggalaxie mit ihren 140 Millionen Sonnen. Unter den 75 Galaxien, für deren Schwarze Löcher mithilfe von Sternbewegungs-Analysen zuverlässige Massen bestimmt wurden, reicht nur eine einzige an diesen Wert heran (van den Bosch und Kollegen 2012; vgl. den MPIA-Jahresbericht 2012, Abschnitt II.3).

Abb. II.10.4: Das Teleskop des Gemini-Nord-Observatoriums auf dem Mauna Kea auf Hawaii. Der Laserstrahl dient den Astronomen zur Messung von Turbulenzen in der Erdatmosphäre, um mittels adaptiver Optik die Bildschärfe der aufgenommenen Daten in Echtzeit zu optimieren.

Quelle: Seth et al. 2014

Das im Vergleich zur Galaxienmasse riesige Schwarze Loch ist ein klarer Hinweis darauf, dass M60-UCD1 ursprünglich sehr viel größer gewesen sein dürfte – so, wie es das Entwicklungsszenario nahelegt, in dem ultrakompakte Zwerggalaxien die Reste ursprünglich größerer Galaxien sind. Eine ähnliche Relation, welche die Masse der Sterne im Zentralbereich von Galaxien zur Gesamtmasse in Beziehung setzt, weist in dieselbe Richtung; zusammengenommen kann man aus diesen Relationen schließen, dass M60-UCD1 früher eine elliptische Galaxie mit einer Masse von rund zehn Milliarden Sonnenmassen gewesen sein dürfte. Als sie in die Nähe der noch größeren Galaxie M60 gelangte, hätte diese Vorläufergalaxie dann durch gravitative Wechselwirkung die allermeisten ihre Sterne und die Dunkle Materie in ihrem Außenbereich an M60 verloren.

Die genaue Umlaufbahn der Zwerggalaxie um M60 ist bislang nicht bekannt, aber in ferner Zukunft könnte die kleinere Zwerggalaxie sogar gänzlich von M60 verschluckt werden und mit deren Zentrum verschmelzen. M60 ist eine der größten uns bekannten Galaxien im lokalen Universum und besitzt ein zentrales Schwarzes Loch von etwa 4,5 Milliarden Sonnenmassen – 1000-mal so massereich wie das Schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxis.

M60-UCD1 ist zunächst einmal ein einziges Beispiel; allerdings legt dieses Beispiel nahe, dass es sich auch bei anderen ultrakompakten Zwerggalaxien um die Überreste größerer Vorgänger handeln dürfte, die bei Kollisionen mit anderen Galaxien große Teile ihrer ursprünglichen Struktur und damit ihrer Anzahl an Sternen und ihrer Masse verloren haben. Überprüfen ließe sich das, wenn es noch für weitere ultrakompakte Zwerggalaxien gelänge, zentrale Schwarze Löcher nachzuweisen und deren Massen zu bestimmen – eine vielversprechende Richtung für weitere Forschungen. Wenn M60-UCD1 repräsentativ ist, dann würde sich die Anzahl der supermassereichen Löcher im beobachtbaren Universum im Vergleich zu vorherigen Schätzungen ungefähr verdoppeln.

Auch in unserer Heimatgalaxie gibt es übrigens einen Kandidaten für einen solchen Überrest: Den größten Sternhaufen in der Milchstraße, Omega Centauri, der vermutlich ebenfalls ein Schwarzes Loch enthält. Es liegt nahe, dass Omega Centauri die Kernregion einer anderen Galaxie ist, die unsere Milchstraße sich im Laufe ihrer Entwicklung einverleibt hat.

Remco van den Bosch und Nadine Neumayer
(Zweitaffiliation N.N.: ESO)

in Zusammenarbeit mit

Anil C. Seth und Mark den Brok (University of Utah),
Steffen Mieske und Michael Hilker (ESO),
Holger Baumgardt (University of Queensland),
Jay Strader (Michigan State University),
Igor Chilingarian (Smithsonian Astrophysical Observatory und Moscow State University),
Richard Mc Dermid und Lee Spitler (Australian Astronomical Observatory und Macquarie University),
Jean Brodie (UC Santa Cruz),
Matthias J. Frank (ZAH, Universität Heidelberg)
und Jonelle L. Walsh (University of Texas at Austin)

Anil C. Seth et al.: »A supermassive black hole in an ultra-compact dwarf galaxy« in Nature Band 513 (2014), S. 398-400. DOI: 10.1038/nature13762

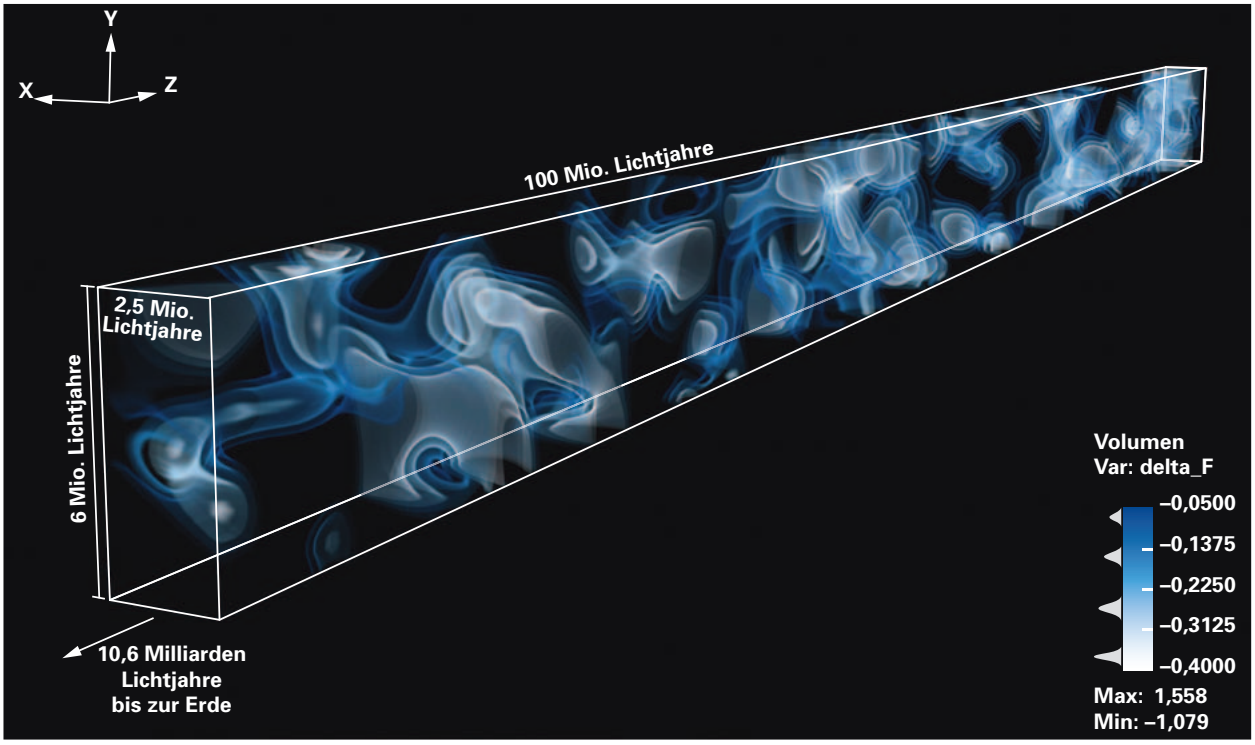
II.11 Wissenschaftliches Highlight

Kosmische »Computertomographie« zeigt die dreidimensionale Struktur unseres Universums

Ein Astronomenteam unter der Leitung von Khee-Gan Lee vom Max-Planck-Institut für Astronomie hat die erste dreidimensionale Karte aus der stürmischen Jugend unseres Universums rekonstruiert: aus einer Zeit ganze drei Milliarden Jahre nach dem Urknall. Die Forscher verwendeten eine neue Technik analog zur Computertomographie der Mediziner: Mithilfe des Lichts entfernter Hintergrundgalaxien durchleuchteten sie den Kosmos und rekonstruierten seine 3D-Struktur. Die so geschaffene Karte zeigt einen Ausschnitt aus dem »kosmischen Netz« aus dunkler Materie und Gas, das die größten Strukturen im Universum bildet.

Auf den größten uns zugänglichen Größenskalen ist die Materie im Universum als gigantisches Netzwerk von Filamentstrukturen mit hunderten von Millionen von Lichtjahren Ausdehnung arrangiert: das ist das »kosmische Netz«. Hauptkomponente der Filamente ist die Dunkle Materie, die keinerlei Licht aussendet; außerdem finden sich entlang des Netzes große Mengen von urtümlichem Wasserstoffgas, das direkt aus der Urknallphase unseres Kosmos stammt. Auch Galaxien, etwa unsere Milchstraße, finden sich bevorzugt auf den Filamenten des kosmischen Netzes – als vergleichsweise winzige Tupfer auf den Netzsträngen oder dort, wo die Filamente zusammenlaufen.

Das kosmische Netz ist nur schwer aufzuspüren: Dunkle Materie ist unsichtbar, und das Wasserstoffgas entlang des Netzes weist eine so geringe Dichte auf, dass es nur sehr wenig Licht aussendet. Um dieses Gas dennoch untersuchen zu können, gehen Astronomen ähnlich vor wie bei der medizinischen Computertomographie, bei der das Innere des menschlichen Körpers aus einer Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen rekonstruiert wird: sie nutzen entfernte kosmische Objekte, welche den Wasserstoff des kosmischen Netzes von hinten durchleuchten.



Quelle: Casey Stark (UC Berkeley) und Khee-Gan Lee (MPIA)

Abb. II.11.1: Dreidimensionale Karte des kosmischen Netzes in einer Entfernung von 10,8 Milliarden Lichtjahren von der Erde. Die Karte wurde aus den charakteristischen Absorptionsspuren rekonstruiert, die das Wasserstoffgas im Spektrum von 24 Hintergrundgalaxien (die von der Erde aus also hinter der hier gezeigten Region stehen) hinterlassen hatte. Dies ist das erste Mal, dass die großräumige Struktur des Universums in so großer Entfernung direkt kartiert werden konnte. Die Farben repräsentieren die Dichte des Wasserstoffgases des kosmischen Netzes, wobei hellere Farben für höhere Dichten stehen.

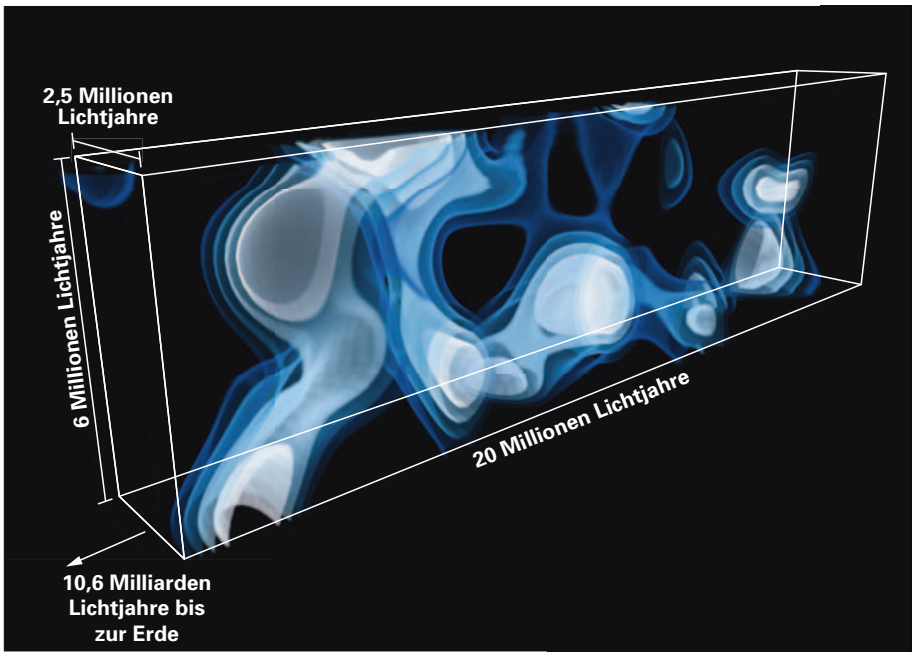
Für Jahrzehnte kamen als entfernte Hintergrund-Lichtquellen nur Quasare infrage; das sind die Kernregionen aktiver Galaxien, die durch den Einfall von Materie auf das zentrale Schwarze Loch der Galaxie zu den hellsten Objekten im Universum werden. Auf seinem Weg zur Erde durchfliegt das Quasarlicht das dünne Wasserstoffgas des kosmischen Netzes und einiges an Licht wird absorbiert. Die Absorption findet bei ganz bestimmten für Wasserstoff charakteristischen Frequenzen statt. Zerlegen die irdischen Astronomen das Quasarlicht in ein Spektrum – eine detaillierte Version eines Regenbogens –, dann erzeugt das absorbierte Licht darin ein typisches Muster aus sehr dünnen, dunklen Regionen, die Absorptionslinien heißen. Muster und Form der Absorptionslinien erlauben es den Astronomen, die Verteilung des absorbierenden Gases zu erschließen.

Da unser Universum expandiert, hängt die Lage der Absorptionslinien einer spezifischen Wolke von der Entfernung der Wolke von der Erde ab (»kosmologische Rotverschiebung«): Die Lichtwellen des Quasarlichtes werden durch die kosmische Expansion auf ihrem Weg zur Erde gestreckt, und zwar umso mehr, je länger das Licht zu uns unterwegs ist. Die Absorptionslinien der verschiedenen Wasserstoffwolken, die das Licht auf seiner Reise passiert, befinden sich bei Messungen von der Erde aus daher in jeweils unterschiedlichen Regionen des Spektrums – je entfernter die absorbierende Wolke, umso mehr haben sich die Linien durch die kosmische Expansion verschoben. Das Spektrum des Quasarlichts enthält daher ein Muster an Absorptionslinien, an denen sich ablesen lässt, wieviele Wolken es auf seiner Reise durchlaufen hat und wie weit diese Wolken von der Erde entfernt sind. Der prominenteste Teil dieses Absorptionsmusters entsteht durch die Lyman-Alpha-Absorptionslinie des Wasserstoffgases. Das resultierende Muster an Lyman-Alpha-Linien, jede davon aus einer anderen Wolke, heißt auch »Lyman-Alpha-Wald«.

Allerdings sind helle Quasare sehr selten, und dementsprechend nur an einigen wenigen Stellen am Himmel zu sehen. Es gibt daher nur sehr wenige Sichtlinien hin zu Quasaren, entlang derer sich die Wasserstoffwolken des kosmischen Netzes nachweisen lassen, und diese liegen zu weit auseinander, als dass man die Messungen zu einer echten dreidimensionalen Karte kombinieren könnte.

Deswegen hatten Astronomen schon länger in Betracht gezogen, anstatt der Quasare das Sternenlicht ferner Galaxien als Hintergrund-Lichtquelle zu verwenden (das Licht der verschiedenen Sterne wird dabei nicht unterschieden, sondern es geht um die Summe: das gesamte durch Sterne erzeugte Licht einer ganzen Galaxie). Galaxien sind fast 100–mal häufiger als Quasare. Als Hintergrundbeleuchtung stehen sie damit dicht genug nebeneinander am Himmel, dass sich aus den Absorptionsdaten detailgetreue dreidimensionale Karten erstellen lassen, ähnlich der dreidimensionalen Rekonstruktionen, wie sie bei computertomographischen Methoden in der Medizin vorgenommen werden. Das Problem bestand freilich darin, dass das Sternenlicht der Galaxien typischer Weise rund 15–mal weniger hell ist als das Licht der Quasare. Daher war allgemein akzeptiert, dass derartige

Abb. II.11.2: Nahaufnahme eines Ausschnitts aus der dreidimensionalen Karte des kosmischen Netzes in 10,8 Milliarden Lichtjahren Entfernung. Die hier sichtbare Filamentstruktur zieht sich über Millionen von Lichtjahren hinweg und zeigt das kosmische Netz in einem Zustand, als das Universum nur ein Viertel seines jetzigen Alters hatte. Die Farben repräsentieren die Dichte des Wasserstoffgases des kosmischen Netzes, wobei hellere Farben für höhere Dichten stehen.



Quelle: Casey Stark (UC Berkeley) und Khee-Gan Lee (MPIA)

Messungen auf die nächste Generation von Riesenteleskopen würden warten müssen: das European Extremely Large Telescope (E-ELT) etwa mit seinen fast 40 Metern Spiegeldurchmesser.

Insofern war es einigermaßen unerwartet, als Khee-Gan Lee, ein Postdoktorand am Max-Planck-Institut für Astronomie, 2014 genauer berechnete, welche Beobachtungswerkzeuge für solch eine galaxienbasierte 3D-Karte nötig wären – und als Ergebnis erhielt, dass diese Beobachtungen bereits mit heutigen Teleskopen gelingen konnten, wenn auch mit geringerer Auflösung als mit den größeren zukünftigen Teleskopen.

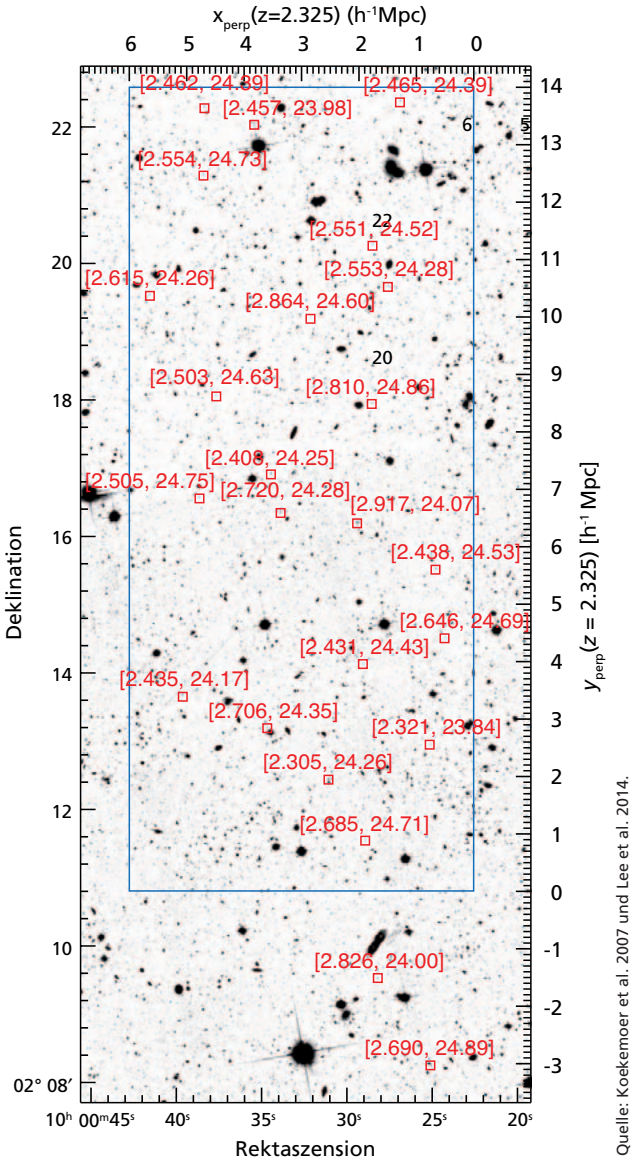
Lee und seine Kollegen stellten einen Antrag auf Beobachtungszeit an einem der größten Teleskope der Welt: dem Keck-I-Teleskop am W. M. Keck-Observatorium, einem zehn-Meter-Spiegelteleskop auf Mauna Kea, Hawaii – und bekamen die benötigte Zeit tatsächlich zugewiesen. Als Beobachtungsziel wählten sie einen Ausschnitt des COSMOS-Felds im Sternbild Sextant (Sextans). Diese Himmelsregion ist über Jahre hinweg mit einer Vielzahl verschiedener Instrumente bei unterschiedlichen Wellenlängen untersucht worden und bietet die Möglichkeit tiefer Einblicke ins ferne Universum jenseits unserer Heimatgalaxie, der Milchstraße.

Die Beobachtungen mit dem Low-Resolution Imaging Spectrograph (LRIS; zu deutsch etwa »bildgebender Spektrograf mit niedriger Auflösung«) am Keck-I-Teleskop waren leider von irdischen Problemen geplagt: Ungünstige Wetterbedingungen führten dazu, dass nur ein Bruchteil der Beobachtungszeit wie geplant genutzt werden konnte. Immerhin konnten die Astronomen vier Stunden lang gute Daten aufnahmen – und bereits eine erste Auswertung der Daten bei laufender Beobachtung gab Anlass zur Hoffnung, dass das Experiment gelungen war.

Die genauere Analyse bestätigte: Was die Astronomen an Daten hatten aufnehmen können, war etwas ganz Neues. Absorptionsmessungen an 24 schwachen Hintergrundgalaxien deckten einen kleinen Fleck Himmel so vollständig ab, dass sie sich zu einer dreidimensionalen Karte des kosmischen Netzes zwischen Hintergrundgalaxien und Beobachtern kombinieren ließen. Eine Schlüsselrolle kam dabei dem zur Analyse verwendeten Algorithmus zu. Hätten die Astronomen bei dieser großen Datenmenge einfach so losgerechnet, wäre die Rechenzeit enorm gewesen. Glücklicherweise gelang es zweien der Teammitglieder, Casey Stark und Martin White (UC Berkeley und Lawrence Berkeley National Lab), einen verbesserten Algorithmus zu entwickeln, mit dem sich die Karte binnen Minuten erstellen ließ. Durch eine Anpassung an die besonderen Bedingungen des zu lösenden Problems benötigte dieser Algorithmus zudem deutlich weniger an Speicher als zuvor: eine Rechnung, die vorher einen Supercomputer benötigt hätte, lief auf einmal auf einem herkömmlichen Laptop.

Die Karte, die dabei herauskam, zeigt einen dreidimensionalen Ausschnitt unseres Universums in einer Entfernung von elf Milliarden Lichtjahren – das erste Mal, dass das kosmische Netz in so großer Entfernung kartiert werden konnte. Da große Entfernungen gleichzeitig bedeuten, dass die Astronomen weit in unsere kosmische Vergangenheit sehen, zeigt die Karte das ferne Universum so, wie es vor 11 Milliarden Jahren aussah –

Abb. II.11.3: Aufnahme der kartierten Himmelsregion mit der Advanced Camera for Surveys (F814W, Mosaik) des Weltraumteleskops Hubble. Der blaue Kasten entspricht dem Querschnitt des Quaders in Abbildung 1. Die roten Kästchen zeigen an, wo sich die Galaxien befinden, deren Spektren für die dreidimensionale Rekonstruktion herangezogen wurden. Rotverschiebung und Helligkeit (g-Bandfilter) der Quelle sind jeweils über dem Kästchen in Rot angegeben. Der Rotverschiebungsbereich, über den die Lyman-Alpha-Linien dank dieser Quellen verfolgt werden können, liegt zwischen $z = 2{,}15$ und $z = 2{,}40$. Die rechte und die obere Achse spannen ein Abstands-Koordinatensystem auf, dessen Nullpunkt in der rechten unteren Ecke des Kartenausschnitts (blaue Box) liegt und das sich auf eine Rotverschiebung von $z = 2{,}325$ bezieht. Daran lassen sich die wechselseitigen Abstände der Galaxien senkrecht zur Beobachtungsrichtung zumindest ungefähr aus der Abbildung ablesen.



bei einem Viertel seines jetzigen Alters, weniger als drei Milliarden Jahre nach dem Urknall (Rotverschiebung $z = 2{,}3$), in einer Art »wilder Jugendzeit« inklusive Wachstumsschub der Galaxien, die damals besonders viele neue Sterne bildeten. Zu jener Zeit hatte die Region eine Größe von rund 2,5 Millionen mal 6 Millionen mal 100 Millionen Lichtjahren (der letzte Wert entspricht der radialen Abstandsdifferenz; die entferntesten Teile der Region waren damals 100 Millionen Lichtjahre weiter von uns entfernt als die nächsten). Von damals bis heute hat die kosmische Expansion alle Längenskalen des betreffenden Gebiets um einen Faktor 3,3 vergrößert. Die Karte erlaubt einen ersten Blick auf gigantische Filamentstrukturen, die sich über Millionen von Lichtjahren hinwegziehen.

Gegenüber bisherigen Karten des kosmischen Netzes stellt die neue Version einen beachtlichen Fortschritt dar. Frühere Karten wurden aus der Position individueller Galaxien rekonstruiert – man lokalisiere hinreichend viele Galaxien, und deren Verteilung im Raum zeichnet dann den Verlauf der Filamente des kosmischen Netzes nach. Aber die einzigen entsprechenden Karten, die größere Volumina umfassen, beschränken sich auf das lokale Universum (und schließen nur Galaxien mit Entfernungen von weniger als 3 Milliarden Lichtjahren ein, $z < 0{,}3$); deutlich kleinere Ausschnitte gibt es bis in Entfernungen von bis zu 7 Milliarden Lichtjahren ($z = 1$). Bei noch größeren Abständen wird die scheinbare Helligkeit der Galaxien so gering, dass diese Methode – ein Datenpunkt pro Galaxie – viel zuviel Aufwand erfordert, um dreidimensionale Karten zu erstellen. Die neue Variante der Lyman-Alpha-Absorptionstechnik, die Lee und seinen Kollegen erstmals gelang – eine Sichtlinie pro Galaxie – liefert bei jeder Messung ungleich mehr Daten und ermöglicht es, die Struktur des kosmischen Netzes über hunderte von Millionen von Lichtjahren vor jeder Hintergrundgalaxie zu rekonstruieren. So lässt sich das Universum selbst bei derart riesigen Distanzen mit vertretbarem Aufwand kartieren.

Die neuen Messungen sind gleichzeitig Vorstudie für eine deutlich umfangreichere Durchmusterung. Die langgestreckte Struktur der hier gezeigten Karte ist allein dem schlechten Wetter während der zugeteilten Beobachtungszeit zu verdanken – die Astronomen hatten schlicht nicht genügend Zeit, ein größeres Gebiet zu vermessen. Aber die Mess- und Rekonstruktionstechnik hat sich bereits bei dieser eingeschränkten Messung als sehr leistungsfähig erwiesen, und sie könnte mit entsprechenden Daten auch die räumliche Struktur von Volumina rekonstruieren, deren Seiten hunderte von Millionen Lichtjahre lang sind. Das ist das Ziel der CLAMATO-Durchmusterung (das Akronym steht für COSMOS Lyman-Alpha Mapping And Tomography Observations), die eine tomographische Karte für ein Quadratgrad (= 50 %) des Zielgebiets des Cosmic Evolution Survey (COSMOS) erstellen soll, einer der meistbeobachteten Himmelsregionen überhaupt.

Aus dieser größeren Karte wollen die Astronomen dann nicht nur Informationen über die Struktur des kosmischen Netzes in der »wilden Jugendzeit« unseres Universums gewinnen, sondern auch über die Wirkungsweise des Netzwerks: Während der betreffenden Entwicklungsphase erfuhren die Galaxien einen regelrechten Wachstumsschub, und das kosmische Netz spielt die Schlüsselrolle, wenn es darum geht, den Galaxien Wasserstoffgas als Rohmaterial für die Entstehung neuer Sterne zuzuleiten – und so deren Wachstum überhaupt zu ermöglichen. Vorangehenden Studien war es bereits gelungen, Teile des kosmischen Netzes in unmittelbarer Nähe eines Quasars zu rekonstruieren und zu zeigen, wie urtümliches Wasserstoffgas in eine Galaxie einströmte (siehe MPIA-Jahresbericht 2013, Abschnitt II.8). Eine größere Karte würde es den Forschern erlauben, derartige Materieströme dreidimensional über größere Distanzen zu verfolgen und so die globale Logistik der Sternentstehung nachzuvollziehen.

Außerdem sollten große tomographische Karten den Astronomen erlauben, Gründe für eine fundamentale kosmische Ungleichheit zu finden: Eine der auffälligsten Eigenschaften des heutigen Universums ist der Unterschied zwischen den materiereichen Galaxienhaufen und den fast völlig materiefreien Leerräumen zwischen diesen Haufen. Die mit der neuen Technik angefertigten dreidimensionalen Karten aus der Jugendzeit des Alls sollten es den Astronomen erlauben, Proto-Haufen und Proto-Leerräume zu identifizieren und aus dieser historischen Darstellung zu rekonstruieren, wie die Galaxienhaufen und Leerräume aus den winzigen Materiefluktuationen kurz nach dem Urknall entstanden sind.

Khee-Gan Lee, Joseph F. Hennawi
und Anna-Christina Eilers

in Zusammenarbeit mit

Casey Stark und Martin White
(UC Berkeley und Lawrence Berkeley National Laboratry),
J. Xavier Prochaska
(University of California at Santa Cruz, Lick Observatory),
David Schlegel (Lawrence Berkeley National Laboratory)
und Andreu Arinyo-i-Prats (Universitat de Barcelona)

K.G. Lee et al. 2014: »Lya Forest Tomography from Background Galaxies: The first Megaparsec-Resolution Large-Scale Structure Map at $z < 2$« in Astrophysical Journal Letters Band 795, Artikelnummer L12. DOI: 10.1088/2041-8205/795/1/L12

III. Instrumentierung und Technik

III.1 Überblick

Instrumentierung für bodengebundene Teleskope

Die Schwerpunkte der MPIA-Aktivitäten im Bereich bodengebundene Instrumentierung liegen in den Bereichen Spektroskopie, Bildgebung höchster Qualität sowie interferometrische Instrumente für die ESO-Teleskope VLT/VLTI und VISTA und für das Large Binocular Telescope (LBT). Hinzu kamen Durchmusterungsinstrumente für das Calar Alto-Observatorium. Außerdem ist das MPIA an Studien für Instrumente für das zukünftige European Extremely Large Telescope (E-ELT) beteiligt, ein geplantes Teleskop der nächsten Generation mit 39 Metern Spiegeldurchmesser.

Instrumentierung für das Large Binocular Telescope (LBT)

LUCI 1 und LUCI 2 sind zwei kryogenisch gekühlte Instrumente für den Nahinfrarotbereich, die bildgebende Kameras und Spektrografen enthalten, mit denen sich mehrere Objekte gleichzeitig untersuchen lassen. Die beiden Instrumente wurden für das Large Binocular Telescope (LBT) auf dem Mount Graham in Arizona gebaut, als Kooperationsprojekt mit der Landessternwarte Heidelberg, dem Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching, der Universität Bochum und der Fachhochschule für Technik und Design in Mannheim.

Die LUCI-Instrumente bieten ein Bildfeld der Größe 4×4 Bogenminuten, in dem die Bildqualität nur durch die Atmosphäreneigenschaften (Seeing) begrenzt werden. Das entspricht etwas mehr als einem Sechzigstel der scheinbaren Größe des Vollmonds am Himmel und ist für astronomische Kameras an Teleskopen wie dem LBT ein ungewöhnlich großes Bildfeld.

Anfang 2010 wurden die ersten Spektren und Bilder veröffentlicht, die mit LUCI 1 aufgenommen worden waren. Besonders an diesen Instrumenten ist ihre Nutzung sogenannter Adaptiver Optik: Spiegel, die in Echtzeit verformt werden und so den Großteil der Störungen ausgleichen können, den das Licht ferner Objekte beim Durchgang durch die Erdatmosphäre erfährt.

Mithilfe der adaptiven Sekundärspiegel des Teleskops sind über ein Bildfeld von rund einer halben mal einer halben Bogenminute beugungsbegrenzte Beobachtungen möglich, also Beobachtungen, die nur noch durch die Abbildungseigenschaften des Teleskops beschränkt werden, nicht aber durch die atmosphärischen Beobachtungsbedingungen. Bei LUCI 2 war die volle Funktionalität der Adaptiven Optik ab Herbst 2014 verfügbar; bei LUCI 1 wird sie derzeit nachgerüstet. Adaptive Optik ermöglicht den Benutzern ein spektrales Auflösungsvermögen von mehreren zehntausend, mit anderen Worten: Die Wellenlängenunterschiede, die auf diese Weise nachgewiesen können, entsprechen Bruchteilen eines Zehntausendstels der beobachteten Wellenlänge. Zu den zahlreichen wissenschaftlichen Einsatzmöglichkeiten der vielseitigen LUCI-Instrumente gehört beispielsweise die Sternentstehung in nahegelegenen Galaxien.

Adaptive Optik nutzt Referenzsterne, um auf sehr kurzen Zeitskalen zu beobachten, wie die atmosphärischen Störungen astronomische Bilder verzerren, und daraus die nötigen Korrekturen zu berechnen. Allerdings müssen solche Referenzsterne eine gewisse minimale Helligkeit besitzen – und es gibt keine Garantie, dass Astronomen innerhalb des Bildfeldes, welches ihr Beobachtungsobjekt enthält, gleichzeitig auch einen hinreichend hellen Stern finden werden! Das ist der Grund für die Entwicklung des Laser-Leitsternsystems ARGOS, dessen erste Teile 2014 am LBT aufgebaut und getestet wurden – und bei dessen Entwicklung das MPIA eine entscheidende Rolle gespielt hat. ARGOS erzeugt mithilfe von Laserstrahlen künstliche Referenzsterne am Nachthimmel, die dann mit den beiden LUCI-Instrumenten angepeilt werden können.

Auch das größte laufende Instrumentierungsprojekt am MPIA ist für das LBT bestimmt: LINC-NIRVANA (L-N) soll das nahinfrarote Licht beider Teleskopspiegel des LBT zusammenführen. Das Instrument wurde im Laufe des Jahres 2014 vollständig zusammengebaut, so dass Justage und Tests beginnen konnten. Das MPIA ist im L-N-Konsortium das federführende Institut. Weitere Konsortiumsmitglieder sind italienische Observatorien (INAF), das Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn und die Universität Köln.

Erstes Ziel wird es sein, über ein Bildfeld von 10,5 × 10,5 Bogensekunden bei nahinfraroten Wellenlängen zwischen 1 und 2,4 µm mit multikonjugierter Adaptiver Optik korrigierte Bilder zu liefern. Eine optionale zukünftige Ausbaustufe soll beugungsbegrenzte Bilder mit der Auflösung eines 23-m-Teleskops ermöglichen. Dazu müsste LINC-NIRVANA dann das Licht der beiden Hauptspiegel des LBT mithilfe sogenannter Fizeau-Interferometrie kombinieren.

Zu den wissenschaftlichen Zielen von LINC-NIRVANA gehören kosmologische Messungen an Supernovae ebenso wie Untersuchungen zur Entstehung von Galaxien, der Sternpopulationen und Sternentstehung in ande-

ren Galaxien, Exoplaneten, die Multiplizität von Sternen, die Struktur von zirkumstellaren Scheiben sowie von Planeten unseres Sonnensystems und deren Atmosphären.

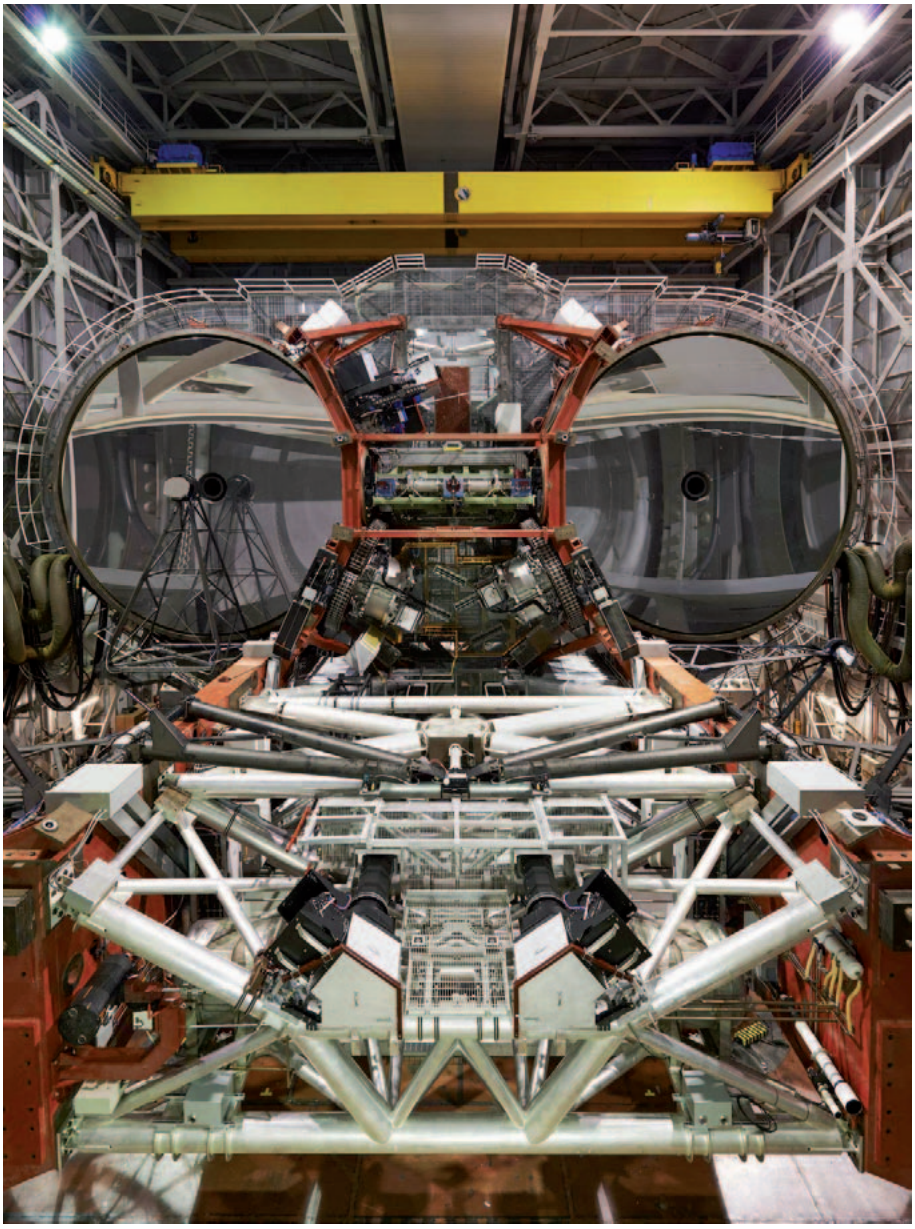
Als Teil der Vorbereitung für die Inbetriebnahme des komplexen Instruments wurde das Testsystem Pathfinder 2014 erfolgreich am LBT in Betrieb genommen.

Instrumentierung für ESO-Teleskope: VLT/VLTI und VISTA

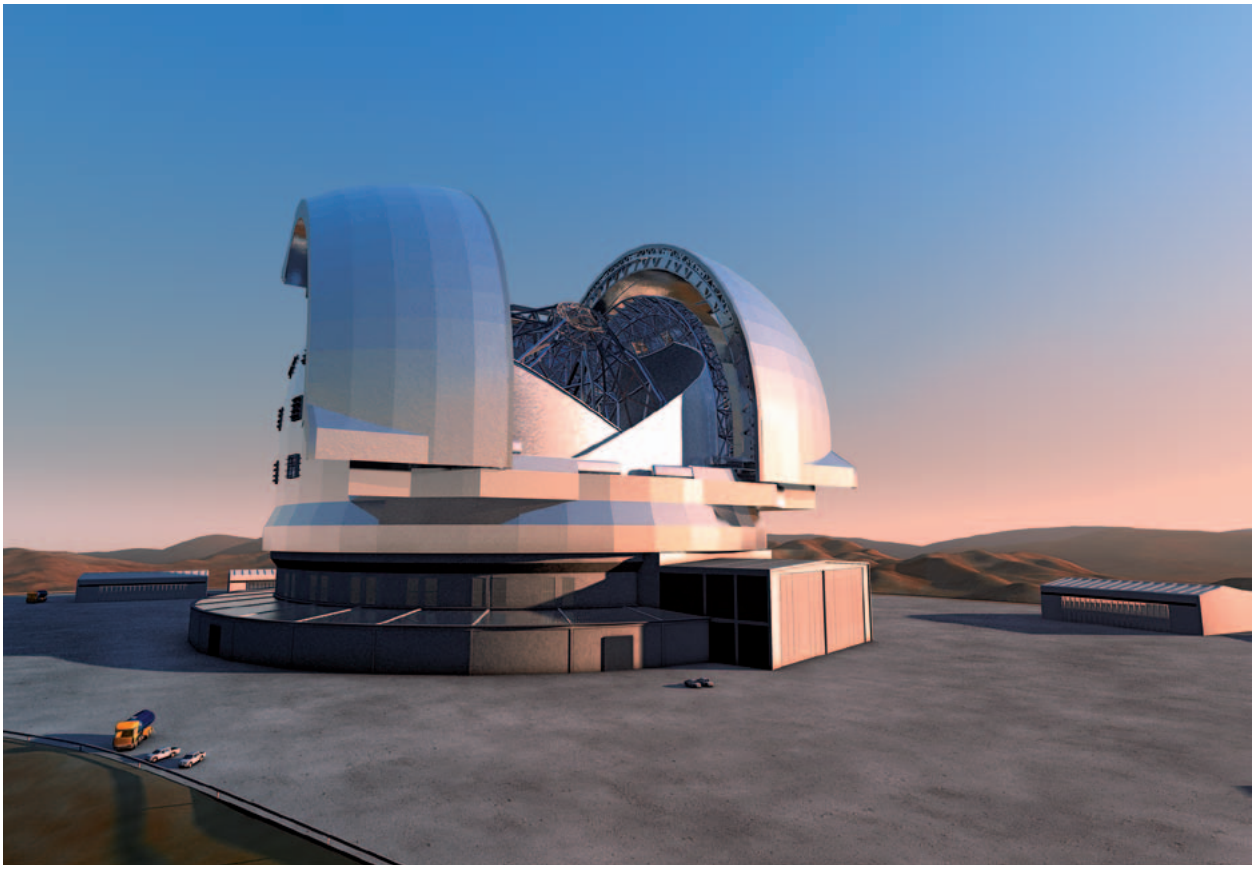
Das MPIA ist an den Instrumenten MATISSE und GRAVITY der zweiten Generation für das Very Large Telescope Interferometer (VLTI) am Paranal-Observatorium der ESO beteiligt. Bei VLTI werden mehrere der Teleskope des Very Large Telescope (VLT) miteinander kombiniert, genauer: unterschiedliche Kombinationen der 8,2-m-Hauptteleskope und der 1,8-m-Hilfsteleskope.

Das MATISSE-Konsortium besteht aus neun Instituten unter der Leitung des Observatoire de la Côte d'Azur. MATISSE soll das Licht aller vier VLT- Hauptteleskope im mittleren Infrarotbereich kombinieren. So wird es möglich, Bilder mit der extrem hohen Auflösung von 10 – 20 Millibogensekunden zu rekonstruieren. Wissenschaftliche Anwendungen finden derart detailscharfe Bilder bei Studien Aktiver Galaxienkerne (AGN) ebenso wie bei der Entstehung von Planetensystemen und von massereichen Sternen sowie bei der Untersuchung der näheren Umgebung anderer Sterne. Im Juli und im November 2014 hat das MPIA seine Beiträge zu MATISSE, nämlich die zwei

Abb. III.1.1: Das Large Binocular Telescope (LBT) auf dem Mount Graham in Arizona, USA. Mit seinen zwei 8,4-m-Spiegeln auf einer gemeinsamen Montierung ist das LBT derzeit das größte Einzelteleskop der Welt. Zusammengenommen entspricht das Lichtsammelvermögen der beiden Spiegel dem eines 12-m-Teleskops.



Quelle: LBTO



Quelle: ESO

Abb. III.1.2: Künstlerische Darstellung des European Extremely Large Telescope (E-ELT) auf dem Cerro Armazones in Chile nahe dem ESO-Observatorium auf dem Paranal. Ende 2014 gab es grünes Licht für den Bau des E-ELT.

Hauptkryostaten der Instrumente (also die Gefäße, in denen die Instrumente im extrem abgekühlten Zustand betrieben werden können) nach Nizza geliefert, wo das Instrument zusammengebaut wird.

GRAVITY soll ebenfalls das Licht aller vier VLT-Hauptteleskope kombinieren, allerdings im Nahinfrarotbereich. Federführend beim GRAVITY-Konsortium ist das Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching; zum Konsortium gehören das MPIA, die Observatorien Paris und Grenoble und die Universitäten Köln und Lissabon. Mithilfe eines sehr leistungsstarken Adaptive Optik-Systems soll GRAVITY in einem zwei Bogensekunden durchmessenden Blickfeld hochpräzise astrometrische Messungen durchführen und außerdem extrem hochaufgelöste Bilder produzieren.

Zu den wissenschaftlichen Anwendungen gehören Untersuchungen von Bewegungen in unmittelbarer Nähe des supermassereichen Schwarzen Lochs im Zentrum unserer Galaxie, der Nachweis intermediärer Schwarzer Löcher in unserer Heimatgalaxie, der Milchstraße, die dynamische Massenbestimmung von Exoplaneten, Studien zu den Ursprüngen protostellarer Jets sowie die Abbildung von Sternen bzw. Gas in den verdeckten Regionen aktiver galaktischer Kerne (AGN), von Sternentstehungsregionen und protoplanetaren Scheiben.

Das Instrument SPHERE ist darauf spezialisiert, jupiterähnliche Exoplaneten abzubilden. Hier ist das MPIA eines von mehreren federführenden Instituten in einem Konsortium, zu dem auch die Sternwarte Grenoble, das Laboratoire d'Astrophysique in Marseille, die ETH Zürich und die Universität Amsterdam gehören.

Die wichtigste Herausforderung für SPHERE liegt darin, den extrem großen Helligkeitsunterschied zwischen Exoplaneten und ihren Heimatsternen zu überwinden. Zu diesem Zweck nutzt das Instrument eXtreme Adaptive Optik (XAO) und Koronografie (also das mechanisches Abschatten des Lichts des Sterns im Instrument selbst). SPHERE besitzt drei Untersysteme in der Brennebene, die differenzielle Bildanalyse (differential imaging) nutzen, also spezielle Vergleiche zwischen verschiedenen Bildern eines Planeten und seines Heimatsterns, die es ermöglichen, die realen Bilddaten von verschiedenen Störbeiträgen zu unterscheiden. Das erste der drei Unterinstrumente nutzt Polarimetrie im Bereich des sichtbaren Lichts, das zweite Doppelabbildungen im Nahinfrarotbereich und das dritte integrale Feldspektroskopie im infraroten J-Band. Im Laufe des Jahres 2014 wurde SPHERE erfolgreich in Betrieb genommen. Im Dezember begann die wissenschaftliche Testphase (vgl. Abschnitt III.3).

Im Laufe des Jahres 2014 trat das MPIA außerdem dem Projekt 4MOST bei, einem Multi-Objekt-Spektrografen für das 4,1-m-Durchmusterungsteleskop VISTA am Paranal-Observatorium der ESO. Leitendes Institut

des Projekts ist das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP). 4MOST ist derzeit in der Entwurfsphase; das MPIA ist dabei für die Steuerelektronik des Instruments verantwortlich. 4MOST soll die Ursprünge unserer Heimatgalaxie ebenso untersuchen wie deren chemische und kinematische Struktur. Außerdem soll das Instrument Beiträge zur Untersuchung der Galaxienentwicklung leisten. Dafür kommen 2400 optische Fasern auf einem Bildfeld von 4 Quadratgrad zum Einsatz, mit denen sich gleichzeitig Spektren für bis zu 2400 unterschiedliche Objekte im Bildfeld aufnehmen lassen.

Durchmusterungsinstrumente für das Calar Alto-Observatorium und andere Standorte

Die Panoramic Near-infrared Camera (PANIC), zu deutsch etwa Panorama-Kamera für Nahinfrarotlicht, ist ein vielseitig einsetzbares Instrument mit großem Bildfeld für das 2,2-m-Teleskop am Calar Alto-Observatorium (CAHA) – eine gemeinsame Entwicklung mit dem Instituto de Astrofisica de Andalucia. Mit vier Hawaii2-RG-Detektoren deckt dieses Instrument ein Bildfeld von 30 mal 30 Bogenminuten ab (entsprechend der scheinbaren Größe des Vollmonds am Himmel). Das erlaubt Durchmusterungen von extragalaktischen und galaktischen Objekten ebenso wie Himmelskörpern in unserem eigenen Sonnensystem. PANIC führte im November 2014 erste Beobachtungen durch (siehe Abschnitt III.3).

CARMENES ist ein hochauflösender Échelle-Spektrograf für sichtbares und nahinfrarotes Licht, der derzeit von einem Konsortium deutscher und spanischer Institutionen für das 3,5 m-Teleskop am CAHA gebaut wird. Ab 2016 soll CARMENES eine Durchmusterung von 300 Hauptreihensternen vom Typ M beginnen, um in deren habitablen Zonen Exoplaneten zu finden.

Die Suche nach Exoplaneten, in diesem Falle aber nach Transits solcher Planeten, ist das Ziel des HATSouth-Projekts, in dem das MPIA mit der Universität Princeton, der Australian National University und der Pontifica Universidad Catolica de Chile zusammenarbeitet. HATSouth ist ein Netzwerk von 24 robotischen Kleinteleskopen am Las Campanas-Observatorium in Chile, am Siding Spring-Observatorium in Australien und am Standort von H.E.S.S. in Namibia. MPIA ist für die Vorbereitung und den Betrieb der Teleskope in Namibia verantwortlich.

MPIA-Wissenschaftler nutzen außerdem das ESO/MPG-2,2-m-Teleskop am Observatorium La Silla für spezielle Durchmusterungen.

Das zukünftige European Extremely Large Telescope (E-ELT)

Im Jahre 2010 schloss eine ESO-Kommission unter der Leitung des MPIA die Suche nach dem Standort des zukünftigen 39-m-Teleskops E-ELT ab. Die Wahl fiel auf den Berg Cerro Armazones in der chilenischen Atacamawüste, in direkter Nachbarschaft zum Paranal-Observatorium der ESO.

Ende 2014 beschloss das Leitungsgremium der ESO, der ESO Council, mit dem Bau des Teleskops und der ersten Generation von Instrumenten zu beginnen. Das MPIA ist an zweien der Instrumentierungsprojekte beteiligt: METIS und MICADO.

METIS ist eine Kombination aus Kamera und Spektrograf im Bereich der thermischen/mittelinfraroten Strahlung bei Wellenlängen zwischen 3 und 19 Mikrometern. Mithilfe von Adaptiver Optik wird das Instrument beugungsbegrenzte Beobachtungen zulassen. Zu den wissenschaftlichen Zielen des Instruments gehören Untersuchungen zu den Verhältnissen im frühen Sonnensystem, der Bildung und Entwicklung protoplanetarer Scheiben, des galaktischen Zentrums, der hellen Zentralregionen nahegelegener Galaxien, aktiver Galaxienkerne bei hohen Rotverschiebungen und hoch rotverschobene Gammastrahlungs-Ausbrüche.

MICADO ist eine Kamera für den Nahinfrarotbereich. Mithilfe ihrer multikonjugierten Adaptiven Optik soll das Instrument eine sechs- bis siebenmal so gute Detailschärfe liefern wie das James Webb Space Telescope (JWST), der designierte Nachfolger des Hubble-Weltraumteleskops. Das Instrument wird eine Empfindlichkeit von bis zu 29 Magnituden haben – im sichtbaren Licht entspräche das Sternen, die mehr als eine Milliarde Mal schwächer sind als die schwächsten noch mit dem bloßen Auge sichtbaren Sterne. Das Instrument erreicht diese Empfindlichkeit in den nahinfraroten Wellenlängenbändern I und K.

Zu den wissenschaftlichen Zielen für MICADO gehören junge stellare Objekte (young stellar objects, YSO) in unserer eigenen Galaxie sowie die Sternentstehung in Galaxien bei hohen Rotverschiebungen. Die erreichbare hohe astrometrische Präzision wird außerdem Studien der Sternumlaufbahnen um das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße ebenso zugute kommen wie der Bestimmung der Eigenbewegungen der Kugelsternhaufen, der Struktur der Sternpopulationen und der Verteilung interstellaren Staubs in Galaxien mit Rotverschiebungen $z < 1$.

Der Startschuss für die vorläufigen Entwurfsphasen von METIS und MICADO soll im Herbst 2015 fallen.

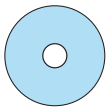
Martin Kürster
für die Technischen Abteilungen des MPIA

Teleskopspiegel im Vergleich

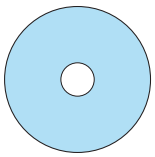
Die Abbildungen zeigen Form, Struktur und Größe der Hauptspiegel ausgewählter Teleskope, die von MPIA-Wissenschaftlern genutzt werden oder für die das MPIA Beiträge zur Instrumentierung leistet beziehungsweise geleistet hat.

Infrared Space Observatory
Hauptspiegel 0,6 m

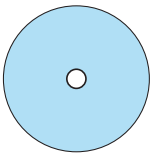
Spitzer-Weltraumteleskop
Hauptspiegel 0,85 m



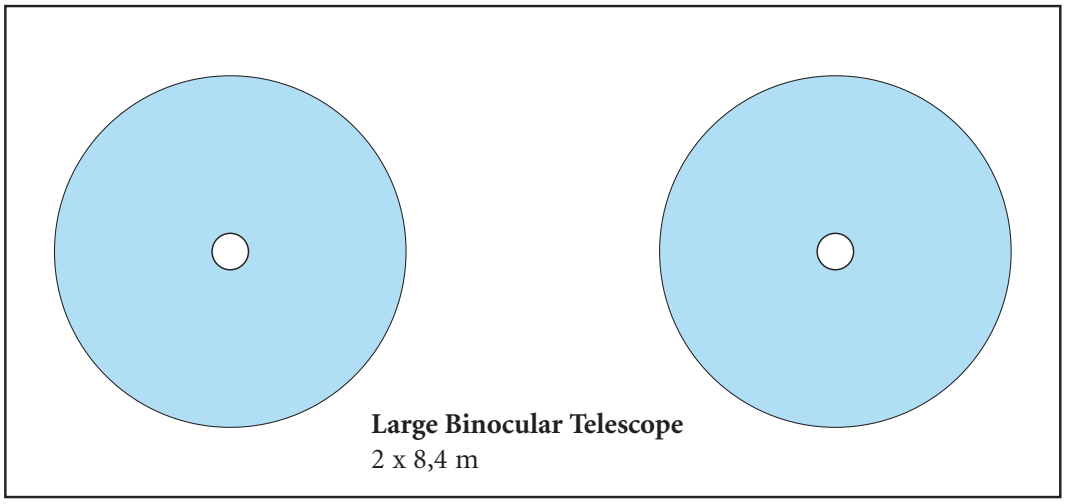
Hubble-Weltraumteleskop
2,4 m



Herschel-Weltraumteleskop
3,5 m

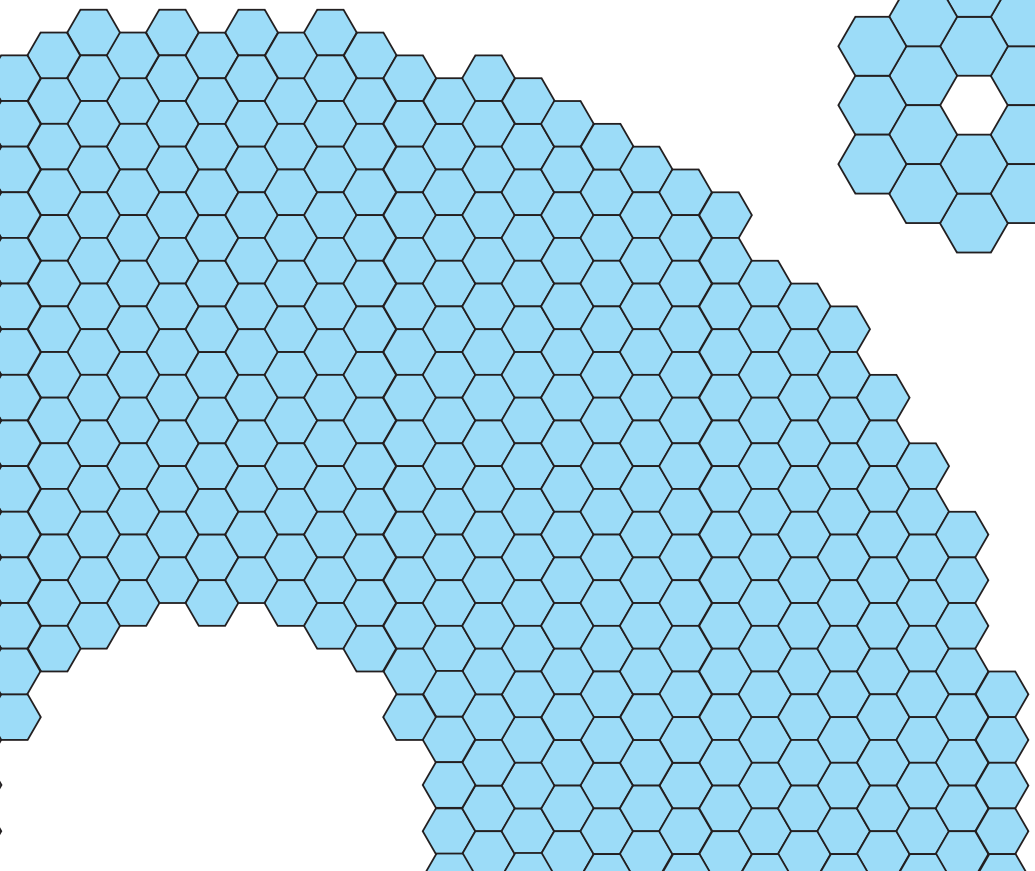


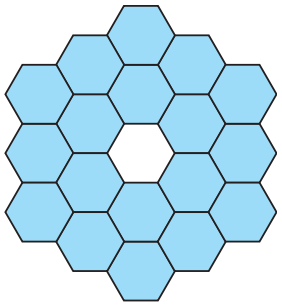
Calar Alto Observatory
3,5 m



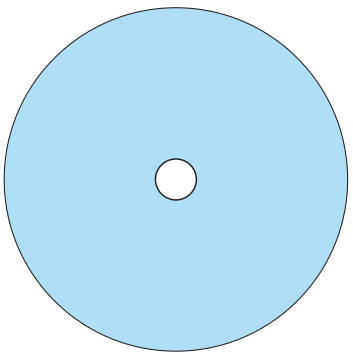
Large Binocular Telescope
2 x 8,4 m

European Extremely Large Telescope
39,3 m





James Webb Space Telescope
6,5 m



Very Large Telescope
4 x 8,2 m

III.2 Überblick

Instrumentierung für Weltraumteleskope

James Webb Space Telescope (JWST)

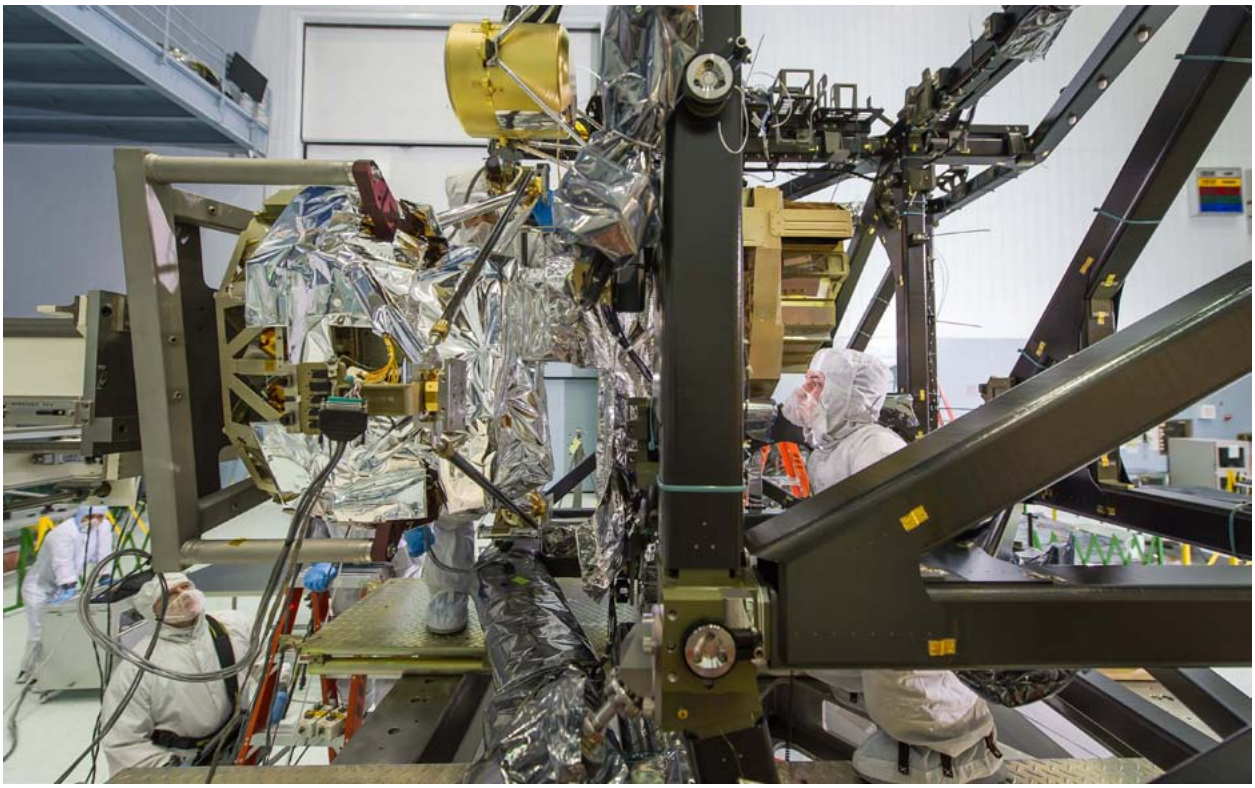
Das James Webb Space Telescope (JWST), ein Weltraumteleskop für Wellenlängen vom sichtbaren Licht bis in den mittleren Infrarotbereich, soll im Herbst 2018 als Nachfolger des Hubble-Weltraumteleskops ins All starten. Mit seinem kalten 6,5-m-Hauptspiegel und vier wissenschaftlichen Instrumenten wird JWST für ein Jahrzehnt nach seinem Start das wichtigste Infrarotobservatorium im Weltraum sein.

Das MPIA ist das wichtigste deutsche Institut, das an der Entwicklung von Instrumenten für das JWST beteiligt ist. Als Mitglied eines europäischen Konsortiums ist das MPIA für die Entwicklung der gekühlt betriebenen (kryogenen) Radmechanismen verantwortlich, mit denen die optischen Komponenten des Mittel-Infrarotinstruments MIRI im Strahlengang positioniert werden. Außerdem leitet das MPIA die Elektronikentwicklung für dieses Instrument.

MIRI besteht aus einer hochauflösenden Kamera und einem Spektrometer mit mittlerer Auflösung, und wird bei Wellenlängen zwischen 5 und 28 Mikrometern arbeiten. Das MPIA hat außerdem Schlüsselkomponenten wie tieftemperaturtaugliche Motoren und hochpräzise Positionssensoren für den nahinfraroten Multi-Objekt-Spektrographen NIRSPEC geliefert, das zweite von zwei JWST-Instrumenten, die vornehmlich in Europa entwickelt worden sind.

Seit der Auslieferung des Instruments an das Goddard Space Flight Center der NASA in den USA im Mai 2012 wurde MIRI in die integrierte Instrumentenplattform des Teleskops eingebaut und wird seither einer Reihe anspruchsvoller Tests unterzogen. Im Jahre 2014 wurde die zweite komplett abgekühlte Testkampagne mit allen vier wissenschaftlichen Instrumenten des JWST erfolgreich abgeschlossen. Für diese Kampagne wurde MIRI zusammen mit den anderen Instrumenten auf der Plattform auf –230 °C heruntergekühlt und Vakuumbedingungen ausgesetzt, die realistisch nachstellen, welchen Umwelt-

Abb. III.2.1: Das MIRI-Instrument (links) beim Einbau in das Instrumenten-Modul ISIM des James-Webb-Weltraumteleskops in einem Reinraum des NASA Goddard Space flight center.



Quelle: NASA

Quelle: Ö. Detre / MPIA

Abb. III.2.2: Mitglieder des europäischen MIRI-Konsortiums und assoziierte Wissenschaftler während eines Konsortiumstreffens des Consejo Superior de Investigaciones Científicas in Madrid (Spanien).

bedingungen diese Instrumente später im Weltraum ausgesetzt sein werden. Das JWST-Team am MPIA hat von Heidelberg aus und vor Ort maßgeblich zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung dieser Tests beigetragen.

Derzeit laufen die Vorbereitungen für die nächste Testkampagne, die Ende 2015 stattfinden soll. Das MPIA-Team beschäftigt sich außerdem intensiv mit der Entwicklung der zukünftigen Software-Pipeline zur Aufbereitung der Beobachtungsdaten des MIRI-Instruments.

Diese Beiträge sowie unsere Mitarbeit im wissenschaftlichen Team für NIRSPEC verschaffen den MPIA-Astronomen wertvolle Gelegenheit, ab 2018 unter optimalen Bedingungen Infrarot-Beobachtungen durchzuführen. Um die Vorbereitungen für zukünftige Beobachtungsprogramme mit dem JWST in dem hochaktuellen Feld der Erforschung von Exoplaneten voranzutreiben, organisierte das MPIA im Sommer 2014 im Haus der Astronomie einen wissenschaftlichen Workshop »Exoplaneten mit JWST/MIRI«, zu dem sich eine hochkarätige Gruppe internationaler Experten zusammenfand.

Herschel und SPICA

Europas Weltraumobservatorium Herschel für Beobachtungen im ferninfraroten und Submillimeterlicht startete 2009 in den Weltraum und lieferte bis zum April 2013 Beobachtungsdaten. Nach Ende des Beobachtungsbetriebs ging das Herschel-Projekt offiziell in die nachträgliche Auswertungsphase über. Während dieser Phase werden die reichhaltigen Datensätze, die Herschel während der vier Jahre seiner Beobachtungszeit geliefert hat, bestmöglich aufbereitet und in Archiven online zur Verfügung gestellt. Wie schon während des eigentlichen Beobachtungsbetriebs lieferten die hochwertigen Daten bereits die Grundlage für zahlreiche Publikationen.

Das MPIA war einer der vier Hauptpartner bei der Entwicklung des PACS-Instruments, mit dem Herschel Bilder und Spektren im Wellenlängenbereich von 60 – 210 Mikrometern mit bis dahin nicht erreichter Empfindlichkeit und räumlicher Auflösung gewinnen konnte. (Die Leitung der Entwicklung oblag dem Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching.) Das MPIA war dafür verantwortlich, den Fokalebenen-Chopper für PACS zu liefern (ein Gerät, welches ständige Vergleiche des Beobachtungsobjekts mit dem Himmelshintergrund erlaubt) sowie die Spektrometerkameras und ihre auf –270 °C gekühlte Ausleseelektronik zu vermessen (ein entscheidender Schritt, um die gemessenen Daten zu verstehen).

Das Institut koordinierte außerdem eine Vielzahl von Aufgaben bei der Kalibration des Instruments und war dafür verantwortlich, den Plan für die entscheidenden Funktionstests des Instruments und die für die Kalibration maßgebliche Dokumentation zu erstellen. Insbesondere fiel die detaillierte Missionsplanung für die Tage der Funktionstest-Phase des PACS-Instruments mithilfe maßgeschneiderter Software in die alleinige Zuständigkeit des MPIA-Teams. Auch die Beobachtungs-Daten-

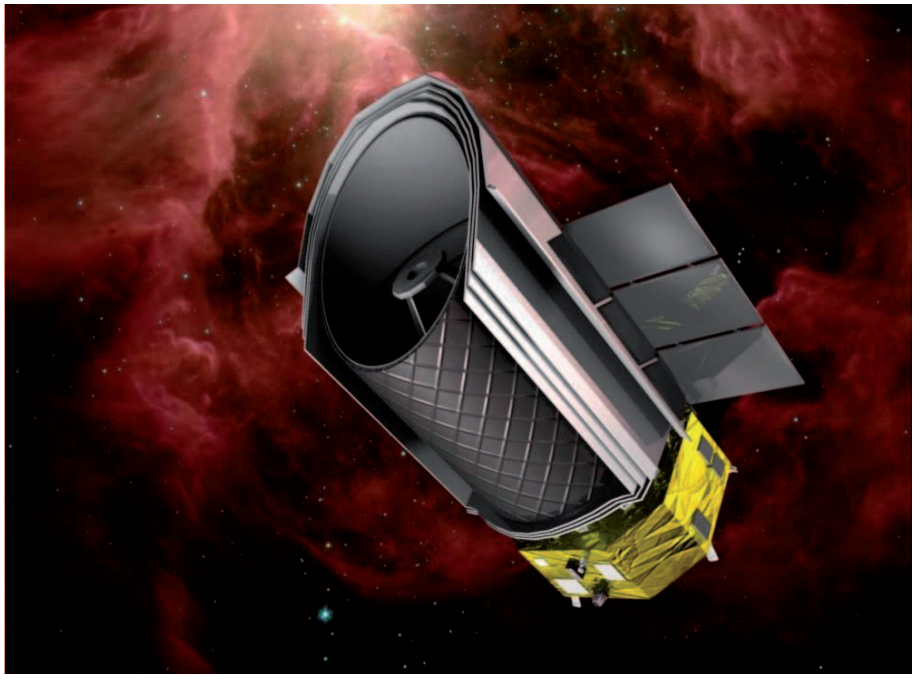


Abb. III.2.3: Konzeptstudie für das Ferninfrarot-Weltraumteleskop SPICA.

banken wurden vom MPIA-Team an das Herschel Science Center am ESAC in Villafranca (Spanien) und an das Mission Operations Center bei der ESOC in Darmstadt geliefert. Das Team erstellte außerden einen passenden Kalibrationsplan für den Routinebetrieb von Herschel und entwickelte anhand von Labormessungen eine Methode, die Ge:Ga-Detektorfelder des Spektrometers nach ihrer Reise in den Weltraum optimal in Betrieb zu nehmen.

Die Beobachtungsdaten der Herschel-Mission gehen in dem beobachteten Wellenlängenbereich über alle bis dahin verfügbaren Daten weit hinaus und werden über die nächsten Jahre hinweg wichtige Referenzdaten für alle Ferninfrarot-Beobachtungen darstellen. Aus diesem Grunde wird auch nach Ende der eigentlichen Beobachtungsphase beachtliche Mühe investiert, um die Methode und Pipelines der Datenreduktion zu verbessern: Es ist unwahrscheinlich, dass die Astronomen in der näheren Zukunft bessere Daten als diese zur Verfügung haben werden – dementsprechend hoch ist die Motivation, aus den vorhandenen Daten so viel an Informationen herauszuholen wie möglich.

Als möglicher Nachfolger für Herschel ist das *Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics* im Gespräch (SPICA, wörtlich etwa das »Infrarot-Weltraumteleskop für Kosmologie und Astrophysik«). Das Teleskop (Abb. II.2.3) ist eine der Kandidatenmissionen im Cosmic Vision-Wissenschaftsprogramm der ESA. SPICA soll einen kalten Spiegel mit rund drei Metern Durchmesser erhalten und wäre damit insbesondere bei spektroskopischen Messungen rund zwei Größenordnungen empfindlicher als Herschel. Dem derzeitigen Planungsstand nach soll die Entwicklung von SPICA unter Leitung der japanischen Raumfahrtagentur JAXA erfolgen. Als Startdatum wird das Jahr 2026 anvisiert. Europa hat angeboten, sich mit dem Ferninfrarot-Instrument SAFARI, dem Teleskopspiegel und durch Unterstützung für das Bodensegment zu beteiligen. Das MPIA trägt zum SAFARI-Instrument bei (leitender Wissenschaftler [PI]: P. Roelfsema, SRON), und zwar insbesondere zu den Tests der kryogenen Detektoren und dem Entwurf des Filterradmechanismus.

Euclid

Die Fragen nach der Natur der Dunklen Materie und der Dunklen Energie sind zwei Schlüsselfragen der modernen Kosmologie. Dunkle Materie zeigt dabei keinerlei Wechselwirkung mit Licht oder anderen Formen elektromagnetischer Strahlung, beeinflusst aber durch ihre Schwerkraft in entscheidender Weise Aufbau und Entwicklung von Galaxien und Galaxienhaufen sowie die kosmische Expansion. Dunkle Energie wurde eingeführt, um die überraschende Entdeckung zu erklären, dass sich die kosmische Expansion mit der Zeit nicht verlangsamt sondern beschleunigt – ein Umstand, dessen Nachweis erst 1999 veröffentlicht wurde und seinen Entdeckern im Jahr 2011 den Physik-Nobelpreis einbrachte.

Die ESA-Mission Euclid soll sich dieser offenen Fragen annehmen, indem sie die Geometrie des »dunklen Universums« kartiert. Der Start des Weltraumteleskops ist für 2020 vorgesehen; einmal im Weltraum soll Euclid mithilfe extrem wirklichkeitstreuer Abbildungen und Spektroskopie im sichtbaren und nahinfraroten Wellenlängenbereich in einem 15 000 Quadratgrad großen Bereich des Himmels extragalaktische Objekte kartieren. Aus diesen Da-

ten lassen sich die Evolution der kosmischen Expansion und die (zeitabhängige!) Verteilung der Dunklen Materie von einem Zeitpunkt vor zehn Milliarden Jahren (Rotverschiebung $z = 2$) bis heute erschließen.

Euclid wird zwei wissenschaftliche Instrumente tragen. Das erste davon ist VIS, eine Kamera, mit der sich im Bereich des sichtbaren Lichts die Strukturen von Galaxien sehr genau abbilden lassen. VIS soll eine dreidimensionale Karte des sogenannten schwachen Gravitationslinseneffekts quer durch das Universum erstellen – die Häufung winziger, zufällig verteilter Effekte der Lichtablenkung durch die im Universum enthaltenen Massen. Diese Karte lässt Rückschlüsse auf die Massenverteilung im Universum auf großen Skalen zu.

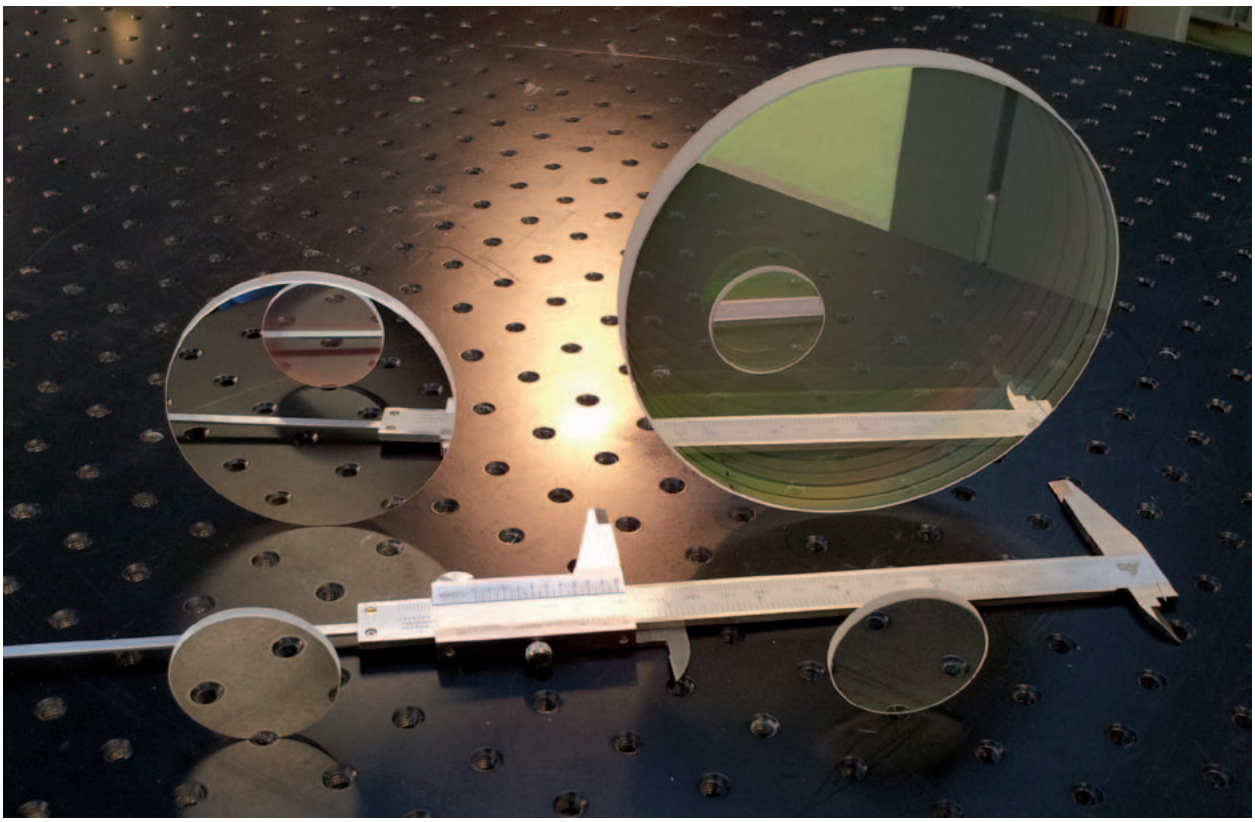
Das zweite Instrument ist NISP, eine Abkürzung für Near-Infrared Spectrometer and Photometer, zu deutsch »nahinfrarotes Spektrometer und Photometer«. Die Entwicklung von NISP wird vom Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM) geleitet. NISP soll die spektroskopische Entfernungsbestimmung für 50 Millionen Galaxien ermöglichen, von denen damit festgestellt werden kann, wie sie im Raum verteilt sind, und insbesondere, welche klumpigen Strukturen diese Galaxien auf größten Skalen bilden.

Das MPIA trägt zum einen auf organisatorischer Ebene zu Euclid bei: Die hiesige Euclid-Gruppe hat die Oberaufsicht über die Kalibrationsstrategien und ist außerdem bei Planung und Konstruktion des NISP-Instruments beteiligt. Sie ist außerdem dafür verantwortlich, aus den allgemeinen Anforderungen der Mission spezifische Anforderungen an die Instrumentenhardware zu formulieren und während des Instrumentenbaus das Gesamt-Leistungsvermögen des Instruments zu simulieren. Zusätzlich trägt das MPIA mit finanzieller Förderung durch die deutsche Raumfahrtagentur DLR Hardwarekomponenten bei: die Nahinfrarotfilter und die Lichtquelle für die Kalibration des Instruments NISP.

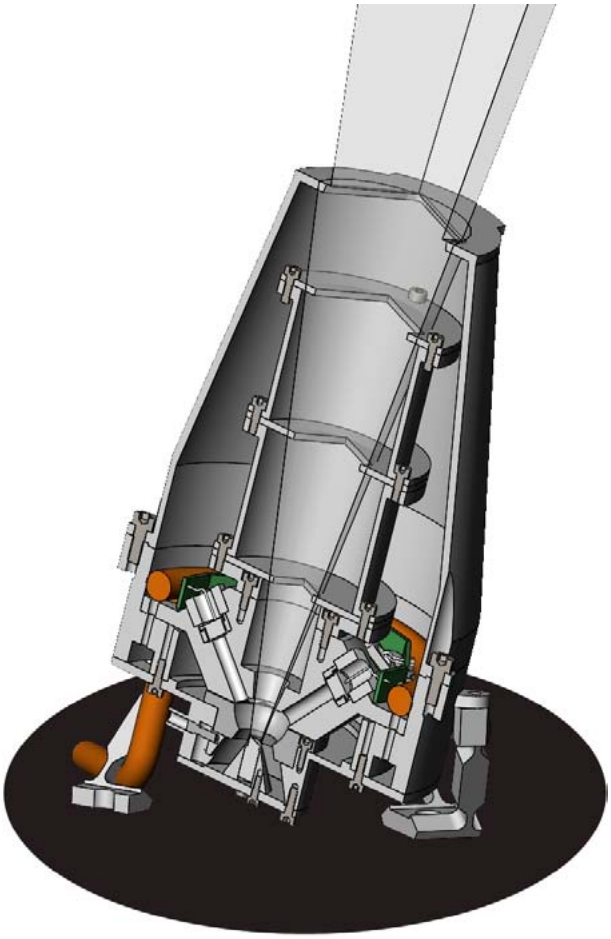
2014 haben alle Hardware-Komponenten den Preliminary Design Review bestanden, einen von zwei Meilensteinen beim Design der Hardware vor Beginn der eigentlichen Produktion. Sowohl die Filter als auch die Kalibrationsquelle zeigten sich dabei als beeindruckend ausgereift – exzellente Grundlage für die Vorarbeiten zur nächsten Stufe, dem für 2015 angesetzten Critical Design Review. Sobald alle Komponenten und das Instrument als Ganzes diese Prüfung bestanden haben, werden die für das fertige Teleskop vorgesehenen Komponenten hergestellt. Sowohl die fertigen Filter als auch die fertige Kalibrationsquelle sollen dann Anfang 2017 an LAM geliefert werden.

Für die 2014 in Zusammenarbeit mit Industriepartnern durchgeführten Konzeptstudien für die Filter sind eine Reihe von Testexemplaren entstanden, die mit einer komplexen Kombination aus 200 Interferenzschichten einen ähnlichen Bandpass (Filter, der nur in einem sowohl nach oben als auch nach unten begrenzten Wellenlängenbereich Licht durchlässt) erzeugen, wie er später für

Abb. III.2.4: Beschichtete Testfilter für NISP mit Durchmessern zwischen 40 und 140 Millimetern.



Quelle: F. Hormuth / MPIA



Quelle: von Hoerner & Sulger / Schwetzingen; F. Hormuth / MPIA

Abb. III.2.5: Grafische Darstellung der NISP-Kalibrationsquelle: ein einfaches Design für hochkomplexe Kalibrationsaufgaben. Das Gerät ist insgesamt nicht mehr als 25 cm hoch und wiegt nur 600 Gramm.

NISP benötigt wird. Das größte Testexemplar mit einem Durchmesser von 14 cm reicht bereits an die für NISP benötigte Größe heran. Zum Vergleich: Bis Euclid gestartet ist, werden die für die NIRcam des JWST konstruierten Filter mit 7,7 cm Durchmesser die größten jemals in einem Weltraumteleskop eingesetzten Filter sein.

Obwohl die Testfilter mit zwei verschiedenen Beschichtungsmechanismen und für zwei verschiedene Bandpässe hergestellt wurden (Abb. II.2.4), entsprachen sie alle den für NISP formulierten Anforderungen. Das sind beruhigende Voraussetzungen für den Abschluss der Entwicklung und die Herstellung in den Jahren 2015 und 2016.

Die Kalibrationsquelle von NISP spielt trotz ihres Leichtgewichts von 600 Gramm die entscheidende Rolle für die Kalibration der NISP-Detektoren während des Flugs (Abb. II.2.5). Das neuartige Konzept der Quelle nutzt Leuchtdioden (LEDs) statt der herkömmlichen Tungsten-Leuchtdrähte. Das erlaubt es, die Lichtaussendung über die Zeit hinweg stabiler zu halten als es bisher möglich war. Damit kann die Quelle nicht nur genutzt werden, um die relative Empfindlichkeit der einzelnen Detektorpixel zu kalibrieren, sondern auch, um festzustellen, wie das Instrument als Ganzes auf Lichteinfall unterschiedlicher Intensität reagiert. Der neue Ansatz des MPIA macht es erforderlich, LEDs überhaupt erst einmal für den Einsatz im Weltraum zu qualifizieren. Dazu werden die LEDs unter anderem auf Tiefsttemperaturen heruntergekühlt und sowohl Vakuumbedingungen als auch einer starken Strahlungsbelastung ausgesetzt. Der durchaus komplexe Qualifikationsprozess hat 2014 begonnen und wird sich bis ins Jahr 2016 fortsetzen.

Insgesamt machen die MPIA-Beiträge zu Euclid gute Fortschritte hin auf den Anfang des Jahres 2016, wenn über das endgültige Design von NISP entschieden werden soll, und der Fertigstellung des Instruments im Jahre 2018. Dann verlagert sich der Schwerpunkt der Beteiligung des MPIA auf Beiträge zur Computer-Infrastruktur des Bodensegments und nach Missionsstart auf die Auswertung des riesigen und in mehrerlei Hinsicht beispiellosen Datensatzes, den Euclid liefern soll.

Insbesondere plant das MPIA eine Reihe von Analysen, die jenseits der hauptsächlichen wissenschaftlichen Ziele der Mission liegen. Die Beobachtungsdaten sollen insgesamt mehr als ein Drittel der Himmelskugel abdecken. Sie werden zum einen hochaufgelöste Bilder (0,1 Bogensekunden) im sichtbaren Licht umfassen, zum anderen im Infraroten einen tiefen Blick ins Weltall erlauben (S/N=5 für Punktquellen der Helligkeit 24 mag). Die wissenschaftlichen Fragestellungen, die sich mit ihrer Hilfe angehen lassen, sind vielfältig und reichen von der Charakterisierung der Evolution von Galaxien bis zur Entdeckung und Untersuchung von Exoplaneten.

Oliver Krause für die Gruppe
Infrarot-Weltraumastronomie
und
Knud Jahnke für die Euclid-Gruppe

III.3 Instrumentierung und Technik

Erstes Licht für SPHERE und PANIC

Komplexe astronomische Instrumente werden von Konsortien astronomischer Institute selbst entworfen und gebaut. Die besten solcher Instrumente gehen im Hinblick auf die verwendete Technik neue Wege. Nicht zuletzt deswegen ist es für alle Beteiligten ein spannender Augenblick, wenn solch ein Instrument »first light«, erstes Licht, bekommt und an seinem Teleskop die ersten Aufnahmen oder Spektren liefert. In diesem Jahr erreichten zwei Instrumente, an deren Konstruktion das MPIA maßgeblich beteiligt war, diesen Meilenstein: der Exoplanetenjäger SPHERE am Very Large Telescope der ESO und die Weitfeldkamera PANIC am 2,2-m-Teleskop des Calar Alto-Observatoriums.

Exoplanetenbilder mit SPHERE

Die Suche nach Exoplaneten, also Planeten außerhalb unseres Sonnensystems, und die Beantwortung der Fragen nach ihrer Entstehung und ihrer möglicherweise erdähnlichen Natur zählen zu den spannendsten Herausforderungen der modernen Astrophysik. Fast alle der mehr als 1000 bisher entdeckten Exoplaneten wurden jedoch nur indirekt nachgewiesen – direkte Bilder sind Mangelware.

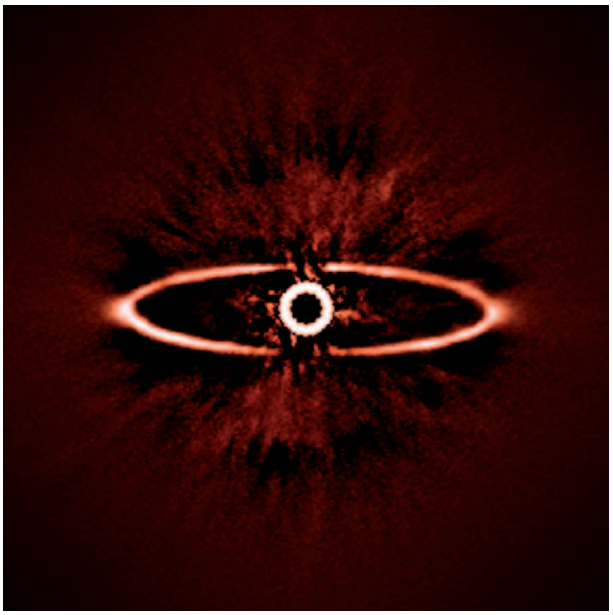
Der direkte Bildnachweis von Exoplaneten ist aus mehr als einem Grund eine beachtliche Herausforderung. Zum einen sind die Winkelabstände solcher Planeten von ihrem Mutterstern aufgrund der großen Entfernung von uns extrem klein. Bereits in einer nach kosmischen Maßstäben geringen Entfernung von nur etwa 30 Lichtjahren (ca. 300 Billionen km) hätten ein Stern und ein Planet wie Sonne und Erde einen Winkelabstand von nur einer Zehntel Bogensekunde. Beide Himmelskörper als Einzelobjekte abzubilden entspricht der Aufgabe, zwei direkt nebeneinander platzierte Euromünzen aus einer Entfernung von etwa 40 Kilometern als Einzelmünzen auf einem Foto sichtbar zu machen. Als wäre das nicht bereits schwer genug, kommt hinzu, dass der Helligkeitskontrast zwischen Stern und Planet in die Millionen geht. In unserem Vergleichsbild müsste man die eine Münze durch einen Flutlichtscheinwerfer, die andere durch ein Glühwürmchen ersetzen.

SPHERE, ein Akronym für Spectro-Polarimetric High-contrast Exoplanet REsearch (zu deutsch etwa »Spektro-Polarimetrische Hochkontrast-Exoplaneten-Erforschung«) ist ein außergewöhnliches High-Tech-Instrument, mit dem sich trotz dieser schwierigen Bedingungen gezielt Aufnahmen von Exoplaneten und Staubscheiben gerade erst in Entstehung begriffener Planetensysteme gewinnen lassen.

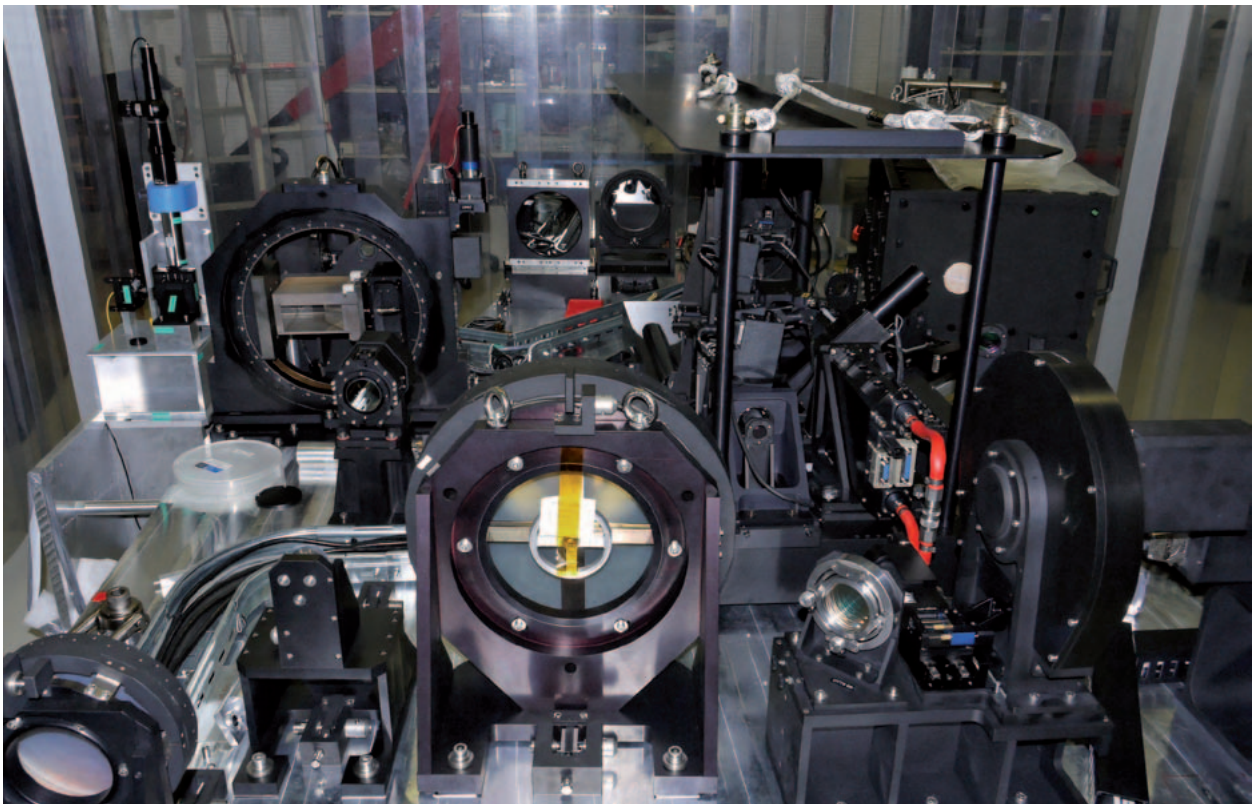
Anfang Juni 2014 wurden mit SPHERE am Very Large Telescope (VLT) der Europäischen Südsternwarte ESO auf dem Paranal-Observatorium in Chile die ersten Testbeobachtungen in den verschiedenen Betriebsmodi des Instruments durchgeführt. So gelang u.a. auf Anhieb eine ausgezeichnete Aufnahme vom Staubring um den nahen Stern HR 4796A. Die außergewöhnliche Klarheit des Rings illustriert auch, wie gut SPHERE das Leuchten des hellen Sterns in der Mitte des Bildes unterdrücken kann. Ein derart kompliziertes Zusammenspiel verschiedener Techniken, bei dem ein komplexer Satz an Hard- und Softwarewerkzeugen harmonisieren muss um Bilddaten zu sammeln und die instrumentellen Artefakte mit großer Sorgfalt heraus zu kalibrieren, ist alles andere als eine Selbstverständlichkeit. Die Bilder demonstrieren die Leistungsfähigkeit von SPHERE auf eindrucksvolle Weise.

Das Instrument besitzt drei Hauptmessanordnungen, nämlich Polarimeter, Kamera und Feldspektrograf für den sichtbaren bis hin zum Infrarotbereich. Es vereint mehrere technische Verfahren, um den höchstmöglichen

Abb. III.3.1: Diese Infrarotaufnahme des Staubrings um den nahen Stern HR 4796A im südlichen Sternbild Centaurus ist eine der ersten Aufnahmen mit dem Instrument SPHERE. Es zeigt die herausragende Eigenschaft von SPHERE, das alles überstrahlende Licht des Sterns (Bildmitte) zu unterdrücken.



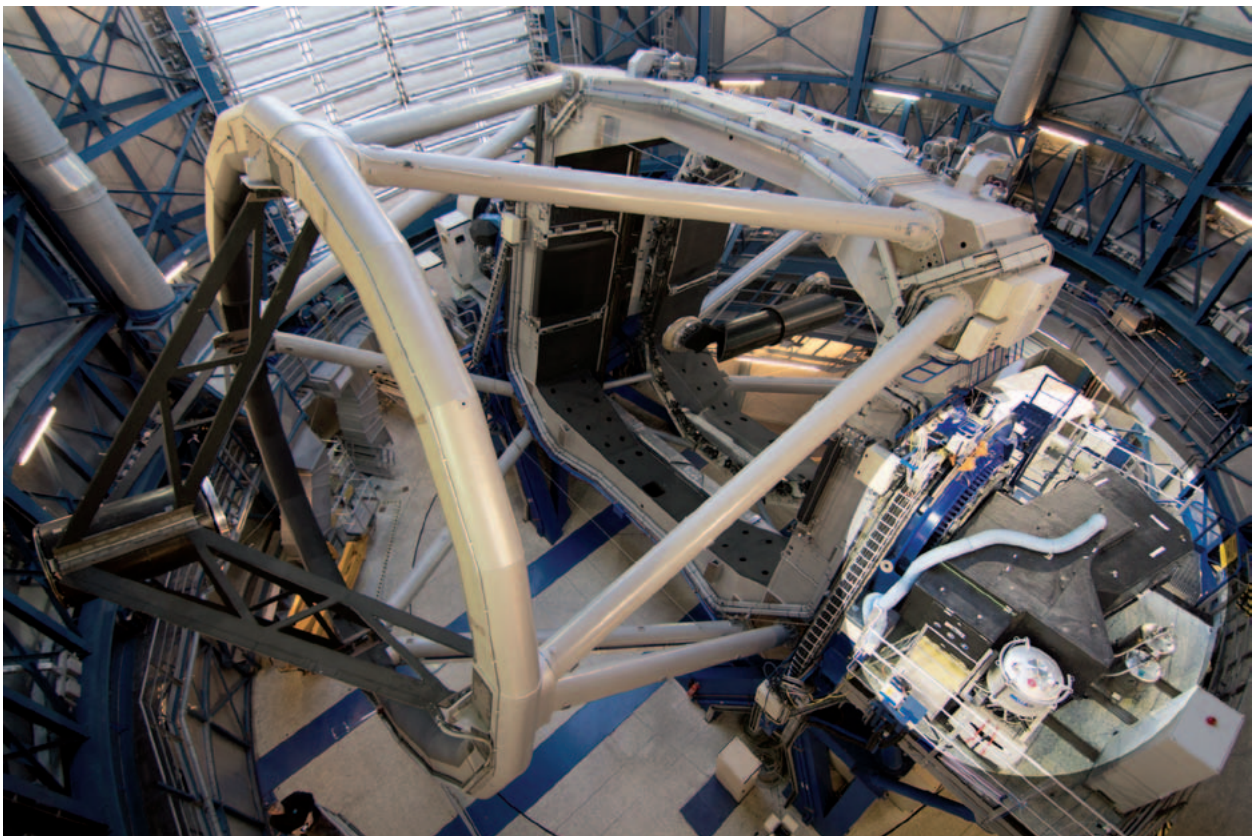
Quelle: ESO / J.-L. Beuzit et al. / SPHERE Consortium



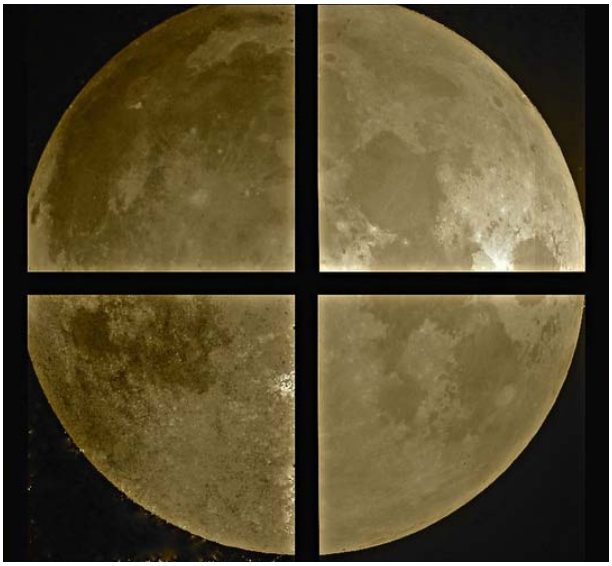
Quelle: SPHERE Project/ESO / J.-L. Beuzit

Abb. III.3.2: Die komplexe Optik des SPHERE-Instruments in Frankreich kurz vor der Verschiffung nach Chile im Dezember 2013.

Abb. III.3.3: Das SPHERE-Instrument (siehe aufgehellte Kreisfläche) direkt nach seiner Montierung am VLT-Hauptteleskop Nr. 3 im Frühjahr 2014.



Quelle: ESO / J. Girard



Quelle: MPIA

Abb. III.3.4: Der Vollmond am 6. November um 22:06 UT im Nah-Infrarot – nicht gerade ein typisches Beobachtungsziel für ein Großteleskop. Die Aufnahme illustriert aber das große Gesichtsfeld von PANIC – insbesondere für eine astronomische Infrarotkamera keine Selbstverständlichkeit. Da der Mond nur drei Tage vom erdnächsten Punk seiner Bahn entfernt war, passte er doch nicht ganz auf das Mosaik, dessen Detektoren jeweils 75 Bogensekunden voneinander getrennt sind (schwarze Zwischenräume). Die Aufnahme hat eine Belichtungszeit von 1,6 s und wurde durch ein nur 1% breites Filter zentriert auf 2,118 µm Wellenlänge erstellt. Trotz des schmalbandigen Filters und der kurzen Belichtungszeit mussten die Astronomen einen Teil des Mondlichts mithilfe der Kuppel abschatten, um Überbelichtung zu vermeiden. Das Rohbild ist nur leicht auf die ortsabhängige Detektor-Empfindlichkeit (unterschiedliche Helligkeit der Quadranten) und schlechte Pixel korrigiert.

Quelle: MPIA

Abb. III.3.5: Die etwa 35 Millionen Lichtjahre entfernte Spiralgalaxie Messier 74 (NGC 628) im Sternbild Fische. Auch diese PANIC-Nah-Infrarot-Aufnahme entstand am 6. November 2014 (23:55 UT). Mit ihrem großen scheinbaren Durchmesser ist ein Gesamtbild dieser Galaxie eher etwas für kleinere Teleskope. Bei PANIC passt sie hingegen bereits auf einen der vier Detektoren. Zwei Aufnahmen mit nur jeweils 30 Sekunden Belichtungszeit wurden kombiniert. Die Intensität des im Infrarot beträchtlichen Himmelshintergrundes liegt hier um den Faktor 30 höher als der helle Galaxienkern. Eine relativ schnelle Korrektur dieses Störsignals gelingt durch dessen Messung auf dem gleichen Detektor, während das Objekt abwechselnd auf einem anderen Detektor aufgenommen wird. Zwischen den Einzelbildern wird die Blickrichtung des Teleskops entsprechend verschoben.

Kontrast bei der direkten Beobachtung von Exoplaneten und Staubscheiben um andere Sterne zu erzielen. Um die Überstrahlung dieser leuchtschwachen Objekte in unmittelbarer Nähe des blendend hellen Sterns zu überwinden, kommt ein »Extremes adaptives Optiksystem« zum Einsatz, mit dem in Echtzeit die auflösungsmindernden Turbulenzen der Erdatmosphäre korrigiert werden. Hinzu kommt ein Ensemble von Koronografen, mit denen das Licht des hellen Muttersterns ausgeblendet wird.

Schließlich wird noch eine als »Differentielle Bildgebung« bezeichnete Methode verwendet, um besonders schwache reale Strukturen (z. B. einen Exoplaneten) von restlichen Streulichteffekten besser zu trennen. Die Methode funktioniert wie folgt: Erstellt man viele Einzelaufnahmen über einen bestimmten Zeitraum innerhalb einer Nacht, jeweils mit dem Stern in der Bildmitte, so erscheinen auf allen Aufnahmen die durch das Instrument selbst verursachten Störmuster an gleicher Stelle. Rotiert nun allerdings während dieser Zeit der beobachtete Himmelsausschnitt, rotiert auch das Bild des Planeten um die Bildmitte. Durch geschicktes Kombinieren und Vergleichen der Einzelbilder lassen sich die Störstrukturen, die direkt mit dem Instrument verbunden sind und daher nicht mitrotieren, von den Bilddaten von Planet oder Scheibe trennen. Zusätzliche differentielle Techniken nutzen die unterschiedliche spektrale oder polarimetrische Signatur von Sternen- und Planetenlicht, um beide voneinander zu trennen und um störende Reste von Sternenlicht im Bild herauszurechnen.

SPHERE könnte die Erforschung von Exoplaneten und zirkumstellaren Scheiben revolutionieren. Um die Entstehung, Dynamik und Entwicklung von Planetensystemen besser zu verstehen, ist es wichtig, die Abstände der Planeten von ihren Muttersternen und die Eigenschaften ihrer Umlaufbahnen zu verstehen. Dazu treffen Modellrechnungen konkrete Vorhersagen, die anhand von direkten Beobachtungen überprüft werden können. Das gilt insbesondere für bevorzugte Abstände vom Mutterstern, bei denen jupiterähnliche Gasplaneten gehäuft entstehen sollten. SPHERE kann gerade solche großen Gasriesen auf Umlaufbahnen um nahegelegene Sterne durch direkte Abbildung entdecken und charakterisieren.

SPHERE war nach bestandener Abnahme im Dezember 2013 zunächst von Europa nach Chile verschifft und dann im Laufe des Mai 2014 am VLT-Haupttteleskop 3 »Melipal« installiert worden. Nach weiteren ausführlichen Tests wurde SPHERE Ende 2014 der astronomischen Gemeinschaft zugänglich gemacht.

Das SPHERE–Konsortium besteht aus zwölf großen europäischen Astrophysik-Instituten und weiteren Partnern. Leitendes Institut (PI-Institut) ist das Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (Frankreich) mit Jean-Luc Beuzit als Principal Investigator (PI) und Markus Feldt vom MPIA als Co-PI.

Ein weites Feld: PANIC am Calar Alto-Observatorium

Nach einer Entwicklungszeit von etwa 8 Jahren ist in der Vollmondnacht vom 6. auf den 7. November 2014 die Nah-Infrarot Weitfeld-Kamera PANIC am 2,2-m-Teleskop auf dem Calar Alto in Betrieb gegangen. Bereits die ersten Testbilder zeigen das Potential des Instruments.

PANIC (PAnoramic Near-Infrared Camera) ist ein gemeinsames Projekt des Max-Planck-Instituts für Astronomie (MPIA) Heidelberg und des Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA) Granada. Die gemeinsame Projektleitung teilen sich Matilde Fernandez (IAA) und Klaus Meisenheimer aus Heidelberg; bis zu seinem Ruhestand war Josef Fried der Projektleiter am MPIA. Das IAA ist vor allem für das optische Design, die optische Justierung und die Beobachtungs- und Pipeline-Software zuständig, während das MPIA für die Mechanik (Kryostat, Filterräder, usw.), die Ausleseelektronik und die Motorsteuerung verantwortlich zeichnet.

Das neue Instrument ist gleich in mehrfacher Hinsicht bemerkenswert. Während die Entwicklung hochempfindlicher elektronischer CCD-Kameras in der Astronomie für den sichtbaren Spektralbereich seit den 1980er Jahren die Beobachtungen revolutioniert hat und viele Elemente dieser Technologie inzwischen in Alltagskameras zum Einsatz kommen, war die Entwicklung ähnlicher Kameras für den infraroten Spektralbereich deutlich schwieriger – insbesondere im Hinblick auf größere Detektoren und größere Gesichtsfelder bei gleichzeitig guter Auflösung. In PANIC bilden vier Detektoren mit jeweils 2048 × 2048 Pixel ein quadratisches Mosaik, mit dem es in Verbindung mit dem 2,2-m-Teleskop möglich ist, ein Feld von einem halben Grad Durchmesser bei einer Auflösung von 0,45 Bogensekunden pro Pixel abzubilden. Das PANIC-Bildfeld entspricht damit in etwa dem mittleren scheinbaren Vollmond-Durchmesser und ermöglicht deshalb sowohl die detaillierte Untersuchung naher, sehr ausgedehnter Objekte, als auch die Beobachtung großer Stichproben (z.B. Durchmusterungen weit entfernter Galaxienhaufen).

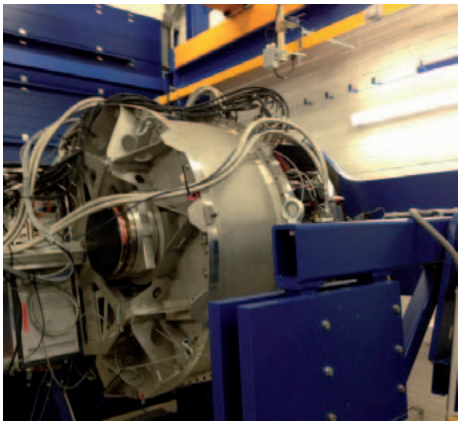
Der infrarote Spektralbereich ist von großer Bedeutung, weil nur die langwelligere Strahlung neu entstehender Sterne und Planetensysteme aus dem Inneren der sie umgebenden Staubwolken nach außen dringen kann. Auch wird die Beobachtung weit entfernter Galaxien deutlich erleichtert, weil wichtige Teile ihres Lichtspektrums durch die Expansion des Universums in den IR-Bereich verschoben sind.

Markus Feldt und Thomas Henning
für das SPHERE-Konsortium
und
Klaus Meisenheimer
für das PANIC-Konsortium

III.4 Instrumentierung am MPIA

Übersicht aktueller Projekte

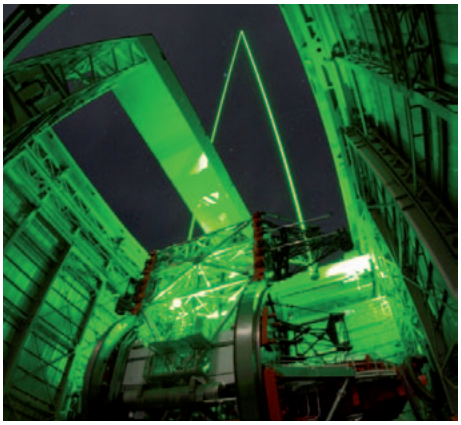
Astronomische Instrumente sind oft spezialisiert und für bestimmte Einsatzbereiche besonders geeignet. Diese Übersicht zeigt die aktuellen **Instrumentierungsprojekte des Instituts**. Fast alle davon sind astronomische Kameras oder aber Spektrografen, welche das Licht in seine Teilfarben zerlegen. Die einzige Ausnahme ist Argos, der Kameras/Spektrografen unterstützt, indem er künstliche Lasersterne an den Himmel projiziert.



LUCI 1 + 2

LBT NIR spectroscopic Utility with Camera and Integral-Field Unit

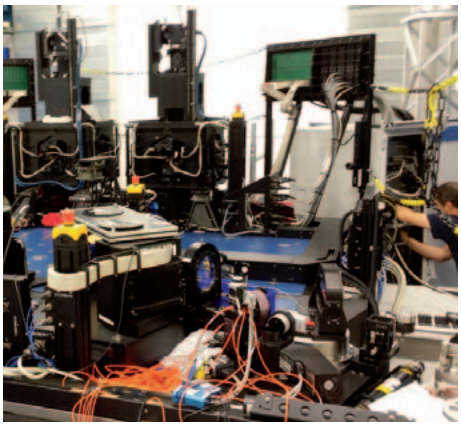
Teleskop	Large Binocular Telescope, Mt. Graham, Arizona
Wellenlängen	Nahinfrarot, 0,85 – 2,5 µm
Beobachtungsziele	Galaxienhaufen und Sternhaufen
Auflösung	30 – 90 mas (wellenlängenabhängig mit AO)
Besonderheiten	kann gleichzeitig mehrere Objekte beobachten
Beiträge MPIA	Elektronik, Software, Detektoren, Kryo, Integration
Status	In Betrieb; wird 2015 weiter aufgerüstet



ARGOS

Advanced Rayleigh guided Ground layer adaptive Optics System

Teleskop	Large Binocular Telescope, Mt. Graham
Wellenlängen	-
Beobachtungsziele	-
Auflösung	-
Besonderheiten	Erzeugt mit Lasern einen künstlichen Stern für das AO-System
Beiträge MPIA	Tests, Steuerungssoftware, Kalibration
Status	Inbetriebnahme ab 5/2014, Regelbetrieb ab 2016



LINC-NIRVANA

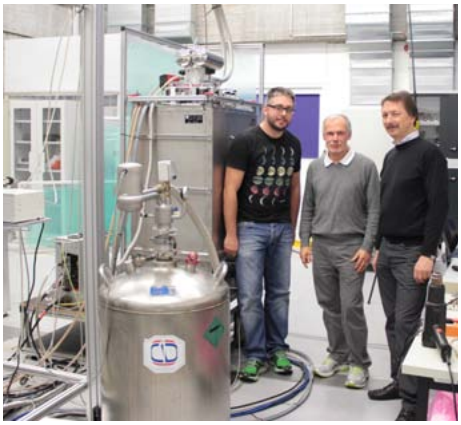
LBT INterferometric Camera –
Near-InfraRed Visual Adaptive interferometer for Astronomy

Teleskop	Large Binocular Telescope, Mt. Graham
Wellenlängen	Nahinfrarotlicht, 1,1–2,4 µm
Beobachtungsziele	Sternhaufen, Schwarze Löcher, protoplanetare Scheiben
Auflösung	30–90 mas (wellenlängenabhängig); Interferometrie: 10–30 mas
Besonderheiten	Adaptive Optik für ein besonders großes Blickfeld
Beiträge MPIA	PI-Institut, Projektleitung, Optik, Elektronik, Software
Status	Auslieferung 2015, Installation am LBT ab 2016

SPHERE

Spectroscopic and Polarimetric High-contrast Exoplanet REsearch

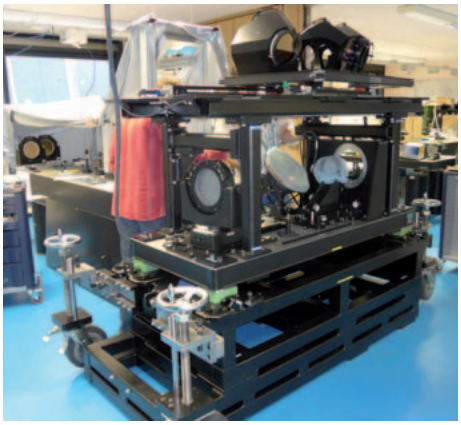
Teleskop	Very Large Telescope, Paranal, Chile
Wellenlängen	Nahinfrarot, 0,5 – 2,32 µm je nach Einsatzmodus
Beobachtungsziele	Bilder von Exoplaneten und ihren Entstehungsgebieten
Auflösung	14 – 58 mas je nach Wellenlänge und Einsatzmodus
Besonderheiten	Koronograph (Stern ausblenden), eXtreme Adaptive Optik
Beiträge MPIA	Co-PI-Institut, Software für Datenreduktion
Status	First light 6/2014, wissenschaftlicher Testbetrieb 12/2014



MATISSE

Multi AperTure mid-Infrared SpectroScopic Experiment

Teleskop	Very Large Telescope, Paranal, Chile
Wellenlängen	Mittlerer Infrarotbereich (3 – 25 µm = L-, M-, N-Bänder)
Beobachtungsziele	Aktive Galaxien, protoplanetare Scheiben, heiße/ältere Sterne
Auflösung	3 – 26 mas je nach Wellenlänge und beteiligten Teleskopen
Besonderheiten	Bildrekonstruktion aus interferometrischen Daten
Beiträge MPIA	Integration Kryostat mit Optik/Detektoren, Elektronik, Tests
Status	Beginn Aufbau am VLT August 2016



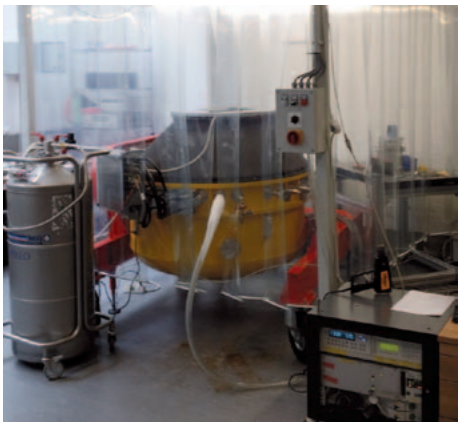
GRAVITY

Teleskop	Very Large Telescope, Paranal, Chile
Wellenlängen	Nahinfrarot, 2,2 µm
Beobachtungsziele	Schwarzes Loch Milchstraße, Planeten, Braune Zwerge, Disks/Jets
Auflösung	4 mas bei der Erstellung von Bildern
Besonderheiten	Hochpräzise Astrometrie bis hinunter zu 10 mas
Beiträge MPIA	vier Wellenfrontsensoren (Adaptive-Optik-Systeme)
Status	Vier AO-Einheiten derzeit am MPIA im Bau

Jede Kamera und jeder Spektrograf arbeitet in einem charakteristischen **Wellenlängenbereich** des elektromagnetischen Spektrums. Für die MPIA-Forscher ist dabei zum einen das sichtbare Licht besonders interessant, das wir mit eigenen Augen wahrnehmen können, zum anderen das Infrarotlicht: Im Nahinfraroten (direkt hinter der Grenze des sichtbaren Bereichs) kann man durch kosmische Staubwolken einfach hindurchsehen; im mittleren Infrarotbereich senden z.B. protoplanetare Scheiben Licht aus und im Ferninfraroten sieht man die kühlsten oder aber entferntesten Objekte unseres Universums.

Astronomische Objekte sind extrem weit entfernt. Umso wichtiger ist das **Auflösungsvermögen**, also die Fähigkeit, winzige Details unterscheiden zu können. Es wird als Winkel angegeben – eine Kamera mit Auflösung 0,1 Bogensekunden kann Objekte, die 0,1 Bogensekunden am Himmel voneinander entfernt sind, gerade noch getrennt abbilden. Eine Bogensekunde ist dabei das 1/3600te eines Winkelgrads. Eine Millibogensekunde (abgekürzt mas) ist eine tausendstel Bogensekunde.

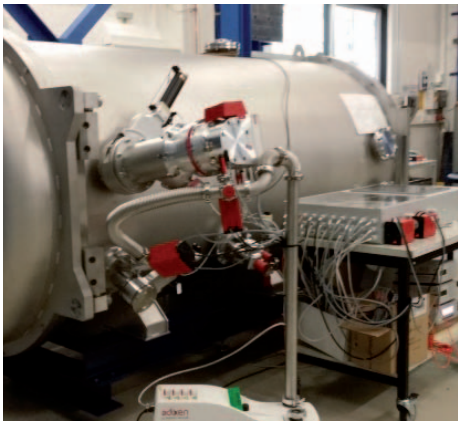
Jedes Instrument hat **Besonderheiten** in punkto Fähigkeiten oder Eigenschaften. Das kann ein besonders großes Bildfeld sein, dass es ermöglicht, ausgedehnte Objekte auf ein und derselben Aufnahme zu erfassen, oder adaptive Optik, um die Störeinflüsse der Atmosphäre auszugleichen. Oder aber besondere Abbildungsarten (Polarimetrie), oder



PANIC

PAnoramic Near-Infrared Camera

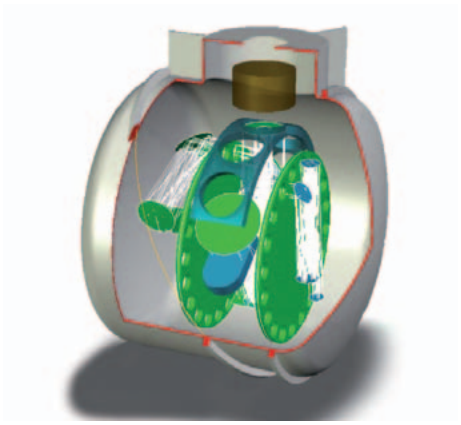
Teleskop	2,2-m-Telescope, Calar Alto
Wellenlängen	Nahinfrarot, 0,9 - 2,15 µm
Beobachtungsziele	GRBs, Abstände, Sternentstehung, Braune Zwerge, Kartierung
Auflösung	Begrenzt durch das lokale Seeing (Atmosphäreneigenschaften)
Besonderheiten	Großes Blickfeld von der Größe des Vollmonds
Beiträge MPIA	PI-Institut, Kryomechanik, Detektoren, optische Komponenten
Status	„First light" 11/2014, Regelbetrieb ab 4/2015



CARMENES

Calar Alto High-Resolution Search for M Dwarfs with Exoearths with Near-infrared and Optical Échelle Spectrographs

Teleskop	3,5-m-Telescope, Calar Alto
Wellenlängen	Nahinfrarot und sichtbares Licht, 0,5 – 1,7 µm
Beobachtungsziele	Planeten (auch erdähnliche) um 300 M-Zwergsterne
Auflösung	Hohes spektrales Auflösungsvermögen von 82 000 (keine Bilder)
Besonderheiten	Zwei präzise Spektrografen zur Radialgeschwindigkeitsmessung
Beiträge MPIA	NIR-Detektor, Kryostat, Elektronik, Software, Integrationshalle
Status	NIR-Detektor und Kryostat nach Granada verschifft 04/2015



MICADO

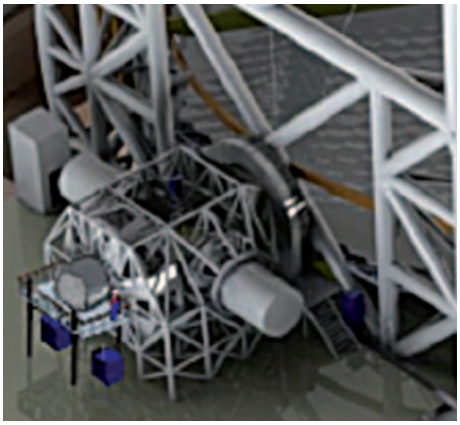
Multi-AO Imaging Camera for Deep Observations

Teleskop	European Extremely Large Telescope
Wellenlängen	Nahinfrarot, 1,1 – 2,5 µm
Beobachtungsziele	Sternbewegungen in Galaxien, Zwerggalaxien, erste Supernovae
Auflösung	6 – 13 Millibogensekunden je nach Wellenlänge
Besonderheiten	Hohe Empfindlichkeit, präzise Astrometrie
Beiträge MPIA	Kaltes Filterrad, Kalibration für die Astrometrie
Status	Planungs- und Vorbereitungsphase

die Möglichkeit, Teile des Bildes auszublenden (Koronografie). Oder aber Interferometrie, also das Zusammenschalten mehrerer Teleskope, die so dieselbe Detailschärfe erreichen wie ein deutlich größeres Einzelteleskop.

Instrumente werden so geplant, dass sie für bestimmte **Beobachtungsziele** besonders geeignet sind. Für die MPIA-Forscher sind dies Beobachtungen im Rahmen unserer Forschungsbereiche Planeten- und Sternentstehung, Galaxien und Kosmologie. Typische Ziele sind daher Sternentstehungsregionen, die hinter Staubwolken verborgen sind und daher nur im Infraroten beobachtet werden, oder auch fernste Galaxien, deren Licht durch die kosmische Expansion ebenfalls ins Infrarote verschoben worden ist.

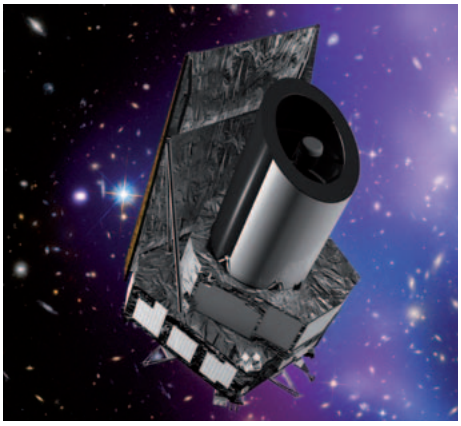
Für jedes Instrument geben wir seinen **aktuellen Status** an. Entwicklung und Konstruktion astronomischer Instrumente durchläuft verschiedene Phase, angefangen von intensiver Planung und etwaigen vorbereitenden Technologietests. Gegen Ende der Konstruktionsphase findet nach Komplexität des Instruments noch eine Integration statt, bei der verschiedene Komponenten, nicht selten von unterschiedlichen Instituten beigetragen, zusammengefügt werden. Anschließend folgt das Kommissionieren, also die Installation am Teleskop selbst, mit dem Meiltenstein des „ersten Lichts" (first light) bei Aufnehmen der ersten Bilder und Spektren. Nach wissenschaftlichen Testbeobachtungen kann das Instrument



METIS

Mid-infrared E-ELT Imager and Spectrograph

Teleskop	European Extremely Large Telescope
Wellenlängen	Mittleres Infrarot (3 –19 µm = L/M-, N- und Q-Band)
Beobachtungsziele	Scheiben, Exoplaneten, Schwarze Löcher, Galaxien bei hohem z
Auflösung	16 – 74 mas je nach Wellenlänge
Besonderheiten	Koronografie und Polarimetrie möglich
Beiträge MPIA	Imager und Beiträge zur Adaptiven Optik
Status	Planungs- und Vorbereitungsphase



EUCLID

Teleskop	Euclid bezeichnet das Weltraumteleskop als Ganzes
Wellenlängen	Sichtbares Licht 0,5 – 0,9 µm, Infrarotlicht 0,965 – 2,0 µm
Beobachtungsziele	kosmische Struktur, Beschleunigung der Expansion
Auflösung	86 – 344 Millibogensekunden je nach Wellenlänge
Besonderheiten	Galaxienmorphologie, photometrische IR-Rotverschiebung
Beiträge MPIA	Teile der IR-Kalibrationseinheit, organisatorische Unterstützung
Status	Planungs- und Konstruktionsphase

dann in den regulären Beobachtungsbetrieb übergehen. also die Installation am Teleskop selbst, mit dem Meilenstein des „ersten Lichts“ (first light) bei Aufnehmen der ersten Bilder und Spektren. Nach wissenschaftlichen Testbeobachtungen kann das Instrument dann in den regulären Beobachtungsbetrieb übergehen.

Quelle: NASA

Abb. III.4.1: Bei seinem Treffen am 3. Dezember 2014 gab das Führungsgremium der ESO, der ESO-Council, grünes Licht für den Bau des European Extremely Large Telescope (E-ELT) in zwei Phasen. Vorne mittig rechts: MPIA-Direktor und Council-Mitglied Thomas Henning.

III.5 Technische Abteilungen

Erneuerung des Maschinenparks und Renovierung der Feinwerktechnik

Die Feinwerktechnik-Werkstatt im MPIA spielt eine Schlüsselrolle, wann immer die Beiträge des Instituts zu Instrumentierungsprojekten mechanische Komponenten einschließen, die entwickelt und getestet und von denen üblicherweise auch Prototypen hergestellt werden müssen. Besondere Expertise hat die Werkstatt, wenn es um bewegliche mechanische Komponenten für den Einsatz im Weltraum geht. Solche Komponenten müssen nicht nur besonders präzise gefertigt sein, sondern insbesondere auch in sehr unterschiedlicher thermischer Umgebung zuverlässig funktionieren – von der Hitze des europäischen Weltraumbahnhofs Kourou bis zur Kälte des Weltraums selbst.

Neuer Maschinenpark

In den letzten Jahren erlaubte das verfügbare Budget keine größeren Ausgaben für die Erneuerung von alten Maschinen. Obwohl die Feinwerktechnik es geschafft hat, ihre in die Jahre gekommenen Maschinen aus den 1970er und frühen 1980er Jahren funktionsfähig zu erhalten, gab es doch eine Reihe von immer dringlicheren Gründen für einen Austausch. Eine immer schlechtere Versorgung mit Ersatzteilen und steigende Wartungs- und Reparaturkosten führten zu immer längeren Ausfallzeiten. Außerdem erfüllen moderne Maschinen wesentlich höhere Sicherheitsstandards.

Ein besonderer Aufruf der MPG zur Einreichung von Anträgen auf die Erneuerung von Gerätschaften bot dem Institut eine gute Gelegenheit, den Maschinenpark der Feinwerktechnik zu modernisieren. Sieben verschiedene Maschinen und diverses Zubehör wurden durch moderne Geräte aus dem Jahre 2014 ersetzt. Die Maschinen umfassen eine große CNC-Fräsmaschine (die 2015 geliefert werden wird), eine große und zwei kleinere Drehmaschinen, ein Sandstrahlgerät, eine manuelle Metallkreissäge und einen regelbaren Wärmebehandlungsofen.

Renovierung

Die Mechanikwerkstatt wurde außerdem weitgehend renoviert. Sie erhielt einen neuen Fußboden, zum Teil eine neue Decke, neue Datennetzwerk- und Elektro-Installationen sowie neue Lampen, Werkbänke und Schränke. Die Renovierung soll nach einer anstehenden Entscheidung über eine vorgeschlagene räumliche Erweiterung der Werkstatträume im Jahre 2015 abgeschlossen werden.

Abb. III.5.1: Die renovierte feinmechanische Werkstatt. Hinten links zwei der neuen Drehmaschinen.

Quelle: MPIA

IV. Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit

IV.1 Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit

Universitäre Lehre und Doktorandenförderung

Das MPIA nimmt seine Verantwortung, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern, auf mehreren Ebenen sehr ernst. Unser Engagement beginnt bereits im Grundstudium: Sowohl die Direktoren als auch die Forschungsgruppenleiter sind an der Universität Heidelberg in der Lehre aktiv. In diesem Jahr zählten dazu sowohl der Grundkurs »Astronomie und Astrophysik I« (H. Beuther, C. Fendt) als auch der dazugehörige zweite Teil (K. Jahnke, H.-W. Rix), Übungsgruppen für die Vorlesungen in Experimentalphysik sowie zahlreiche Tutorien, Seminare und Fortgeschrittenenvorlesungen im Bereich der Astronomie.

Bachelor- und Masterstudenten der Universität Heidelberg und anderer Universitäten können am MPIA ihre Abschlussarbeiten anfertigen. Zusätzlich gibt es für Studenten die Möglichkeit, im Rahmen des MPIA-Sommerpraktikums (Koordination: B. Goldman) Erfahrungen mit eigener Forschung zu sammeln.

Ein Schwerpunkt der Nachwuchsförderung liegt ganz klar bei der Doktorandenausbildung. Ganz allgemein sind die International Max Planck Research Schools (IMPRS) seit langen Jahren fester Bestandteil der Doktorandenförderung in der Max-Planck-Gesellschaft. Das MPIA beteiligt sich an der 2004 gegründeten International Max Planck Research School for Astronomy & Physics at the University of Heidelberg (IMPRS-HD), der in diesem Jahr rund 90 Doktoranden angehören. Koordinator der IMPRS ist Christian Fendt vom MPIA.

Die IMPRS-HD ist international ausgerichtet: Unter den 202 Studierenden, die sich 2014 auf 20 freie IMPRS-Plätze beworben haben, waren nur 36 aus Deutschland, 54 aus anderen europäischen Ländern, 24 aus Nord- und Südamerika, 65 aus Asien, 17 aus dem Nahen Osten und 5 aus Afrika – die Verteilung der Herkunftsländer zeigt Abbildung VI.1.1.

Das IMPRS-Programm bietet nicht nur einen zentralen Bewerbungs- und Zulassungsbetrieb, in dem Kandidaten mit für sie geeigneten Betreuern zusammengebracht werden, sondern auch regelmäßige Treffen des persönlichen Betreuerteams jedes IMPRS-Studenten, in denen Fortgang und Richtung der Arbeit diskutiert

Abb. IV.1.1: Gruppenbild der IMPRS-Sommerschule 2014, »Frontiers of Stellar Structure and Evolution«.

Quelle: IMPRS-HD

Quelle: IMPRS-HD

Abb. IV.1.2: Konzentrierte Arbeit während der IMPRS-Sommerschule 2014.

werden. Zum Programm gehören auch Pflicht-Lehrveranstaltungen, die sicherstellen sollen, dass IMPRS-Doktoranden bei ihrem Abschluss umfangreiche vertiefte Kenntnisse in Astronomie besitzen. Die IMPRS-Fellows treffen sich bei wöchentlichen Seminaren, um ihre Arbeit und ihre Ideen zu diskutieren. Vertiefter Austausch ist beim jährlichen Retreat möglich. Gesellige Veranstaltungen runden das Programm ab.

Ein weiteres Angebot der IMPRS-HD ist die jährliche Internationale Sommerschule, die dieses Jahr in ihre neunte Runde ging: Zum Thema »Frontiers of Stellar Structure and Evolution« (wissenschaftliche Leitung: Norbert Christlieb und Hans Ludwig, beide ZAH) kamen 56 internationale Teilnehmer mit fünf Vortragenden aus Deutschland, Australien, Großbritannien und Dänemark zusammen.

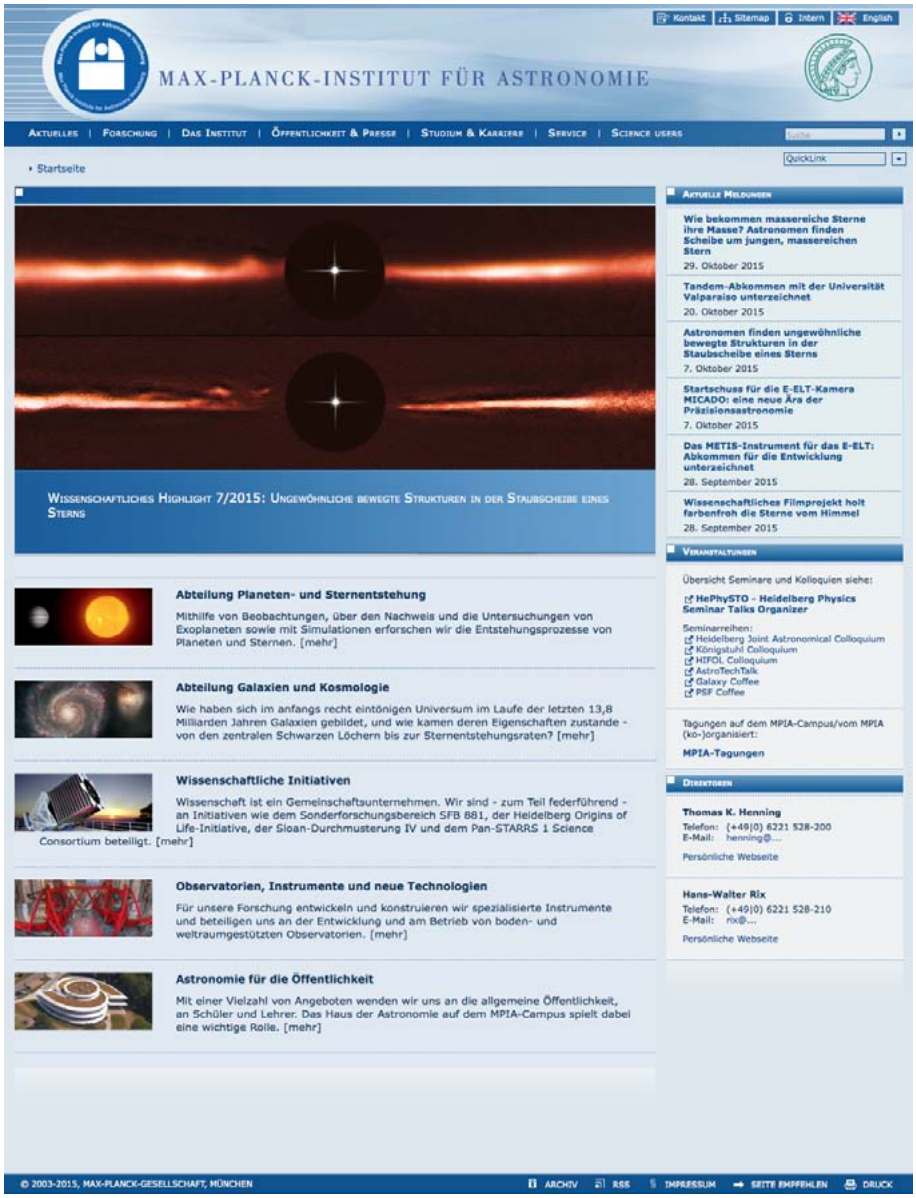
Christian Fendt

IV.2 Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit

Wissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit

Astronomie besitzt eine beachtliche Faszinationswirkung, und die wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiter des Max-Planck-Instituts für Astronomie sehen es als ihre Verantwortung an, ihre Forschung auch in die Öffentlichkeit, in die Schulen und in die Medien zu tragen. Einzelne unserer Wissenschaftler beispielsweise beantworten Presseanfragen und sind in Deutschland (und zum Teil auch deutlich darüber hinaus!) zu öffentlichen Vorträgen unterwegs. Im Rahmen klassischer Öffentlichkeitsarbeit tragen wir die Forschung des Instituts in die Medien und so in die Öffentlichkeit. Zu jedem der in Kapitel II dieses Jahresberichts abgedruckten wissenschaftlichen Highlights wurde auch eine Pressemitteilung erstellt, die dann zum einen über unseren Journalisten-Verteiler, zum anderen über den Informationsdienst Wissenschaft (idw) verschickt wurde

Abb. IV.2.1: Die neuen MPIA-Webseiten im November 2015.



Quelle: MPIA

Quelle: MPIA

Abb. VI.2.2: Girls' Day 2014: Sternentfernungen, im Modell gemessen: Hands-On-Aktivität im Haus der Astronomie.

Auch vor Ort sind wir für die Öffentlichkeit zugänglich. In Zusammenarbeit mit dem Haus der Astronomie finden regelmäßig Führungen statt (Organisation: A. Quetz), die von den MPIA Outreach Fellows durchgeführt werden: Doktorandinnen und Doktoranden, die sich besonders im Bereich Öffentlichkeitsarbeit engagieren und damit gleichzeitig wichtige Erfahrungen für diesen Aspekt ihrer wissenschaftlichen Karriere sammeln.

Unterwegs war die Öffentlichkeitsarbeit in diesem Jahr nach Jena, wo wir im Mai beim Tag der Offenen Tür der Carl Zeiss Jena GmbH unsere Forschungs- und Instrumentierungsprojekte vorstellten.

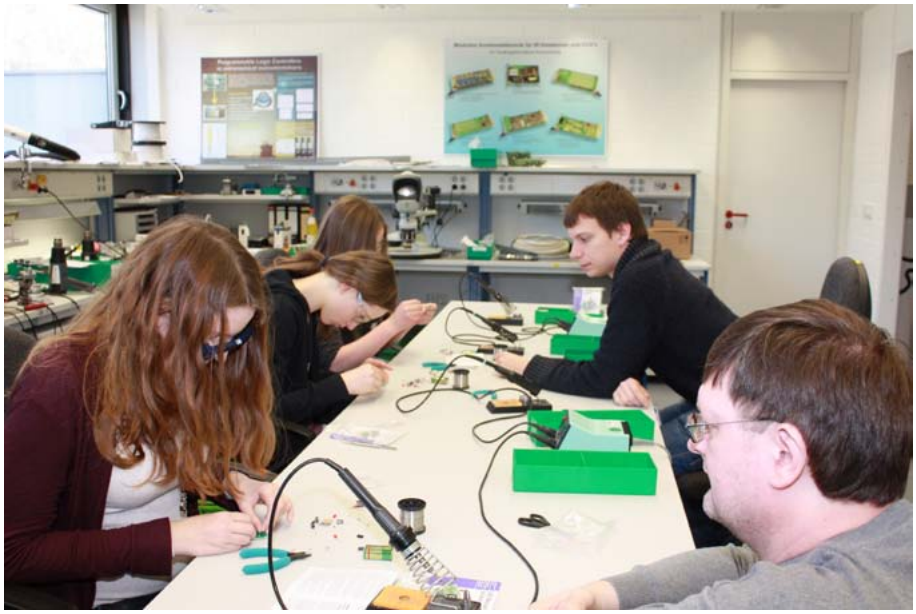
Praktika und Girls' Day

Das MPIA bietet außerdem eine Reihe von Angeboten an, die sich direkt an Schülerinnen und Schüler wenden. So nehmen wir regelmäßig am bundesweiten Girls' Day teil: einem Praktikumstag für Schülerinnen zwischen 13 und 18 Jahren (Organisation: S. Scheithauer und M. Ebert).

Ziel des Girls' Day ist es, Schülerinnen Berufe nahezubringen, in denen Frauen unterrepräsentiert sind. Zum diesjährigen Girls' Day am 27. März konnten 23 Teilnehmerinnen verschiedene Facetten astronomischer Forschung und der dafür nötigen technischen Entwicklung am MPIA und am Haus der Astronomie selbst erfahren. (Ergänzend findet am Haus der Astronomie, vergleiche Abschnitt IV.3, ein Boys' Day statt, in dem Jungen Einblicke erhalten, wie man Kindern im Kindergarten- oder Grundschulalter die Grundlagen der Astronomie nahebringt).

Neben der Öffentlichkeitsarbeit des MPIA im engeren Sinne besteht außerdem eine enge Kooperation mit dem Haus der Astronomie (HdA) als Zentrum für astronomische Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit, das sich auf unserem Campus befindet. Das HdA wird von der Max-Planck-Gesellschaft betrieben, welche die Leitung wiederum an das MPIA delegiert hat; der Leiter des Hauses der Astronomie (Markus Pössel) ist in Personalunion auch Leiter der Öffentlichkeitsarbeit des MPIA. Nähere Informationen zur Tätigkeit des Hauses der Astronomie finden Sie im nachfolgenden Abschnitt IV.3.

Eine weitere MPIA-Tradition ist das Schülerpraktikum Astronomie (Organisation: K. Meisenheimer) für Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 10 und 11. In Zusammenarbeit mit der Landessternwarte und dem Astronomischen Rechen-Institut (die beide zum Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg gehören) bieten wir dieses Praktikum seit 2002 an. Beim diesjährigen Schülerpraktikum vom 20. bis 24. Oktober konnten sich 14 Teilnehmer sowohl Grundkonzepte wie auch praktische Methoden der Astronomie aneignen. Zum Programm gehören dabei Vorträge zu astronomischen



Quelle: MPIA

Abb. VI.2.3: Girls' Day 2014: Konzentriertes Arbeiten im MPIA-Elektroniklabor.

Themen wie Schwarze Löcher oder Teleskope ebenso wie Praktika (beispielsweise: Wie funktioniert eine CCD-Kamera) und Übungen beziehungsweise eine Studienberatung "Wie wird man Astronom?"

In punkto Außendarstellung war das MPIA in diesem Jahr vor allem dabei aktiv, die Institutswebseiten komplett zu erneuen. Dazu nutzten wir das Content Management System, welches die Max-Planck-Gesellschaft ihren Instituten zur Verfügung stellt.

Freigeschaltet wurden die neuen Webseiten im Januar 2015. Abbildung IV.2.1 zeigt eine Momentaufnahme des aktuellen Zustands der MPIA-Einstiegsseiten zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Berichts. Ein Blickfang im oberen Bereich weist jeweils auf die neuesten Mitteilungen aus dem Wissenschaftsbereich oder auf besondere Ereignisse hin.

Mit der Neugestaltung unseres Webauftritts konnten wir verschiedene Ziele erreichen: In technischer Hinsicht war es uns wichtig, ein System zu implementieren, bei dem die Bearbeitungsoberfläche für die Webseiten ähnlich einfach ist wie die Bearbeitung einer Wikipedia-Seite, eines Blogbeitrags oder eines Word-Dokuments. Damit können nun deutlich mehr Mitarbeiter als vorher die Verantwortung für einzelne Bereiche der Webseiten übernehmen und diese aktuell halten. Wir haben die Neufassung außerdem genutzt, um unsere Inhalte komplett neu zu strukturieren und in neuen Kategorien wie etwa »Science User« zu bündeln. Last but not least treten die aktuelleren Elemente auf unseren Webseiten nun deutlicher hervor. Insbesondere bieten wir in den Kategorien Wissenschaftsmeldungen Neuigkeiten aus der Forschung des MPIA und unter Institutsmeldungen organisatorische und personelle Nachrichten.

Markus Pössel, Klaus Jäger, Axel M. Quetz, Silvia Scheithauer, Monica Ebert und Klaus Meisenheimer

IV.3 Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit

Haus der Astronomie

Das Haus der Astronomie (HdA) ist das Zentrum für astronomische Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit auf dem MPIA-Campus. Ziel des Hauses der Astronomie ist es, die Faszination der Astronomie in die breite Öffentlichkeit und in die Schulen zu tragen sowie den Austausch der Astronomen untereinander und mit den Kollegen angrenzender Wissensgebiete zu fördern.

Das Haus der Astronomie ist eine ungewöhnliche Institution im Grenzbereich zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Sein markantes galaxienförmiges Gebäude berherbergt ein Team von Astronomen und Astronomiedidaktikern, die insbesondere Materialien und Werkzeuge entwickeln, die für die astronomische Öffentlichkeitsarbeit oder in Schulen und Kindergärten eingesetzt werden können. Im Jahre 2014 besuchten 11 000 Menschen das Haus der Astronomie – von Besuchern unserer allgemeinverständlichen Vorträge oder von Führungen bis hin zu Schüler- oder Kindergartengruppen, Studierenden, Lehrer/innen oder Kindergärtner/innen, die zu Workshops oder Vorlesungen kamen, sowie Astronom/innen und Ingenieur/innen, die das Haus der Astronomie für Konferenzen oder Besprechungen nutzten.

Astronomie für die Öffentlichkeit

Unsere Aktivitäten für die allgemeine Öffentlichkeit umfassen PR, online verfügbare Materialien und die Organisation öffentlicher Veranstaltungen. Als deutscher Knoten des ESO Science Outreach Network (ESON) unterstützen wir außerdem die Europäische Südsternwarte (ESO) bei ihrer deutschsprachigen Öffentlichkeitsarbeit.

An öffentlichen Veranstaltungen im Haus der Astronomie bieten wir eine monatliche Vortragsreihe »Faszination Astronomie«, in deren Rahmen in diesem Jahr 18 Vorträge stattfanden (inklusive Wiederholungen) sowie »Astronomie am Sonntagvormittag« mit vier Vorträgen.

Abb. IV.3.1: Das Haus der Astronomie im Spätsommer.

Quelle: HdA / M. Pössel

Abb. IV.3.2: Ankündigungsposter für Vorträge im Haus der Astronomie, erstellt von der MPIA-Graphikabteilung.

Quelle: HdA / M. Pössel

Abb. IV.3.3: Vorbereitung auf ein weiteres Jahr »Wissenschaft in die Schulen!«: Diskussion beim WIS-Autorentreffen im Juni 2014 im Haus der Astronomie.

Neu war in diesem Jahr unsere Reihe »HdA-Highlights«. Den ersten Vortrag der Reihe hielt Michael Kramer vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie; im Anschluss übergab Kramer dem HdA ein maßstabsgetreues Modell des Radioteleskops Effelsberg für die Ausstellung im Foyer. Im zweiten Highlight-Vortrag berichtete der Astrofotograf Stefan Seip über seine Reisen nach Namibia. Insgesamt kamen zu unseren öffentlichen Veranstaltungen, zu denen auch eine Buchvorstellung von Ernst Peter Fischer zählte, knapp 3000 Besucher ins Haus der Astronomie. Besonders hervorzuheben ist unser zweiter »Space Day« am 13. und 14. Juli, bei dem insgesamt 300 Besucher, von Grundschulklassen und höheren Schulklassen bis zur allgemeinen Öffentlichkeit, die Möglichkeit hatten, den ESA-Astronauten Reinhold Ewald über seine Erlebnisse im Weltraum zu befragen.

Für tiefergehend interessierte Menschen, insbesondere Studierende an der Universität Heidelberg, bot Markus Pössel (mit Björn Malte Schäfer) im Wintersemester eine Vorlesung »Kosmologie für Nichtphysiker« an.

Wie in den vorangehenden Jahren war die größte externe Veranstaltung, an der wir beteiligt waren, die »Explore Science« vom 9. bis 13. Juli. Mehr als 50 000 Besucher fanden zu diesen naturwissenschaftlichen Erlebnistagen der Klaus Tschira Stiftung ihren Weg in den Luisenpark in Mannheim. Auch in diesem Jahr hielten HdA-Mitarbeiter mehr als ein Dutzend öffentlicher Vorträge an verschiedenen Orten in Deutschland.

Wissenschaftsaustausch

Das Haus der Astronomie wird regelmäßig für wissenschaftliche Konferenzen und Treffen genutzt. Mit dem zentralen Hörsaal und zwei Workshopräumen ist es bestens geeignet für wissenschaftliche Veranstaltungen mit bis zu rund 80 Teilnehmern.

Die MPIA-Sommerkonferenz 2014 mit dem Titel »Star Formation: Data, Models and Visualization« Ende Juni war gleichzeitig das erste Harvard-Heidelberg Meeting, gemeinsam organisiert vom MPIA und dem Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. Weitere größere Konferenzen waren »Intergalactic Matters«, ebenfalls Ende Juni, »Exoplanets with JWST-MIRI« Ende September, das Gaia Challenge Meeting im Oktober und die Deutsch-japanische Konferenz über Planetenentstehung Anfang Juli.

Im ersten Halbjahr war das HdA Veranstaltungsort für das gemeinsame Astronomische Kolloquium der Heidelberger Astronomen, sowie für die Evaluierung des Sonderforschungsbereichs 881 »Das Milchstraßensystem« und das Frühjahrstreffen des Rats Deutscher Sternwarten (RDS), der gemeinsamen Interessenvertretung der deutschen Astronomen.

Im Bereich Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit fanden am HdA das Kleinplanetentreffen der (amateurastronomischen) Vereinigung der Sternfreunde mit mehr als 70 Teilnehmern aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und den Niederlanden statt (Organisation: C. Liefke mit L. Kurtze), sowie das Treffen der Autoren von »Wissenschaft in die Schulen!« (siehe unten; Organisation: O. Fischer).

Zusätzlich zu den hier genannten fanden 62 kleinere wissenschaftliche und organisatorische Treffen mit insgesamt 1100 Teilnehmern statt.

Astronomie für Schule und Kindergarten

Unser Flaggschiff im Bildungsbereich ist das Projekt »Wissenschaft in die Schulen!« (WIS) gemeinsam mit der populärwissenschaftlichen Zeitschrift Sterne und Weltraum (Verlagsgruppe Spektrum der Wissenschaft).

Die Leitung von WIS-Astronomie hat HdA-Mitarbeiter Olaf Fischer, der mit seinem Team von (überwiegend externen) Autoren in diesem Jahr 15 Beiträge erstellte, mit denen sich neueste astronomische Forschung direkt ins Klassenzimmer bringen lässt. WIS-Astronomie wurde gefördert von der Reiff-Stiftung zur Förderung der Amateur- und Schulastronomie.

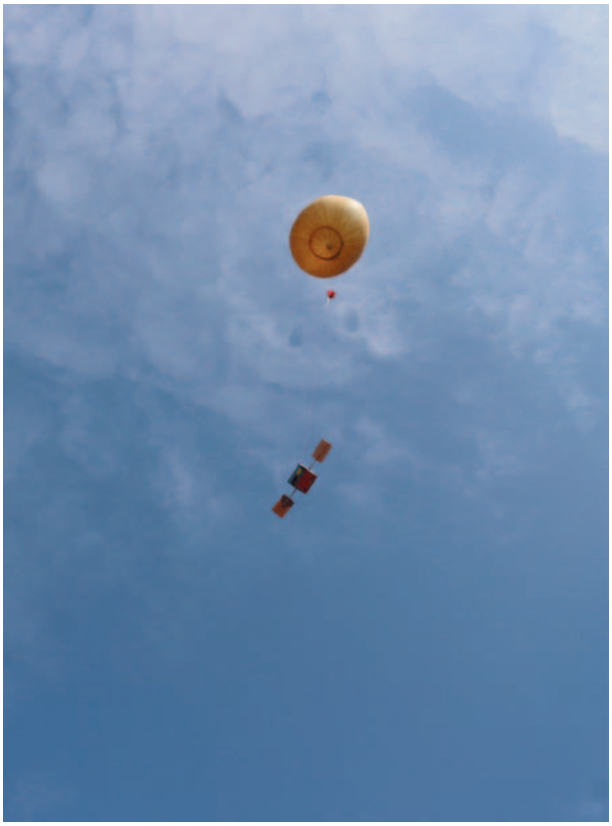
Weitere Materialien für weiterführende Schulen entwickelte Cecilia Scorza im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 881 »Das Milchstraßensystem«, für welchen das HdA der wichtigste Partner bei der Öffentlichkeitsarbeit ist. Übersetzungen dieser Materialien ins Englische und Spanische wurden von unseren Kooperationspartnern in der Andenregion (Venezuela, Kolumbien, Ecuador, Peru, Bolivien und Chile) und in Südafrika genutzt.

Unsere erfolgreichste Entwicklung ist nach wie vor die Grundschulbox Astronomie, im englischen Sprachraum »Universe in a Box« (entwickelt von Cecilia Scorza mit Beiträgen von Natalie Fischer). Das internationale Büro des IAU-Projekts Universe Awareness führte 2014 eine erfolgreiche Schwarmfinanzierungs-Aktion durch, um hunderte dieser Boxen mit Astronomievermittlern insbesondere an unterprivilegierten Standorten in der ganzen Welt zu teilen. Interessierte Schulen und Kindergärten können die Grundschulbox direkt vom Haus der Astronomie ausleihen. Die Box ist aktuell in mehr als 70 Ländern im Einsatz.

Im Jahre 2014 besuchten 2300 Schul- und Kindergartenkinder das Haus der Astronomie für insgesamt 128 Workshops für verschiedene Altersgruppen. Besonders haben wir uns gefreut, dass in diesen Jahr auch Gruppen mit körperlich und geistig behinderten Kindern den Weg ins Haus der Astronomie gefunden haben. Die Workshops schließen üblicherweise Hands-On-Aktivitäten ein, nutzen unser digitales Planetarium und dienen uns häufig dazu um neu entwickelte Materialien in der Praxis zu testen. In diesem Jahr haben wir neue Workshopkonzepte in Zusammenarbeit mit der Jungen Uni Heidelberg sowie für unsere Kollegen am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg entwickelt.

Zu den externen Veranstaltungen für Schüler gehörten dieses Jahr Kurse für die Deutsche Schülerakademie (O. Fischer) und für die JuniorAkademie Baden-Württemberg in Adelsheim (C. Liefke).

Abb. IV.3.4: Im Rahmen des Kurses Geophysik bei der JuniorAkademie Baden-Württemberg 2014 konstruierten Schülerinnen und Schüler zwischen 14 und 16 Jahren unter der Leitung von Carolin Liefke (HdA) und Dominik Elsässer (Universität Würzburg) einen Stratosphärenballon mit Kameras und Sensoren für Temperatur, Luftdruck und Feuchte an Bord und werteten die Messungen der Instrumente aus. Dieses Bild zeigt Ballon und Gondel kurz nach dem Start.



Quelle: C. Liefke / HdA

Abb. IV.3.5: Aus ca. 20 km Höhe gelangen mit der für Serienaufnahmen programmierten Digitalkamera eindrucksvolle Aufnahmen aus der Stratosphäre, auf denen die Wolkendecke der Erde bereits tief unter dem Ballon liegt und der Himmel eine dunkelblaue Färbung annimmt. Links oben ragt ein Teil der Isolierung der Instrumentenkapsel ins Bild.

Quelle: Geophysik-Kurs der JuniorAkademie Baden-Württemberg 2014

Angebote für Multiplikatoren im Bildungsbereich

Lehrer/innen und Erzieher/innen spielen für die wissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit eine Schlüsselrolle. Sie für die Wissenschaft zu begeistern und sie dabei zu unterstützen, diese Begeisterung an die von ihnen betreuten Kinder und Jugendlichen weiterzugeben, dürfte eine der effektivsten Strategien für die Öffentlichkeitsarbeit darstellen.

Im Bereich Studium fanden in diesem Jahr für Lehramtsstudenten Physik an der Universität Heidelberg zwei Seminare (C. Liefke) sowie unser jährlicher Blockkurs »Astronomie für Lehramtsstudierende« (O. Fischer, C. Liefke, M. Pössel, C. Scorza) statt. Natalie Fischer hielt die Vorlesung »Grundlagen der Astronomie für die Schule« an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg.

Lehrerfortbildungen im Haus der Astronomie in diesem Jahr waren unsere bundesweite Fortbildung »Per Anhalter durch die Galaxis« im November, die von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung finanziert wurde, sowie zehn Fortbildungsveranstaltungen für Grundschullehrer/innen und Erzieher/innen.

An externen Lehrerfortbildungen waren wir in Baden-Württemberg und Thüringen ebenso wie in Chile beteiligt. Die diesjährige mobile Lehrerfortbildung der Reiff-Stiftung zur Förderung der Amateur- und Schulastronomie fand in Schleswig-Holstein statt (Flensburg, Marne, Heide, Ahrensburg, Bad Segeberg; O. Fischer/Sascha Soh). Auch der »Teleskopführerschein« ging im November in Adelsheim in eine weitere Runde (O. Fischer/C. Liefke). Dieser Kurs qualifiziert Lehrer außerdem, am Teleskopleihprogramm des HdA teilzunehmen. Unsere binationale deutsch-italienische Sommerschule, finanziert von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, wurde dieses Jahr zum Thema Aktive Galaxienkerne in Padua weitergeführt. Mitglieder des von Natalie Fischer koordinierten UNAWE-Netzwerks erreichten mit verschiedenen Fortbildungen mehr als hundert neue Grundschullehrer/innen.

Forschungsprojekte mit Schülern

Schüler und Schülerinnen haben am Haus der Astronomie verschiedene Möglichkeiten, eigene Erfahrungen mit wissenschaftlicher Forschung zu sammeln. Im Rahmen der IASC-Pan-STARRS-Asteroidensuche seinen Schüler suchen in den Daten der Pan-STARRS-Durchmusterung nach Asteroiden und haben dadurch eine realistische Chance, im Asteroidengürtel bis dahin unbekannte Asteroiden zu entdecken. Carolin Liefke hat für dieses Projekt in diesem Jahr insgesamt 26 Schülergruppen betreut, die an drei Suchkampagnen teilgenommen haben.

Besondere Fortschritte, aber durchaus auch Herausforderungen, brachte das Jahr 2014 insbesondere im Bereich per Internet fernsteuerbarer Teleskope. Unsere Zusammenarbeit mit dem Faulkes Telescope Project ist jetzt in einem Memorandum of Understanding festgehalten. Allerdings haben die Betreiber, das Las Cumbres Observatory Global Telescope Network (LCOGT) in diesem Jahr die Steuerungsschnittstelle zu ihren Teleskopen geändert. Dadurch sind leider keine Live-Beobachtungen mehr möglich, und für die teilnehmenden Lehrer/innen musste eine völlig neue Dokumentation erstellt werden. Trotzdem konnten wir mit deutschen und österreichischen Schulen an zwei koordinierten Beobachtungsaktionen zur Bestimmung von Exoplaneten-Lichtkurven teilnehmen und im Mai eine Lehrerfortbildung zur Analyse astronomischer Bilder durchführen.

Auch mit der Stiftung Interaktive Astronomie und Astrophysik in Tübingen haben wir in diesem Jahr ein Memorandum of Understanding unterzeichnet, das die Nutzung und Unterstützung des 60-cm-Teleskops

Abb. IV.3.6: Beim zweiten Space Day am HdA erzählte ESA-Astronaut Dr. Reinhold Ewald Schulklassen und den Besuchern eines öffentlichen Vortrages von seinen Erfahrungen an Bord der Raumstation MIR und von der Internationalen Raumstation ISS. Ewald ist Mitglied des Kuratoriums des MPIA.

Quelle: HdA / M. Pössel

Quelle: HdA / M. Pössel

Abb. IV.3.7: Exoplaneten für Kinder: Familienvortrag von Guido Thimm (ZAH) in der Reihe »Astronomie am Sonntagvormittag« am 12. Oktober 2014.

ROTAT der Stiftung durch das HdA regelt, das sich am Observatoire de Haute Provence in Frankreich befindet.

Praktikanten hatten wir in diesem Jahr zum einen zur Berufsorientierung (BOGY), zum anderen in Programmen für besonders talentierte/interessierte Schülerinnen und Schüler, insbesondere in Zusammenarbeit mit dem Hector-Seminar und dem Heidelberger Life Science Lab (C. Liefke). Aufwändigstes Programm war einmal mehr unser dreiwöchiges Internationales Sommerpraktikum, an dem regelmäßig auch Teilnehmer/innen der International Summer Science School der Stadt Heidelberg zu uns stoßen. Dieses Jahr nahmen sieben Schüler/innen aus Australien, Deutschland, Frankreich, Israel und Italien an unserem Sommerpraktikum teil (M. Pössel).

Verbindungen knüpfen: Netzwerke und Kooperationen

Auf internationaler Ebene sind unsere hauptsächlichen Kooperationspartner die Partner des EU-UNAWE-Netzwerks in Italien, den Niederlanden, Großbritannien, Südafrika und Spanien. Eine weitere langjährige Zusammenarbeit besteht mit Bildungs- und Forschungsinstitutionen in Chile – vermittelt über das Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg und das Exzellenzzentrum der Universität in Chile. Cecilia Scorza hat außerdem in Kolumbien, Venezuela, Ecuador, Peru und Chile den regionalen Knoten des Office of Astronomy for Development der IAU etabliert, der im November 2014 bewilligt wurde.

Eine neue und sehr vielversprechende Zusammenarbeit hat mit der »ESO Supernova« (ES) begonnen, einem jüngeren (und größeren) Geschwistergebäude des HdA, das derzeit in Garching errichtet wird. Die ES ist ein Gemeinschaftsprojekt der Europäischen Südsternwarte (ESO) mit dem Heidelberger Institut für Theoretische Studien (HITS), finanziert von der Klaus Tschira Stiftung. Das HdA ist inbesondere über die Arbeit von Cecilia Scorza an der Entwicklung von Bildungsmaterialien für die ES beteiligt, die genutzt werden, um Planetariumspräsentationen und die Ausstellung samt Führungen mit Bildungsbezug für alle Altersstufen vom Kindergarten bis zur Studienstufe zu entwickeln. Weitere Beiträge zur ES sind die Entwicklung geeigneter Fortbildungsveranstaltungen für Lehrer, der Aufbau eines Lehrernetzwerks für das ES und ein gemeinsames Projekt zu 50 Grundkonzepten der Astronomie, gemeinsam mit der ESO und Partnern an der Sternwarte Leiden.

Markus Pössel, Natalie Fischer, Olaf Fischer, Carolin Liefke, Alexander Ludwig, Kai Noeske, Matthias Penselin, Tobias Schultz, Cecilia Scorza, Jakob Staude, Thomas Henning, Hans-Walter Rix, Klaus Jäger, Mathias Voss, Frank Witzel

Das Haus der Astronomie ist das Ergebnis einer Partnerschaft zwischen der Klaus Tschira Stiftung, die das galaxienförmige HdA-Gebäude gestiftet hat, der Max-Planck-Gesellschaft als Betreiberin des HdA (wobei die Leitung dem MPIA übertragen wurde) sowie der Stadt Heidelberg und der Universität Heidelberg, die das HdA personell unterstützen.

V. Menschen und Ereignisse

Preise, Ehrungen und Auszeichnungen

Auch im Jahr 2014 erhielten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des MPIA verschiedene wichtige Auszeichnungen. Diese betrafen sowohl die wissenschaftlichen als auch die technischen bzw. administrativen Bereiche des Instituts.

Christian-Doppler-Preis für Lisa Kaltenegger

Am 13. Juni 2014 wurde Lisa Kaltenegger mit dem Christian-Doppler-Preis des Landes Salzburg, der dortigen höchsten Auszeichnung für Junge Wissenschafterinnen und Wissenschaftler in den Naturwissenschaften, ausgezeichnet. Die mit 12 000 Euro dotierte Ehrung würdigt ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Erforschung von Planeten außerhalb unseres Sonnensystems, den sogenannten Exoplaneten.

Seit 1972 verleiht die Salzburger Landesregierung diesen Preis für herausragende wissenschaftliche und technische Leistungen sowie Erfindungen im Bereich der Naturwissenschaften. Im Jahr 2014 wurde die Auszeichnung in insgesamt vier Kategorien vergeben – darunter auch die Würdigung für herausragende Anwendungen des Doppler-Prinzips, für technische Wissenschaften, Mathematik und Physik, die diesmal an Lisa Kaltenegger vergeben wurde.

Christian Doppler (1803–1853) war ein in Salzburg geborener österreichischer Mathematiker und Physiker, der insbesondere durch den nach ihm benannten Doppler-Effekt Berühmtheit erlangte. Er besagt, dass ein Beobachter eine Frequenzverschiebung der Strahlung einer Quelle misst, wenn sich die Quelle relativ zu ihm bewegt. Dieser Effekt ist bei Schallwellen aus dem Alltag gut bekannt: So nimmt man bei einem sich nähernden Auto einen höheren Ton wahr, während der Ton eines sich entfernenden Fahrzeugs tiefer ist. Diesen Effekt kann man auch beim Licht einer bewegten Quelle gut messen – insbesondere bei den hohen Geschwindigkeiten der Himmelskörper in der Astronomie. Hier bewirkt die Frequenzänderung eine Verschiebung von Spektrallinien zum roten oder blauen Teil des Lichts, je nachdem, ob sich das Objekt von uns entfernt oder sich uns nähert. Unter anderem ist es damit möglich, Planeten um andere Sterne zu finden, auch wenn man den Planeten nicht direkt sehen kann. Denn das Licht eines Sterns erfährt eine periodische Dopplerverschiebung, wenn seine Bewegung durch die Gravitation eines umlaufenden Planeten beeinflusst wird.

Quelle: Otto Wieser / Land Salzburg

Abb. V.1.1: Lisa Kaltenegger (rechts) erhält den Christian-Doppler-Preis durch Landesrätin Martina Berthold.

Die Forschung von Lisa Kaltenegger konzentriert sich dabei auf solche Exoplaneten, die der Erde ähnlich sein könnten. Auf diesem Gebiet steht die Suche noch ganz am Anfang, und die Preisträgerin entwickelt gegenwärtig Modelle, die beschreiben, durch welche beobachtbaren Eigenschaften eine »zweite Erde« charakterisiert wäre, sodass man sie als solche identifizieren kann. Eine wichtige Rolle spielen hierbei Signaturen in der Atmosphäre dieser Planeten.

Der Preis wurde durch eine unabhängige Jury vergeben, die zusätzlich die Forschungsarbeiten durch internationale Gutachter prüfen lässt. Die Auszeichnung wurde durch Landesrätin Martina Berthold überreicht.

Fizeau Investigator Prize für Christoph Leinert

Seit 2010 verleihen die Kommission 54 (Optische und Infrarot-Interferometrie) der Internationalen Astronomischen Union (IAU), das Observatoire de la Côte d'Azur (OCA), sowie das Mount Wilson-Institut (MWI) den Fizeau-Preis für »herausragende Leistungen auf dem Ge-

Quelle: MPIA / K. Jäger

Abb. V.1.2: Christoph Leinert bei einem Vortrag im MPIA.

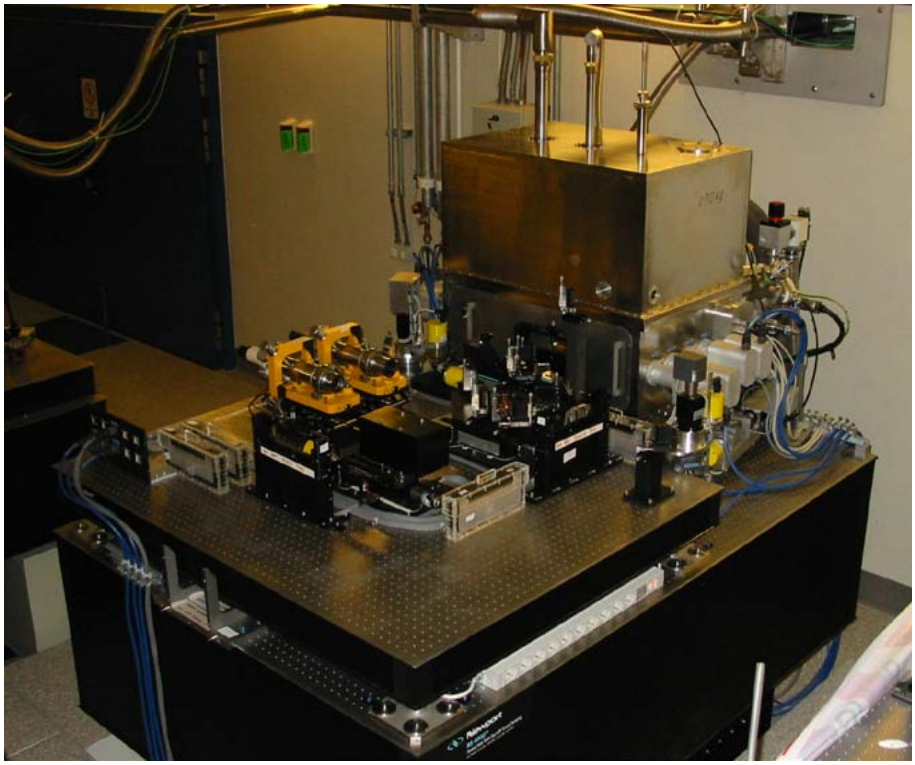
biet der Grundlagen und Realisierung der optischen Interferometrie«. Im Berichtsjahr wurde der Fizeau Investigator-Preis an Christoph Leinert vom MPIA »für seine beachtlichen wissenschaftlichen Leistungen im Laufe seiner Karriere und insbesondere für seine Rolle als PI für das MIDI-Instrument am VLTI (Very Large Telescope Interferometer)« vergeben.

In der Laudatio zur Vergabe des Fizeau Investigator-Preises schreibt das Komitee:

»Seine bemerkenswerte Karriere ist verbunden mit dem immer wiederkehrenden Thema der hohen Winkelauflösung in der Astronomie, das ihn letztlich zur Long-Baseline-Interferometrie am VLTI führte. Der bemerkenswerte Erfolg von MIDI ist direkt mit der wissenschaftlichen und technischen Leitung von Professor Leinert verbunden und hat zu Durchbrüchen in unserem Verständnis von aktiven galaktischen Kernen, protoplanetaren Scheiben und zirkumstellaren Hüllen bei asymptotischen Riesenast-Sternen geführt. Diese Leistung führte auch maßgeblich zur Vergrößerung der Benutzer-Community in der Interferometrie. Professor Leinerts Erfolg mit dem VLTI inspiriert die nächste Generation von Forschern und Instrumentierungen dazu, auf diesen Erfolgen aufzubauen.«

MIDI arbeitet bei mittleren Infrarot-Wellenlängen und wurde von sieben Instituten unter der Leitung des MPIA mit Christoph Leinert (Projektwissenschaftler) und Uwe Graser (Projektmanager) als PIs gebaut. Die hohe Auflösung wird durch die Kombination der Lichtbündel zweier Teleskope auf dem Paranal erreicht (entweder von zweien der 8,2 m-Einzelteleskope oder der 1.8-m-Hilfsteleskope). MIDI war das erste auf dem Paranal angebotene interferometrische Instrument und ein außergewöhnlich wichtiger Schritt in Richtung der kommenden Generation von Instrumenten am VLTI wie MATISSE, an dem das MPIA ebenfalls beteiligt ist.

Abb. V.1.3: Das komplexe Instrument MIDI im Interferometrielabor des ESO Very Large Telescope (VLT) auf dem Paranal in Chile.



Quelle: MPIA / ESO

Quelle: Katrin Schlie

Abb. V.1.4: Benjamin Hendricks

Quelle: MPIA / D. Anders

Abb. V.1.5: Miguel Querejeta

Patze-Preise 2014

Mit dem jährlich vergebenen Ernst-Patzer-Preis werden die besten Publikationen ausgezeichnet, die während der Promotion oder der ersten 3 Jahre der Postdoc-Phase entstanden sind und die zudem in einem referierten Fachjournal publiziert wurden.

Der Preis wurde vom Kunstliebhaber und Philosophen Ernst Patzer gestiftet und von seiner Witwe eingerichtet. Die Stiftung vergibt ihre Preise an junge Wissenschaftler am MPIA und anderen Instituten in Heidelberg und will die Forschung insbesondere auf dem Gebiet der Astronomie fördern. Über die Vergabe entscheidet ein Auswahlgremium, dem zwei MPIA-Wissenschaftler und ein externer Heidelberger Wissenschaftler angehören.

Als Preisträger 2014 wurden ausgezeichnet:

- Benjamin Hendricks (ZAH/LSW) für seine Publikation »The metal-poor knee in the Fornax dwarf Spheroidal galaxy«. Astrophysical Journal, 785, 102 (2014)
- Miguel Querejeta (MPIA) für seine Publikation »The Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S4G): Precise Stellar Mass Distributions from Automated Dust Correction at 3.6 microns.« ApJ Suppl., 219,5Q (2015)
- Nikolay Kacharov (ZAH/LSW) und Paolo Bianchini (MPIA) für ihre Publikation »A study of rotating globular clusters: The case of the old, metal poor globular cluster NGC 4372«. A&A, 567, A69 (2014)

Die feierliche Verleihung fand am 28. November 2014 im Hörsaal des MPIA statt, bei der die Preisträger ihre Arbeit auch in einem kurzen Vortrag vorstellen konnten.

Innovative Ausbildungsstätten: Feinmechanische Werkstatt und Personalabteilung des MPIA von der MPG ausgezeichnet

Jährlich zeichnet die Max-Planck-Gesellschaft drei institutionelle Ausbildungsstätten für ihr besonderes Engagement in der Berufsausbildung aus. Zu den Preisträgern 2014 zählt das MPIA mit seiner feinmechanischen Werkstatt und der Personalabteilung.

Die MPG und das Preiskomitee (bestehend aus Ausbilderinnen und Ausbildern sowie Mitgliedern von GBR, GJAV und der GV) möchten mit diesem Preis ihre Wertschätzung für die Leistungen aller Ausbilderinnen und Ausbilder zum Ausdruck bringen. Mit der Auszeichnung sollen Institute hervorgehoben werden, die sich beispielsweise durch innovative Ausbildungskonzepte, die Intensität der Betreuung, Angebote zur Kooperation mit externen Partnern oder durch die Vermittlung von Zusatzqualifikationen außergewöhnlich stark für die Ausbildung junger Menschen einsetzen. Der Preis ist mit 7500 Euro dotiert, die für die Ausbildung eingesetzt werden.

Am MPIA wurden zwei Projektanträge bzw. Abteilungen prämiert. Zum einen die Feinmechanische Werkstatt für die Einführung sowohl von Fachgesprächen als auch der zweimal jährlich stattfindenden Projektwochen.

Quelle: MPIA / D. Anders

Abb. V.1.6: Nikolay Kacharov

Quelle: MPIA / D. Anders

Abb. V.1.7: Paolo Bianchini

Weiterhin wurde die Personalabteilung für ihr fachübergreifendes Qualifizierungsprojekt für Auszubildende mit dem Titel »Beruf und Familie. Mein Leben« und die Erarbeitung, Auswertung und Präsentation von Mitarbeiter-Interviews ausgezeichnet.

Abb. V.1.8: Die feinmechanische Werkstatt des MPIA.

Quelle: MPIA / D. Anders

Anica Till mit dem Azubipreis 2014 der Max-Planck-Gesellschaft ausgezeichnet

Zum achten Mal hat die Max-Planck-Gesellschaft den Azubipreis für herausragende Leistungen in der Berufsausbildung vergeben. Preisträgerin 2014 ist Anica Till aus der Verwaltung des MPIA.

Mit dem Preis würdigt die MPG nicht nur die herausragende berufliche und schulische Leistung während der Ausbildung, sondern auch die persönliche Entwicklung und das soziale Engagement der Auszubildenden. Anica Till hat seit Beginn ihrer Ausbildung zur Bürokauffrau in der Verwaltung des Instituts hervorragende Leistungen gezeigt. Bereits 2013 wurden ihr drei Auszeichnungen verliehen: der »Förderpreis des Unternehmenskreises Mosbach«, der »Preis des Fördervereins für Bürokaufleute der Ludwig-Erhard-Schule«, sowie die »Mosbach-Urkunde der Ludwig-Erhard-Schule« für sehr gute Leistungen.

Quelle: MPIA / D. Anders

Abb. V.1.9: Anica Till.

Weitere Auszeichnungen und Ehrungen im Jahr 2014

- Die erste Entdeckung eines Filaments des kosmischen Netzes wurde von der Redaktion von »Physics World« als eine der »Top Zehn«-Durchbrüche in der Physik 2014 gewürdigt. Beteiligt waren Fabrizio Arrigoni Battaia und Joseph Hennawi vom MPIA sowie Sebastiano Cantalupo, Piero Madau und Xavier Prochaska (University of California, Santa Cruz, USA).
- Thomas Henning, Direktor der MPIA-Abteilung Planeten- und Sternentstehung, wurde von der Penn State University eingeladen, die rennomierten Russell-Marker Lectures in Astronomy and Astrophysics 2014 zu halten. Diese wurden 1984 eingeführt und werden vom Penn State Eberly College of Science gefördert.
- Stefan Hippler wurde zum »Chinese Academy of Sciences Visiting Professor for Senior International Scientists« ernannt.
- Anna Ho erhielt ein National Science Foundation Graduate Research Fellowship, ein Fulbright Scholarship sowie ein Ida M. Green Fellowship vom Massachusetts Institute of Technology (MIT). Sie gewann den Karl Taylor Compton Prize, ebenfalls vom MIT. Darüber hinaus wurde sie von der Ford Foundation Fellowship und bei den Chambliss Astronomy Achievement Student Awards mit einer »Honorable Mention« ausgezeichnet.
- Melissa Ness erhielt den J. G. Crawford Prize der Australian National University.
- Dmitry Semenov gewann von der Deutschen Forschungsgemeinschaft für sein Projekt »The first 10 million years of the Solar nebula«, SPP 1385, einen individuellen Forschungsetat (SE 1962/1-3, 2014-2016).
- Svitlana Zhukovska erhielt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft einen Forschungsetat innerhalb des Prioritätsprogramms 1573 »Physics of the Interstellar Medium«.
- Kathryn Kreckel wurde im Mai auf der Konferenz »Multiwavelength-surveys: Galaxy Formation and Evolution from the early universe to today« in Kroatien mit dem Preis für die beste Posterpräsentation ausgezeichnet.

V.2 Menschen und Ereignisse

Besondere Events und Konferenzen

Wie in den Jahren zuvor organisierten MPIA-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler lokale und externe Konferenzen und waren maßgeblich an der Organisation anderer Meetings beteiligt.

Die diesjährige MPIA-Sommerkonferenz (vom 23.–26. Juni) im Haus der Astronomie (HdA) auf dem MPIA-Campus war die erste gemeinsame Wissenschaftskonferenz zwischen Heidelberg und Harvard. Unter dem Titel »Star Formation: Data, Models and Visualization«, konzentrierte sich dieser Workshop sowohl auf Studien der Sternentstehung in unserer Milchstraße als auch auf aktuelle und zukünftige Visualisierungs-Hilfmittel und -Techniken, die Forschungen dieser Art unterstützen können. Ein besonderer Aspekt war die Diskussion über die speziellen Anforderungen, die sich aus der großen Datenmenge für die Modellierung und verwandte Aspekte der Visualisierung ergeben.

Kurz zuvor, zwischen dem 16. und 20. Juni hatten wir einen einwöchigen Workshop mit dem Titel »Intergalactic Matters«, der ebenfalls am HdA stattfand. Ziel war, Experten auf dem Gebiet der Erforschung des intergalaktischen Mediums (IGM) zusammen zu bringen. Das IGM spielt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung und Geschichte der kosmischen Strukturbildung.

Aber es gab weitere größere Tagungen und Konferenzen auf dem MPIA Campus im Jahr 2014 und die folgende Liste zeigt eine Auswahl:

- Quenching and Quiescence – »What slows down and stops star formation in Massive galaxies?« (MPIA, 14.–18. Juli)
- Chemical Diagnostics in the ALMA/NOEMA Era (HdA, 21.–23. Juli)
- Gaia Challenge Workshop 2014 (HdA, 27.–31. Okt.)
- German-Japanese Meeting on Planet Formation, Detection and Characterization (HdA, 4.–7. Nov.)
- Jahrestagung der Fachkräfte für Arbeitssicherheit (HdA, 30. Sep. –2. Okt.)
- Exoplanets with JWST MIRI (HdA, 22. 25. Sep.)

Abb. V.2.1: Die Teilnehmer der MPIA-Sommerkonferenz 2014, der ersten gemeinsamen Wissenschaftskonferenz zwischen Heidelberg und Harvard, vor dem Haus der Astronomie auf dem MPIA-Campus.

Quelle: HdA / M. Pössel

Der jährliche Besuch des MPIA durch das Kuratorium fand am 1. Dezember statt. Dieses Gremium ist eine wichtige Unterstützung für das Institut in Fragen rund um die Wissenschaftspolitik, die öffentliche Wahrnehmung und mögliche Kontakte in der Gesellschaft. Die Institutsleitung berichtete ausführlich über spezielle Entwicklungen im Institut mit einem besonderen Schwerpunkt auf den Instrumentierungsprojekten und der Wissenschaft.

Teil des akademischen Lebens am MPIA war auch ein internes Symposium – der MPIA Science Day am 9. Dezember. Die ganztägige Veranstaltung mit wissenschaftlichen Vorträgen von Studenten und Postdocs aus den verschiedenen Abteilungen des Instituts bietet eine wunderbare Gelegenheit, um sich einen Überblick über die vielfältigen Forschungsrichtungen am MPIA zu verschaffen.

Darüber hinaus fand das Astronomische Kolloquium aller astronomischen Institute in Heidelberg an 13 Terminen zwischen April und Juli am HdA/MPIA statt und wir führten auch im Jahr 2014 wieder eine Begrüßungsveranstaltung für neue Studenten und Postdocs am Institut durch (25. November).

Zwischen dem 22. und 26. September fand im Max-Planck-Haus in Heidelberg die 9. Heidelberger IMPRS-Summer School statt. In diesem Jahr war das Thema »Frontiers of Stellar Structure and Evolution« und der Workshop war wieder eine Kombination aus wissenschaftlichen Vorträgen, Vorlesungen und praktischen Übungen.

Außerdem waren MPIA-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter an der Organisation einer größeren Anzahl von Konferenzen beteiligt, die auf Schloss Ringberg am Tegernsee durchgeführt wurden. Schloss Ringberg ist ein besonderer Tagungsort der Max-Planck-Gesellschaft. Bei diesen Konferenzen handelte es sich um:

- »The Early Phase of Star Formation (EPOS) 2014«, 1.– 6. Juni
- »Astrophysical calibration of Gaia and other surveys«, 7.–11. Juli
- »The Grenoble-Heidelberg Meeting on Star Formation«, 12.–15. Okt.
- »Getting ready for Planetology beyond the Solar System«, 17.–21. Nov.
- »The quest for Dark Energy II«, 14.–19. Dez.

MPIA und HdA waren auch an der Herbsttagung der Astronomischen Gesellschaft (AG) durch organisatorische Unterstützung, wissenschaftliche Vorträge, die Lehrerfortbildung und einer Sondersitzung zur Öffentlichkeitsarbeit beteiligt. Die Konferenz mit dem Titel »The Variable Sky: from Tiny Variations to Big Explosions«, fand diesmal in Bamberg statt (22.–26. September).

HdA und MPIA organisierten auch wieder ein lokales Programm während des Girls' Day & Boys' Day (27. Mai) und – mit den Instituten des Zentrums für Astronomie der Universität Heidelberg (ZAH) zusammen – ein einwöchiges Praktikum für Schüler der Oberstufe (20. – 24. Oktober). Darüber hinaus beteiligten wir uns auch bei der Betreuung von Schülerinnen und Schülern im Rahmen der International Summer Science School Heidelberg (ISH) im Juli und August. Die ISH ist ein Austauschprojekt der Stadt Heidelberg in Zusammenarbeit mit ihren internationalen Partnerstädten. Neben der Teilnahme an der Praktikumsbetreuung ist das MPIA auch Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der ISH.

Mehr Details zu einer Reihe anderer Aktivitäten – hauptsächlich im Zusammenhang mit der Öffentlichkeitsarbeit – findet man in Kapitel IV.

V.3 Menschen und Ereignisse

Beruf und Familie / Doppelkarrieren (Dual Career) / Work-Life-Balance

Wissenschaft bietet die Möglichkeit für anspruchsvolle und erfüllende berufliche Betätigung, die aber auch zur Herausforderung werden kann. Für junge Wissenschaftler stellt sich ab einem bestimmten Karriereabschnitt die Frage nach der Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Familienfreundliche Maßnahmen gelten außerdem als wichtige Bausteine, um für mehr Chancengerechtigkeit in der Wissenschaft zu sorgen.

Eine Karriere in der Forschung erfordert Flexibilität und Mobilität und ist gerade in der Anfangsphase durch im Mehrjahrestakt wechselnde Arbeitsorte gekennzeichnet. Das stellt Paare, bei denen beide Lebenspartner eine wissenschaftliche Karriere anstreben (Doppelkarriere oder *Dual Career*), vor ganz eigene Herausforderungen. Eine familienfreundliche Personalstrategie bedeutet daher auch, für die Lebenspartner neu eingestellter Wissenschaftler die richtigen beruflichen Bedingungen zu schaffen.

Allgemeiner spielt für ein erfülltes Berufsleben eine wichtige Rolle, dass Arbeit und Freizeit im richtigen Verhältnis zueinander stehen – im englischen als Work-Life-Balance bezeichnet.

Das Max-Planck-Institut für Astronomie engagiert sich seit Jahren intensiv dafür, für seine wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ein familienfreundliches Umfeld zu schaffen – mit Erfolg, der nicht nur von den Betroffenen gewürdigt wird: so wurde das Qualifizierungsprojekt für Auszubildende »Beruf und Familie. Mein Leben« des MPIA im Jahre 2014 mit dem Ausbildungspreis der Max-Planck-Gesellschaft prämiert.

Familienfreundliches MPIA

- Flexible Gestaltung von Arbeitszeit und Arbeitsort in besonderen Lebensabschnitten (z.B. Kinderbetreuungszeiten, Pflegezeiten, Dual Career-Situationen)
- Belegrechte in Kindertagesstätten für Kinder von 8 Wochen bis 6 Jahren, insgesamt 23 Plätze für Heidelberger MPI
- Kinderbetreuungsraum und Baby-Office
- Kongress-Betreuung
- Angebote Ferienbetreuung über Bündnis für Familie Heidelberg
- Dual-Career-Programm
- Kontakthalteprogramme bei vorübergehendem Ausstieg aus dem Beruf in besonderen Lebensabschnitten
- Unterstützung von Elternzeit für Väter
- Unterstützung neuer Mitarbeiter durch das International Office bei Wohnungssuche, Suche von geeigneten Schulen und Kinderbetreuungsplätzen
- Vermittlungsservice für Familien über »Besser betreut« im Bereich Kinderbetreuung, Seniorenbetreuung und haushaltsnahen Dienstleistungen

Quelle: Max-Planck-Institut für Kernphysik

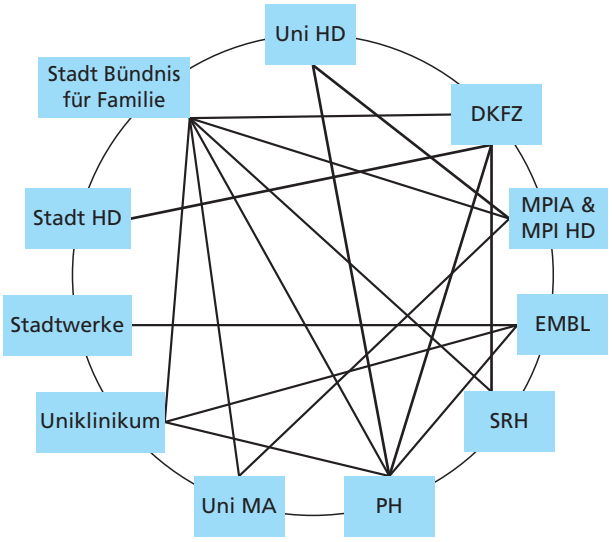
Abb. V.3.1: Kindertagesstätte »Quantenzwerge« auf dem MPIK-Gelände.

Kindertagesstätte »Quantenzwerge« eröffnet ihre Pforten

Wichtiger Baustein für die Vereinbarkeit von Beruf und Familie sind geeignete Möglichkeiten zur Kinderbetreuung. Im Oktober 2014 eröffnete auf dem Gelände des Max-Planck-Instituts für Kernphsik in Heidelberg die Kindertagesstätte »Quantenzwerge«. Die Betreuungseinrichtung wird von den »Kinderzentren Kunterbunt« betrieben und steht den Mitarbeitern aller Max-Planck-Institute in Heidelberg offen. Sie verfügt über insgesamt 50 Plätze für Kinder ab sechs Monaten bis zur Einschulung. Die Plätze verteilen sich auf drei Kinderkrippengruppen mit je zehn Plätzen und eine Kindergartengruppe mit zwanzig Plätzen. Für das Max-Planck-Institut für Astronomie ist die Eröffnung ein weiterer Schritt, um allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern geeignete Strukturen für eine adäquate Kinderbetreuung anbieten zu können.

Abb. V.3.2: Kindertagesstätte »Quantenzwerge«.

Quelle: Max-Planck-Institut für Kernphysik



Quelle: MPIA

Abb. V.3.3: Mitgliedseinrichtungen des Dual-Career-Netzwerks Heidelberg und Umgebung.

Dual-Career-Arbeit wird intensiviert

Der Dual-Career-Service erweist sich immer wieder aufs Neue als wichtiger Bestandteil in der Personalarbeit des MPIA. Umfragen zeigen, dass die Karrierechancen der Partnerin oder des Partners bei mehr als der Hälfte der Berufungsverhandlungen in der Max-Planck-Gesellschaft eine Rolle spielen. Der Dual-Career-Service am MPIA wird sowohl bei Berufungen als auch bei Personalrekrutierungen von Postdoktorandinnen und Postdoktoranden sowie von wissenschaftlich-technischem Personal angeboten.

Im Jahre 2014 knüpfte das Dual-Career-Netzwerk Kontakte zu vergleichbaren Netzwerken in Karlsruhe, Frankfurt und Stuttgart, um das Angebot an Beschäftigungsmöglichkeiten für Dual Career-Partner zu erweitern.

Nächster Schritt zur Förderung von Doppelkarrieren wird die informationstechnische Überarbeitung der bereits seit 2009 existierenden Heidelberger Dual-Career-Stellenbörse sein, die das Angebot noch leichter zugänglich, noch benutzerfreundlicher und moderner machen soll. Ingrid Apfel (MPIA) und Senni Hundt (Universität Heidelberg) stellten das Konzept dieser Stellenbörse unter dem Titel »Arbeitgeberattraktivität: Beschäftigte gewinnen, halten, motivieren« im März 2014 auch im Rahmen der regionalen Strategiekonferenz »Familienbewusst Fachkräfte sichern« für die Metropolregion Rhein-Neckar an der Universität Heidelberg vor.

VI. Listenteil

VI. Anhang

VI.1 Mitarbeiter

Abteilung Planeten- und Sternentstehung

Direktor: Thomas Henning

Infrarot-Weltraumastronomie: Oliver Krause, Zoltan Balog, Jeroen Bouwman, Örs Hunor Detre, Ulrich Grözinger, Ulrich Klaas, Hendrik Linz, Friedrich Müller, Markus Nielbock, Silvia Scheithauer, Jürgen Schreiber

Sternentstehung: Henrik Beuther, Angela Adamo, Tobias Albertson, Amelia Bayo, Simon Bihr, Arjan Bik, Paul Boley, Markus Feldt, Siyi Feng, Thomas Gerner, Katharine Johnston, Jouni Kainulainen, Ralf Launhardt, Nils Lippok, Johan Olofsson, Sarah Ragan, Dimitry Semenov, Amy Stutz, Roy van Boekel, Shiwei Wu, Svitlana Zhukovska

Braune Zwerge, Exoplaneten: Reinhard Mundt, Roy van Boekel, Wolfgang Brandner, Simona Ciceri, Ian Crossfield, Esther Buenzli, Niall Deacon, Bertrand Goldman, Viki Joergens, Luigi Mancini, Elena Manjavacas, Christian Obermeier, Taisiya Kopytova, Florian Rodler

Theorie PSF: Hubertus Klahr, Kai-Martin Dittkrist, Karsten Dittrich, Alexander Horn, Aiara Lobo Gomes, Natascha Manger, Mykola Malygin, Christoph Mordasini, Gabriel-Dominique Marleau, Paul Mollière, Andreas Schreiber, Matthäus Schulik

Laborastrophysik: Cornelia Jäger, Abel Brieva, Daniele Fulvio, Serge Krasnokutsky, Karsten Potrick, Gael Rouillé, Toulou Sabri

Deutsches Interferometriezentrum FRINGE: Thomas Henning, Uwe Graser, Ralf Launhardt, Jörg-Uwe Pott, Roy van Boekel, Johan Olofsson, Adriana Pohl

Adaptive Optik: Wolfgang Brandner, Casey Deen, Markus Feldt, Stefan Hippler, Sarah Kendrew, Maria Wöllert, Pengqian Yang

MPG-Nachwuchsgruppe: Sternentstehung in der Milchstraße: Thomas Robitaille, Amanda Heidermann, Christine Koepferl, Esteban Morales

Emmy-Noether-Gruppe: Charakterisierung extrasolarer Planeten: Lisa Kaltenegger, Siddharth Hegde, Yamila Miguel, Yan Betremieux

Abteilung Galaxien und Kosmologie

Direktor: Hans-Walter Rix

Galaxienentwicklung: Hans-Walter Rix, Yu-Yen Chang, Nina Hernitschek, Jakob Herpich, Marie Martig, Michael Maseda, Melissa Ness, Edward Schlafly, Branimir Sesar, Wilma Trick, Arjen van der Wel, Xiangxiang Xue, Zhitai Zang, Greg Stinson

Gaia-Durchmusterung: Coryn Bailer-Jones, René Andrae, Tri Astraatmadja, Fabo Feng, Richard Hanson, Dae-Won Kim, Kester Smith, Sara Rezaeikhoshbakht, Morgan Fouesneau

Interstellares Medium und Quasare: Fabian Walter, Elisabete Da Cunha, Anahi Caldu Primo, Roberto Decarli, Emanuele Farina, Jorge González, Jacqueline Hodge, Maria Kapala, Nico Krieger, Eduardo Banados Torres, Bram Venemans, Laura Zschaechner, Carl Ferkinhoff

Hochaufgelöste Astronomie: Thomas Herbst, Derek Kopon, Kalyan K. Radhakrishnan, Joshua Schlieder, Zhaojun Yan, Xianyu Zhang

Astrophysikalische Jets: Christian Fendt, Somayyeh Sheikhnezami, Deniss Stepanovs, Qian Qian

Struktur in aktiven Galaxienkernen: Klaus Meisenheimer, Christian Leipski, Bernhard Dorner, Patrick Fopp

Extragalaktische Sternentstehung: Eva Schinnerer, Paolo Bianchini, Emer Brady, Annie Hughes, Sharon Meidt, Mark Norris, Miguel Querejeta, Fatemeh Tabatabaei

Entwicklung von Galaxien und ihren Schwarzen Löchern (Emmy-Noether-Gruppe) und EUCLID-Projekt-Gruppe: Knud Jahnke, Stefanie Wachter, Liyualem Ambachew, Felix Hormuth, Katherine Inskip, Matt Mechtley, Gregor Seidel, Robert Singh

Forschungsgruppe Inter- und Zirkumgalaktisches Medium: Joe Hennawi, Fabrizio Arrigoni Battaia, Anna Christina Eilers, Cristina Javiera Garcia, Ilya Khrykin, Girish Kulkarni, Khee-Gan Lee, Elisabeta Lusso, Gabriele Maier, Jose Onorbe, Alberto Rorai, Tobias Schmidt, Jonathan Stern, Michael Walther, Gabor Worseck

Struktur und Dynamik von Galaxien: Glenn van de Ven, Remco van den Bosch, Alex Büdenbender, Vesselina Kalinova, Chen Fanyao, Sladjana Nikolic, Athanasia Tstasi, Akin Yildirim, Ling Zhu

Galaxienentstehung im Dunklen Universum: Andrea Macciò (Max-Planck-Forschungsgruppe), Salvatore Cielo, Aaron Dutton, Nikolaos Fanidakis, Thales Gutcke, Rahul Kannan, Camilla Penzo, Liang Wang, Rainer Weinberger, Edouard Tollet

Instrumentierung: Thomas Herbst, Zhaojun Yan, Xianyu Zhang

Schwarze Löcher und Akkretionsmechanismen/Instrumentierung: Jörg-Uwe Pott, Santiago J. Barboza, Michael Boehm, Iva Karovicova, Alexander Keck, Rainer Köhler, Kirsten Schnuelle

Galaxienzentren: Nadine Neumayer (Max Planck Research Group), Iskren Yordanov Georgiev

Weitere Mitarbeiter

Wissenschaftl. Referent der Institutsleitung: Klaus Jäger

MPIA-Observatorien: Roland Gredel

Öffentlichkeitsarbeit: Markus Pössel (Leitung), Klaus Jäger und Axel M. Quetz

Haus der Astronomie: Pössel (Leitung)
Sigrid Brümmer-Wissler, Natalie Fischer, Olaf Fischer, Carolin Liefke, Alexander Ludwig, Matthias Penselin, Tobias Schultz, Cecilia Scorza, Elena Sellentin; *Praktikanten, Studentische Hilfskräfte:* Sophia Haude, Elena Kozlikin, Sebastian Neu, Valentina Rohnacher (bis 30.11.), Sascha Soh (1.11. bis 30.11.)

Technische Abteilungen: Martin Kürster (Leitung)

- **Konstruktion:** Ralf-Rainer Rohloff (Leitung), Harald Baumeister (Stellvertreter), Monica Ebert, Armin Huber, Norbert Münch

- **Feinwerktechnik:** Armin Böhm (Leitung), Stefan Meister (Stellvertreter), Julian Baldauf (20.2. bis 30.9.), Mario Heitz, Jan-Philipp Kugler (20.2. bis 31.8.), Tobias Maurer, Klaus Meixner, Tobias Stadler; *Auszubildende, Praktikanten, Studentische Hilfskräfte:* Julian Baldauf (bis 19.2.), Jan-Philipp Kugler (19.2.), Nico Mayer, Francisco Ortiz (ab 1.9.), Lukas Reichert, Matthias Christoph Schend, Christoph Schwind, Felix Sennhenn, Alexander Specht

- **Elektronik:** Lars Mohr (Leitung), Jose R. Ramos (Stellvertreter), Tobias Adler, Matthias Alter, Heiko Ehret, Ralf Klein, Michael Lehmitz, Ulrich Mall, Achim Ridinger, Frank Wrhel; *Auszubildende, Praktikanten, Studentische Hilfskräfte:* Verena Grimm (1.3. bis 31.8.), Peter Pflanzl (ab 1.9.), Linda Ramisch (bis 31.5.), Roland Wydra (bis 31.8.)

- **Instrumentierungssoftware/Projekt-EDV:** Florian Briegel (Leitung), Udo Neumann (kommissarischer Stellvertreter), Clemens Storz (Stellvertreter), Jürgen Berwein, José Borelli, Frank Kittmann, Martin Kulas, Richard Mathar, Aleksei Pavlov

- **Instrumentierung und Projektabwicklung:** Peter Bizenberger (Leitung), Thomas Bertram (Stellvertreter), Albert Conrad (bis 31.7.), Fulvio De Bonis (bis 28.2.), Wolfgang Gässler, Uwe Graser, Dieter Hermann, Ralph Hofferbert, Werner Laun, Marcus Mellein, Javier Moreno-Ventas, Eric Müller (ab 1.8.), Vianak Naranjo (in Elternzeit bis 25.5.), Johana Panduro, Diethard Peter; *Auszubildende, Praktikanten, Studentische Hilfskräfte:* Timothy Herbst (1.8. bis 30.9.), Hagen Schray (bis 31.1.), Jonathan Slawitzky (ab 1.11.)

Administrativ-Technische Service-Abteilungen:

- **Bibliothek:** Monika Dueck

- **EDV-Gruppe:** Donald Hoard (Leitung, ab 1.9.), Marco Piroth (Leitung bis 31.8.), Frank Richter (Stellvertreter bis 31.8.), Björn Binroth (Stellvertreter ab 1.9.), Ulrich Hiller, Andreas Hummelbrunner

- **Fotolabor:** Doris Anders

- **Graphikabteilung:** Axel M. Quetz (Leitung), Karin Meißner, Carmen Müllerthann (in Elternzeit ab 1.3), Judith Neidel (ab 1.2.)

- **Sekretariate:** Nina Bader (1.7. bis 30.9.), Sandra Berner, Carmen Cuevas-Alonso (bis 30.6.), Carola Jordan (ab 1.11.), Susanne Koltes-Al-Zoubi (in Elternzeit bis 31.10.), Sabine Otto, Daniela Scheerer, Heide Seifert, Thu Huong Witte-Nguy (in Elternzeit)

- **Technischer Dienst und Kantine:** Frank Witzel (Leitung), Markus Nauß (Stellvertreter), Hartmut Behnke, Sascha Douffet, Gabriele Drescher, Marion Jung, Pascal Krämer, Frank Lang, Britta Witzel, ElkeZimmermann

- **Verwaltung:** Mathias Voss (Leitung), Ingrid Apfel (Stellvertreter), Danuta Hoffmann (Stellvertreter), Arnim Wolf (Stellvertreter); *Einkauf:* Arnim Wolf, Doris Anders; *Finanzen und Projekte:* Danuta Hoffmann, Doris Anders, Gerda Braun (bis 31.3.),

Heidi Enkler-Scharpegge, Marc O. Lechner, Manuela Reifke, Christine Zähringer; *Personalabteilung:* Ingrid Apfel, Jana Baier (in Elternzeit), Carmen Braun (ab 1.2. bis 31.5.), Christiane Hölscher, Lilo Schleich, Silke Hoffmann (ab 1.6.), Tina Wagner; *Information:* Ina Beckmann, Mary M. Dehen (ab 1.9.); *Auszubildende, Studenten:* Henock Lebasse (ab 1.9.), Anica Till, Aaron Sievers (1.4. bis 31.5.)

Für das Institut tätige ehemalige Mitarbeiter: Josef Fried, Christoph Leinert, Dietrich Lemke, Rainer Lenzen, Jakob Staude

VI.2 Gästeliste

Wissenschaftliche Gäste: László Szücs, ITA HD, 7.–24. Jan.; Chiara Mazzucchelli, Univ. of Central Florida, 9. Jan.–15. Feb.; Carmen Montuori, Univ. dell'Insubria, 12.–26. Jan.; Massimo Dotti, Univ. Milano, 12.–26. Jan.; Guillermo Blanc, Carnegie Inst., 14. Jan.–1. Feb.; Vitaly Akimkin, Russ. Acad. Sci., 27. Jan.–14. Feb.; Andreu Arinyo Prats, IEEC, 27. Jan.–30. Apr.; Antonella Iannella, Univ. Salerno, 1. Feb.–31. Mai; Sandor Kiraly, Konkoly Obs, 3. Feb.–31. Mai; Sarah Rugheimer, Harvard, 17. Feb.–11. März; André Germeroth, ZAH/LSW HD, 1.–31. März; Yaroslav Pavlyuchenkov, Russ. Acad. Sci., 29. März–14. Apr.; Aura Obreja, Madrid, 1. Apr.–30. Juni; Aaron Sievers, Kirchhoff-Institut für Physik, Univ. Heidelberg, 1. Apr.–31. Mai; Chiara Mazzuchelli, UCF: CAH, 1. Apr.–31. Aug.; Lorenzo Posti, Univ. Bologna, 28. Apr.–29. Mai; Edouard Tollet, Univ. Heidelberg, 28. Apr.–30. Juli; Jan Philip Sindel, Univ. Heidelberg, 1. Mai–1. Aug.; Gesa Grüning, Univ. Heidelberg, 1. Mai–1. Aug.; Marcel Lotz, Univ. Heidelberg, 1. Mai–31. Juli; Carsten Steckbauer, Univ. Heidelberg, 5. Mai–5. Aug.; Trey Jensen, University of Utah, 12. Mai–1. Aug.; Greg Rudnick, Univ. Kansas, 19. Mai–5. Juni; Arnold Guscik, Konkoly Obs., 1. Juni–31. Juli; David Neb, Univ. Heidelberg, 1. Juni–31. Juli; Justine Devin, Univ. Strasbourg, 2. Juni–31. Aug.; Eve Mattaey, Princeton University, 3. Juni–15. Aug.; Ryan Leaman, IAC, 7.–28. Juni; Serena Kim, Steward Obs., 10.–24. Juni; Xiahui Fan, Steward Obs., 10.–24. Juni; Gordon Richards, Drexel Univ., 13. Juni–19. Juli; Kate Rubin, Harvard-Smith., 16. Juni–5. Juli; Frank van den Bosch, Yale Univ., 17. Juni–10. Aug.; Greg Rudnick, Univ. Kansas, 20. Juni–19. Juli; Julianne Dalcanton, Univ. Washington, 23. Juni–25. Juli; Zeljko Ivezic, Univ. Washington, 30. Juni–31. Aug.; Carmelo Arcidiacono, INAF, 1.–31. Juli; Alexia Lewis, Univ. Washington, 1. Juli–1. Sep.; Dan Weisz, UC, Santa Cruz, 1. Juli–1. Sep.; David Hogg, NYU, 1. Juli–30. Aug.; Elisabeta Lusso, INAF, 5.–20. Juli; Daniel Foreman-Mackey, NYU, 5.–31. Juli; Karin Sandstrom, Univ. Arizona, 7. Juli–1. Aug.; Vanja Sarkovic, University Belgrad, 7. Juli–14. Sep.; Shirley Yancy, Steward Observatory, 15. Juli–15. Dez.; Hongchi Wang, Purple Mt. Obs., 21. Juli–20. Aug.; David Mykytyn, NYU, 27. Juli–15. Aug.; Sandra Mitrovic, Univ. Sierre, 1.–31. Aug.; Ross Fadely, NYU, 6.–22. Aug.; Benjamin Weiner, Univ. Arizona, 7.–27. Aug.; Melih Ozcelik, University of Cambridge, 15. Aug.–26. Sep.; Adam Stevens, Swinburne Univ., 17.–30. Aug.; Nicholas Hunt-Walker, Univ. Washington, 18.–31. Aug.; Kevin Croxall, OSU, 30. Aug.–27. Sep.; J. D. Smith, Univ. Toledo, 15. Sep.–15. Dez.; Nikolai Voshchinnikov, Univ. St. Petersburg, 18. Sep.–9. Okt.; Anastasiia Bisiarina, Ural Fed. Univ., 29. Sep.–31. Okt.; Javier Rodon, ESO, 26. Okt.–12. Nov.; Laura Watkins, STScI, 26. Okt.–13. Nov.; Brian Svoboda, Univ. Arizona, 22. Nov.–5. Dez.; Sandra Mitrovic, Podgorica, 23. Nov.–24. Dez.

Durch die regelmäßig stattfindenden internationalen Treffen und Veranstaltungen am MPIA hielten sich zahlreiche weitere Gäste kurzfristig am Institut auf, die hier nicht im einzelnen aufgeführt sind.

VI.3 Zusammenarbeit mit Firmen

ADDITIVE GmbH, Friedrichsdorf
Adolf Pfeiffer GmbH, Mannheim
Aerotech GmbH, Nürnberg
Agilent Technologies, Böblingen
Alternate Computer Versand GmbH, Linden
Amphenol AIR LB GmbH, Saarlouis
ANDUS ELECTRONIC GMBH, Berlin
asknet AG, Karlsruhe
B.E.S.T., Forst
Baier Digitaldruck, Heidelberg
Bechtle ÖA direkt GmbH, Neckarsulm
BMW AG, München
Börsig GmbH, Neckarsulm
CADFEM GmbH, Grafing
Carl Roth GmbH & Co. KG, Karlsruhe
ColorDruck Solutions GmbH, Leimen
Computacenter AG & Co. oHG, Ludwigshafen
COMTRONIC GmbH, Heiligkreuzsteinach
Conrad Electronic GmbH, Wernberg-Köblitz
Cryophysics GmbH, Darmstadt
Dannewitz GmbH & Co, Gelnhausen
dataTec GmbH, Reutlingen
Dell GmbH, Frankfurt am Main
DeMaCo Holland B.V., Noord-Scharwoude
Digi-Key, Enschede
Distrelec Schuricht GmbH, Bremen
Dörfler Dachtechnik GmbH, Oftersheim
DPS Vakuum, Großrinderfeld
DPV Elektronik Service GmbH, Eppingen
DVS Dekont Vakuum Service GmbH, Erfurt
E. Theile Computer-Systeme GmbH, Speyer
EBSCO Information Services GmbH, Berlin
EDP Sciences, Les Ulis Cedex A France
Edwards GmbH, Kirchheim
ELMA Electronic GmbH, Pforzheim
esd electronic system design GmbH, Hannover
EUROstor GmbH, Filderstadt
Farnell GmbH, Oberhaching
Faulhaber GmbH & Co KG, Schönaich
Fels Fritz GmbH Fachspedition, Heidelberg
FlowCAD EDA-Software Vertrieb, Feldkirchen
Fraunhofer IOF, Jena
Geier Metall-u.Stahlhandel GmbH, Mannheim
Gleich Service-Center, Kaltenkirchen
Glenair Electronic GmbH, Bad Homburg
GSI Group Europe GmbH, Planegg
Häfele GmbH, Aulendorf
Hahn & Kolb, Ludwigsburg
Harald Tränkle GmbH, Heidelberg
HELUKABEL GmbH, Hemmingen
Hoffmann Group GmbH &Co.KG, Göppingen
Horn GMBH, Stutensee
Hositrad Deutschland, Regensburg
ICO Innovative Computer GmbH, Diez/Lahn
ILFA Feinstleitertechnik GmbH, Hannover
Ingenieurbüro Schlossmacher, Unterschleissheim
INNEO Solutions GmbH, Ellwangen
IOP Publishing Ltd., Bristol
Jacobi Eloxal GmbH, Altlussheim
Kai Ortlieb Buchbinderei, Eppelheim
Kniel GmbH, Karlsruhe
KOCO MOTION GmbH, Dauchingen
Konica Minolta Businesss, Mannheim
KORTH KRISTALLE GMBH, Altenholz
Laser Components, Olching
LASERVISION GmbH & Co.KG, Fürth
Lehmanns Fachbuchhandlung GmbH, Heidelberg
Leica Mikrosysteme Vertrieb Gm, Wetzlar
Lemo Elektronik GmbH, München
LYRECO Deutschland GmbH, Barsinghausen
Maschinenfabrik Berthold Hermle, Gosheim
Meilhaus Electronic GmbH, Alling
MEN Mikro Elektronik GmbH, Nürnberg
Metallbau GLAWION GmbH, Eberswalde
MICROSTAXX GmbH, München
National Instruments, München
Nature Publishing Group, London
Newport Spectra-Physics GmbH, Darmstadt
Nies Elektronic GmbH, Frankfurt
Oerlikon, Köln
PFEIFFER VACUUM GmbH, Asslar
Pfeiffer Vacuum GmbH, Wertheim
Physik Instrumente (PI), Karlsruhe
Phytron-Elektronik GmbH, Gröbenzell
Plano GmbH, Wetzlar
Polytec GmbH, Waldbronn
pro-com DATENSYSTEME GmbH, Eislingen
Profimess GmbH, Bremerhaven
Radiant Zemax Europe Ltd, Stansted
Reichelt Elektronik, Sande
Rhein Neckar BUSINESS Travel, Heidelberg
RS Components GmbH, Mörfelden-Walldorf
SAUTER-Cumulus GmbH, Freiburg
Schäfer-Shop GmbH, Betzdorf
Schroff GmbH, Straubenhardt
Sky Blue Microsystems GmbH, München
Storesys GmbH, Haan
Tautz Druckluft+Sandstrahltech, Mannheim
Telemeter Electronic GmbH, Donauwörth
The MathWorks GmbH, Ismaning
Theile Büro-Systeme, Speyer
Thermodyne GmbH, Osnabrück
Thorlabs GmbH, Dachau
Tydex J.S.Co, St. Petersburg
Witzenmann Rhein-Ruhr GmbH, Xanten

VI.4 Tagungen, Vorträge

Veranstaltete Tagungen am MPIA:

Pan-STARRS1 KP5 Group Meeting, 3.–5. März (Martin, Rix)

Final MIDI Science Group Meeting, HdA, 5.–6. Mai (Thomas Henning)

3D-HST team meeting, HdA, 5.–9. Mai (van der Wel, Da Cunha)

Concluding MIDI Science Group Meeting, HdA, 5.–6. Mai (Klaus Meisenheimer, Roy van Boekel)

Intergalactic Matters, HdA, 16.–20. Juni (Hennawi, Arrigoni Battaia, Berner, Eilers, Farina, Khrykin, Kulkarni, Lee, Onorbe, Rorai, Schmidt, Sorini, Walther, Worseck)

Star Formation: Data, Models and Visualization, A Harvard-Heidelberg workshop, HdA, 23.–26. Juni (Beuther, Robitaille, Henning, Johnston, Feng, Bihr, Morales)

MPIA-MPA workshop, 24.–26. Juni (Stern)

Quenching and Quiescence – What slows down and stops star formation in Massive galaxies?, 14.–18. Juli (Stinson, Dutton, Macciò)

Chemical Diagnostics in the ALMA/NOEMA Era, 21.–23. Juli (Schinnerer, Semenov, Henning, Hughes, Querejeta)

Exoplanets with JWST – MIRI, HdA, 22.–25. Sep. (Krause van Boekel, Bouwman, Henning, Scheerer, Scheithauer, Kopon)

LINC-NIRVANA Consortium Meeting, 22.–23. Okt. (Kürster)

LINC-NIRVANA Science Team Meeting, 4. Nov. (Schinnerer, Norris)

Gaia Challenge 2014, HdA, 27.–31. Okt. (van de Ven, Martig, Ness, Smith, Trick)

German-Japanese Meeting on Planet Formation, Detection and Characterization, HdA, 4.–7. Nov. (Henning, Joergens, Kaltenegger, Klahr)

MPIA-Kuratorium, 2. Dez. (Jäger, Rix, Henning, Berner)

MPIA Science Day, 9. Dez. (Jäger, Krause, Venemans)

Andere veranstaltete Tagungen:

American Astronomical Society Annual Winter Conference, National Harbor, Maryland, USA, 6.–10. Jan. (Ho)

ARGOS wavefront sensor acceptance review, Florence OAA, 27.–31. Jan. (Gässler)

Search for Life Beyond the Solar System: Exoplanets, Biosignatures & Instruments, Tucson, Arizona, USA, 16.–21. März (Kaltenegger)

Gaia and the unseen. The brown dwarf question, Torino, 24.–26. März (Bailer-Jones)

2nd Heidelberg-Oxford Milky Way workshop, Oxford, UK, 31. März–2. April (Rix)

LINC-NIRVANA Consortium Meeting, INAF Arcetri, Villa Galileo, 9.–10. Apr. (Kürster)

MPIA External Retreat, Asselheim, 12.–13. Mai (Jäger, Henning, Rix, Berner, Bader)

Herschel/PACS Photometer Working Group Meeting, KUL Leuven, Belgium, 14. Mai (Nielbock)

The Early Phase of Star Formation (EPOS) 2014, Schloss Ringberg, 1.- 6. Juni (Steinacker, Henning, Beuther, Linz, Nielbock, Ragan, Feng, Bihr)

Member of scientific organizing committee for the conference, Physics of Evolved Stars 2015, 8.–12. Juni (Leinert)

Pan-STARRS1 collaboration meeting, STScI, Baltimore, USA, 23.–26. Juni (Martin)

Astrophysical calibration of Gaia and other surveys, Schloss Ringberg, 7.–11. Juli (Bailer-Jones, Rix, Smith)

Grain-Surface Networks and Data for Astrochemistry, Leiden, NL, 28. Juli–1. Aug. (Semenov)

Galactic Surveys and Suburbs workshop, Cambridge, UK, 28.–31. Aug. (Bergemann)

Joseph von Fraunhofer – Der Ehrendoktor kam aus Erlangen, Arbeitskreis Astronomiegeschichte in der Astronomischen Gesellschaft, Bamberg, 22. Sep. (Lemke)

Frontiers of Stellar Structure and Evolution Heidelberg, IMPRS Summer School 22.–26. Sep. (Fendt)

The Variable Sky: from Tiny Variations to Big Explosions, Tagung der AG, Bamberg, 22.–26. Sep. (Jäger)

Public Outreach in der Astronomie, Bamberg, 24. Sep. (Jäger, Pössel)

Conference workshop: Accretion and Outflows throughout the scales: from young stellar objects to AGNs, Lyon, 1.–3. Okt.(Fendt)

Grenoble-Heidelberg Meeting on Star Formation, Schloss Ringberg 12.–15. Okt. (Henning)

ISM-SPP Summer School 2014 - Laboratory Astrophysic, Tabarz, 13.–17. Okt. (Henning, C. Jäger, Rouillé)

ISM-SPP Workshop 2014 - Laboratory Astrophysics, Tabarz, 16.–18. Okt. (Henning, C. Jäger, Rouillé)

Gaia DPAC CU8 plenary meeting, Torino, 6.–7. Nov. (Coryn Bailer-Jones)

MPIA-AIP Milky Way & Local Volume Meeting, Leibniz Institute for Astrophysics, Potsdam 11.–12. Nov. (Ho)

PSF Retreat, Kloster Schöntal, 12.–14. Nov. (van Boekel, Scheithauer, Berner)

Getting ready for Planetology beyond the Solar System, Schloss Ringberg, 17.–21. Nov. (Mordasini, Miguel, Klahr, Kaltenegger)

International Santander summer school: Reaching the limits of the sky: astronomical instrumentation in the 21st century, Santiago de Chile, 17.–28. Nov. (Henning, Gredel)

The Milky Way unravelled by Gaia: GREAT Science from the Gaia data releases, Barcelona, 1.–5. Dez. (Bailer-Jones, Ho)

Herschel/PACS Photometer Working Group Meeting, MPE Garching, 2. Dez. (Nielbock)

The quest for Dark Energy II, Schloss Ringberg, 14.–19. Dez. (Macciò, Penzo)

Eingeladene Vorträge, Kolloquien:

Fabrizio Arrigoni Battaia: ETH, Zürich, Schweiz, 27. Nov. (Vortrag); FLASH Seminar, UCSC, Santa Cruz, CA, USA, 14. Nov. (Kolloquium)

Tri L. Astraatmadja: Conference on Theoretical Physics and Nonlinear Phenomena (CTPNP): Neutrinos from GRBs and their detection with The ANTARES Neutrino Telescope, Universitas Sebelas Maret (UNS), Surakarta, Indonesien, 15. Feb. (Vortrag); Department of Physics, Universitas Gadjah Mada (UGM): High-energy astrophysics and multi-messenger astronomy, Jogjakarta, Indonesien, 18. Feb. (Kolloquium)

Coryn Bailer-Jones: Gaia Challenge 2, HdA, MPIA, Okt. (Vortrag)

Maria Bergemann: Astrophysical calibration of Gaia and other surveys, Schloss Ringberg, 7.–11. Juli (Vortrag); Frontiers of Stellar Structure and Evolution, Heidelberg, 22.–26. Sep. (Vortrag); RASPUTIN: Resolved and unresolved stellar populations, Garching, 13.–17. Okt. (Vortrag); Gaia Challenge 2, Workshop,

Heidelberg, 27.–31. Okt. (Vortrag); Königstuhl Colloquium, MPIA, 7. Nov. (Kolloquium)

Yan Betremieux: Exoplanets with JWST-MIRI: Effects of atmospheric refraction on exoplanet transmission spectra, HdA, MPIA, Heidelberg, 22. Sep. (Vortrag); German-Japanese meeting on planet formation, detection, and characterization: What role does exoatmospheric refraction play on exoplanet transmission spectra, HdA, MPIA, Heidelberg, 6. Nov. (Vortrag)

Henrik Beuther: Science with the Atacama Pathfinder Experiment: The carbon budget and formation signatures of molecular clouds at, Schloss Ringberg, Jan. (Vortrag); EPOS2014, Invited discussion lead about molecular clouds and turbulence, Schloss Ringberg, Juni (Vortrag); Chemical disgnaostics in the ALMA/NOEMA era: Chemistry in high-mass star formation, HdA, Juli (Vortrag); Galactic and extragalactic star formation: The HI/OH/Recombination line survey of the Milky Way, Marseille, Frankreich, Sep. (Vortrag); From Milky Way to small-scale structure: High-mass star formation, ETH, Zürich, Schweiz, März (Kolloquium); Prospects and future of observational ISM studies ISP-SPP school, Freising, Mai (Kolloquium); Sternentstehung in der Milchstraße, Physikkolloquium an der Universität Mannheim, Dez. (Kolloquium)

Wolfgang Brandner: MODEST 14: The dance of stars: dense stellar systems from infant to old, Bad Honnef, 2.–6. Juni (Vortrag); Exoplanets with JWST – MIRI, Heidelberg, 22.–25. Sep. (Vortrag); German-Japanese Exoplanet Conference, Heidelberg, 5.–7. Nov. (Vortrag); HIRES2014: Astronomy at High Angular Resolution, Garching, 24.–28. Nov. (Vortrag)

Roberto Decarli: 100th National Conference of the Italian Physics Society, Pisa, Italien, 22.–26. Sep. (Vortrag); Role of Hydrogen in the Evolution of Galaxies, Kuching, Malaysia, 15.–19. Sep. (Vortrag); Albert Einstein Institut, Golm, 17. Juni (Vortrag); Osservatorio Astronomico di Bologna, Italien, 17. Apr. (Vortrag)

Aaron Dutton: Galaxy Masses as Constraints to Formation Models: Scaling relations of late-type galaxies, Oxford, Großbritannien, Juli (Review); Quenching and Quiescence, The Stellar Initial Mass Function of Massive Galaxies, Heidelberg, Juli

Nikos Fanidakis: SAM models and hydrodynamic simulations, Marseille, Frankreich, Juni (Vortrag); MPIA-MPA Theory Workshop, Heidelberg, Juni (Vortrag); Quenching and Quiescence, Heidelberg, Juli (Vortrag); Clustering Measurements of AGN, ESO, Garching, Juli (Vortrag); Konferenz AGN vs. SF, Durham, Großbritannien, Juli (Vortrag); ESO, Garching, März (Kolloquium); Durham University, Durham, Großbritannien, Apr. (Kolloquium); Universität Zürich, Schweiz, (Kolloquium); AIP, Potsdam, Okt. (Kolloquium)

Christian Fendt: ISSI Workshop, The Strongest Magnetic Fields in the Universe, International Space Science Institute (ISSI), Bern, Schweiz, 3.–7. Feb. (Vortrag); The early phase of star formation (EPoS), Schloss Ringberg, 1.–6. Juni (Vortrag); Conference workshop, Accretion and Outflows throughout the scales: from young stellar objects to AGNs, Ecole Normale Superieure de Lyon, Frankreich, 1.–3. Okt. (Vortrag)

Carl Ferkinhoff: MPIA, Heidelberg, 30. Mai (Kolloquium)

Daniele Fulvio: Summer school »Laboratory Astrophysics«: Radiation-Induced Processing at the Interface Ice/Dust Grains, Tabarz, 13.–16. Okt. (Tutorial); The conundrum of the missing silicon carbide (SiC), Laboratory for Experimental Astrophysics Group in Catania, INAF – OACT, Italien, 3. Sep. (Vortrag); A straightforward method for VUV flux measurements: The case of the H2 discharge lamp and implications for solid-phase actinometry, Laboratory for Experimental Astrophysics Group in Catania, INAF – OACT, Italien, 1. Sep. (Vortrag)

Roland Gredel: C60 and its relation to the diffuse interstellar bands, Institut für Festkörperphysik, Jena, 13. Feb. (Vortrag); Lowell Observatory, Flagstaff, Arizona, USA: The mystery of the diffuse interstellar bands, 26. März (Vortrag); ISM-SPP summer school on laboratory astrophysics: The interstellar gas phase, Tabarz, 14. Okt. (Vortrag); The European Extremely Large Telescope, Santander School, Santiago de Chile, Chile, 18. Nov. (Vortrag)

Thomas Henning: ESO, Santiago de Chile, 6. Feb. (Kolloquium); Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, 13. März (Kolloquium); Pontifica Universidad Católica, Santiago de Chile, Chile, 1. Apr. (Kolloquium); Herbig Ae/Be Stars, Santiago de Chile, Chile, 7.–11. Apr. (Vortrag); Universidad de Valparaiso, Chile, Chile, 15. Apr. (Kolloquium); Early Phases of Star Formation, Schloss Ringberg, 2.–6. Juni (Vortrag); Harvard-Heidelberg Meeting, Heidelberg, 23.–26. Juni (Vortrag); JWST GTO Team Meeting, Baltimore, Maryland, USA, 6.–7. Aug. (Vortrag); MPIA / IPAG, Grenoble Heidelberg Meeting, Schloss Ringberg, 12.–15. Okt (Vortrag); Marker Lectures Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA, 20.–23. Okt. (Vortrag); Symposium, Santander Summer School on Astronomical Instrumentation, Santiago de Chile, Chile, 27.–28. Nov. (Vortrag)

Tom Herbst: Reaching the Limits of the Infrared Sky, Santander Summer School, Santiago de Chile, Chile, 18. Nov. (Vortrag); Natural Limits to Infrared Observations Sky, Santander Summer School, Santiago de Chile, Chile, 19. Nov. (Vortrag); Infrared Telescopes, Instrumentation, and Detectors Sky, Santander Summer School, Santiago de Chile, Chile, 19. Nov. (Vortrag); High Spatial Resolution Astrophysics with LINC-NIRVANA, Santander Summer School, Santiago de Chile, Chile, 24. Nov. (Vortrag)

Stefan Hippler: Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, China, 8. Mai (Vortrag); Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai, China, 3. Dez. (Vortrag)

Cornelia Jäger: Cosmic dust in the laboratory: From Molecules to Solids, International Workshop on Astromineralogy II, Research Center for Astronomy and Earth Sciences, Budapest, Ungarn, 29.–30. Sep. (Vortrag); Viki Joergens: European Southern Observatory, Garching, 14. Okt. (Kolloquium); Arcetri Observatory, Florenz, Italien, 22. Mai (Kolloquium); German-Japanese Meeting on Planet Formation, Detection and Characterization, MPIA/HdA, Heidelberg, 4.–7. Nov. (Vortrag)

Hubert Klahr: Exo-planets and Planetology: Planetesimal Formation, Schloss Ringberg, Nov. (Vortrag); Workshop III: Geophysical and Astrophysical Turbulence, Linear stability of accretion disks under the influence of stratification and thermal relaxation, IPAM, UCLA, Kalifornien, USA, Okt. (Vortrag); Planet Formation and Evolution 2014: Planet-Disk interaction, Universität Kiel, Sep. (Übersichtsvortrag); Non-ideal MHD, Stability, and Dissipation in Protoplanetary Disks: Linear stability of accretion disks under the influence of stratification and thermal relaxation, Niels Bohr Institut, Kopenhagen, Dänemark, Aug. (Vortrag); From the MRI to the Sun: a conference to celebrate the 60th birthday of Steven

Balbus, Hydrodynamic Stability of Disks, Chamonix, Frankreich, Juli (Vortrag); Zonal Flows and Vortices in Circumstellar Disks: The Formation of Planetesimals in Starving Mode, ITC, Harvard, Mai (Kolloquium); The Formation of Planetesimals in Starving Mode: Zonal Flows and Vortices in Circumstellar Disks, Schloss Ringberg, Nov. (Vortrag)

Zonal Flows and Vortices in Circumstellar Disks: The Formation of Planetesimals in Starving Mode, University of Michigan, März (Kolloquium); Zonal Flows and Vortices in Circumstellar Disks: The Formation of Planetesimals in Starving Mode, University of Chicago, März (Kolloquium); From nucleosynthesis to first planets, Michigan State University, März (Kolloquium)

Rainer Köhler: Infrared Interferometry of Young Stars and their Disks, Hamburger Sternwarte, 3. Sep. (Kolloquium)

Christine Maria Köpferl: Reality Check: Gauging techniques which trace star formation, MPA, München: 3. Dez. (Vortrag)

Serge A. Krasnokutski: Summer school Laboratory Astrophysics: Cryochemistry in the Inert and Interstellar Media, Tabarz, 13.–16. Okt. (Tutorial)

Oliver Krause: Far-Infrared Interferometer Workshop: The JWST-MIRI instrument, Rom, Italien, 17.–18. Feb. (Vortrag)

Kathryn Kreckel: The Zeldovich Universe: Genesis and Growth of the Cosmic Web, Tallinn, Estland, 23.–28. Juni (Vortrag); 3D2014: Gas and stars in galaxies: A multi-wavelength 3D perspective, Garching, 10.–14. März (Vortrag)

Rolf Kuiper: Fire Down Below – The Impact of Feedback on Star and Galaxy Formation, Kavli Institute for Theoretical Physics, Santa Barbara, Kalifornien, USA, 17. Apr. (Vortrag)

Khee-Gan Lee: Intergalactic Matters, MPIA, Heidelberg, 16.–20. Juni (Vortrag); Exploiting VST Atlas and its Sister Surveys, Durham, Großbritannien, 14.–16. Apr. (Vortrag)

Dietrich Lemke: Max Wolf – Stammvater der Heidelberger Astronomie, Planetarium Mannheim, 15. Jan. (Vortrag); Max Wolf – Wegbereiter der Himmelsfotografie und Stammvater der Heidelberger Astronomie, Sternwarte Starkenburg, Heppenheim, 9. Dez. (Vortrag); Kleinplanetentagung: Max Wolf und die Heidelberger Astronomie-Geschichte, MPIA/HdA, Heidelberg, 14. Juni (Kolloquium)

Hendrik Linz: Cosmic Dust – An Observer's Tale, ISM-SPP School, Laboratory Astrophysics, Tabartz, 13.–17. Okt. (Vortrag)

Luigi Mancini: Towards Other Earths II: The Star-Planet Connection: Photometric follow-up of transiting exoplanets with ground-based medium-class telescopes, Oporto, Portugal, 15.–19. Sep. (Vortrag); Exoplanets with JWST – MIRI: Studying transiting exoplanets with ground-based medium-class telecopes, MPIA/HdA, Heidelberg, 22.–25. Sep. (Vortrag); 5th GAPS Progress Meeting: Photometric follow-up of planetary transits from Loiano and Calar Alto, Astronomical Observatory of Capodimonte, Napoli, Italien, 22.–24. Okt. (Vortrag); Exo-Planets and their Formation: Photometric follow-ups of transiting exoplanets with ground-based medium-class telecopes, MPIA/HdA, Heidelberg, 4.–7. Nov. (Vortrag); Getting ready for Planetology beyond the Solar System: Accurate properties of extrasolar planets from observations of transit events, Schloss Ringberg, 17.–11. Nov. (Vortrag); Astrophysical Observatory of Turin, Accurate characterisation of transiting exoplanets by photometric follow-up observations, Turin, Italien, 27. Nov. (Kolloquium)

Gabriel-Dominique Marleau: Planet Formation and Evolution 2014: Population synthesis, Kiel, 8.–10. Sep.

Marie Martig: Quenching and Quiescence, Heidelberg, 14.–18. Juli (Vortrag); Decoding the Assembly History of Galaxies, Leiden, 20.–24. Okt. (Vortrag); AIP, Potsdam, 8. Apr. (Kolloquium)

Nicolas Martin: University of Irvine, Irvine, USA, 11. Feb. (Kolloquium); IRAM & LAOG, Grenoble, Frankreich, 24. Apr. (Kolloquium); Observatoire de la Côte d'Azur, Nizza, Frankreich, 1. Juli (Kolloquium); Institute of Astronomy, Cambridge, Großbritannien, 3. Sep. (Kolloquium); Observatoire de Besançon, Besançon, Frankreich, 16. Sep. (Kolloquium); Gutenberg Astrophysics workshop & winter school, ècole, Straßburg, Frankreich, 14. Jan. (Vortrag); Journèes Grands Relevès PNCG, Paris, Frankreich, 28. Apr. (Vortrag); Atelier NSLS aux journèes de la SF2A, Paris, Frankreich, 2. Juni (Vortrag); Pan-STARRS1 Science Consortium meeting, Baltimore, USA, 25. Juni (Vortrag); 11th Potsdam thinkshop: Satellite galaxies and dwarfs in the Local Group, 25. Aug. (Vortrag); Journèes Nationales du PNCG, Paris, Frankreich, 26. Nov. (Vortrag); Sharon E. Meidt: Keck Institute for Space Studies workshop, Bridging the Gap, California Institute of Technology, Pasadena, CA, Nov. (Vortrag); The Role of Hydrogen in Galaxy Evolution, Kuching, Malaysia, Sep. (Vortrag); 3rd annual MPIA summer conference, Quenching and Quiescence, Heidelberg, Juli (Vortrag); European Week of Astronomy and Space Science (EWASS) 2014, Submm astronomy in the ALMA era, Genf, Schweiz, Juni (Vortrag); Heidelberg-Harvard 2014 workshop, Star Formation: data, models and visualization, MPIA, Heidelberg, Mai (Vortrag); Paul Mollière: Towards Other Earths II: The Star-Planet Connection conference in Porto: Models of Planet Formation, Portugal, 18. Sep. (Vortrag); Linking the planetß formation history to its present-day composition, The Disk in Relation to the Formation of Planets and their Protoatmospheres, ISSI-BJ/ISSI workshop in Beijing, China, 26. Aug. (Vortrag)

Melissa Ness: SDSS Collaboration Meetings, Park City, Utah, USA from 26.–30. Juli (Kolloquium); LAM, Marseille, Frankreich, 14. März; UCLAN, Großbritannien, 29. Jan. (Kolloquium)

Nadine Neumayer: The Unquiet Universe: Nuclear star clusters and black holes, Cefalù, Italien, 5.–8. Juni (Vortrag); Lorentz Centre workshop, Nuclear Clusters in Galaxies: Black Holes in Nuclear Star Custers, Leiden, 30. Juni–4. Juli (Vortrag); Heidelberg Joint Astronomical Colloquium, Universität Heidelberg, 4. Nov. (Kolloquium)

Johan Olofsson: Cosmic Dust, Sangyo University, Osaka, Japan, 4.–8. Aug. (Vortrag)

Camilla Penzo: Paris Observatory, Meudon, Frankreich, 27. Nov. (Vortrag)

Hans-Walter Rix: PanSTARRS maps the Milky Way, AIP Conference on the Local Group, 25. Aug. (Vortrag); Towards Estimating Stellar Ages, Ringberg Workshop in Precision Stellar Measuremens in the Age of Gaia, 20. Juli (Vortrag); Dynamical Modelling of the Galactic Disk, Gaia Conference, Barcelona, Spanien, 4. Dez. (Vortrag); The Assembly of the Milky Way, IPP, Garching, 14. März (Kolloquium); The Galactic Disk, Seminar Cambridge, 17. Nov. (Kolloquium)

Gael Rouillé: Summer school Laboratory Astrophysics: Molecules and UV/vis Photons – From the ISM to the Laboratory, Tabarz, 13.–16. Okt. (Tutorial); Formation of silicates in the interstellar medium: Laboratory experiments Seminaires du Laboratoire

d'Astrophysique de Bordeaux, Observatoire de Bordeaux, France, 20. Apr. (Seminar)

Eva Schinnerer: Impact of Galactic Structure on Star Formation, Sapporo, Japan, Feb. (Vortrag); Leiden Observatory, Leiden, Niederlande (Kolloquium); ESO/MPE/MPA, ESO, Garching (Kolloquium); Symposium Galaxies in 3D across the universe, Wien, Österreich, Juli (Vortrag); AG Tagung, Splinter Meeting »LOFAR & SKA Science«, Bamberg, Sep. (Vortrag)

Eddie Schlafly: Dust with Gaia, Schloss Ringberg, 10. Juli (Vortrag)

Dmitry Semenov: Ural Federal State University, Astronomy Department, Yekaterinburg, Russlland, 27. Mai (Kolloquium); SRON, Groningen, Niederlande, 18. Juni (Kolloquium); Grain-Surface Networks and Data for Astrochemistry, Leiden, Niederlande, 28. Juli (Vortrag)

Robert Singh: Quenching and Quiescence, MPIA, Heidelberg, 17. Juli (Vortrag)

Kester Smith: Astrophysical calibration of Gaia and other surveys (GaiaCal 2014): Apsis: the Gaia astrophysical parameter inference system, Schloss Ringberg, 7.–11. Juli (Vortrag)

Jürgen Steinacker: The Early Phase of Star Formation, Schloss Ringberg, 5. Juni (Vortrag)

Jonathan Stern: Nicolaus Copernicus Astronomical Center, Warschau. Polen, 3. Dez. (Kolloquium); Observatoire astronomique de Straßburg, Frankreich, 5. Dez. (Kolloquium)

Greg Stinson: From Dark Matter to Galaxies, Xiän, China, Mai (Vortrag); Driving Galactic Outflows in Simulations, Simons Workshop on Galactic Outflows, Puerto Rico, März (Vortrag); Astrophysics Seminar, University of Washington, Washington, USA, Dez. (Kolloquium); Astrophysics Seminar, University of Utah, Salt Lake City, Utah, Dez. (Kolloquium); Lunch Talk, Carnegie Observatories, Pasadena, Kalifornien, Dez. (Kolloquium); Center for Astrophysics and Space Science Seminar, UC San Diego, Kalifornien, USA, Dez. (Kolloquium); Astrophysics Seminar, UC Irvine, Kalifornien, USA, Dez. (Kolloquium); FLASH Lunch Talk, UC Santa Cruz, Kalifornien, USA, Dez. (Kolloquium); Theoretical Astrophysics Center Lunch talk, UC Berkeley, Kalifornien, USA, Dez. (Kolloquium); University of Massachusetts, Amherst, USA, Okt. (Kolloquium); YCAA Seminar, Yale University, New Haven, Connecticut, USA, Okt. (Kolloquium); Astronomy Seminar, Boston University, Boston, Massachusetts, Okt. (Kolloquium); Astrophysics Seminar, Columbia University, New York, New York, Okt. (Kolloquium); Astro Tuesdays, Rutgers University, Newark, New Jersey, Okt. (Kolloquium); Königstuhl Colloquium, MPIA, Aug. (Kolloquium); Galaxy Seminar, Oxford University, Oxford, Großbritannien, Juni (Kolloquium); Monday Afternoon Seminar, University of Exeter, Großbritannien, Juni (Kolloquium); Friday Afternoon Seminar, Royal Observatory, Edinburgh, Großbritannien, Juni (Kolloquium); Amelia Stutz: Sexten Meeting: Mass assembly from clouds to clusters, Sexten, Italien, 7.–11. Juli (Vortrag)

Richard Teague: Chemical Diagnostics of Star and Planet Formation with ALMA Cycle 3, MPE, Garching, 13.–15. Jan. (Vortrag)

Roy van Boekel: Herbig AeBe stars – the missing link in star formation: Dust processing in Herbig Ae star disks, Santiago de Chile, Chile, 7.–11. Apr. (Vortrag), Spectral diagnostics of formation history in hot Jupiter atmospheres, Nanjing University, China, 15. Mai (Kolloquium)

Glenn van de Ven: IAU symposium 309, Galaxies in 3D across the Universe, Wien, Österreich, Juli (Vortrag); Nuclear Clusters in Galaxies, and the Role of the Environment, Lorentz Center, Leiden, Niederlande, Juli (Vortrag); University of Straßburg, Straßburg, Frankreich, Apr. (Kolloquium); 3D2014: Gas and stars in galaxies: A multi-wavelength 3D perspective, ESO, Garching, März (Vortrag); Max-Planck-Institut für Kernphysics (MPIK), Heidelberg, Jan. (Kolloquium)

Arjen van der Wel: Marie Curie INT DAGAL/S4G meeting, Leiden Observatory, Niederlande, 20.–24. Okt. (Vortrag); Quenching and Quiescent, MPIA, Heidelberg, 14.–18. Juli (Vortrag)

Fabian Walter: The Formation and Growth of Galaxies in the Young Universe, Obergurgl, 29. Apr. (Vortrag); Edinburgh, Großbritannien, 22. Jan. (Kolloquium); The first billion years of galaxies and black holes, Sexten, Italien, 1. Juni (Vortrag); Hertforshire, Großbritannien, 3. Dez. (Kolloquium)

Gabor Worseck: Intergalactic Matters, MPIA, Heidelberg, 16.–20. Juni (Vortrag); Exploiting VST Atlas and its Sister Surveys, Durham, Großbritannien, 14.–16. Apr. (Vortrag)

Svitlana Zhukovska: SFB 956, Physikalische Institute, Köln, 6. Okt. (Kolloquium); Invited Lecture at KROME summer school, Göttingen, 19. Sep. (Vortrag); Iowa State University, Ames, Iowa, USA, 9. Mai (Kolloquium)

Vortragsreihen:

Coryn Bailer-Jones: Summer School in Statistics for Astronomers IX, Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA, 3.–7. Juni

Wolfgang Brandner: Exoplaneten (Lehrerfortbildung), Sternwarte Sonneberg, Germany, 16.–17. Sep.

Populärwissenschaftliche Vorträge:

Coryn Bailer-Jones: Gaia Live Event, Hebel Gymnasium, Schwetzingen, März

Roland Gredel: Homenaje a Dr. Kurt Birkle, Escuela Municipal de Musica y Artes, Almeria, Spanien, 28. Mai

Richard Hanson: ESA GaiaLive in Schools, Hebel-Gymnasium Schwetzingen, 25. März

Thomas Henning: Penn State University, 21. Okt.; Sternwarte Starkenburg, Heppenheim, Okt.; Planetarium, Santiago de Chile, 26. Nov.

Tom Herbst: From Galileo to the European ELT: Building the Biggest Telescope in the World, MPIA Heidelberg, 7. Mai

Stefan Hippler: Der scharfe Blick ins Universum. Laser und Adaptive Optik ermöglichen glasklare Sicht ins All. Robert-Mayer-Sternwarte, Heilbronn, 24. Jan.; Der scharfe Blick ins Universum. Laser und Adaptive Optik ermöglichen glasklare Sicht ins All. Planetarium Mannheim, 19. März; Das Europäische Extremely Large Telescope und seine »Ersten« Instrumentierungen. Print Media Academy, Heidelberg, 15. Okt.

Klaus Jäger: GirlsDay: Der Himmel im Computer zuhause – Virtuelle Planetarien, MPIA/HdA, 27. März.; Science at MPIA, International Summer Science School Heidelberg, MPIA/HdA, Heidelberg, 31. Juni; Science at MPIA, International Conference of Physics Students Heidelberg, MPIA/HdA, Heidelberg, 15. Aug.; Das Unsichtbare sichtbar machen – Highlights aus der (Heidelberger) Trickkiste astronomischer Beobachtungen, Tagung der Vorstände der Volksbanken, MPIA/HdA, Heidelberg, 6. Sep.; Welche Bedeutung hat die Astronomie?, Festrede zum 100-jährigen Jubiläum der Robert-Mayer-Sternwarte Heilbronn, Bildungscampus Heilbronn, 19. Sep.;

Scharfblick, Weitsicht, Zeitmaschine – 400 Jahre Astronomie mit dem Fernrohr, Festvortrag zum 100-jährigen Jubiläum der Robert-Mayer-Sternwarte Heilbronn, Bildungscampus Heilbronn, 19. Sep.; Wissenschaft am MPIA, Tagung der Fachkräfte für Arbeitssicherheit, MPIA/HdA, 30. Sep.; Die Vermessung der Welt – Wie Astronomen Entfernungen im All bestimmen, Pfalzmuseum für Naturkunde, Bad Dürkheim, 2. Okt; Galaxien und Terabytes – Astronomie mit modernen Großteleskopen, Schülerpraktikum Astronomie (SchüPA) 2014, HdA/MPIA, 20. Okt.; Der lange Weg zu den Galaxien – Entfernungsbestimmung in der Astronomie, Universität Göttingen, Förderkreis Planetarium Göttingen, 21. Okt.

Knud Jahnke: Schwarze Löcher, Haus der Astronomie, Heidelberg, Okt.; Structure formation in the Universe since the Big Bang: an introduction, Japanese-German Frontiers of Science Symposium, Bremen, Nov.; Der Stand der Dinge: Galaxien 2014, Haus der Astronomie, Heidelberg, 13. Nov.

Viki Joergens: Wie entstehen freifliegende Planeten und Braune Zwerge?, Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, Stuttgart, Germany, 19. März

Hubert Klahr: Astronomie am Sonntag Vormittag: Die Geburt der Planeten: Neueste Erkenntnisse zur Entstehung von Planetensystem, HdA/MPIA, Sep.; LeLa-Jahrestagung: Auf der Suche nach der zweiten Erde, Heidelberg, März

Christine Maria Köpferl: Augustinum Heidelberg: More than just a glimpse to the stars, HdA

Oliver Krause: Das James-Webb-Weltraumteleskop: Ein neues Fenster zum infraroten Kosmos, Planetarium Laupheim, 23. Mai

Martin Kürster: Wie groß ist das Universum?, Planetarium Mannheim, 1. Okt.

Ralf Launhardt: Das wechselhafte Leben der Sterne, HdA, 21. März und 29. Apr.; Der Lebensweg der Sterne, Rüsselsheimer Sternfreunde, Rüsselsheim, 17. Okt.

Dietrich Lemke: Joseph von Fraunhofer – Der Ehrendoktor kam aus Erlangen, Arbeitskreis Astronomiegeschichte in der Astronomischen Gesellschaft, Bamberg, 22. Sep.

Hendrik Linz: Von Herschel zu James Webb: Weltraumteleskope heute und morgen, Lehrerfortbildung Astronomie, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 21.–23. Juli

Nadine Neumayer: Wissenschaft für jedermann: Giganten der Schwerkraft: Schwarze Loecher in den Zentren von Galaxien, Deutsches Museum, München, Feb.

Markus Nielbock: Kalte und dunkle Kinderstuben im All, Erkenntnisse des Weltraumteleskops Herschel; Über die Geburt der Sterne, Westfälische Volkssternwarte und Planetarium Recklinghausen, 12. Feb.; Faszination Astronomie, Dunkelwolken – Frostige Kinderstuben der Sterne, HdA, Heidelberg, 11. Sep. (Vortrag)

Hans-Walter Rix: Wie baut man eine Milchstraße? Volkssternwarte Darmstadt, 22. März; Wie das Universum interessant wurde. Schülerakademie, Regensburg, 26. Sep.

Fabian Walter: ALMA, HdA, 9. Mai; ALMA: Neue Einblicke in das dunkle Universum, Fachhochschule Mannheim, 21. März

VI. 5 Lehre und Service

Lehrveranstaltungen

Wintersemester 2013/2014:

Fabrizio Arrigoni Battaia: F30 Stellare CCD-Photometrie (Übungen)

Tri L. Astraatmadja: High-energy astrophysics and multimessenger astronomy, School of Advanced Physics, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta, Indonesia (Fortgeschrittenenseminar)

Coryn Bailer-Jones: Experimental Physics 3 (Bachelor-Kurs)

Maria Bergemann: Experimental Physics 1 (PEP1) (Übungen)

Maria Bergemann: Topics in Modern Astrophysics, University of Cambridge (Übungen)

Henrik Beuther: Einführung in die Astronomie und Astrophysik I (Vorlesung)

Henrik Beuther: Königstuhl Colloquium (Colloquium)

Christian Fendt: Einführung in die Astronomie und Astrophysik I, Universität Heidelberg (Vorlesung)

Christian Fendt: Current research topics (IMPRS 1) (Oberseminar)

Th. Henning: Physics of Star Formation (Oberseminar)

Anna Ho: Introduction to Cosmology. Hands-On Science! MIT Educational Studies Program (Kurs zusammen mit Camilla Penzo)

Cornelia Jäger: Laboratory Astrophysics (Seminar, zusammen mit H. Mutschke, University Jena, Institute of Solid State Physics)

Knud Jahnke: Planeten- und Sternentstehung, (Bachelor-Pflichtseminar zusammen mit Kees Dullemond (ZAH/ITA))

Viki Joergens: Übungen zur Experimentalphysik 1, Klassische Mechanik (Übungen)

Hubert Klahr: Fundamentals of Simulation Methods (Vorlesung mit K. Dullemond, ZAH/ITA)

Hubert Klahr, Coryn Bailer-Jones: Introduction to Astronomy and Astrophysics III (Seminar)

Hubert Klahr: UKNum – Lecture and Lab-work on numerical Physics (Vorlesung mit Übungen)

Andrea Macciò: Galaxies (Vorlesung, zusammen mit Glenn van de Ven)

Andrea Macciò: Galaxy formation (Vorlesung)

Klaus Meisenheimer: IMPRS (Seminar)

Dmitry Semenov: Molecular Astrophysics: from Theory to Lab to Observations (Vorlesungsreihe)

Glenn van de Ven, Andrea Macciò: Galaxies (Blockkurs und Übungen)

Michael Walther: Cosmology (Übungen)

Sommersemester 2014

Coryn Bailer-Jones: Experimentalphysik 2 (Bachelor-Kurs)

Henrik Beuther: Einführung in die Astronomie und Astrophysik III (Bachelor-Seminar)

Henrik Beuther: Königstuhl Colloquium (Colloquium)

Christian Fendt, Glenn van de Ven, Joe Hennawi: IMPRS Seminar 2 (Seminar)

Christian Fendt: Current research topics (IMPRS 1) (Seminar)

Christian Fendt: Übungen zur Experimentalphysik II (Übungen)

Th. Henning: Physics of Star Formation (Oberseminar)
Cornelia Jäger: Laboratory Astrophysics (Vorlesung mit Übungen, zusammen mit H. Mutschke, H. Walter, University Jena, Institute of Solid State Physics)
Knud Jahnke, Hans-Walter Rix: Einführung in die Astronomie und Astrophysik II (Vorlesung)
Viki Joergens: Ultracool objects (Master-Pflichtseminar)
Glenn van de Ven: Unsere Milchstraße und Galaxien (Pflichtseminar zusammen mit Andreas Just (ZAH/ARI))
Christine Maria Köpferl: Python for Scientists (Übungen)
Klaus Meisenheimer: Übungsgruppe für PEP2 (Übungen)
Reinhard Mundt: Einführung in die Astronomie und Astrophysik III (Vorlesung)
Thomas Robitaille: Programming for Scientists (Blockkurs)

Wintersemester 2014/2015

Knud Jahnke: Galaxienhaufen (Bachelor-Pflichtseminar, zusammen mit Thorsten Lisker (ZAH/ARI))
Coryn Bailer-Jones: Introduction to Astronomy & Astrophysics 3 (Bachelor-Pflichtseminar)
Henrik Beuther: Königstuhl Colloquium (Colloquium)
Henrik Beuther: Protostars and Planets (Masterseminar)
Christian Fendt: Current research topics (IMPRS 1) (Oberseminar)
Christian Fendt: Übungen zur Experimentalphysik I (Übungen)
Th. Henning: Physics of Star Formation (Oberseminar)
Cornelia Jäger: »Processing of grains« und »Synthesis of cosmic dust analogs and Processing of grains«, summer school »Laboratory Astrophysics«, Tabarz, 13.–16. Okt. (Blockseminare)
Viki Joergens, Henrik Beuther: Protostars and Planets (Master-Pflichtseminar)
Christine Maria Köpferl: Python for Scientists (Übungen)
Andrea Macciò: Galaxy formation (Vorlesung)
Klaus Meisenheimer: IMPRS (Seminar)
Klaus Meisenheimer: Heraeus School, Padua (Blockvorlesung)
Paul Mollière: Fundamentals of Simulation Methods (Übungen)
Thomas Robitaille: Programming for Scientists (Blockkurs)
Dmitry Semenov: Kleine Körper des Sonnensystems (Master-Pflichtseminar)
Athanasia Tsatsi: Astro Lab (Übungen)
Glenn van de Ven, Andrea Macciò: Galaxies (Blockkurs mit Übungen)
Glenn van de Ven, Elisabete da Cunha, Fabrizio Arrigoni Battaia: Galaxy Coffee (Seminar)
Michael Walther: Cosmology (Übungen)

Mitarbeit in Gremien

Coryn Bailer-Jones: Astrophysical Parameters (CU8) in the Gaia Data Processing and Analysis Consortium (Manager des Subkonsortiums); Gaia Data Processing and Analysis Consortium Executive (Mitglied)
Maria Bergemann: Panel D of the ESO OPC for P95 (Mitglied)
Henrik Beuther: IRAM program committee (Vorsitzender des Galactic Panel); APEX program committee (Mitglied); German SOFIA Science Working Group (Mitglied)
Wolfgang Brandner: SPHERE Editorial Board (Mitglied), PS1 Scientific Council (Mitglied), Hungarian Scientific Research Fund (OTKA) (Mitglied), European Commission (FP7, Horizon 2020) (Mitglied), ESO OPC (Leiter 2012–2014)
Christian Fendt: DAAD-Auswahlkomission »Programm zur Förderung ausländischer Doktoranden« (Mitglied), L'Agence Nationale de la Recherche (ANR) (Gutachter), Alexander von Humbolt Stiftung (Gutachter), IUF – Institut universitaire de France (Gutachter)
Bertrand Goldman: Science Policy Oversight Committee of the PanSTARRS1 consortium (Vorsitzender)
Roland Gredel: ELT Project Science Team (Mitglied); CTA site selection committee (Mitglied), LBT scientific advisory committee (Mitglied), Opticon board (Vorsitzender)
Thomas Henning: Vorsitzender des Astronomy Panel der Akademie Leopoldina; ESO Council (Mitglied); Fachbeirat der Thüringer Landessternwarte Tautenburg (Mitglied); Fachbeirat des Hungarian Research Centre for Astronomy and Earth Sciences (Mitglied); Komitee des Stern-Gerlach-Preises der DPG (Mitglied); Direktor-Berufungskomitee des MPE (Mitglied); Auswahlkomitee der MPG Research Groups (Mitglied); ERC Advanced Grants, Universe Science (Ko-Vorsitz)
Tom Herbst: LBT Science Advisory Committee (Mitglied), EELT Project Science Team (Mitglied), NOVA Instrument Steering Committee (Mitglied)
Cornelia Jäger: Gutachter für die DFG; Mitglied des Gremiums des DFG Priority Program »The Physics of the Interstellar Medium«
Klaus Jäger: Pressereferent der Astronomischen Gesellschaft; Vertreter der MPIA-Institutsleitung beim Rat Deutscher Sternwarten (RDS); International Summer Science School Heidelberg (Beirat); Arbeitskreis Wissenschaftsmarketing der Stadt Heidelberg (Mitglied); Förderverein des Haus der Astronomie (2. Vorsitzender)
Knud Jahnke: Euclid Consortium Coordination Group, Euclid NISP Instrument System Team, Euclid Membership Committee, Euclid Calibration Working Group (jeweils Mitglied); Alexander von Humboldt Japanese-German Frontiers of Science Symposium 2014 + 2015 (Mitglied der Planungsgruppe)
Viki Joergens: Gutachter für die DFG
Ulrich Klaas: Mitglied des Gremiums für den unabhängigen Euclid Calibration Review
Rainer Köhler: ESO Observing Programme Committee (Mitglied)
Ralf Launhardt: ERC starting grants PE9 (Mitglied)
Dietrich Lemke: Time Allocation Committee für Beobachtungen mit dem Flugzeugobservatoriums SOFIA (Vorsitz)
Nicolas Martin: Pan-STARRS1 Science Council (Mitglied), Strasbourg board of Physics Graduate Studies (Mitglied)
Klaus Meisenheimer: DFG (Gutachter); Graduate Women in Science fellowship (Mitglied); LINC-NIRVANA (Mitglied)
Reinhard Mundt: CARMENES Core Management Team (Mitglied)
Nadine Neumayer: Research Board of the Excellence Cluster Universe (Mitglied), Garching; ESO Fellow selection committee (Mitglied)
Markus Nielbock: SOFIA German TAC for Cycle 3 Observations (Mitglied); Herschel Calibration Steering Group (Mitglied); Herschel/PACS Photometer Working Group (Leiter)
Johan Olofsson: ESO OPC for periods P94 and P95 (Mitglied)
Hans-Walter Rix: ESA Space Science Advisory Committee (Mitglied); ESO Visiting Committee (Mitglied); Euclid-Board (Mitglied); STScI Visiting Committee (Mitglied); NOVA Visiting Committee

(Mitglied); SDSS-IV Review Committee (Mitglied); CAHA Executive Council (Mitglied); LBTB Gesellschafterversammlung (Vorsitz); LBTC Board (Vertreter der LBTB-Mitglieder); Alexander von Humboldt Foundation (Mitglied des Auswahlkomitees)

Eva Schinnerer: NRAO Users Committee (Mitglied); ESO STC subcommittee ESAC (Mitglied)

Dmitry Semenov: NASA Exoplanet Review Panel (externes Mitglied)

Roy van Boekel: Belgian VLTI TAC (Mitglied)

Arjen van der Wel: International CAHA Time Allocation Committee (Vorsitz)

Svitlana Zhukovska: Evaluation committee of NASA Astrophysics Data Analysis Program (Mitglied)

VI. 6 Haus der Astronomie

Das Haus der Astronomie (HdA) ist eine Gemeinschaftseinrichtung, an der mehrere astronomische Institute beteiligt sind: das Max-Planck-Institut für Astronomie sowie die drei Institute des Zentrums für Astronomie der Universität Heidelberg (Astronomisches Recheninstitut, Landessternwarte Königstuhl und Institut für Theoretische Astrophysik).

Leiter: Markus Pössel

Sekretariat: Sigrid Brümmer

Wissenschaftliche Mitarbeiter: Natalie Fischer, Olaf Fischer, Carolin Liefke, Alexander Ludwig, Kai Noeske (ab Nov. 2014), Matthias Penselin, Tobias Schultz, Cecilia Scorza, Jakob Staude

Studentische und wissenschaftliche Hilfskräfte: Sophia Haude, Elena Kozlikin, Sebastian Neu, Valentina Rohnacher, Elena Sellentin, Sascha Soh (Juni und Nov.)

Das Haus der Astronomie (HdA) ist ein Zentrum für astronomische Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit auf dem Königstuhl. Es wurde Ende 2008 von der Max-Planck-Gesellschaft und der Klaus Tschira Stiftung gegründet. Weitere Partner sind die Universität Heidelberg (insbesondere das Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg) und die Stadt Heidelberg. Die Klaus Tschira Stiftung Dez. ist Bauherrin des spiralgalaxienförmigen Gebäudes des Hauses der Astronomie, das im Dezember 2011 feierlich eröffnet wurde. Dem Max-Planck-Institut für Astronomie obliegt die inhaltliche Leitung des Hauses.

Das HdA will auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene die Faszination der Astronomie in die Öffentlichkeit und in die Schulen tragen, den Austausch der Wissenschaftler untereinander fördern und den Medien und der Allgemeinheit astronomische Erkenntnisse durch Simulationen und Forschungen zur Elementarisierung astronomischer Konzepte möglichst verständlich zugänglich machen. Es stellt insbesondere ein Forum für die Forschung und die Förderung des Wissenschaftsaustausches dar, betreibt Bildungsarbeit im Bereich der astronomischen Forschung (etwa durch Förderung von Schulprojekten, Lehrerfortbildungen und die Aufbereitung aktueller astronomischer Forschungsergebnisse für den naturwissenschaftlichen Unterricht und die universitäre Ausbildung) sowie Öffentlichkeits- und Medienarbeit für den Bereich der Astronomie und Astrophysik.

Lehrveranstaltungen

Sommersemester 2014:

O. Fischer, C. Liefke: Die Erforschung unseres Sonnensystems (Seminar), Universität Heidelberg.

C. Liefke: Fernrohrführerschein im Rahmen der Studierendentage (Kurs), Universität Heidelberg.

M. Pössel (mit S. Glover): Cosmology Block Course (Vorlesung), Universität Heidelberg.

Wintersemester 2014/2015:

N. Fischer: »Astronomie« (Vorlesung Physik), Pädagogische Hochschule Heidelberg.

O. Fischer, C. Liefke, C. Scorza und M. Pössel: Einführung in die Astronomie für Lehramt an Gymnasien Physik (Vorlesung, Übung und Praktikum), Universität Heidelberg.

C. Liefke, O. Fischer: Kosmische Katastrophen (Seminar), Universität Heidelberg.

M. Pössel (mit B.M. Schäfer): Kosmologie für Nicht-Physiker (Vorlesung), Universität Heidelberg.

Mitarbeit in Gremien

Carolin Liefke wurde im Januar 2014 zum kooptierten Vorstandsmitglied der Vereinigung der Sternfreunde ernannt (Aufgabenbereich Jugendarbeit und Schule).

Markus Pössel ist National Outreach Contact für Deutschland der IAU und Mitglied der Astronet II Task 5.3 Working Group Implementation of Roadmap recommendations on education, recruitment and training, public outreach, industrial links.

Cecilia Scorza ist deutsche Koordinatorin der European Association for Astronomy Education, deutsche Koordinatorin des EU-UNAWE-Programms, Mitglied der IAU-Bildungskommission sowie der Schulkommission der Astronomischen Gesellschaft und des Office for Astronomy Development (OAD) der IAU als Beraterin für den Bereich Lateinamerika.

Jakob Staude war Herausgeber der Zeitschrift Sterne und Weltraum (bis Feb.) und wechselte in deren Beirat.

Das Haus der Astronomie ist deutscher Knoten des ESO Science Outreach Network (C. Liefke, M. Pössel).

Weitere Aktivitäten

Natalie Fischer und Cecilia Scorza haben von Mai bis Juli zwei Studenten aus Kolumbien betreut.

Natalie Fischer hat für die Mitmachstation auf der Explore Science und den Tag der offen Tür am Max-Planck-Institut für Kernphysik didaktische Materialien entwickelt. Weiterhin betreute sie die Gastwissenschaftlerin Prof. Maria Kallery, Univ. Thessaloniki (10.–28.11.).

Carolin Liefke hat die Staatsexamensarbeit »Der Meteoroid von Tscheljabinsk – Bahnberechnung und Aufarbeitung für die Schule« von Gerrit Fischer betreut. Sie hat zwei Schülerinnen bei einem Projekt zur Vermessung der Rotationslichtkurven von Asteroiden im Rahmen der Kooperationsphase des Hector-Seminars betreut. Weiterhin hat sie drei BOGY-Praktika mit insgesamt 18 Schülern betreut (10.–14.3., 17.–21.3. und 20.–24.10.). Carolin Liefke hat bei den Asteroidensuchkampagnen der International Astronomical Search Collaboration mit dem Pan-STARRS-Teleskop PS1 vom 15.3.–20.4., 19.8.–23.9. und 30.9.–8.11. jeweils 15, eine und 10 teilnehmende Schulen aus Deutschland betreut.

Markus Pössel hat ein Journalistenpraktikum (17.–28.3.) und drei Schülerpraktika (10.–14.3., 24.3.–11.4., 12.5.–28.5.) betreut. Außerdem betreute er das Internationale Sommerpraktikum des HdA (gleichzeitig Praktikumsteil der International Summer Science School der Stadt Heidelberg): 7 Teilnehmer, 4.–22.8.

Veranstaltungen, Vorträge

Veranstaltungen im Haus der Astronomie

Vortragsreihe Faszination Astronomie, 18 Termine mit insgesamt 1611 Besuchern, 9.1.–11.12. (Organisation: C. Liefke)

Frühjahrssitzung des Rats Deutscher Sternwarten (RDS), 17.3.

Girls' Day (HdA und Max-Planck-Institut für Astronomie), 27.3. (C. Liefke und M. Pössel)

Veranstaltung zum Astronomietag mit insgesamt 300 Teilnehmern, 5.4. (C. Liefke, M. Pössel)

Astronomisches Kolloquium der Heidelberger Astronomen an 13 Terminen, 22.4.–22.7.

Seminar Einführung in die Datenanalyse für Astronomen 14 Termine, 25.4.–25.7. (R. Andrae)

Workshop für Lehrer zum Faulkes-Teleskop, 3.5. (C. Liefke)

D-HST Meeting, 5.–9.5. (H.W. Rix)

Treffen der Autoren von Wissenschaft in die Schulen! (Astronomie), 9.–11.5. (O. Fischer)

SFB 881 The Milky Way System Evaluation, 27.–28.05.

Kleinplanetentagung, 13.–15.6. (C. Liefke)

Conference Intergalactic Matters, 16.–20.6. (K.G. Lee)

Space Day am Haus der Astronomie mit dem Astronauten Reinhold Ewald, 13.7. (M. Pössel, C. Liefke)

MPIA Summer Conference 2014 Star Formation: Data, Models and Visualization, 23.–26. Juni (T. Robitaille)

Gemeinsame Vortragsreihe Astronomie am Sonntagvormittag mit MPIA, 4 Termine, 21.9.–12.10., mit insgesamt 427 Besuchern (M. Pössel)

Exoplanets with JWST-MIRI, 22.–25.9. (O. Krause, T. Henning)

Gaia Challenge Meeting, 27.–31.10. (G. van de Ven)

German-Japanese Meeting on Planet Formation, Detection and Characterization, 5.–7.11. (H. Klahr)

Bundesweite Lehrer-Fortbildung zur Astronomie der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, 13.–15.11. (O. Fischer)

Zwei Familienveranstaltungen, 7.12. und drei Sondervorträge mit insgesamt 445 Besuchern (M. Pössel, C. Liefke)

37 kleinere wissenschaftliche Treffen mit insgesamt fast 700 Teilnehmern

7 Fortbildungen für angehende ErzieherInnen mit 143 Teilnehmern (N. Fischer)

2 Fortbildungsseminare mit je 5 Terminen für Erzieherinnen und Grundschulpädagogen in Kooperation mit der Forscherstation Heidelberg mit 52 Teilnehmern (N. Fischer), 5 Beratungen für Pädagogen (N. Fischer)

56 Führungen durch HdA-Mitarbeiter und 37 Königstuhlführungen durch Studenten von MPIA und LSW mit insgesamt 3413 Teilnehmern

25 organisatorische und sonstige Treffen, hauptsächlich MPIA mit ca. 400 Teilnehmern

66 Workshops für Grundschule und Kindergarten mit insgesamt 1227 Kindern (N. Fischer, E. Kolar); 27 Familienworkshops mit insgesamt 322 Kindern (S. Appl, E. Kolar); 35 Workshops für die Klassenstufen 5 – 13 mit insgesamt 767 Schülern (N. Fischer, A. Ludwig, M. Penselin, T. Schultz, C. Scorza)

Beteiligung an externen Veranstaltungen

Reise nach Chile im Rahmen des DAAD-Teilprojektes zur Förderung der Schulastronomie in Chile: Lehrerfortbildungen, Netzwerkbildung, didaktische Materialien für Chile in Chile herstellen, 3.1.–1.2. (O. Fischer)

Planetariumsvorführungen beim Tag der Offenen Tür bei Zeiss, Jena, 25.5. (M. Pössel)

Mobile Lehrerfortbildung in Schleswig-Holstein, 1.–8.6. (O. Fischer, S. Soh)

Experimentierstation Leben im Weltall!? für Grundschulkinder (N. Fischer, E. Kolar in Kooperation mit der Astronomieschule e.V.) sowie Experimentierstationen und Beobachtungsstation Die Einzigartigkeit der Erde als Planet – Die Milchstraße als Lebensraum für weiterführende Schulen bei den wissenschaftlichen Erlebnistagen Explore Science der Klaus Tschira Stiftung in Mannheim, 9.–13.7. (O. Fischer, C. Liefke, A. Ludwig, M. Pössel, T. Schultz, C. Scorza)

Astronomiekurs bei der Schülerakademie Rostock: Kleinkörper des Sonnensystems – große und kleine Reste einer Großbaustelle, 15.7.–3.8. (O. Fischer)

Gestaltung des astronomischen Kinderprogramms zum Tag der offenen Tür beim Max-Planck-Institut für Kernphysik Heidelberg am 20.7. (N. Fischer, E. Kolar, M. Pössel)

Exkursion nach La Palma mit dem Naturwissenschaftlichen Labor am Friedrich-Koenig-Gymnasium Würzburg, 22.–29.7. (C. Liefke)

Burggespräche St. Albrechtsberg an der Pielach, 14.–17.8. (C. Liefke)

ScienceAcademy Baden-Württemberg, Adelsheim, 23.–25.5., 29.8.–11.9. und 17.–19.10. (C. Liefke)

Organisation der Lehrerfortbildung für die Jahrestagung der astronomischen Gesellschaft zum Thema Variabilitätsphänomene im Kosmos, 22.–26.9. (C. Scorza)

Lehrerfortbildung in der Sternwarte Sonneberg Kleinkörper des Sonnensystems – große und kleine Reste einer Großbaustelle, 26.–30.9. (O. Fischer)

Lehrerfortbildung in Bad Wildbad, Thema: Kleinkörper des Sonnensystems – große und kleine Reste einer Großbaustelle, 8.–10.10. (O. Fischer, M. Penselin)

Workshop und Vortrag bei der Kinderuni Hanau, 22.11. (C. Liefke)

Zentrale Lehrerfortbildung (Fernrohrführerschein) Adelsheim, 26.–28.11. (O. Fischer, C. Liefke)

Vorträge

Natalie Fischer: »Der Himmel über uns: eine Reise zu den Sternen«, Sommer-Kinder-Akademie Bruchsal in Kooperation mit der Jungen Uni Heidelberg, 13.8.

Olaf Fischer: »Extrasolare Planeten – Entdeckung von Planeten bei anderen Sternen« Astrokurs im Felix-Mendelssohn-Bartholdy-Gymnasium, Berlin/Pankow, 11.6.; »Wissenschaft in die Schulen! – eine Brücke zwischen zwei Seiten (einer Welt)« im Rahmen der Veranstaltungen der Engadiner Astronomie-Freunde, 20.9.; »Wie sehen die Astronomen in Zukunft ins Weltal«, Kinderakademie Gera, 15.10.

Carolin Liefke: »Erdnahe Asteroiden – von Apophis, 2012 DA14 und dem Cheljabinsk-Einschlag«, Christian-Mayer-Sternwarte Schriesheim, 21.2.; »Zu Besuch am Himmelszoo« (für Kinder), Starkenburg-Sternwarte Heppenheim, 7.3.; »Das Haus der Astronomie«, Würzburger Frühjahrstagung, 15.3.; »XMM-Newton – Europas Röntgensatellit erforscht den heißen Kosmos«, Volkssternwarte Würzburg, 5.5.; »Erdnahe Asteroiden«, Sternwartenfest Sternwarte Peterberg, 2.8.; »Röngenastronomie«, Astronomisches Sommerlager, Bischofsheim/Rhön, 19.8.; »Herbst am Sternhimmel« (für Kinder), Starkenburg-Sternwarte Heppenheim, 31.10.; »Erdnahe Asteroiden«, Starkenburg-Sternwarte Heppenheim, 16.12.

Matthias Penselin: »Parallaxe des Asteroiden Apophis«, 38. Würzburger Frühjahrstagung der VdS, 15.3.

M. Pössel: »Ein Signal vom Beginn unseres Universums?«, Planetarium am Insulaner, Berlin, 18.6. und Saturday Morning Lecture, Leibniz-Universität Hannover, 21.6.; »Rotating black holes«, Astronomy from Four Perspectives, Binational Heraeus Summer School Series for Students and Teachers: Space, Time, and Gravitation – The case of Active Galactic Nuclei, Padua, 2.9.; »About time: From Einstein's simplest idea to the ends of spacetime«, STATE Experience Science Festival, Berlin, 1.11.; »Making of 'Vom Sonnensystem bis an den Rand des Universums' – how to produce a basic planetarium show«, Powerdome-Worshop, Zeiss, Jena, 16.11.; »Eine Reise ins Universum«, Familienveranstaltungen im HdA, 712.

Cecilia Scorza: »Die Suche nach fernen Welten«, für das Seminar »Die Schöpfung – Was ist Leben?« der Konrad Adenauer Stiftung, Königswinter, 14.3.; »Die Vermessung der Milchstraße anhand der Cepheiden« im Rahmen der Lehrerfortbildung zur Jahrestagung der astronomischen Gesellschaft (AG), Bamberg, 26.9.; »Die Entstehung der Erde«, HdA, 15.11.

HdA-Veröffentlichungen

Fischer, Gerrit: Der Meteoroid von Tscheljabinsk. Bahnberechnung und Aufarbeit ung für die Schule, Staatsexamensarbeit, Universität Heidelberg, Juni 2014

Fischer, Natalie: »Das Universum in einer Schachtel«, Sterne und Weltraum, 8/2014, S. 91.

Fischer, Olaf, C. Scorza, D. Brockmann, O. Hofschulz: »Gaia – Die Milchstraßen-Weltkarte wird revolutioniert«, Wissenschaft in die Schulen! 1/2014

Fischer, Olaf, J. Hoffrichter: »Veränderliche Sterne selbst erlebt – von der Helligkeitsschätzung zur Lichtkurve«, Astronomie + Raumfahrt im Unterricht, 1/2014, S. 38–41

Fischer, Olaf, K. Blumenstein und 16 Kursteilnehmer: »Kleinkörper des Sonnensystems – große und kleine Reste einer Großbaustelle«, Dokumentation zum Astronomiekurs bei der Sommerakademie Rostock der Deutschen SchülerAkademie

Fischer, Olaf: »Begegnungen und Treffen am Augusthimmel 2014 mit Modellen nachvollziehen«, Wissenschaft in die Schulen! 8/2014

Fischer, Olaf: »Im freien Fall zurück zu den Anfängen unseres Sonnensystems«, Wissenschaft in die Schulen! 11/2014

Penselin, Matthias, C. Liefke und M. Metzendorf: »Zweifacher Blick auf erdnahen Asteroiden – Parallaxenmessung im Schulunterricht«, Sterne und Weltraum, 11/2014, S. 72–77

Penselin, Matthias, L. Kurtze, C. Liefke, M. Metzendorf: »Parallaxe und Entfernung des Asteroiden Apophis«, Wissenschaft in die Schulen! 11/2014

Penselin, Matthias: »Die Größe von Himmelskörpern bestimmen«, RAABits Physik, 2/2014

Pössel, Markus: »Schattenspiel mit fremden Welten: Exoplaneten-Lichtkurven einfach simulieren«, Wissenschaft in die Schulen! 3/2014

Pössel, Markus: »Kosmischer Wetterbericht: Erste Oberflächenkarte eines Braunen Zwergs«, Sterne und Weltraum, 8/2014, S. 30–39

VI.7 Veröffentlichungen

In Zeitschriften mit Referee-System:

Abbas, M., E. K. Grebel, N. F. Martin, N. Kaiser, W. S. Burgett, M. E. Huber and C. Waters: An optimized method to identify RR Lyrae stars in the SDSS Pan-STARRS1 overlapping area using a Bayesian generative technique. The Astronomical Journal 148, id. 8 (10 pp), 2014.

Abbas, M. A., E. K. Grebel, N. F. Martin, W. S. Burgett, H. Flewelling and R. J. Wainscoat: Newly discovered RR Lyrae stars in the SDSS-Pan-STARRS1-Catalina footprint. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, 1230-1242, 2014.

Adams, J. J., J. D. Simon, M. H. Fabricius, R. C. E. van den Bosch, J. C. Barentine, R. Bender, K. Gebhardt, G. J. Hill, J. D. Murphy, R. A. Swaters, J. Thomas and G. van de Ven: Dwarf galaxy dark matter density profiles inferred from stellar and gas kinematics. The Astrophysical Journal 789, id. 63 (28 pp), 2014.

Ahn, C. P., R. Alexandroff, C. Allende Prieto, F. Anders, S. F. Anderson, T. Anderton, B. H. Andrews, é. Aubourg, S. Bailey, F. A. Bastien, J. E. Bautista, T. C. Beers, A. Beifiori, C. F. Bender, A. A. Berlind, F. Beutler, V. Bhardwaj, J. C. Bird, D. Bizyaev, C. H. Blake, M. R. Blanton, M. Blomqvist, J. J. Bochanski, A. S. Bolton, A. Borde, J. Bovy, A. Shelden Bradley, W. N. Brandt, D. Brauer, J. Brinkmann, J. R. Brownstein, N. G. Busca, W. Carithers, J. K. Carlberg, A. R. Carnero, M. A. Carr, C. Chiappini, S. D. Chojnowski, C.-H. Chuang, J. Comparat, J. R. Crepp, S. Cristiani, R. A. C. Croft, A. J. Cuesta, K. Cunha, L. N. da Costa, K. S. Dawson, N. De Lee, J. D. R. Dean, T. Delubac, R. Deshpande, S. Dhital, A. Ealet, G. L. Ebelke, E. M. Edmondson, D. J. Eisenstein, C. R. Epstein, S. Escoffier, M. Esposito, M. L. Evans, D. Fabbian, X. Fan, G. Favole, B. Femenía Castellá, E. Fernández Alvar, D. Feuillet, N. Filiz Ak, H. Finley, S. W. Fleming, A. Font-Ribera, P. M. Frinchaboy, J. G. Galbraith-Frew, D. A. García-Hernández, A. E. García Pérez, J. Ge, R. Génova-Santos, B. A. Gillespie, L. Girardi, J. I. González Hernández, J. R. Gott, III, J. E. Gunn, H. Guo, S. Halverson, P. Harding, D. W. Harris, S. Hasselquist, S. L. Hawley, M. Hayden, F. R. Hearty, A. Herrero Davó, S. Ho, D. W. Hogg, J. A. Holtzman, K. Honscheid, J. Huehnerhoff, I. I. Ivans, K. M. Jackson, P. Jiang, J. A. Johnson, K. Kinemuchi, D. Kirkby, M. A. Klaene, J.-P. Kneib, L. Koesterke, T.-W. Lan, D. Lang, J.-M. Le Goff, A. Leauthaud, K.-G. Lee, Y. S. Lee, D. C. Long, C. P. Loomis, S. Lucatello, R. H. Lupton, B. Ma, C. E. Mack, III, S. Mahadevan, M. A. G. Maia, S. R. Majewski, E. Malanushenko, V. Malanushenko, A. Manchado, M. Manera, C. Maraston, D. Margala, S. L. Martell, K. L. Masters, C. K. McBride, I. D. McGreer, R. G. McMahon, B. Ménard, S. Mészáros, J. Miralda-Escudé, H. Miyatake, A. D. Montero-Dorta, F. Montesano, S. More, H. L. Morrison, D. Muna, J. A. Munn, A. D. Myers, D. C. Nguyen, R. C. Nichol, D. L. Nidever, P. Noterdaeme, S. E. Nuza, J. E. O'Connell, R. W. O'Connell, R. O'Connell, M. D. Olmstead, D. J. Oravetz, R. Owen, N. Padmanabhan, N. Palanque-Delabrouille, K. Pan, J. K. Parejko, P. Parihar, I. Pâris, J. Pepper, W. J. Percival, I. Pérez-Ràfols, H. Dotto Perottoni, P. Petitjean, M. M. Pieri, M. H. Pinsonneault, F. Prada, A. M. Price-Whelan, M. J. Raddick, M. Rahman, R. Rebolo, B. A. Reid, J. C. Richards, R. Riffel, A. C. Robin, H. J. Rocha-Pinto, C. M. Rockosi, N. A. Roe, A. J. Ross, N. P. Ross, G. Rossi, A. Roy, J. A. Rubiño-Martin, C. G. Sabiu, A. G. Sánchez, B. Santiago, C. Sayres, R. P. Schiavon, D. J. Schlegel, K. J. Schlesinger, S. J. Schmidt, D. P. Schneider, M. Schultheis, K. Sellgren, H.-J. Seo, Y. Shen, M. Shetrone, Y. Shu, A. E. Simmons, M. F. Skrutskie, A. Slosar, V. V. Smith, S. A. Snedden, J. S. Sobeck, F. Sobreira, K. G. Stassun, M. Steinmetz, M. A. Strauss, A. Streblyanska, N. Suzuki, M. E. C. Swanson, R. C. Terrien, A. R. Thakar, D. Thomas, B. A. Thompson, J. L. Tinker, R. Tojeiro, N. W. Troup, J. Vandenberg, M. Vargas Magaña, M. Viel, N. P. Vogt, D. A. Wake, B. A. Weaver, D. H. Weinberg, B. J. Weiner, M. White, S. D. M. White, J. C. Wilson, J. P. Wisniewski, W. M. Wood-Vasey, C. Yèche, D. G. York, O. Zamora, G. Zasowski, I. Zehavi, G.-B. Zhao, Z. Zheng and G. Zhu: The Tenth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey: First spectroscopic data from the SDSS-III Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment. The Astrophysical Journal Supplement Series 211, id. 17 (16 pp), 2014.

Albertsson, T., N. Indriolo, H. Kreckel, D. Semenov, K. N. Crabtree and T. Henning: First time-dependent study of H_2 and H_3^+ ortho-para chemistry in the diffuse interstellar medium: Observations meet theoretical predictions. The Astrophysical Journal 787, id. 44 (10 pp), 2014.

Albertsson, T., D. Semenov and T. Henning: Chemodynamical deuterium rractionation in the early solar nebula: The origin of water on Earth and in asteroids and comets. The Astrophysical Journal 784, id. 39 (11 pp), 2014.

Albrecht, S., J. N. Winn, G. Torres, D. C. Fabrycky, J. Setiawan, M. Gillon, E. Jehin, A. Triaud, D. Queloz, I. Snellen and P. Eggleton: The BANANA project. V. Misaligned and precessing stellar rotation axes in CV Velorum. The Astrophysical Journal 785, id. 83 (11 pp), 2014.

Amorín, R., A. Grazian, M. Castellano, L. Pentericci, A. Fontana, V. Sommariva, A. van der Wel, M. Maseda and E. Merlin: Evidence of very low metallicity and high ionization state in a strongly lensed, star-forming dwarf galaxy at z = 3.417. The Astrophysical Journal Letters 788, id. L4 (5 pp), 2014.

Amorisco, N. C., N. W. Evans and G. van de Ven: The remnant of a merger between two dwarf galaxies in Andromeda II. Nature 507, 335-337, 2014.

Andersen, M., W.-F. Thi, J. Steinacker and N. Tothill: A common column density threshold for scattering at 3.6 μm and water-ice in molecular clouds. Astronomy and Astrophysics 568, id. L3 (5 pp), 2014.

Anderson, C. N., D. S. Meier, J. Ott, A. Hughes, T. Wong, C. Henkel, R. Chen, R. Indebetouw, L. Looney, E. Muller, J. L. Pineda and J. Seale: From gas to stars in energetic environments: Dense gas clumps in the 30 Doradus region within the Large Magellanic Cloud. The Astrophysical Journal 793, id. 37 (39 pp), 2014.

Andrews, S. M., C. J. Chandler, A. Isella, T. Birnstiel, K. A. Rosenfeld, D. J. Wilner, L. M. Pérez, L. Ricci, J. M. Carpenter, N. Calvet, S. A. Corder, A. T. Deller, C. P. Dullemond, J. S. Greaves, R. J. Harris, T. Henning, W. Kwon, J. Lazio, H. Linz, L. G. Mundy, A. I. Sargent, S. Storm and L. Testi: Resolved multifrequency radio observations of GG Tau. The Astrophysical Journal 787, id. 148 (112 pp), 2014.

Angeloni, R., R. Contreras Ramos, M. Catelan, I. Dékány, F. Gran, J. Alonso-García, M. Hempel, C. Navarrete, H. Andrews, A. Aparicio, J. C. Beamín, C. Berger, J. Borissova, C. Contreras Peña, A. Cunial, R. de Grijs, N. Espinoza, S. Eyheramendy, C. E. Ferreira Lopes, M. Fiaschi, G. Hajdu, J. Han, K. G. Helminiak, A. Hempel, S. L. Hidalgo, Y. Ita, Y.-B. Jeon, A. Jordán, J. Kwon, J. T. Lee, E. L.

Martín, N. Masetti, N. Matsunaga, A. P. Milone, D. Minniti, L. Morelli, F. Murgas, T. Nagayama, C. Navarro, P. Ochner, P. Pérez, K. Pichara, A. Rojas-Arriagada, J. Roquette, R. K. Saito, A. Siviero, J. Sohn, H.-I. Sung, M. Tamura, R. Tata, L. Tomasella, B. Townsend and P. Whitelock: The VVV Templates Project Towards an automated classification of VVV light-curves. I. Building a database of stellar variability in the near-infrared. Astronomy and Astrophysics 567, id. A100 (111 pp), 2014.

Aravena, M., J. A. Hodge, J. Wagg, C. L. Carilli, E. Daddi, H. Dannerbauer, L. Lentati, D. A. Riechers, M. Sargent and F. Walter: CO(1-0) line imaging of massive star-forming disc galaxies at z = 1.5 – 2.2. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 558-564, 2014.

Bailin, J., E. F. Bell, M. Valluri, G. S. Stinson, V. P. Debattista, H. M. P. Couchman and J. Wadsley: Systematic problems with using dark matter simulations to model stellar halos. The Astrophysical Journal 783, id. 95 (11 pp), 2014.

Bally, J., J. M. Rathborne, S. N. Longmore, J. M. Jackson, J. F. Alves, E. Bressert, Y. Contreras, J. B. Foster, G. Garay, A. Ginsburg, K. G. Johnston, J. M. D. Kruijssen, L. Testi and A. J. Walsh: Absorption filaments toward the massive clump G0.253+0.016. The Astrophysical Journal 795, id. 28 (19 pp), 2014.

Balog, Z., T. Müller, M. Nielbock, B. Altieri, U. Klaas, J. Blommaert, H. Linz, D. Lutz, A. Moór, N. Billot, M. Sauvage and K. Okumura: The Herschel-PACS photometer calibration – Point-source flux calibration for scan maps. Experimental Astronomy 37, 129-160, 2014.

Balog, Z., J. Muzerolle, K. Flaherty, Ö. H. Detre, J. Bouwmann, E. Furlan, R. Gutermuth, A. Juhasz, J. Bally, M. Nielbock, U. Klaas, O. Krause, T. Henning and G. Marton: The extraordinary far-infrared variation of a protostar: Herschel/PACS observations of LRLL54361. The Astrophysical Journal Letters 789, id. L38 (35 pp), 2014.

Bañados, E., B. P. Venemans, E. Morganson, R. Decarli, F. Walter, K. C. Chambers, H.-W. Rix, E. P. Farina, X. Fan, L. Jiang, I. McGreer, G. De Rosa, R. Simcoe, A. Weiß, P. A. Price, J. S. Morgan, W. S. Burgett, J. Greiner, N. Kaiser, R.-P. Kudritzki, E. A. Magnier, N. Metcalfe, C. W. Stubbs, W. Sweeney, J. L. Tonry, R. J. Wainscoat and C. Waters: Discovery of eight $z \approx 6$ quasars from Pan-STARRS1. The Astronomical Journal 148, id. 14 (12 pp), 2014.

Barrera-Ballesteros, J. K., J. Falcón-Barroso, B. García-Lorenzo, G. van de Ven, J. A. L. Aguerri, J. Mendez-Abreu, K. Spekkens, M. Lyubenova, S. F. Sánchez, B. Husemann, D. Mast, R. García-Benito, J. Iglesias-Paramo, A. Del Olmo, I. Márquez, J. Masegosa, C. Kehrig, R. A. Marino, L. Verdes-Montenegro, B. Ziegler, D. H. McIntosh, J. Bland-Hawthorn, C. J. Walcher and C. Collaboration: Kinematic alignment of non-interacting CALIFA galaxies. Quantifying the impact of bars on stellar and ionised gas velocity field orientations. Astronomy and Astrophysics 568, id. A70 (30 pp), 2014.

Barro, G., S. M. Faber, P. G. Pérez-González, C. Pacifici, J. R. Trump, D. C. Koo, S. Wuyts, Y. Guo, E. Bell, A. Dekel, L. Porter, J. Primack, H. Ferguson, M. L. N. Ashby, K. Caputi, D. Ceverino, D. Croton, G. G. Fazio, M. Giavalisco, L. Hsu, D. Kocevski, A. Koekemoer, P. Kurczynski, P. Kollipara, J. Lee, D. H. McIntosh, E. McGrath, C. Moody, R. Somerville, C. Papovich, M. Salvato, P. Santini, T. Tal, A. van der Wel, C. C. Williams, S. P. Willner and A. Zolotov: CANDELS+3D-HST: Compact SFGs at $z \approx 2 – 3$, the progenitors of the first quiescent galaxies. The Astrophysical Journal 791, id. 52 (23 pp), 2014.

Barro, G., J. R. Trump, D. C. Koo, A. Dekel, S. A. Kassin, D. D. Kocevski, S. M. Faber, A. van der Wel, Y. Guo, P. G. Pérez-González, E. Toloba, J. J. Fang, C. Pacifici, R. Simons, R. D. Campbell, D. Ceverino, S. L. Finkelstein, B. Goodrich, M. Kassis, A. M. Koekemoer, N. P. Konidaris, R. C. Livermore, J. E. Lyke, B. Mobasher, H. Nayyeri, M. Peth, J. R. Primack, L. Rizzi, R. S. Somerville, G. D. Wirth and A. Zolotov: Keck-I MOSFIRE spectroscopy of compact star-forming galaxies at $z \geqslant 2$: High velocity dispersions in progenitors of compact quiescent galaxies. The Astrophysical Journal 795, id. 145 (112 pp), 2014.

Baskin, A., A. Laor and J. Stern: Radiation pressure confinement – IV. Application to broad absorption line outflows. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 445, 3025-3038, 2014.

Bastian, N., A. Adamo, M. Schirmer, K. Hollyhead, Y. Beletsky, G. Carraro, B. Davies, M. Gieles and E. Silva-Villa: The effect of spatial resolution on optical and near-IR studies of stellar clusters: implications for the origin of the red excess. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 444, 3829-3836, 2014.

Bate, N. F., A. R. Conn, B. McMonigal, G. F. Lewis, N. F. Martin, A. W. McConnachie, J. Veljanoski, A. D. Mackey, A. M. N. Ferguson, R. A. Ibata, M. J. Irwin, M. Fardal, A. P. Huxor and A. Babul: Major substructure in the M31 outer halo: the South-West Cloud. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 3362-3372, 2014.

Bazzon, A., H. M. Schmid and E. Buenzli: HST observations of the limb polarization of Titan. Astronomy and Astrophysics 572, id. A6 (13 pp), 2014.

Beamín, J. C., V. D. Ivanov, A. Bayo, K. Muzic, H. M. J. Boffin, F. Allard, D. Homeier, D. Minniti, M. Gromadzki, R. Kurtev, N. Lodieu, E. L. Martin and R. A. Mendez: Temperature constraints on the coldest brown dwarf known: WISE 0855-0714. Astronomy and Astrophysics 570, id. L8 (4 pp), 2014.

Beaton, R. L., D. Martínez-Delgado, S. R. Majewski, E. D'Onghia, S. Zibetti, R. J. Gabany, K. E. Johnson, M. Blanton and A. Verbiscer: Cannibalization and rebirth in the NGC 5387 system. I. The stellar stream and star-forming region. The Astrophysical Journal 790, id. 117 (115 pp), 2014.

Bellini, A., J. Anderson, R. P. van der Marel, L. L. Watkins, I. R. King, P. Bianchini, J. Chanamé, R. Chandar, A. M. Cool, F. R. Ferraro, H. Ford and D. Massari: Hubble Space Telescope Proper Motion (HSTPROMO) Catalogs of galactic globular clusters. I. Sample selection, data reduction, and NGC 7078 results. The Astrophysical Journal 797, id. 115 (133 pp), 2014.

Bergemann, M., G. R. Ruchti, A. Serenelli, S. Feltzing, A. Alves-Brito, M. Asplund, T. Bensby, P. Gruyters, U. Heiter, A. Hourihane, A. Korn, K. Lind, A. Marino, P. Jofre, T. Nordlander, N. Ryde, C. C. Worley, G. Gilmore, S. Randich, A. M. N. Ferguson, R. D. Jeffries, G. Micela, I. Negueruela, T. Prusti, H.-W. Rix, A. Vallenari, E. J. Alfaro, C. Allende Prieto, A. Bragaglia, S. E. Koposov, A. C. Lanzafame, E. Pancino, A. Recio-Blanco, R. Smiljanic, N. Walton, M. T. Costado, E. Franciosini, V. Hill, C. Lardo, P. de Laverny, L. Magrini, E. Maiorca, T. Masseron, L. Morbidelli, G. Sacco, G. Kordopatis and G. Tautvaisiene: The Gaia-ESO Survey: radial metallicity gradients and age-metallicity relation of stars in the Milky Way disk. Astronomy and Astrophysics 565, id. A89 (11 pp), 2014.

Bernard, E. J., A. M. N. Ferguson, E. F. Schlafly, M. Abbas, E. F. Bell, N. R. Deacon, N. F. Martin, H.-W. Rix, B. Sesar, C. T. Slater, J. Peñarrubia, R. F. G. Wyse, W. S. Burgett, K. C. Chambers, P. W.

Draper, K. W. Hodapp, N. Kaiser, R.-P. Kudritzki, E. A. Magnier, N. Metcalfe, J. S. Morgan, P. A. Price, J. L. Tonry, R. J. Wainscoat and C. Waters: Serendipitous discovery of a thin stellar stream near the Galactic bulge in the Pan-STARRS1 3p Survey. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 443, L84-L88, 2014.

Bernard, E. J., A. M. N. Ferguson, E. F. Schlafly, I. Platais, E. F. Bell, N. F. Martin, H.-W. Rix, C. T. Slater, W. S. Burgett, K. C. Chambers, P. W. Draper, K. W. Hodapp, N. Kaiser, R.-P. Kudritzki, E. A. Magnier, N. Metcalfe, J. L. Tonry, R. J. Wainscoat and C. Waters: Galactic globular and open cluster fiducial sequences in the Pan-STARRS1 photometric system. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 2999-3009, 2014.

Bétrémieux, Y. and L. Kaltenegger: Impact of atmospheric refraction: how deeply can we probe exo-earth's atmospheres during primary eclipse observations? The Astrophysical Journal 791, id. 7 (12 pp), 2014.

Beuther, H., S. E. Ragan, V. Ossenkopf, S. Glover, T. Henning, H. Linz, M. Nielbock, O. Krause, J. Stutzki, P. Schilke and R. Güsten: Carbon in different phases ([CII], [CI], and CO) in infrared dark clouds: Cloud formation signatures and carbon gas fractions. Astronomy and Astrophysics 571, id. A53 (15 pp), 2014.

Biddle, L. I., K. A. Pearson, I. J. M. Crossfield, B. J. Fulton, S. Ciceri, J. Eastman, T. Barman, A. W. Mann, G. W. Henry, A. W. Howard, M. H. Williamson, E. Sinukoff, D. Dragomir, L. Vican, L. Mancini, J. Southworth, A. Greenberg, J. D. Turner, R. Thompson, B. W. Taylor, S. E. Levine and M. W. Webber: Warm ice giant GJ 3470b – II. Revised planetary and stellar parameters from optical to near-infrared transit photometry. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 443, 1810-1820, 2014.

Bik, A., A. Stolte, M. Gennaro, W. Brandner, D. Gouliermis, B. Hußmann, E. Tognelli, B. Rochau, T. Henning, A. Adamo, H. Beuther, A. Pasquali and Y. Wang: Deep near-infrared imaging of W3 Main: constraints on stellar cluster formation. Astronomy and Astrophysics 561, id. A12 (15 pp), 2014.

Biller, B. A., J. Males, T. Rodigas, K. Morzinski, L. M. Close, A. Juhász, K. B. Follette, S. Lacour, M. Benisty, A. Sicilia-Aguilar, P. M. Hinz, A. Weinberger, T. Henning, J.-U. Pott, M. Bonnefoy and R. Köhler: An enigmatic point-like feature within the HD 169142 transitional disk. The Astrophysical Journal Letters 792, id. L22 (26 pp), 2014.

Birkby, J. L., M. Cappetta, P. Cruz, J. Koppenhoefer, O. Ivanyuk, A. J. Mustill, S. T. Hodgkin, D. J. Pinfield, B. Sipocz, G. Kovács, R. Saglia, Y. Pavlenko, D. Barrado, A. Bayo, D. Campbell, S. Catalan, L. Fossati, M.-C. Gálvez-Ortiz, M. Kenworthy, J. Lillo-Box, E. L. Martín, D. Mislis, E. J. W. de Mooij, S. V. Nefs, I. A. G. Snellen, H. Stoev, J. Zendejas, C. del Burgo, J. Barnes, N. Goulding, C. A. Haswell, M. Kuznetsov, N. Lodieu, F. Murgas, E. Palle, E. Solano, P. Steele and R. Tata: WTS-2 b: a hot Jupiter orbiting near its tidal destruction radius around a K dwarf. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 440, 1470-1489, 2014.

Bitsakis, T., V. Charmandaris, P. N. Appleton, T. Díaz-Santos, E. Le Floc'h, E. da Cunha, K. Alatalo and M. Cluver: Herschel observations of Hickson compact groups of galaxies: Unveiling the properties of cold dust. Astronomy and Astrophysics 565, id. A25 (31 pp), 2014.

Blecic, J., J. Harrington, N. Madhusudhan, K. B. Stevenson, R. A. Hardy, P. E. Cubillos, M. Hardin, O. Bowman, S. Nymeyer, D. R. Anderson, C. Hellier, A. M. S. Smith and A. Collier Cameron: Spitzer observations of the thermal emission from WASP-43b. The Astrophysical Journal 781, id. 116 (111 pp), 2014.

Böhm, M., J.-U. Pott, O. Sawodny, T. Herbst and M. Kürster: Real-time vibration compensation for large telescopes. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 2446-2455, 2014.

Bonnefoy, M., G. Chauvin, A.-M. Lagrange, P. Rojo, F. Allard, C. Pinte, C. Dumas and D. Homeier: A library of near-infrared integral field spectra of young M-L dwarfs. Astronomy and Astrophysics 562, id. A127 (126 pp), 2014.

Bonnefoy, M., T. Currie, G.-D. Marleau, J. E. Schlieder, J. Wisniewski, J. Carson, K. R. Covey, T. Henning, B. Biller, P. Hinz, H. Klahr, A. N. Marsh Boyer, N. Zimmerman, M. Janson, M. McElwain, C. Mordasini, A. Skemer, V. Bailey, D. Defrère, C. Thalmann, M. Skrutskie, F. Allard, D. Homeier, M. Tamura, M. Feldt, A. Cumming, C. Grady, W. Brandner, C. Helling, S. Witte, P. Hauschildt, R. Kandori, M. Kuzuhara, M. Fukagawa, J. Kwon, T. Kudo, J. Hashimoto, N. Kusakabe, L. Abe, T. Brandt, S. Egner, O. Guyon, Y. Hayano, M. Hayashi, S. Hayashi, K. Hodapp, M. Ishii, M. Iye, G. Knapp, T. Matsuo, K. Mede, M. Miyama, J.-I. Morino, A. Moro-Martin, T. Nishimura, T. Pyo, E. Serabyn, T. Suenaga, H. Suto, R. Suzuki, Takahashi, M. Takami, N. Takato, H. Terada, D. Tomono, E. Turner, M. Watanabe, T. Yamada, H. Takami and T. Usuda: Characterization of the gaseous companion k Andromedae b. New Keck and LBTI high-contrast observations. Astronomy and Astrophysics 562, id. A111 (120 pp), 2014.

Bonnefoy, M., G.-D. Marleau, R. Galicher, H. Beust, A.-M. Lagrange, J.-L. Baudino, G. Chauvin, S. Borgniet, N. Meunier, J. Rameau, A. Boccaletti, A. Cumming, C. Helling, D. Homeier, F. Allard and P. Delorme: Physical and orbital properties of b Pictoris b. Astronomy and Astrophysics 567, id. L9 (6 pp), 2014.

Borlaff, A., M. C. Eliche-Moral, C. Rodríguez-Pérez, M. Querejeta, T. Tapia, P. G. Pérez-González, J. Zamorano, J. Gallego and J. Beckman: Formation of S0 galaxies through mergers. Antitruncated stellar discs resulting from major mergers. Astronomy and Astrophysics 570, id. A103 (130 pp), 2014.

Bothwell, M. S., J. Wagg, C. Cicone, R. Maiolino, P. Moller, M. Aravena, C. De Breuck, Y. Peng, D. Espada, J. A. Hodge, C. M. V. Impellizzeri, S. Martín, D. Riechers and F. Walter: ALLSMOG: an APEX Low-redshift Legacy Survey for MOlecular Gas – I. Molecular gas scaling relations, and the effect of the CO/H2 conversion factor. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 445, 2599-2620, 2014.

Bovy, J., D. L. Nidever, H.-W. Rix, L. Girardi, G. Zasowski, S. D. Chojnowski, J. Holtzman, C. Epstein, P. M. Frinchaboy, M. R. Hayden, T. S. Rodrigues, S. R. Majewski, J. A. Johnson, M. H. Pinsonneault, D. Stello, C. Allende Prieto, B. Andrews, S. Basu, T. C. Beers, D. Bizyaev, A. Burton, W. J. Chaplin, K. Cunha, Y. Elsworth, R. A. García, D. A. García-Hernandez, A. E. García Pérez, F. R. Hearty, S. Hekker, T. Kallinger, K. Kinemuchi, L. Koesterke, S. Mészáros, B. Mosser, R. W. O'Connell, D. Oravetz, K. Pan, A. C. Robin, R. P. Schiavon, D. P. Schneider, M. Schultheis, A. Serenelli, M. Shetrone, V. Silva Aguirre, A. Simmons, M. Skrutskie, V. V. Smith, K. Stassun, D. H. Weinberg, J. C. Wilson and O. Zamora: The APOGEE red-clump catalog: Precise distances, velocities, and high-resolution elemental abundances over a large area of the Milky Way's disk. The Astrophysical Journal 790, id. 127 (121 pp), 2014.

Boyajian, T. S., G. van Belle and K. von Braun: Stellar diameters and temperatures. IV. Predicting stellar angular diameters. The Astronomical Journal 147, id. 47 (15 pp), 2014.

Boyajian, T. S., K. von Braun, G. van Belle, C. Farrington, G. Schaefer, J. Jones, R. White, H. A. McAlister, T. A. ten Brummelaar, S. Ridgway, D. Gies, L. Sturmann, J. Sturmann, N. H. Turner, P. J. Goldfinger and N. Vargas: Erratum: »Stellar diameters and temperatures. III. Main sequence A, F, G, and K stars: Additional high-precision measurements and empirical relations« (2013, ApJ, 771, 40). The Astrophysical Journal 787, id. 92 (93 pp), 2014.

Braga-Ribas, F., B. Sicardy, J. L. Ortiz, C. Snodgrass, F. Roques, R. Vieira-Martins, J. I. B. Camargo, M. Assafin, R. Duffard, E. Jehin, J. Pollock, R. Leiva, M. Emilio, D. I. Machado, C. Colazo, E. Lellouch, J. Skottfelt, M. Gillon, N. Ligier, L. Maquet, G. Benedetti-Rossi, A. R. Gomes, Jr., P. Kervella, H. Monteiro, R. Sfair, M. El Moutamid, G. Tancredi, J. Spagnotto, A. Maury, N. Morales, R. Gil-Hutton, S. Roland, A. Ceretta, S. H. Gu, X. B. Wang, K. Harpsoe, M. Rabus, J. Manfroid, C. Opitom, L. Vanzi, L. Mehret, L. Lorenzini, E. M. Schneiter, R. Melia, J. Lecacheux, F. Colas, F. Vachier, T. Widemann, L. Almenares, R. G. Sandness, F. Char, V. Perez, P. Lemos, N. Martinez, U. G. Jorgensen, M. Dominik, F. Roig, D. E. Reichart, A. P. LaCluyze, J. B. Haislip, K. M. Ivarsen, J. P. Moore, N. R. Frank and D. G. Lambas: A ring system detected around the Centaur (10199) Chariklo. Nature 508, 72-+, 2014.

Braga-Ribas, F., B. Sicardy, J. L. Ortiz, C. Snodgrass, F. Roques, R. Vieira-Martins, J. I. B. Camargo, M. Assafin, R. Duffard, E. Jehin, J. Pollock, R. Leiva, M. Emilio, D. I. Machado, C. Colazo, E. Lellouch, J. Skottfelt, M. Gillon, N. Ligier, L. Maquet, G. Benedetti-Rossi, A. R. Gomes, P. Kervella, H. Monteiro, R. Sfair, M. El Moutamid, G. Tancredi, J. Spagnotto, A. Maury, N. Morales, R. Gil-Hutton, S. Roland, A. Ceretta, S.-H. Gu, X.-B. Wang, K. Harpsoe, M. Rabus, J. Manfroid, C. Opitom, L. Vanzi, L. Mehret, L. Lorenzini, E. M. Schneiter, R. Melia, J. Lecacheux, F. Colas, F. Vachier, T. Widemann, L. Almenares, R. G. Sandness, F. Char, V. Perez, P. Lemos, N. Martinez, U. G. Jorgensen, M. Dominik, F. Roig, D. E. Reichart, A. P. Lacluyze, J. B. Haislip, K. M. Ivarsen, J. P. Moore, N. R. Frank and D. G. Lambas: A ring system detected around the Centaur (10199) Chariklo. Nature 508, 72-75, 2014.

Brandt, T. D., M. Kuzuhara, M. W. McElwain, J. E. Schlieder, J. P. Wisniewski, E. L. Turner, J. Carson, T. Matsuo, B. Biller, M. Bonnefoy, C. Dressing, M. Janson, G. R. Knapp, A. Moro-Martín, C. Thalmann, T. Kudo, N. Kusakabe, J. Hashimoto, L. Abe, W. Brandner, T. Currie, S. Egner, M. Feldt, T. Golota, M. Goto, C. A. Grady, O. Guyon, Y. Hayano, M. Hayashi, S. Hayashi, T. Henning, K. W. Hodapp, M. Ishii, M. Iye, R. Kandori, J. Kwon, K. Mede, S. Miyama, J.-I. Morino, T. Nishimura, T.-S. Pyo, E. Serabyn, T. Suenaga, H. Suto, R. Suzuki, M. Takami, Y. Takahashi, N. Takato, H. Terada, D. Tomono, M. Watanabe, T. Yamada, H. Takami, T. Usuda and M. Tamura: The moving group targets of the SEEDS high-contrast imaging survey of exoplanets and disks: Results and observations from thefirst three years. The Astrophysical Journal 786, id. 1 (25 pp), 2014.

Brandt, T. D., M. W. McElwain, E. L. Turner, K. Mede, D. S. Spiegel, M. Kuzuhara, J. E. Schlieder, J. P. Wisniewski, L. Abe, B. Biller, W. Brandner, J. Carson, T. Currie, S. Egner, M. Feldt, T. Golota, M. Goto, C. A. Grady, O. Guyon, J. Hashimoto, Y. Hayano, M. Hayashi, S. Hayashi, T. Henning, K. W. Hodapp, S. Inutsuka, M. Ishii, M. Iye, M. Janson, R. Kandori, G. R. Knapp, T. Kudo, N. Kusakabe, J. Kwon, T. Matsuo, S. Miyama, J.-I. Morino, A. Moro-Martín, T. Nishimura, T.-S. Pyo, E. Serabyn, H. Suto, R. Suzuki, M. Takami, N. Takato, H. Terada, C. Thalmann, D. Tomono, M. Watanabe, T. Yamada, H. Takami, T. Usuda and M. Tamura: A statistical analysis of SEEDS and other high-contrast exoplanet surveys: Massive planets or low-mass brown dwarfs? The Astrophysical Journal 794, id. 159 (125 pp), 2014.

Brewer, B. J., P. J. Marshall, M. W. Auger, T. Treu, A. A. Dutton and M. Barnabè: The SWELLS survey – VI. Hierarchical inference of the initial mass functions of bulges and discs. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 1950-1961, 2014.

Brinch, C. and C. P. Dullemond: Interferometer predictions with triangulated images: solving the multiscale problem. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 440, 3285-3291, 2014.

Brook, C. B., G. Stinson, B. K. Gibson, S. Shen, A. V. Macciò, A. Obreja, J. Wadsley and T. Quinn: MaGICC baryon cycle: the enrichment history of simulated disc galaxies. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 443, 3809-3818, 2014.

Brown, M. J. I., J. Moustakas, J.-D. T. Smith, E. da Cunha, T. H. Jarrett, M. Imanishi, L. Armus, B. R. Brandl and J. E. G. Peek: An atlas of galaxy spectral energy distributions from the ultraviolet to the mid-infrared. The Astrophysical Journal Supplement Series 212, id. 18 (23 pp), 2014.

Buenzli, E., D. Apai, J. Radigan, I. N. Reid and D. Flateau: Brown dwarf photospheres are patchy: A Hubble Space Telescope Near-infrared Spectroscopic Survey finds frequent low-level variability. The Astrophysical Journal 782, id. 77 (18 pp), 2014.

Butler, M. J., J. C. Tan and J. Kainulainen: The darkest shadows: Deep mid-infrared extinction mapping of a massive protocluster. The Astrophysical Journal Letters 782, id. L30 (36 pp), 2014.

Calchi Novati, S., V. Bozza, I. Bruni, M. Dall'Ora, F. De Paolis, M. Dominik, R. Gualandi, G. Ingrosso, P. Jetzer, L. Mancini, A. Nucita, M. Safonova, G. Scarpetta, M. Sereno, F. Strafella, A. Subramaniam, A. Gould and P. Collaboration: The M31 Pixel Lensing PLAN campaign: MACHO lensing and self-lensing signals. The Astrophysical Journal 783, id. 86 (11 pp), 2014.

Calore, F., V. De Romeri, M. Di Mauro, F. Donato, J. Herpich, A. V. Macciò and L. Maccione: g-ray anisotropies from dark matter in the Milky Way: the role of the radial distribution. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 1151-1156, 2014.

Cantalupo, S., F. Arrigoni-Battaia, J. X. Prochaska, J. F. Hennawi and P. Madau: A cosmic web filament revealed in Lyman-a emission around a luminous high-redshift quasar. Nature 506, 63-66, 2014.

Cantiello, M., J. P. Blakeslee, G. Raimondo, A. L. Chies-Santos, Z. G. Jennings, M. A. Norris and H. Kuntschner: Globular clusters of NGC 3115 in the near-infrared. Demonstrating the correctness of two opposing scenarios. Astronomy and Astrophysics 564, id. L3 (8 pp), 2014.

Carmona, A., C. Pinte, W. F. Thi, M. Benisty, F. Ménard, C. Grady, I. Kamp, P. Woitke, J. Olofsson, A. Roberge, S. Brittain, G. Duchêne, G. Meeus, C. Martin-Zaïdi, B. Dent, J. B. Le Bouquin and J. P. Berger: Constraining the structure of the transition disk HD 135344B (SAO 206462) by simultaneous modeling of multiwavelength gas and dust observations. Astronomy and Astrophysics 567, id. A51(23 pp), 2014.

Chen, C.-H. R., R. Indebetouw, E. Muller, A. Kawamura, K. D. Gordon, M. Sewilo, B. A. Whitney, Y. Fukui, S. C. Madden, M. R. Meade, M. Meixner, J. M. Oliveira, T. P. Robitaille, J. P. Seale, B. Shiao and J. T. van Loon: Spitzer view of massive star formation in the tidally stripped Magellanic Bridge. The Astrophysical Journal 785, id. 162 (129 pp), 2014.

Chen, G., R. van Boekel, N. Madhusudhan, H. Wang, N. Nikolov, U. Seemann and T. Henning: Ground-based detection of the near-infrared emission from the dayside of WASP-5b. Astronomy and Astrophysics 564, id. A6 (12 pp), 2014.

Chen, G., R. van Boekel, H. Wang, N. Nikolov, J. J. Fortney, U. Seemann, W. Wang, L. Mancini and T. Henning: Broad-band transmission spectrum and K-band thermal emission of WASP-43b as observed from the ground. Astronomy and Astrophysics 563, id. A40 (14 pp), 2014.

Chen, G., R. van Boekel, H. Wang, N. Nikolov, U. Seemann and T. Henning: Observed spectral energy distribution of the thermal emission from the dayside of WASP-46b. Astronomy and Astrophysics 567, id. A8 (8 pp), 2014.

Chira, R.-A., R. J. Smith, R. S. Klessen, A. M. Stutz and R. Shetty: Line profiles of cores within clusters – III. What is the most reliable tracer of core collapse in dense clusters? Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 444, 874-886, 2014.

Choquet, é., P. Kervella, J.-B. Le Bouquin, A. Mérand, J.-P. Berger, X. Haubois, G. Perrin, P.-O. Petrucci, B. Lazareff and J.-U. Pott: The close environment of high-mass X-ray binaries at high angular resolution. I. VLTI/AMBER and VLTI/PIONIER near-infrared interferometric observations of Vela X-1. Astronomy and Astrophysics 561, id. A46 (48 pp), 2014.

Cielo, S., V. Antonuccio-Delogu, A. V. Macciò, A. D. Romeo and J. Silk: 3D simulations of the early stages of AGN jets: geometry, thermodynamics and backflow. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 439, 2903-2916, 2014.

Cloutier, R., T. Currie, G. H. Rieke, S. J. Kenyon, Z. Balog and R. Jayawardhana: A deep Spitzer Survey of circumstellar disks in the young double cluster, h and c Persei. The Astrophysical Journal 796, id. 127 (127 pp), 2014.

Collins, M. L. M., S. C. Chapman, R. M. Rich, R. A. Ibata, N. F. Martin, M. J. Irwin, N. F. Bate, G. F. Lewis, J. Peñarrubia, N. Arimoto, C. M. Casey, A. M. N. Ferguson, A. Koch, A. W. McConnachie and N. Tanvir: The masses of local group dwarf spheroidal galaxies: The death of the universal mass profile. The Astrophysical Journal 783, id. 7 (14 pp), 2014.

Colombo, D., A. Hughes, E. Schinnerer, S. E. Meidt, A. K. Leroy, J. Pety, C. L. Dobbs, S. García-Burillo, G. Dumas, T. A. Thompson, K. F. Schuster and C. Kramer: The PdBI Arcsecond Whirlpool Survey (PAWS): Environmental dependence of giant molecular cloud properties in M51. The Astrophysical Journal 784, id. 3 (32 pp), 2014.

Colombo, D., S. E. Meidt, E. Schinnerer, S. García-Burillo, A. Hughes, J. Pety, A. K. Leroy, C. L. Dobbs, G. Dumas, T. A. Thompson, K. F. Schuster and C. Kramer: The PdBI Arcsecond Whirlpool Survey (PAWS): Multi-phase cold gas kinematic of M51. The Astrophysical Journal 784, id. 4 (18 pp), 2014.

Combes, F., S. García-Burillo, V. Casasola, L. Hunt, M. Krips, A. J. Baker, F. Boone, A. Eckart, I. Marquez, R. Neri, E. Schinnerer and L. J. Tacconi: ALMA observations of feeding and feedback in nearby Seyfert galaxies: an AGN-driven outflow in NGC 1433 (Corrigendum). Astronomy and Astrophysics 564, id. C1 (1 pp), 2014.

Combes, F., S. García-Burillo, V. Casasola, L. K. Hunt, M. Krips, A. J. Baker, F. Boone, A. Eckart, I. Marquez, R. Neri, E. Schinnerer and L. J. Tacconi: ALMA reveals the feeding of the Seyfert 1 nucleus in NGC 1566. Astronomy and Astrophysics 565, id. A97 (11 pp), 2014.

Cormier, D., S. C. Madden, V. Lebouteiller, S. Hony, S. Aalto, F. Costagliola, A. Hughes, A. Rémy-Ruyer, N. Abel, E. Bayet, F. Bigiel, J. M. Cannon, R. J. Cumming, M. Galametz, F. Galliano, S. Viti and R. Wu: The molecular gas reservoir of 6 low-metallicity galaxies from the Herschel Dwarf Galaxy Survey. A ground-based follow-up survey of CO(1-0), CO(2-1), and CO(3-2). Astronomy and Astrophysics 564, id. A121 (119 pp), 2014.

Correia, C., B. Burkhart, A. Lazarian, V. Ossenkopf, J. Stutzki, J. Kainulainen, G. Kowal and J. R. de Medeiros: Opacity broadening of 13CO linewidths and its effect on the variance-sonic Mach number relation. The Astrophysical Journal Letters 785, id. L1 (6 pp), 2014.

Courteau, S., M. Cappellari, R. S. de Jong, A. A. Dutton, E. Emsellem, H. Hoekstra, L. V. E. Koopmans, G. A. Mamon, C. Maraston, T. Treu and L. M. Widrow: Galaxy masses. Reviews of Modern Physics 86, 47-119, 2014.

Crossfield, I. J. M.: Doppler imaging of exoplanets and brown dwarfs. Astronomy and Astrophysics 566, id. A130 (139 pp), 2014.

Crossfield, I. J. M., B. Biller, J. E. Schlieder, N. R. Deacon, M. Bonnefoy, D. Homeier, F. Allard, E. Buenzli, T. Henning, W. Brandner, B. Goldman and T. Kopytova: A global cloud map of the nearest known brown dwarf. Nature 505, 654-656, 2014.

Csengeri, T., J. S. Urquhart, F. Schuller, F. Motte, S. Bontemps, F. Wyrowski, K. M. Menten, L. Bronfman, H. Beuther, T. Henning, L. Testi, A. Zavagno and M. Walmsley: The ATLASGAL survey: a catalog of dust condensations in the Galactic plane. Astronomy and Astrophysics 565, id. A75 (21 pp), 2014.

Csépány, G., P. ábrahám, Z. Regály, G. Mezo, W. Brandner and F. Hormuth: Examining young stellar systems in birth by high angular resolution observations. Contributions of the Astronomical Observatory Skalnate Pleso 43, 425-426, 2014.

Cubillos, P., J. Harrington, N. Madhusudhan, A. S. D. Foster, N. B. Lust, R. A. Hardy and M. O. Bowman: A Spitzer five-band analysis of the Jupiter-sized planet TrES-1. The Astrophysical Journal 797, id. 42 (16 pp), 2014.

Currie, T., T. Muto, T. Kudo, M. Honda, T. D. Brandt, C. Grady, M. Fukagawa, A. Burrows, M. Janson, M. Kuzuhara, M. W. McElwain, K. Follette, J. Hashimoto, T. Henning, R. Kandori, N. Kusakabe, J. Kwon, K. Mede, J.-I. Morino, J. Nishikawa, T.-S. Pyo, G. Serabyn, T. Suenaga, Y. Takahashi, J. Wisniewski and M. Tamura: Recovery of the candidate protoplanet HD 100546 b with Gemini/NICI and detection of additional (planet-induced?) disk structure at small separations. The Astrophysical Journal Letters 796, id. L30 (36 pp), 2014.

Dannerbauer, H., J. D. Kurk, C. De Breuck, D. Wylezalek, J. S. Santos, Y. Koyama, N. Seymour, M. Tanaka, N. Hatch, B. Altieri, D. Coia, A. Galametz, T. Kodama, G. Miley, H. Röttgering, M. Sanchez-Portal, I. Valtchanov, B. Venemans and B. Ziegler: An excess of dusty starbursts related to the Spiderweb galaxy. Astronomy and Astrophysics 570, id. A55 (19 pp), 2014.

de Blok, W. J. G., K. M. Keating, D. J. Pisano, F. Fraternali, F. Walter, T. Oosterloo, E. Brinks, F. Bigiel and A. Leroy: A low H I column density filament in NGC 2403: signature of interaction or accretion. Astronomy and Astrophysics 569, id. A68 (11 pp), 2014.

de Blok, W. J. G. and F. Walter: The impact of the gas distribution on the determination of dynamical masses of galaxies using unresolved observations. The Astronomical Journal 147, id. 96 (14 pp), 2014.

De Breuck, C., R. J. Williams, M. Swinbank, P. Caselli, K. Coppin, T. A. Davis, R. Maiolino, T. Nagao, I. Smail, F. Walter, A. Weiß and

M. A. Zwaan: ALMA resolves turbulent, rotating [CII] emission in a young starburst galaxy at $z = 4.8$. Astronomy and Astrophysics 565, id. A59 (10 pp), 2014.

De Rosa, G., B. P. Venemans, R. Decarli, M. Gennaro, R. A. Simcoe, M. Dietrich, B. M. Peterson, F. Walter, S. Frank, R. G. McMahon, P. C. Hewett, D. J. Mortlock and C. Simpson: Black hole mass estimates and emission-line properties of a sample of redshift $z > 6.5$ quasars. The Astrophysical Journal 790, id. 145 (114 pp), 2014.

Deacon, N. R., D. W. Hoard, E. A. Magnier, Y. S. Jadhav, M. Huber, K. C. Chambers, H. Flewelling, K. W. Hodapp, N. Kaiser, R. P. Kudritzki, N. Metcalfe and C. Waters: Pre-outburst observations of Nova Del 2013 from Pan-STARRS 1. Astronomy and Astrophysics 563, id. A129 (124 pp), 2014.

Deacon, N. R., M. C. Liu, E. A. Magnier, K. M. Aller, W. M. J. Best, T. Dupuy, B. P. Bowler, A. W. Mann, J. A. Redstone, W. S. Burgett, K. C. Chambers, P. W. Draper, H. Flewelling, K. W. Hodapp, N. Kaiser, R.-P. Kudritzki, J. S. Morgan, N. Metcalfe, P. A. Price, J. L. Tonry and R. J. Wainscoat: Wide cool and ultracool companions to nearby stars from Pan-STARRS 1. The Astrophysical Journal 792, id. 119 (140 pp), 2014.

Decarli, R., M. Dotti, C. Mazzucchelli, C. Montuori and M. Volonteri: New insights on the recoiling/binary black hole candidate J0927+2943 via molecular gas observations. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 445, 1558-1566, 2014.

Decarli, R., I. Smail, F. Walter, A. M. Swinbank, S. Chapman, K. E. K. Coppin, P. Cox, H. Dannerbauer, T. R. Greve, J. A. Hodge, R. Ivison, A. Karim, K. K. Knudsen, L. Lindroos, H.-W. Rix, E. Schinnerer, J. M. Simpson, P. van der Werf and A. Weiß: An ALMA Survey of Submillimeter Galaxies in the Extended Chandra Deep Field South: Submillimeter properties of color-selected galaxies. The Astrophysical Journal 780, id. 115 (112 pp), 2014.

Decarli, R., F. Walter, C. Carilli, F. Bertoldi, P. Cox, C. Ferkinhoff, B. Groves, R. Maiolino, R. Neri, D. Riechers and A. Weiss: Varying [C II]/[N II] line ratios in the interacting system BR1202-0725 at $z = 4.7$. The Astrophysical Journal Letters 782, id. L17 (14 pp), 2014.

Decarli, R., F. Walter, C. Carilli, D. Riechers, P. Cox, R. Neri, M. Aravena, E. Bell, F. Bertoldi, D. Colombo, E. Da Cunha, E. Daddi, M. Dickinson, D. Downes, R. Ellis, L. Lentati, R. Maiolino, K. M. Menten, H.-W. Rix, M. Sargent, D. Stark, B. Weiner and A. Weiss: A molecular line scan in the Hubble Deep Field North. The Astrophysical Journal 782, id. 78 (18 pp), 2014.

den Brok, M., G. van de Ven, R. van den Bosch and L. Watkins: The central mass and mass-to-light profile of the Galactic globular cluster M15. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 487-493, 2014.

den Brok, M., G. van de Ven, R. van den Bosch and L. Watkins: The central mass and mass-to-light profile of the Galactic globular cluster M15. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 487-493, 2014.

Desidera, S., A. S. Bonomo, R. U. Claudi, M. Damasso, K. Biazzo, A. Sozzetti, F. Marzari, S. Benatti, D. Gandolfi, R. Gratton, A. F. Lanza, V. Nascimbeni, G. Andreuzzi, L. Affer, M. Barbieri, L. R. Bedin, A. Bignamini, M. Bonavita, F. Borsa, P. Calcidese, J. M. Christille, R. Cosentino, E. Covino, M. Esposito, P. Giacobbe, A. Harutyunyan, D. Latham, M. Lattanzi, G. Leto, G. Lodato, C. Lovis, A. Maggio, L. Malavolta, L. Mancini, A. F. Martinez Fiorenzano, G. Micela, E. Molinari, C. Mordasini, U. Munari, I. Pagano, M. Pedani, F. Pepe, G. Piotto, E. Poretti, M. Rainer, I. Ribas, N. C. Santos, G. Scandariato, R. Silvotti, J. Southworth and R. Zanmar Sanchez: The GAPS programme with HARPS-N at TNG. IV. A planetary system around XO-2S. Astronomy and Astrophysics 567, id. L6 (6 pp), 2014.

Di Cintio, A., C. B. Brook, A. A. Dutton, A. V. Macciò, G. S. Stinson and A. Knebe: A mass-dependent density profile for dark matter haloes including the influence of galaxy formation. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, 2986-2995, 2014.

Di Cintio, A., C. B. Brook, A. V. Macciò, G. S. Stinson, A. Knebe, A. A. Dutton and J. Wadsley: The dependence of dark matter profiles on the stellar-to-halo mass ratio: a prediction for cusps versus cores. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 415-423, 2014.

Di Folco, E., A. Dutrey, J.-B. Le Bouquin, S. Lacour, J.-P. Berger, R. Köhler, S. Guilloteau, V. Piétu, J. Bary, T. Beck, H. Beust and E. Pantin: GG Tauri: the fifth element. Astronomy and Astrophysics 565, id. L2 (6 pp), 2014.

Dicken, D., C. Tadhunter, R. Morganti, D. Axon, A. Robinson, M. Magagnoli, P. Kharb, C. Ramos Almeida, B. Mingo, M. Hardcastle, N. P. H. Nesvadba, V. Singh, M. B. N. Kouwenhoven, M. Rose, H. Spoon, K. J. Inskip and J. Holt: Spitzer mid-IR spectroscopy of powerful 2Jy and 3CRR radio galaxies. II. AGN power indicators and unification. The Astrophysical Journal 788, id. 98 (22 pp), 2014.

Dittkrist, K.-M., C. Mordasini, H. Klahr, Y. Alibert and T. Henning: Impacts of planet migration models on planetary populations. Effects of saturation, cooling and stellar irradiation. Astronomy and Astrophysics 567, id. A121 (118 pp), 2014.

Donahue, M., G. M. Voit, A. Mahdavi, K. Umetsu, S. Ettori, J. Merten, M. Postman, A. Hoffer, A. Baldi, D. Coe, N. Czakon, M. Bartelmann, N. Benitez, R. Bouwens, L. Bradley, T. Broadhurst, H. Ford, F. Gastaldello, C. Grillo, L. Infante, S. Jouvel, A. Koekemoer, D. Kelson, O. Lahav, D. Lemze, E. Medezinski, P. Melchior, M. Meneghetti, A. Molino, J. Moustakas, L. A. Moustakas, M. Nonino, P. Rosati, J. Sayers, S. Seitz, A. Van der Wel, W. Zheng and A. Zitrin: CLASH-X: A comparison of lensing and X-ray techniques for measuring the mass profiles of galaxy clusters. The Astrophysical Journal 794, id. 136 (121 pp), 2014.

Dong, X. C., W. P. Lin, X. Kang, Y. Ocean Wang, A. A. Dutton and A. V. Macciò: The distribution of satellites around central galaxies in a cosmological hydrodynamical simulation. The Astrophysical Journal Letters 791, id. L33 (36 pp), 2014.

Draine, B. T., G. Aniano, O. Krause, B. Groves, K. Sandstrom, R. Braun, A. Leroy, U. Klaas, H. Linz, H.-W. Rix, E. Schinnerer, A. Schmiedeke and F. Walter: Andromeda's dust. The Astrophysical Journal 780, id. 172 (118 pp), 2014.

Drummond, J. D., B. Carry, W. J. Merline, C. Dumas, H. Hammel, S. Erard, A. Conrad, P. Tamblyn and C. R. Chapman: Dwarf planet Ceres: Ellipsoid dimensions and rotational pole from Keck and VLT adaptive optics images. Icarus 236, 28-37, 2014.

Dunham, M. M., H. G. Arce, D. Mardones, J.-E. Lee, B. C. Matthews, A. M. Stutz and J. P. Williams: Molecular outflows driven by low-mass protostars. I. Correcting for underestimates when measuring outflow masses and dynamical properties. The Astrophysical Journal 783, id. 29 (30 pp), 2014.

Dutton, A. A. and A. V. Macciò: Cold dark matter haloes in the Planck era: evolution of structural parameters for Einasto and NFW profiles. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, 3359-3374, 2014.

Dutton, A. A. and T. Treu: The bulge-halo conspiracy in massive elliptical galaxies: implications for the stellar initial mass function and halo response to baryonic processes. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 3594-3602, 2014.

Elliott, P., A. Bayo, C. H. F. Melo, C. A. O. Torres, M. Sterzik and G. R. Quast: Search for associations containing young stars (SACY). V. Is multiplicity universal? Tight multiple systems. Astronomy and Astrophysics 568, id. A26 (22 pp), 2014.

Elliott, P., A. Bayo, C. H. F. Melo, C. A. O. Torres, M. Sterzik and G. R. Quast: Search for associations containing young stars (SACY). V. Is multiplicity universal? Tight multiple systems. Astronomy and Astrophysics 568, id. A26 (22 pp), 2014.

Elmegreen, D. M., B. G. Elmegreen, A. Adamo, A. Aloisi, J. Andrews, F. Annibali, S. N. Bright, D. Calzetti, M. Cignoni, A. S. Evans, J. S. Gallagher, III, D. A. Gouliermis, E. K. Grebel, D. A. Hunter, K. Johnson, H. Kim, J. Lee, E. Sabbi, L. J. Smith, D. Thilker, M. Tosi and L. Ubeda: Hierarchical star formation in nearby LEGUS galaxies. The Astrophysical Journal Letters 787, id. L15 (17 pp), 2014.

Esposito, M., E. Covino, L. Mancini, A. Harutyunyan, J. Southworth, K. Biazzo, D. Gandolfi, A. F. Lanza, M. Barbieri, A. S. Bonomo, F. Borsa, R. Claudi, R. Cosentino, S. Desidera, R. Gratton, I. Pagano, A. Sozzetti, C. Boccato, A. Maggio, G. Micela, E. Molinari, V. Nascimbeni, G. Piotto, E. Poretti and R. Smareglia: The GAPS Programme with HARPS-N at TNG. III: The retrograde orbit of HAT-P-18b. Astronomy and Astrophysics 564, id. L13 (15 pp), 2014.

Falcón-Barroso, J., C. Ramos Almeida, T. Böker, E. Schinnerer, J. H. Knapen, A. Lançon and S. Ryder: The circumnuclear environment of NGC 613: a nuclear starburst caught in the act? Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 329-340, 2014.

Fang, M., A. Sicilia-Aguilar, V. Roccatagliata, D. Fedele, T. Henning, C. Eiroa and A. Müller: GW Orionis: Inner disk readjustments in a triple system. Astronomy and Astrophysics 570, id. A118 (122 pp), 2014.

Farina, E. P., R. Falomo, R. Scarpa, R. Decarli, A. Treves and J. K. Kotilainen: The extent of the Mg II absorbing circumgalactic medium of quasars. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, 886-899, 2014.

Feng, F. and C. A. L. Bailer-Jones: Exploring the role of the Sun's motion in terrestrial comet impacts. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 3653-3673, 2014.

Finn, C. W., S. L. Morris, N. H. M. Crighton, F. Hamann, C. Done, T. Theuns, M. Fumagalli, N. Tejos and G. Worseck: A compact, metal-rich, kpc-scale outflow in FBQS J0209-0438: detailed diagnostics from HST/COS extreme UV observations. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 440, 3317-3340, 2014.

Fischer, W. J., S. T. Megeath, J. J. Tobin, L. Hartmann, A. M. Stutz, M. Kounkel, C. A. Poteet, B. Ali, M. Osorio, P. Manoj, I. Remming, T. Stanke and D. M. Watson: HOPS 136: An edge-on Orion protostar near the end of envelope infall. The Astrophysical Journal 781, id. 123 (111 pp), 2014.

Fisher, D. B., A. D. Bolatto, R. Herrera-Camus, B. T. Draine, J. Donaldson, F. Walter, K. M. Sandstrom, A. K. Leroy, J. Cannon and K. Gordon: The rarity of dust in metal-poor galaxies. Nature 505, 186-189, 2014.

Flaherty, K. M., J. Muzerolle, S. J. Wolk, G. Rieke, R. Gutermuth, Z. Balog, W. Herbst, S. T. Megeath and E. Furlan: Connecting X-ray and infrared variability among young stellar objects: Ruling out potential sources of dsk fluctuations. The Astrophysical Journal 793, id. 2 (10 pp), 2014.

Font, J., J. E. Beckman, M. Querejeta, B. Epinat, P. A. James, J. Blasco-Herrera, S. Erroz-Ferrer and I. Pérez: Interlocking resonance patterns in galaxy disks. The Astrophysical Journal Supplement Series 210, id. 2 (30 pp), 2014.

Font-Ribera, A., D. Kirkby, N. Busca, J. Miralda-Escudé, N. P. Ross, A. Slosar, J. Rich, é. Aubourg, S. Bailey, V. Bhardwaj, J. Bautista, F. Beutler, D. Bizyaev, M. Blomqvist, H. Brewington, J. Brinkmann, J. R. Brownstein, B. Carithers, K. S. Dawson, T. Delubac, G. Ebelke, D. J. Eisenstein, J. Ge, K. Kinemuchi, K.-G. Lee, V. Malanushenko, E. Malanushenko, M. Marchante, D. Margala, D. Muna, A. D. Myers, P. Noterdaeme, D. Oravetz, N. Palanque-Delabrouille, I. Pâris, P. Petitjean, M. M. Pieri, G. Rossi, D. P. Schneider, A. Simmons, M. Viel, C. Yeche and D. G. York: Quasar-Lyman alpha forest cross-correlation from BOSS DR11: Baryon Acoustic Oscillations. Journal of Cosmology and Astro-Particle Physics 05, id. 027 (023 pp), 2014 online.

Fontana, A., J. S. Dunlop, D. Paris, T. A. Targett, K. Boutsia, M. Castellano, A. Galametz, A. Grazian, R. McLure, E. Merlin, L. Pentericci, S. Wuyts, O. Almaini, K. Caputi, R.-R. Chary, M. Cirasuolo, C. J. Conselice, A. Cooray, E. Daddi, M. Dickinson, S. M. Faber, G. Fazio, H. C. Ferguson, E. Giallongo, M. Giavalisco, N. A. Grogin, N. Hathi, A. M. Koekemoer, D. C. Koo, R. A. Lucas, M. Nonino, H. W. Rix, A. Renzini, D. Rosario, P. Santini, C. Scarlata, V. Sommariva, D. P. Stark, A. van der Wel, E. Vanzella, V. Wild, H. Yan and S. Zibetti: The Hawk-I UDS and GOODS Survey (HUGS): Survey design and deep K-band number counts. Astronomy and Astrophysics 570, id. A11 (13 pp), 2014.

Forbes, D. A., M. A. Norris, J. Strader, A. J. Romanowsky, V. Pota, S. J. Kannappan, J. P. Brodie and A. Huxor: The AIMSS Project II: dynamical-to-stellar mass ratios across the star cluster-galaxy divide. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 444, 2993-3003, 2014.

Foreman-Mackey, D., D. W. Hogg and T. D. Morton: Exoplanet population inference and the abundance of Earth analogs from noisy, incomplete catalogs. The Astrophysical Journal 795, id. 64 (12 pp), 2014.

Fouesneau, M., L. C. Johnson, D. R. Weisz, J. J. Dalcanton, E. F. Bell, L. Bianchi, N. Caldwell, D. A. Gouliermis, P. Guhathakurta, J. Kalirai, S. S. Larsen, H.-W. Rix, A. C. Seth, E. D. Skillman and B. F. Williams: The Panchromatic Hubble Andromeda Treasury. V. Ages and masses of the year 1 stellar clusters. The Astrophysical Journal 786, id. 117 (117 pp), 2014.

Frew, D. J., I. S. Bojicic, Q. A. Parker, M. Stupar, S. Wachter, K. DePew, A. Danehkar, M. T. Fitzgerald and D. Douchin: The planetary nebula Abell 48 and its [WN] nucleus. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 440, 1345-1364, 2014.

Fu, Q., J.-U. Pott, P. Diethard, F. Shen, C. Rao and X. Li: Experimental study on modified linear quadratic Gaussian control for adaptive optics. Applied Optics 53, 1610-1619, 2014.

Fu, Q., J.-U. Pott, F. Shen and C. Rao: Stochastic parallel gradient descent optimization based on decoupling of the software and hardware. Optics Communications 310, 138-149, 2014.

Fulvio, D., A. C. Brieva, S. H. Cuylle, H. Linnartz, C. Jäger and T. Henning: A straightforward method for Vacuum-Ultraviolet flux measurements: The case of the hydrogen discharge lamp and implications for solid-phase actinometry. Applied Physics Letters 105, id. 4105 (4104pp), 2014 online.

Fumagalli, M., J. F. Hennawi, J. X. Prochaska, D. Kasen, A. Dekel, D. Ceverino and J. Primack: Confronting simulations of optically thick gas in massive halos with observations at $z = 2–3$. The Astrophysical Journal 780, id. 74 (16 pp), 2014.

Fumagalli, M., I. Labbé, S. G. Patel, M. Franx, P. van Dokkum, G. Brammer, E. da Cunha, N. M. Förster Schreiber, M. Kriek, R. Quadri, H.-W. Rix, D. Wake, K. E. Whitaker, B. Lundgren, D. Marchesini, M. Maseda, I. Momcheva, E. Nelson, C. Pacifici and R. E. Skelton: How dead are dead galaxies? Mid-infrared fluxes of quiescent galaxies at redshift $0.3 < z < 2.5$: Implications for star formation rates and dust heating. The Astrophysical Journal 796, id. 35 (11 pp), 2014.

Furlan, E., S. T. Megeath, M. Osorio, A. M. Stutz, W. J. Fischer, B. Ali, T. Stanke, P. Manoj, J. D. Adams and J. J. Tobin: On the nature of the deeply embedded protostar OMC-2 FIR 4. The Astrophysical Journal 786, id. 26 (15 pp), 2014.

Galametz, M., M. Albrecht, R. Kennicutt, G. Aniano, F. Bertoldi, D. Calzetti, K. V. Croxall, D. Dale, B. Draine, C. Engelbracht, K. Gordon, J. Hinz, L. K. Hunt, A. Kirkpatrick, E. Murphy, H. Roussel, R. A. Skibba, F. Walter, A. Weiss and C. D. Wilson: Dissecting the origin of the submillimetre emission in nearby galaxies with Herschel and LABOCA. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 439, 2542-2570, 2014.

Galbany, L., V. Stanishev, A. M. Mourão, M. Rodrigues, H. Flores, R. García-Benito, D. Mast, M. A. Mendoza, S. F. Sánchez, C. Badenes, J. Barrera-Ballesteros, J. Bland-Hawthorn, J. Falcón-Barroso, B. García-Lorenzo, J. M. Gomes, R. M. González Delgado, C. Kehrig, M. Lyubenova, A. R. López-Sánchez, A. de Lorenzo-Cáceres, R. A. Marino, S. Meidt, M. Mollá, P. Papaderos, M. A. Pérez-Torres, F. F. Rosales-Ortega and G. van de Ven: Nearby supernova host galaxies from the CALIFA Survey. I. Sample, data analysis, and correlation to star-forming regions. Astronomy and Astrophysics 572, id. A38 (24 pp), 2014.

García-Burillo, S., F. Combes, A. Usero, S. Aalto, M. Krips, S. Viti, A. Alonso-Herrero, L. K. Hunt, E. Schinnerer, A. J. Baker, F. Boone, V. Casasola, L. Colina, F. Costagliola, A. Eckart, A. Fuente, C. Henkel, A. Labiano, S. Martín, I. Márquez, S. Muller, P. Planesas, C. Ramos Almeida, M. Spaans, L. J. Tacconi and P. P. van der Werf: Molecular line emission in NGC 1068 imaged with ALMA. I. An AGN-driven outflow in the dense molecular gas. Astronomy and Astrophysics 567, id. A125 (124 pp), 2014.

Garufi, A., S. P. Quanz, H. M. Schmid, H. Avenhaus, E. Buenzli and S. Wolf: Shadows and cavities in protoplanetary disks: HD 163296, HD 141569A, and HD 150193A in polarized light. Astronomy and Astrophysics 568, id. A40 (10 pp), 2014.

Gavilan, L., J. L. Lemaire, G. Vidali, T. Sabri and C. Jæger: The formation of molecular hydrogen on silicate dust analogs: The rotational distribution. The Astrophysical Journal 781, id. 79 (13 pp), 2014.

Gazak, J. Z., B. Davies, N. Bastian, R. Kudritzki, M. Bergemann, B. Plez, C. Evans, L. Patrick, F. Bresolin and E. Schinnerer: A new method for measuring metallicities of young super star clusters. The Astrophysical Journal 787, id. 142 (146 pp), 2014.

Georgakakis, A., P. G. Pérez-González, N. Fanidakis, M. Salvato, J. Aird, H. Messias, J. M. Lotz, G. Barro, L.-T. Hsu, K. Nandra, D. Rosario, M. C. Cooper, D. D. Kocevski and J. A. Newman: Investigating evidence for different black hole accretion modes since redshift $z \sim 1$. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 440, 339-352, 2014.

Gerner, T., H. Beuther, D. Semenov, H. Linz, T. Vasyunina, S. Bihr, Y. L. Shirley and T. Henning: Chemical evolution in the early phases of massive star formation. I. Astronomy and Astrophysics 563, id. A97 (31 pp), 2014.

Giannetti, A., F. Wyrowski, J. Brand, T. Csengeri, F. Fontani, C. M. Walmsley, Q. Nguyen Luong, H. Beuther, F. Schuller, R. Güsten and K. M. Menten: ATLASGAL-selected massive clumps in the inner Galaxy. I. CO depletion and isotopic ratios. Astronomy and Astrophysics 570, id. A65 (55 pp), 2014.

González Delgado, R. M., R. Cid Fernandes, R. García-Benito, E. Pérez, A. L. de Amorim, C. Cortijo-Ferrero, E. A. D. Lacerda, R. López Fernández, S. F. Sánchez, N. Vale Asari, J. Alves, J. Bland-Hawthorn, L. Galbany, A. Gallazzi, B. Husemann, S. Bekeraite, B. Jungwiert, A. R. López-Sánchez, A. de Lorenzo-Cáceres, R. A. Marino, D. Mast, M. Mollá, A. del Olmo, P. Sánchez-Blázquez, G. van de Ven, J. M. Vílchez, C. J. Walcher, L. Wisotzki, B. Ziegler and C. Collaboration920: Insights on the stellar mass-metallicity relation from the CALIFA survey. The Astrophysical Journal Letters 791, id. L16 (15 pp), 2014.

González Delgado, R. M., E. Pérez, R. Cid Fernandes, R. García-Benito, A. L. de Amorim, S. F. Sánchez, B. Husemann, C. Cortijo-Ferrero, R. López Fernández, P. Sánchez-Blázquez, S. Bekeraite, C. J. Walcher, J. Falcón-Barroso, A. Gallazzi, G. van de Ven, J. Alves, J. Bland-Hawthorn, R. C. Kennicutt, D. Kupko, M. Lyubenova, D. Mast, M. Mollá, R. A. Marino, A. Quirrenbach, J. M. Vílchez and L. Wisotzki: The star formation history of CALIFA galaxies: Radial structures. Astronomy and Astrophysics 562, id. A47 (25 pp), 2014.

González-López, J., D. A. Riechers, R. Decarli, F. Walter, L. Vallini, R. Neri, F. Bertoldi, A. D. Bolatto, C. L. Carilli, P. Cox, E. da Cunha, A. Ferrara, S. Gallerani and L. Infante: Search for [C II] emission in $z = 6.5–11$ star-forming galaxies. The Astrophysical Journal 784, id. 99 (11 pp), 2014.

Goodman, A. A., J. Alves, C. N. Beaumont, R. A. Benjamin, M. A. Borkin, A. Burkert, T. M. Dame, J. Jackson, J. Kauffmann, T. Robitaille and R. J. Smith: The bones of the Milky Way. The Astrophysical Journal 797, id. 53 (13 pp), 2014.

Gordon, K. D., J. Roman-Duval, C. Bot, M. Meixner, B. Babler, J.-P. Bernard, A. Bolatto, M. L. Boyer, G. C. Clayton, C. Engelbracht, Y. Fukui, M. Galametz, F. Galliano, S. Hony, A. Hughes, R. Indebetouw, F. P. Israel, K. Jameson, A. Kawamura, V. Lebouteiller, A. Li, S. C. Madden, M. Matsuura, K. Misselt, E. Montiel, K. Okumura, T. Onishi, P. Panuzzo, D. Paradis, M. Rubio, K. Sandstrom, M. Sauvage, J. Seale, M. Sewilo, K. Tchernyshyov and R. Skibba: Dust and gas in the Magellanic Clouds from the HERITAGE Herschel Key Project. I. Dust properties and insights into the origin of the submillimeter excess emission. The Astrophysical Journal 797, id. 85 (19 pp), 2014.

Goto, M., T. R. Geballe, N. Indriolo, F. Yusef-Zadeh, T. Usuda, T. Henning and T. Oka: Infrared H3+ and CO studies of the Galactic core: GCIRS 3 and GCIRS 1W. The Astrophysical Journal 786, id. 96 (15 pp), 2014.

Green, G. M., E. F. Schlafly, D. P. Finkbeiner, M. Juric, H.-W. Rix, W. Burgett, K. C. Chambers, P. W. Draper, H. Flewelling, R. P. Kudritzki, E. Magnier, N. Martin, N. Metcalfe, J. Tonry, R. Wainscoat and C. Waters: Measuring distances and reddenings for a billion stars: Toward a 3D dust map from Pan-STARRS 1. The Astrophysical Journal 783, id. 114 (116 pp), 2014.

Greene, J. E., A. Seth, M. Lyubenova, J. Walsh, G. van de Ven and R. Läsker: Circumnuclear molecular gas in megamaser disk galaxies NGC 4388 and NGC 1194. The Astrophysical Journal 788, 145, 2014.

Greve, T. R., I. Leonidaki, E. M. Xilouris, A. Weiß, Z.-Y. Zhang, P. van der Werf, S. Aalto, L. Armus, T. Díaz-Santos, A. S. Evans, J. Fischer, Y. Gao, E. González-Alfonso, A. Harris, C. Henkel, R. Meijerink, D. A. Naylor, H. A. Smith, M. Spaans, G. J. Stacey, S. Veilleux and F. Walter: Star formation relations and CO spectral line energy distributions across the J-ladder and redshift. The Astrophysical Journal 794, id. 142 (116 pp), 2014.

Günther, H. M., A. M. Cody, K. R. Covey, L. A. Hillenbrand, P. Plavchan, K. Poppenhaeger, L. M. Rebull, J. R. Stauffer, S. J. Wolk, L. Allen, A. Bayo, R. A. Gutermuth, J. L. Hora, H. Y. A. Meng, M. Morales-Calderón, J. R. Parks and I. Song: YSOVAR: Mid-infrared variability in the star-forming region Lynds 1688. The Astronomical Journal 148, id. 122 (120 pp), 2014.

Haas, M., C. Leipski, P. Barthel, B. J. Wilkes, S. Vegetti, R. S. Bussmann, S. P. Willner, C. Westhues, M. L. N. Ashby, R. Chini, D. L. Clements, C. D. Fassnacht, A. Horesh, U. Klaas, L. V. E. Koopmans, J. Kuraszkiewicz, D. J. Lagattuta, K. Meisenheimer, D. Stern and D. Wylezalek: 3C 220.3: A radio galaxy lensing a submillimeter galaxy. The Astrophysical Journal 790, id. 46 (12 pp), 2014.

Hanson, R. J. and C. A. L. Bailer-Jones: 3D Galactic dust extinction mapping with multiband photometry. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 2938-2953, 2014.

Hao, H., M. Elvis, F. Civano, G. Zamorani, L. C. Ho, A. Comastri, M. Brusa, A. Bongiorno, A. Merloni, J. R. Trump, M. Salvato, C. D. Impey, A. M. Koekemoer, G. Lanzuisi, A. Celotti, K. Jahnke, C. Vignali, J. D. Silverman, C. M. Urry, K. Schawinski and P. Capak: Spectral energy distributions of type 1 AGN in XMM-COSMOS – II. Shape evolution. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 1288-1304, 2014.

Harvey, P. M., T. Henning, Y. Liu and S. Wolf: Herschel photometry of disks around low-mass stars in the R CrA cloud. The Astrophysical Journal 795, id. 21 (26 pp), 2014.

Hayes, M., G. Östlin, F. Duval, A. Sandberg, L. Guaita, J. Melinder, A. Adamo, D. Schaerer, A. Verhamme, I. Orlitová, J. M. Mas-Hesse, J. M. Cannon, H. Atek, D. Kunth, P. Laursen, H. Otí-Floranes, S. Pardy, T. Rivera-Thorsen and E. C. Herenz: The Lyman Alpha Reference Sample. II. Hubble Space Telescope imaging results, integrated properties, and trends. The Astrophysical Journal 782, id. 6 (22 pp), 2014.

Heays, A. N., R. Visser, R. Gredel, W. Ubachs, B. R. Lewis, S. T. Gibson and E. F. van Dishoeck: Isotope selective photodissociation of N2 by the interstellar radiation field and cosmic rays. Astronomy and Astrophysics 562, id. A61 (16 pp), 2014.

Helminiak, K. G., R. Brahm, M. Ratajczak, Mancini

N. Espinoza, A. Jordán, M. Konacki and M. Rabus: Orbital and physical parameters of eclipsing binaries from the All-Sky Automated Survey catalogue. VI. AK Fornacis: a rare, bright K-type eclipsing binary. Astronomy and Astrophysics 567, id. A64 (69 pp), 2014.

Herpich, J., G. S. Stinson, A. V. Macciò, C. Brook, J. Wadsley, H. M. P. Couchman and T. Quinn: MaGICC-WDM: the effects of warm dark matter in hydrodynamical simulations of disc galaxy formation. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 293-304, 2014.

Hill, A. R., S. C. Gallagher, R. P. Deo, E. Peeters and G. T. Richards: Characterizing quasars in the mid-infrared: high signal-to-noise ratio spectral templates. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 2317-2327, 2014.

Hoard, D. W., K. S. Long, S. B. Howell, S. Wachter, C. S. Brinkworth, C. Knigge, J. E. Drew, P. Szkody, S. Kafka, K. Belle, D. R. Ciardi, C. S. Froning, G. T. van Belle and M. L. Pretorius: Nova-like cataclysmic variables in the infrared. The Astrophysical Journal 786, id. 68 (24 pp), 2014.

Holwerda, B. W., J.-C. Muñoz-Mateos, S. Comerón, S. Meidt, K. Sheth, S. Laine, J. L. Hinz, M. W. Regan, A. Gil de Paz, K. Menéndez-Delmestre, M. Seibert, T. Kim, T. Mizusawa, E. Laurikainen, H. Salo, J. Laine, D. A. Gadotti, D. Zaritsky, S. Erroz-Ferrer, L. C. Ho, J. H. Knapen, E. Athanassoula, A. Bosma and N. Pirzkal: Morphological parameters of a Spitzer Survey of stellar structure in Galaxies. The Astrophysical Journal 781, id. 12 (19 pp), 2014.

Howard, A. W., G. W. Marcy, D. A. Fischer, H. Isaacson, P. S. Muirhead, G. W. Henry, T. S. Boyajian, K. von Braun, J. C. Becker, J. T. Wright and J. A. Johnson: The NASA-UC-UH ETA-Earth Program. IV. A Low-mass planet orbiting an M dwarf 3.6 PC from Earth. The Astrophysical Journal 794, id. 51 (59 pp), 2014.

Husemann, B., K. Jahnke, S. F. Sánchez, L. Wisotzki, D. Nugroho, D. Kupko and M. Schramm: Integral field spectroscopy of nearby QSOs – I. ENLR size-luminosity relation, ongoing star formation and resolved gas-phase metallicities. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 443, 755-783, 2014.

Ibata, R. A., N. G. Ibata, G. F. Lewis, N. F. Martin, A. Conn, P. Elahi, V. Arias and N. Fernando: A thousand shadows of Andromeda: Rotating planes of satellites in the Millennium-II cosmological Simulation. The Astrophysical Journal Letters 784, id. L6 (5 pp), 2014.

Ibata, R. A., G. F. Lewis, A. W. McConnachie, N. F. Martin, M. J. Irwin, A. M. N. Ferguson, A. Babul, E. J. Bernard, S. C. Chapman, M. Collins, M. Fardal, A. D. Mackey, J. Navarro, J. Peñarrubia, R. M. Rich, N. Tanvir and L. Widrow: The large-scale structure of the halo of the Andromeda galaxy. I. Global stellar density, morphology and metallicity properties. The Astrophysical Journal 780, id. 128 (120 pp), 2014.

Ishioka, R., S.-Y. Wang, Z.-W. Zhang, M. J. Lehner, C. Alcock, T. Axelrod, F. B. Bianco, Y.-I. Byun, W. P. Chen, K. H. Cook, D.-W. Kim, S.-K. King, T. Lee, S. L. Marshall, P. Protopapas, J. A. Rice, M. E. Schwamb, J.-H. Wang, C.-Y. Wen and C.-C. Ngeow: The Taiwanese-American Occultation Survey project stellar variability. III. Detection of 58 new variable stars. The Astronomical Journal 147, id. 70 (16 pp), 2014.

Itoh, Y., Y. Oasa, T. Kudo, N. Kusakabe, J. Hashimoto, L. Abe, W. Brandner, T. D. Brandt, J. C. Carson, S. Egner, M. Feldt, C. A. Grady, O. Guyon, Y. Hayano, M. Hayashi, S. S. Hayashi, T. Henning, K. W. Hodapp, M. Ishii, M. Iye, M. Janson, R. Kandori, G. R. Knapp, M. Kuzuhara, J. Kwon, T. Matsuo, M. W. McElwain, S. Miyama, J.-I. Morino, A. Moro-Martin, T. Nishimura, T.-S. Pyo, E. Serabyn, T. Suenaga, H. Suto, R. Suzuki, Y. H. Takahashi, N. Takato, H. Terada, C. Thalmann, D. Tomono, E. L. Turner, M. Watanabe, J. Wisniewski, T. Yamada, S. Mayama, T. Currie, H. Takami, T. Usuda and M. Tamura: Near-infrared polarimetry of the GG Tauri A binary system. Research in Astronomy and Astrophysics 14, 1438-1446, 2014.

Janson, M., C. Bergfors, W. Brandner, M. Bonnefoy, J. Schlieder, R. Köhler, F. Hormuth, T. Henning and S. Hippler: Orbital monitoring of the AstraLux Large M-dwarf Multiplicity sample. The Astrophysical Journal Supplement Series 214, id. 17 (21 pp), 2014.

Janson, M., C. Bergfors, W. Brandner, N. Kudryavtseva, F. Hormuth, S. Hippler and T. Henning: The AstraLux Multiplicity Survey: Extension to late M-dwarfs. The Astrophysical Journal 789, id. 102 (119 pp), 2014.

Jiménez-Serra, I., P. Caselli, F. Fontani, J. C. Tan, J. D. Henshaw, J. Kainulainen and A. K. Hernandez: Gas kinematics and excitation in the filamentary IRDC G035.39-00.33. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 439, 1996-2013, 2014.

Jin, S., C. Mordasini, V. Parmentier, R. van Boekel, T. Henning and J. Ji: Planetary population synthesis coupled with atmospheric escape: A statistical view of evaporation. The Astrophysical Journal 795, id. 65 (22 pp), 2014.

Johnson, J. A., D. Huber, T. Boyajian, J. M. Brewer, T. R. White, K. von Braun, V. Maestro, D. Stello and T. Barclay: The physical parameters of the retired a star HD 185351. The Astrophysical Journal 794, id. 15 (13 pp), 2014.

Johnston, K. G., H. Beuther, H. Linz, A. Schmiedeke, S. E. Ragan and T. Henning: The dynamics and star-forming potential of the massive Galactic centre cloud G0.253+0.016. Astronomy and Astrophysics 568, id. A56 (19 pp), 2014.

Jordán, A., R. Brahm, G. á. Bakos, D. Bayliss, K. Penev, J. D. Hartman, G. Zhou, L. Mancini, M. Mohler-Fischer, S. Ciceri, B. Sato, Z. Csubry, M. Rabus, V. Suc, N. Espinoza, W. Bhatti, M. d. V. Borro, L. Buchhave, B. Csák, T. Henning, B. Schmidt, T. G. Tan, R. W. Noyes, B. Béky, R. P. Butler, S. Shectman, J. Crane, I. Thompson, A. Williams, R. Martin, C. Contreras, J. Lázár, I. Papp and P. Sári: HATS-4b: A dense Hot Jupiter Transiting a Super Metal-rich G star. The Astronomical Journal 148, id. 29 (12 pp), 2014.

Kacharov, N., P. Bianchini, A. Koch, M. J. Frank, N. F. Martin, G. van de Ven, T. H. Puzia, I. McDonald, C. I. Johnson and A. A. Zijlstra: A study of rotating globular clusters. The case of the old, metal-poor globular cluster NGC 4372. Astronomy and Astrophysics 567, id. A69 (12 pp), 2014.

Kainulainen, J., C. Federrath and T. Henning: Unfolding the laws of star formation: The density distribution of molecular clouds. Science 344, 183-185, 2014.

Kannan, R., G. S. Stinson, A. V. Macciò, C. Brook, S. M. Weinmann, J. Wadsley and H. M. P. Couchman: The MaGICC volume: reproducing statistical properties of high-redshift galaxies. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 3529-3539, 2014.

Kannan, R., G. S. Stinson, A. V. Macciò, J. F. Hennawi, R. Woods, J. Wadsley, S. Shen, T. Robitaille, S. Cantalupo, T. R. Quinn and C. Christensen: Galaxy formation with local photoionization feedback – I. Methods. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 2882-2893, 2014.

Kepley, A. A., A. K. Leroy, D. Frayer, A. Usero, J. Marvil and F. Walter: The Green Bank Telescope Maps the dense, star-forming gas in the nearby starburst galaxy M82. The Astrophysical Journal Letters 780, id. L13 (16 pp), 2014.

Kim, D.-W., P. Protopapas, C. A. L. Bailer-Jones, Y.-I. Byun, S.-W. Chang, J.-B. Marquette and M.-S. Shin: The EPOCH Project. I. Periodic variable stars in the EROS-2 LMC database. Astronomy and Astrophysics 566, id. A43 (19 pp), 2014.

Kimura, H., L. Kolokolova, A. Li, A. K. Inoue and C. Jäger: Cosmic Dust VI. Planetary and Space Science 100, 1-5, 2014.

Kirkpatrick, A., D. Calzetti, R. Kennicutt, M. Galametz, K. Gordon, B. Groves, L. Hunt, D. Dale, J. Hinz and F. Tabatabaei: Untangling the nature of spatial variations of cold dust properties in star forming galaxies. The Astrophysical Journal 789, id. 130 (128 pp), 2014.

Klaas, U., K. Okumura, M. Ferlet, T. Müller, M. Sanchez-Portal, B. Altieri, D. Doyle and G. L. Pilbratt: Herschel out-of-field stray-light characterization. Experimental Astronomy 37, 331-345, 2014.

Klahr, H. and A. Hubbard: Convective overstability in radially stratified accretion disks under thermal relaxation. The Astrophysical Journal 788, id. 21 (28 pp), 2014.

Klassen, M., R. Kuiper, R. E. Pudritz, T. Peters, R. Banerjee and L. Buntemeyer: A general hybrid radiation transport scheme for star formation simulations on an adaptive grid. The Astrophysical Journal 797, id. 4 (14 pp), 2014.

Kniazev, A. Y., E. K. Grebel, D. B. Zucker, H.-W. Rix, D. Martínez-Delgado and S. A. Snedden: A search for planetary nebulae with the Sloan Digital Sky Survey: The outer regions of M31. The Astronomical Journal 147, id. 16 (21 pp), 2014.

Kopytova, T. G., I. J. M. Crossfield, N. R. Deacon, W. Brandner, E. Buenzli, A. Bayo, J. E. Schlieder, E. Manjavacas, B. A. Biller and D. Kopon: Deep z-band observations of the coolest Y dwarf. The Astrophysical Journal 797, id. 3 (4 pp), 2014.

Kóspál, á., M. Mohler-Fischer, A. Sicilia-Aguilar, P. ábrahám, M. Curé, T. Henning, C. Kiss, R. Launhardt, A. Moór and A. Müller: Radial velocity variations in the young eruptive star EX Lupi. Astronomy and Astrophysics 561, id. A61 (12 pp) 2014.

Krasnokutski, S. A. and F. Huisken: Ultra-low-temperature reactions of C(3 P 0) atoms with benzene molecules in helium droplets. The Journal of Chemical Physics 141, id. 214306 (214305pp), 2014.

Krasnokutski, S. A. and F. Huisken: A simple and clean source of low-energy atomic carbon. Applied Physics Letters 105, id. 113506, 2014.

Krasnokutski, S. A., G. Rouillé, C. Jäger, F. Huisken, S. Zhukovska and T. Henning: Formation of silicon oxide grains at low temperature. The Astrophysical Journal 782, id. 15 (10 pp), 2014.

Kreckel, K., L. Armus, B. Groves, M. Lyubenova, T. Díaz-Santos, E. Schinnerer, P. Appleton, K. V. Croxall, D. A. Dale, L. K. Hunt, P. Beirão, A. D. Bolatto, D. Calzetti, J. Donovan Meyer, B. T. Draine, J. Hinz, R. C. Kennicutt, S. Meidt, E. J. Murphy, J. D. T. Smith, F. S. Tabatabaei and F. Walter: A far-IR view of the starburst-driven superwind in NGC 2146. The Astrophysical Journal 790, id. 26 (15 pp), 2014.

Kulkarni, G., J. F. Hennawi, E. Rollinde and E. Vangioni: Chemical constraints on the contribution of population III stars to cosmic reionization. The Astrophysical Journal 787, id. 64 (11 pp), 2014.

Lackner, C. N., J. D. Silverman, M. Salvato, P. Kampczyk, J. S. Kartaltepe, D. Sanders, P. Capak, F. Civano, C. Halliday, O. Ilbert, K. Jahnke, A. M. Koekemoer, N. Lee, O. Le Fèvre, C. T. Liu, N. Scoville, K. Sheth and S. Toft: Late-stage galaxy mergers in Cosmos to $z \sim 1$. The Astronomical Journal 148, id. 137 (127 pp), 2014.

Laevens, B. P. M., N. F. Martin, B. Sesar, E. J. Bernard, H.-W. Rix, C. T. Slater, E. F. Bell, A. M. N. Ferguson, E. F. Schlafly, W. S. Burgett, K. C. Chambers, L. Denneau, P. W. Draper, N. Kaiser, R.-P. Kudritzki, E. A. Magnier, N. Metcalfe, J. S. Morgan, P. A. Price, W. E. Sweeney, J. L. Tonry, R. J. Wainscoat and C. Waters: A new distant Milky Way globular cluster in the Pan-STARRS1 3p Survey. The Astrophysical Journal Letters 786, id. L3 (6 pp), 2014.

Laine, S., J. H. Knapen, J.-C. Muñoz-Mateos, T. Kim, S. Comerón, M. Martig, B. W. Holwerda, E. Athanassoula, A. Bosma, P. H. Johansson, S. Erroz-Ferrer, D. A. Gadotti, A. G. de Paz, J. Hinz, J.

Laine, E. Laurikainen, K. Menéndez-Delmestre, T. Mizusawa, M. W. Regan, H. Salo, K. Sheth, M. Seibert, R. J. Buta, M. Cisternas, B. G. Elmegreen, D. M. Elmegreen, L. C. Ho, B. F. Madore and D. Zaritsky: Spitzer/Infrared Array Camera near-infrared features in the outer parts of S4G galaxies. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 444, 3015-3039, 2014.

Lanzuisi, G., G. Ponti, M. Salvato, G. Hasinger, N. Cappelluti, A. Bongiorno, M. Brusa, E. Lusso, P. K. Nandra, A. Merloni, J. Silverman, J. Trump, C. Vignali, A. Comastri, R. Gilli, M. Schramm, C. Steinhardt, D. Sanders, J. Kartaltepe, D. Rosario and B. Trakhtenbrot: Active galactic nucleus X-ray Variability in the XMM-COSMOS survey. The Astrophysical Journal 781, id. 105 (114 pp), 2014.

Läsker, R., L. Ferrarese and G. van de Ven: Supermassive back holes and their host galaxies. I. Bulge luminosities from dedicated near-infrared data. The Astrophysical Journal 780, id. 69 (41 pp), 2014.

Läsker, R., L. Ferrarese, G. van de Ven and F. Shankar: Supermassive black holes and their host galaxies. II. The correlation with near-infrared luminosity revisited. The Astrophysical Journal 780, id. 70 (16 pp), 2014.

Lee, K.-G., J. F. Hennawi, C. Stark, J. X. Prochaska, M. White, D. J. Schlegel, A.-C. Eilers, A. Arinyo-i-Prats, N. Suzuki, R. A. C. Croft, K. I. Caputi, P. Cassata, O. Ilbert, B. Garilli, A. M. Koekemoer, V. Le Brun, O. Le Fèvre, D. Maccagni, P. Nugent, Y. Taniguchi, L. A. M. Tasca, L. Tresse, G. Zamorani and E. Zucca: LYa forest tomography from background galaxies: The first megaparsec-resolution large-scale structure map at $z > 2$. The Astrophysical Journal Letters 795, id. L12 (17 pp), 2014.

Lee, K.-G., J. F. Hennawi, M. White, R. A. C. Croft and M. Ozbek: Observational requirements for Lya forest tomographic mapping of large-scale structure at $z \sim 2$. The Astrophysical Journal 788, id. 49 (16 pp), 2014.

Leipski, C., K. Meisenheimer, F. Walter, U. Klaas, H. Dannerbauer, G. De Rosa, X. Fan, M. Haas, O. Krause and H.-W. Rix: Spectral energy distributions of QSOs at $z > 5$: Common active galactic nucleus-heated dust and occasionally strong star-formation. The Astrophysical Journal 785, id. 154 (122 pp), 2014.

Lentati, L., C. Carilli, P. Alexander, F. Walter and R. Decarli: A Bayesian blind survey for cold molecular gas in the Universe. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 443, 3741-3751, 2014.

Leurini, S., A. Gusdorf, F. Wyrowski, C. Codella, T. Csengeri, F. van der Tak, H. Beuther, D. R. Flower, C. Comito and P. Schilke: Water emission from the high-mass star-forming region IRAS 17233-3606. Astronomy and Astrophysics 564, id. L11 (17 pp), 2014.

Lillo-Box, J., D. Barrado, T. Henning, L. Mancini, S. Ciceri, P. Figueira, N. C. Santos, J. Aceituno and S. Sánchez: Radial velocity confirmation of Kepler-91 b. Additional evidence of its planetary nature using the Calar Alto/CAFE instrument. Astronomy and Astrophysics 568, id. L1 (4 pp), 2014.

Lillo-Box, J., D. Barrado, A. Moya, B. Montesinos, J. Montalbán, A. Bayo, M. Barbieri, C. Régulo, L. Mancini, H. Bouy and T. Henning: Kepler-91b: a planet at the end of its life. Planet and giant host star properties via light-curve variations. Astronomy and Astrophysics 562, id. A109 (119 pp), 2014.

Liu, C., L.-C. Deng, J. L. Carlin, M. C. Smith, J. Li, H. J. Newberg, S. Gao, F. Yang, X.-X. Xue, Y. Xu, Y.-Y. Zhang, Y. Xin, Y. Wu and G. Jin: The K giant stars from the LAMOST survey data. I. Identification, metallicity, and distance. The Astrophysical Journal 790, id. 110 (116 pp), 2014.

López-Gonzaga, N., W. Jaffe, L. Burtscher, K. R. W. Tristram and K. Meisenheimer: Revealing the large nuclear dust structures in NGC 1068 with MIDI/VLTI. Astronomy and Astrophysics 565, id. A71 (19 pp), 2014.

López-Morales, M., A. H. M. J. Triaud, F. Rodler, X. Dumusque, L. A. Buchhave, A. Harutyunyan, S. Hoyer, R. Alonso, M. Gillon, N. A. Kaib, D. W. Latham, C. Lovis, F. Pepe, D. Queloz, S. N. Raymond, D. Ségransan, I. P. Waldmann and S. Udry: Rossiter-McLaughlin observations of 55 Cnc e. The Astrophysical Journal Letters 792, id. L31 (36 pp), 2014.

Lusso, E., R. Decarli, M. Dotti, C. Montuori, D. W. Hogg, P. Tsalmantza, M. Fumagalli and J. X. Prochaska: The nature of massive black hole binary candidates – II. Spectral energy distribution atlas. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, 316-332, 2014.

Lusso, E., J. F. Hennawi, A. Comastri, G. Zamorani, G. T. Richards, C. Vignali, E. Treister, K. Schawinski, M. Salvato and R. Gilli: Erratum: »The Obscured Fraction of Active Galactic Nuclei in the XMM-COSMOS Survey: A Spectral Energy Distribution Perspective« (2013, ApJ, 777, 86). The Astrophysical Journal 784, id. 176 (171 pp), 2014.

Mackey, A. D., G. F. Lewis, M. L. M. Collins, N. F. Bate, R. A. Ibata, N. F. Martin, S. Chapman, A. Conn, P. Elahi, A. M. N. Ferguson, A. Huxor, M. Irwin, A. McConnachie, B. McMonigal, J. Peñarrubia and J. Veljanoski: Accretion in action: phase space coherence of stellar debris and globular clusters in Andromeda's South-West Cloud*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 445, L89-L93, 2014.

Maire, A.-L., A. Boccaletti, J. Rameau, G. Chauvin, A.-M. Lagrange, M. Bonnefoy, S. Desidera, M. Sylvestre, P. Baudoz, R. Galicher and D. Mouillet: Search for cool giant exoplanets around young and nearby stars. VLT/NaCo near-infrared phase-coronagraphic and differential imaging. Astronomy and Astrophysics 566, id. A126 (119 pp), 2014.

Males, J. R., L. M. Close, K. M. Morzinski, Z. Wahhaj, M. C. Liu, A. J. Skemer, D. Kopon, K. B. Follette, A. Puglisi, S. Esposito, A. Riccardi, E. Pinna, M. Xompero, R. Briguglio, B. A. Biller, E. L. Nielsen, P. M. Hinz, T. J. Rodigas, T. L. Hayward, M. Chun, C. Ftaclas, D. W. Toomey and Y.-L. Wu: Magellan Adaptive Optics first-light observations of the exoplanet b Pic B. I. Direct imaging in the far-red optical with MagAO+VisAO and in the Near-IR with NICI. The Astrophysical Journal 786, id. 32 (22 pp), 2014.

Malygin, M. G., R. Kuiper, H. Klahr, C. P. Dullemond and T. Henning: Mean gas opacity for circumstellar environments and equilibrium temperature degeneracy. Astronomy and Astrophysics 568, id. A91 (98 pp), 2014.

Mancini, L., J. Southworth, S. Ciceri, S. Calchi Novati, M. Dominik, T. Henning, U. G. Jorgensen, H. Korhonen, N. Nikolov, K. A. Alsubai, V. Bozza, D. M. Bramich, G. D'Ago, R. Figuera Jaimes, P. Galianni, S.-H. Gu, K. Harpsoe, T. C. Hinse, M. Hundertmark, D. Juncher, N. Kains, A. Popovas, M. Rabus, S. Rahvar, J. Skottfelt, C. Snodgrass, R. Street, J. Surdej, Y. Tsapras, C. Vilela, X.-B. Wang and O. Wertz: Physical properties of the WASP-67 planetary system from multi-colour photometry. Astronomy and Astrophysics 568, id. A127 (129 pp), 2014.

Mancini, L., J. Southworth, S. Ciceri, M. Dominik, T. Henning, U. G. Jorgensen, A. F. Lanza, M. Rabus, C. Snodgrass, C. Vilela, K. A.

Alsubai, V. Bozza, D. M. Bramich, S. Calchi Novati, G. D'Ago, R. Figuera Jaimes, P. Galianni, S.-H. Gu, K. Harpsoe, T. Hinse, M. Hundertmark, D. Juncher, N. Kains, H. Korhonen, A. Popovas, S. Rahvar, J. Skottfelt, R. Street, J. Surdej, Y. Tsapras, X.-B. Wang and O. Wertz: Physical properties and transmission spectrum of the WASP-80 planetary system from multi-colour photometry. Astronomy and Astrophysics 562, id. A126 (129 pp), 2014.

Mancini, L., J. Southworth, S. Ciceri, J. Tregloan-Reed, I. Crossfield, N. Nikolov, I. Bruni, R. Zambelli and T. Henning: Physical properties, star-spot activity, orbital obliquity and transmission spectrum of the Qatar-2 planetary system from multicolour photometry. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 443, 2391-2409, 2014.

Manjavacas, E., M. Bonnefoy, J. E. Schlieder, F. Allard, P. Rojo, B. Goldman, G. Chauvin, D. Homeier, N. Lodieu and T. Henning: New constraints on the formation and settling of dust in the atmospheres of young M and L dwarfs. Astronomy and Astrophysics 564, id. A55 (21 pp), 2014.

Mann, A. W., N. R. Deacon, E. Gaidos, M. Ansdell, J. M. Brewer, M. C. Liu, E. A. Magnier and K. M. Aller: Prospecting in ultracool dwarfs: Measuring the metallicities of mid- and late-M dwarfs. The Astronomical Journal 147, 160, 2014.

Marleau, G.-D. and A. Cumming: Constraining the initial entropy of directly detected exoplanets. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 1378-1399, 2014.

Martig, M., I. Minchev and C. Flynn: Dissecting simulated disc galaxies – II. The age-velocity relation. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 443, 2452-2462, 2014.

Martig, M., I. Minchev and C. Flynn: Dissecting simulated disc galaxies – I. The structure of mono-age populations. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 2474-2486, 2014.

Martin, N. F., K. C. Chambers, M. L. M. Collins, R. A. Ibata, R. M. Rich, E. F. Bell, E. J. Bernard, A. M. N. Ferguson, H. Flewelling, N. Kaiser, E. A. Magnier, J. L. Tonry and R. J. Wainscoat: Spectroscopy of the three distant Andromedan satellites Cassiopeia III, Lacerta I, and Perseus I. The Astrophysical Journal Letters 793, id. L14 (15 pp), 2014.

Martin, N. F., R. A. Ibata, R. M. Rich, M. L. M. Collins, M. A. Fardal, M. J. Irwin, G. F. Lewis, A. W. McConnachie, A. Babul, N. F. Bate, S. C. Chapman, A. R. Conn, D. Crnojevic, A. M. N. Ferguson, A. Dougal Mackey, J. F. Navarro, J. Peñarrubia, N. T. Tanvir and D. Valls-Gabaud: The PAndAS field of streams: Stellar structures in the Milky Way halo toward Andromeda and Triangulum. The Astrophysical Journal 787, id. 19 (10 pp), 2014.

Maseda, M. V., A. van der Wel, H.-W. Rix, E. da Cunha, C. Pacifici, I. Momcheva, G. B. Brammer, S. E. Meidt, M. Franx, P. van Dokkum, M. Fumagalli, E. F. Bell, H. C. Ferguson, N. M. Förster-Schreiber, A. M. Koekemoer, D. C. Koo, B. F. Lundgren, D. Marchesini, E. J. Nelson, S. G. Patel, R. E. Skelton, A. N. Straughn, J. R. Trump and K. E. Whitaker: The nature of Extreme Emission Line Galaxies at z = 1– 2: kinematics and metallicities from near-infrared spectroscopy. The Astrophysical Journal 791, id. 17 (17 pp), 2014.

Mast, D., F. F. Rosales-Ortega, S. F. Sánchez, J. M. Vílchez, J. Iglesias-Paramo, C. J. Walcher, B. Husemann, I. Márquez, R. A. Marino, R. C. Kennicutt, A. Monreal-Ibero, L. Galbany, A. de Lorenzo-Cáceres, J. Mendez-Abreu, C. Kehrig, A. del Olmo, M. Relaño, L. Wisotzki, E. Mármol-Queraltó, S. Bekeraitè, P. Papaderos, V. Wild, J. A. L. Aguerri, J. Falcón-Barroso, D. J. Bomans, B. Ziegler, B. García-Lorenzo, J. Bland-Hawthorn, á. R. López-Sánchez and G. van de Ven: The effects of spatial resolution on integral field spectrograph surveys at different redshifts – The CALIFA perspective. Astronomy and Astrophysics 561, id. A129 (119 pp), 2014.

Matsuura, M., J. Bernard-Salas, T. Lloyd Evans, K. M. Volk, B. J. Hrivnak, G. C. Sloan, Y.-H. Chu, R. Gruendl, K. E. Kraemer, E. Peeters, R. Szczerba, P. R. Wood, A. A. Zijlstra, S. Hony, Y. Ita, D. Kamath, E. Lagadec, Q. A. Parker, W. A. Reid, T. Shimonishi, H. Van Winckel, P. M. Woods, F. Kemper, M. Meixner, M. Otsuka, R. Sahai, B. A. Sargent, J. L. Hora and I. McDonald: Spitzer Space Telescope spectra of post-AGB stars in the Large Magellanic Cloud – polycyclic aromatic hydrocarbons at low metallicities. Monthly Notices of the Royal Astrono

Matter, A., L. Labadie, A. Kreplin, B. Lopez, S. Wolf, G. Weigelt, S. Ertel, J.-U. Pott and W. C. Danchi: Evidence of a discontinuous disk structure around the Herbig Ae star HD 139614. Astronomy and Astrophysics 561, id. A26 (13 pp), 2014.

Maturi, M., S. Mizera and G. Seidel: Multi-colour detection of gravitational arcs. Astronomy and Astrophysics 567, id. A111 (113 pp), 2014.

Maurri, L., F. Bacciotti, L. Podio, J. Eislöffel, T. P. Ray, R. Mundt, U. Locatelli and D. Coffey: Physical properties of the jet from DG Tauri on sub-arcsecond scales with HST/STIS. Astronomy and Astrophysics 565, id. A110 (115 pp), 2014.

McMonigal, B., N. F. Bate, G. F. Lewis, M. J. Irwin, G. Battaglia, R. A. Ibata, N. F. Martin, A. W. McConnachie, M. Guglielmo and A. R. Conn: Sailing under the Magellanic Clouds: a DECam view of the Carina dwarf. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 444, 3139-3149, 2014.

McQuinn, M. and G. Worseck: The case against large intensity fluctuations in the $z \sim 2.5$ He II Lyalpha forest. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 440, 2406-2418, 2014.

Meidt, S. E., E. Schinnerer, G. van de Ven, D. Zaritsky, R. Peletier, J. H. Knapen, K. Sheth, M. Regan, M. Querejeta, J.-C. Muñoz-Mateos, T. Kim, J. L. Hinz, A. Gil de Paz, E. Athanassoula, A. Bosma, R. J. Buta, M. Cisternas, L. C. Ho, B. Holwerda, R. Skibba, E. Laurikainen, H. Salo, D. A. Gadotti, J. Laine, S. Erroz-Ferrer, S. Comerón, K. Menéndez-Delmestre, M. Seibert and T. Mizusawa: Reconstructing the stellar mass distributions of galaxies using S4G IRAC 3.6 and 4.5 mm Images. II. The conversion from light to mass. The Astrophysical Journal 788, id. 144 (112 pp), 2014.

Menu, J., R. van Boekel, T. Henning, C. J. Chandler, H. Linz, M. Benisty, S. Lacour, M. Min, C. Waelkens, S. M. Andrews, N. Calvet, J. M. Carpenter, S. A. Corder, A. T. Deller, J. S. Greaves, R. J. Harris, A. Isella, W. Kwon, J. Lazio, J.-B. Le Bouquin, F. Ménard, L. G. Mundy, L. M. Pérez, L. Ricci, A. I. Sargent, S. Storm, L. Testi and D. J. Wilner: On the structure of the transition disk around TW Hydrae. Astronomy and Astrophysics 564, id. A93 (22 pp), 2014.

Merloni, A., A. Bongiorno, M. Brusa, K. Iwasawa, V. Mainieri, B. Magnelli, M. Salvato, S. Berta, N. Cappelluti, A. Comastri, F. Fiore, R. Gilli, A. Koekemoer, E. Le Floc'h, E. Lusso, D. Lutz, T. Miyaji, F. Pozzi, L. Riguccini, D. J. Rosario, J. Silverman, M. Symeonidis, E. Treister, C. Vignali and G. Zamorani: The incidence of obscuration in active galactic nuclei. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 3550-3567, 2014.

Miguel, Y. and L. Kaltenegger: Exploring atmospheres of hot mini-Neptunes and extrasolar giant planets orbiting different stars with

application to HD 97658b, WASP-12b, CoRoT-2b, XO-1b, and HD 189733b. The Astrophysical Journal 780, id. 166 (113 pp), 2014.

Minchev, I., C. Chiappini and M. Martig: Chemodynamical evolution of the Milky Way disk. II. Variations with Galactic radius and height above the disk plane. Astronomy and Astrophysics 572, id. A92 (19 pp), 2014.

Momjian, E., C. L. Carilli, F. Walter and B. Venemans: The highest redshift quasar at z = 7.085: A radio-quiet source. The Astronomical Journal 147, id. 6 (3 pp), 2014.

Moór, A., T. G. Müller, C. Kiss, Z. Balog, N. Billot and G. Marton: PACS photometer calibration block analysis. Experimental Astronomy 37, 225-238, 2014.

Mordasini, C.: Grain opacity and the bulk composition of extrasolar planets. II. An analytical model for grain opacity in protoplanetary atmospheres. Astronomy and Astrophysics 572, id. A118 (134 pp), 2014.

Mordasini, C., H. Klahr, Y. Alibert, N. Miller and T. Henning: Grain opacity and the bulk composition of extrasolar planets. I. Results from scaling the ISM opacity. Astronomy and Astrophysics 566, id. A141 (122 pp), 2014.

Morganson, E., W. S. Burgett, K. C. Chambers, P. J. Green, N. Kaiser, E. A. Magnier, P. J. Marshall, J. S. Morgan, P. A. Price, H.-W. Rix, E. F. Schlafly, J. L. Tonry and F. Walter: Measuring quasar variability with Pan-STARRS1 and SDSS. The Astrophysical Journal 784, id. 92 (16 pp), 2014.

Moster, B. P., A. V. Macciò and R. S. Somerville: Numerical hydrodynamic simulations based on semi-analytic galaxy merger trees: method and Milky Way-like galaxies. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 1027-1044, 2014.

Motte, F., Q. Nguyên Luong, N. Schneider, F. Heitsch, S. Glover, P. Carlhoff, T. Hill, S. Bontemps, P. Schilke, F. Louvet, M. Hennemann, P. Didelon and H. Beuther: The formation of the W43 complex: constraining its atomic-to-molecular transition and searching for colliding clouds. Astronomy and Astrophysics 571, id. A32 (12 pp), 2014.

Müller, A., J.-U. Pott, A. Mérand, R. Abuter, F. Delplancke-Ströbele, T. Henning, R. Köhler, C. Leinert, S. Morel, T. Phan Duc, E. Pozna, A. Ramirez, J. Sahlmann and C. Schmid: Mid-infrared interferometry with K band fringe-tracking. I. The VLTI MIDI+FSU experiment. Astronomy and Astrophysics 567, id. A98 (11 pp), 2014.

Müller, T., Z. Balog, M. Nielbock, T. Lim, D. Teyssier, M. Olberg, U. Klaas, H. Linz, B. Altieri, C. Pearson, G. Bendo and E. Vilenius: Herschel celestial calibration sources. Four large main-belt asteroids as prime flux calibrators for the far-IR/sub-mm range. Experimental Astronomy 37, 253-330, 2014.

Naab, T., L. Oser, E. Emsellem, M. Cappellari, D. Krajnovic, R. M. McDermid, K. Alatalo, E. Bayet, L. Blitz, M. Bois, F. Bournaud, M. Bureau, A. Crocker, R. L. Davies, T. A. Davis, P. T. de Zeeuw, P.-A. Duc, M. Hirschmann, P. H. Johansson, S. Khochfar, H. Kuntschner, R. Morganti, T. Oosterloo, M. Sarzi, N. Scott, P. Serra, G. v. d. Ven, A. Weijmans and L. M. Young: The ATLAS3D project – XXV. Two-dimensional kinematic analysis of simulated galaxies and the cosmological origin of fast and slow rotators. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 444, 3357-3387, 2014.

Negrello, M., R. Hopwood, S. Dye, E. d. Cunha, S. Serjeant, J. Fritz, K. Rowlands, S. Fleuren, R. S. Bussmann, A. Cooray, H. Dannerbauer, J. Gonzalez-Nuevo, A. Lapi, A. Omont, S. Amber, R. Auld, M. Baes, S. Buttiglione, A. Cava, L. Danese, A. Dariush, G. De Zotti, L. Dunne, S. Eales, E. Ibar, R. J. Ivison, S. Kim, L. Leeuw, S. Maddox, M. J. Michalowski, M. Massardi, E. Pascale, M. Pohlen, E. Rigby, D. J. B. Smith, W. Sutherland, P. Temi and J. Wardlow: Herschel -ATLAS: deep HST/WFC3 imaging of strongly lensed submillimetre galaxies. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 440, 1999-2012, 2014.

Nelson, B. E., E. B. Ford, J. T. Wright, D. A. Fischer, K. von Braun, A. W. Howard, M. J. Payne and S. Dindar: The 55 Cancri planetary system: fully self-consistent N-body constraints and a dynamical analysis. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, 442-451, 2014.

Nelson, E., P. van Dokkum, M. Franx, G. Brammer, I. Momcheva, N. F. Schreiber, E. da Cunha, L. Tacconi, R. Bezanson, A. Kirkpatrick, J. Leja, H.-W. Rix, R. Skelton, A. van der Wel, K. Whitaker and S. Wuyts: A massive galaxy in its core formation phase three billion years after the Big Bang. Nature 513, 394-397, 2014.

Neri, R., D. Downes, P. Cox and F. Walter: High-resolution C+ imaging of HDF850.1 reveals a merging galaxy at z = 5.185. Astronomy and Astrophysics 562, id. A35 (10 pp), 2014.

Ness, M.: The Milky Way bulge: stellar abundances and formation in an hierarchical universe. Memorie della Societa Astronomica Italiana 85, 240-248, 2014.

Ness, M., M. Asplund and A. R. Casey: NGC 6522: a typical globular cluster in the Galactic bulge without signatures of rapidly rotating Population III stars. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 445, 2994-2998, 2014.

Ness, M., V. P. Debattista, T. Bensby, S. Feltzing, R. Roskar, D. R. Cole, J. A. Johnson and K. Freeman: Young stars in an old bulge: A natural outcome of internal evolution in the Milky Way. The Astrophysical Journal Letters 787, id. L19 (16 pp), 2014.

Nidever, D. L., J. Bovy, J. C. Bird, B. H. Andrews, M. Hayden, J. Holtzman, S. R. Majewski, V. Smith, A. C. Robin, A. E. García Pérez, K. Cunha, C. Allende Prieto, G. Zasowski, R. P. Schiavon, J. A. Johnson, D. H. Weinberg, D. Feuillet, D. P. Schneider, M. Shetrone, J. Sobeck, D. A. García-Hernández, O. Zamora, H.-W. Rix, T. C. Beers, J. C. Wilson, R. W. O'Connell, I. Minchev, C. Chiappini, F. Anders, D. Bizyaev, H. Brewington, G. Ebelke, P. M. Frinchaboy, J. Ge, K. Kinemuchi, E. Malanushenko, V. Malanushenko, M. Marchante, S. Mészáros, D. Oravetz, K. Pan, A. Simmons and M. F. Skrutskie: Tracing chemical evolution over the extent of the Milky Way's disk with APOGEE red clump stars. The Astrophysical Journal 796, id. 38 (16 pp), 2014.

Norris, M. A., S. J. Kannappan, D. A. Forbes, A. J. Romanowsky, J. P. Brodie, F. R. Faifer, A. Huxor, C. Maraston, A. J. Moffett, S. J. Penny, V. Pota, A. Smith-Castelli, J. Strader, D. Bradley, K. D. Eckert, D. Fohring, J. McBride, D. V. Stark and O. Vaduvescu: The AIMSS Project – I. Bridging the star cluster-galaxy divide. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 443, 1151-1172, 2014.

Norris, M. A., S. Meidt, G. Van de Ven, E. Schinnerer, B. Groves and M. Querejeta: Being WISE. I. Validating stellar population models and Msstarf/L ratios at 3.4 and 4.6 mm. The Astrophysical Journal 797, id. 55 (59 pp), 2014.

Nun, I., K. Pichara, P. Protopapas and D.-W. Kim: Supervised detection of anomalous light curves in massive astronomical catalogs. The Astrophysical Journal 793, id. 23 (16 pp), 2014.

Obreja, A., C. B. Brook, G. Stinson, R. Domínguez-Tenreiro, B. K. Gibson, L. Silva and G. L. Granato: The main sequence and the

fundamental metallicity relation in MaGICC Galaxies: evolution and scatter. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 1794-1804, 2014.

Orsi, á., N. Padilla, B. Groves, S. Cora, T. Tecce, I. Gargiulo and A. Ruiz: The nebular emission of star-forming galaxies in a hierarchical universe. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 443, 799-814, 2014.

Ota, K., F. Walter, K. Ohta, B. Hatsukade, C. L. Carilli, E. da Cunha, J. González-López, R. Decarli, J. A. Hodge, H. Nagai, E. Egami, L. Jiang, M. Iye, N. Kashikawa, D. A. Riechers, F. Bertoldi, P. Cox, R. Neri and A. Weiss: ALMA observation of 158 mm [C II] line and dust continuum of a $z = 7$ normally star-forming galaxy in the epoch of reionization. The Astrophysical Journal 792, id. 34 (13 pp), 2014.

Page, M. J., C. Simpson, D. J. Mortlock, S. J. Warren, P. C. Hewett, B. P. Venemans and R. G. McMahon: X-rays from the redshift 7.1 quasar ULAS J1120+0641. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 440, L91-L95, 2014.

Panic, O., T. Ratzka, G. D. Mulders, C. Dominik, R. van Boekel, T. Henning, W. Jaffe and M. Min: Resolving HD 100546 disc in the mid-infrared: Small inner disc and asymmetry near the gap. Astronomy and Astrophysics 562, id. A101 (112 pp), 2014.

Pardy, S. A., J. M. Cannon, G. Östlin, M. Hayes, T. Rivera-Thorsen, A. Sandberg, A. Adamo, E. Freeland, E. C. Herenz, L. Guaita, D. Kunth, P. Laursen, J. M. Mas-Hesse, J. Melinder, I. Orlitová, H. Otí-Floranes, J. Puschnig, D. Schaerer and A. Verhamme: The Lyman Alpha Reference Sample. III. Properties of the neutral ISM from GBT and VLA observations. The Astrophysical Journal 794, id. 101 (119 pp), 2014.

Pâris, I., P. Petitjean, É. Aubourg, N. P. Ross, A. D. Myers, A. Streblyanska, S. Bailey, P. B. Hall, M. A. Strauss, S. F. Anderson, D. Bizyaev, A. Borde, J. Brinkmann, J. Bovy, W. N. Brandt, H. Brewington, J. R. Brownstein, B. A. Cook, G. Ebelke, X. Fan, N. Filiz Ak, H. Finley, A. Font-Ribera, J. Ge, F. Hamann, S. Ho, L. Jiang, K. Kinemuchi, E. Malanushenko, V. Malanushenko, M. Marchante, I. D. McGreer, R. G. McMahon, J. Miralda-Escudé, D. Muna, P. Noterdaeme, D. Oravetz, N. Palanque-Delabrouille, K. Pan, I. Perez-Fournon, M. Pieri, R. Riffel, D. J. Schlegel, D. P. Schneider, A. Simmons, M. Viel, B. A. Weaver, W. M. Wood-Vasey, C. Yèche and D. G. York: The Sloan Digital Sky Survey quasar catalog: tenth data release. Astronomy and Astrophysics 563, id. A54 (15 pp), 2014.

Paumard, T., O. Pfuhl, F. Martins, P. Kervella, T. Ott, J.-U. Pott, J. B. Le Bouquin, J. Breitfelder, S. Gillessen, G. Perrin, L. Burtscher, X. Haubois and W. Brandner: GCIRS 7, a pulsating M1 supergiant at the Galactic centre . Physical properties and age. Astronomy and Astrophysics 568, id. A85 (10 pp), 2014.

Penzo, C., A. V. Macciò, L. Casarini, G. S. Stinson and J. Wadsley: Dark MaGICC: the effect of dark energy on disc galaxy formation. Cosmology does matter. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 176-186, 2014.

Peter, D., W. Domainko, D. A. Sanchez, A. van der Wel and W. Gässler: The host galaxy and Fermi-LAT counterpart of HESS J1943+213. Astronomy and Astrophysics 571, id. A41 (47 pp), 2014.

Pieri, M. M., M. J. Mortonson, S. Frank, N. Crighton, D. H. Weinberg, K.-G. Lee, P. Noterdaeme, S. Bailey, N. Busca, J. Ge, D. Kirkby, B. Lundgren, S. Mathur, I. Pâris, N. Palanque-Delabrouille, P. Petitjean, J. Rich, N. P. Ross, D. P. Schneider and D. G. York: Probing the circumgalactic medium at high-redshift using composite BOSS spectra of strong Lyman a forest absorbers. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, 1718-1740, 2014.

Pinilla, P., M. Benisty, T. Birnstiel, L. Ricci, A. Isella, A. Natta, C. P. Dullemond, L. H. Quiroga-Nuñez, T. Henning and L. Testi: Millimetre spectral indices of transition disks and their relation to the cavity radius. Astronomy and Astrophysics 564, id. A51 (10 pp), 2014.

Piñol-Ferrer, N., K. Fathi, C. Carignan, J. Font, O. Hernandez, R. Karlsson and G. van de Ven: Bar pattern speed and position of the circumnuclear ring in NGC 1097. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 971-982, 2014.

Posselt, B., G. G. Pavlov, S. Popov and S. Wachter: Herschel and Spitzer observations of slowly rotating, nearby isolated neutron stars. The Astrophysical Journal Supplement Series 215, id. 3 (18 pp), 2014.

Price-Whelan, A. M., D. W. Hogg, K. V. Johnston and D. Hendel: Inferring the gravitational potential of the Milky Way with a few precisely measured stars. The Astrophysical Journal 794, id. 4 (15 pp), 2014.

Prochaska, J. X., M. W. Lau and J. F. Hennawi: Quasars probing quasars. VII. The pinnacle of the cool circumgalactic medium surrounds massive $z \sim 2$ galaxies. The Astrophysical Journal 796, id. 140 (124 pp), 2014.

Ragan, S. E., T. Henning, J. Tackenberg, H. Beuther, K. G. Johnston, J. Kainulainen and H. Linz: Giant molecular filaments in the Milky Way. Astronomy and Astrophysics 568, id. A73 (22 pp), 2014.

Rajpurohit, A. S., C. Reylé, F. Allard, R.-D. Scholz, D. Homeier, M. Schultheis and A. Bayo: High-resolution spectroscopic atlas of M subdwarfs. Effective temperature and metallicity. Astronomy and Astrophysics 564, id. A90 (14 pp), 2014.

Rauer, H., C. Catala, C. Aerts, T. Appourchaux, W. Benz, A. Brandeker, J. Christensen-Dalsgaard, M. Deleuil, L. Gizon, M.-J. Goupil, M. Güdel, E. Janot-Pacheco, M. Mas-Hesse, I. Pagano, G. Piotto, D. Pollacco, C. Santos, A. Smith, J.-C. Suárez, R. Szabó, S. Udry, V. Adibekyan, Y. Alibert, J.-M. Almenara, P. Amaro-Seoane, M. A.-v. Eiff, M. Asplund, E. Antonello, S. Barnes, F. Baudin, K. Belkacem, M. Bergemann, G. Bihain, A. C. Birch, X. Bonfils, I. Boisse, A. S. Bonomo, F. Borsa, I. M. Brandão, E. Brocato, S. Brun, M. Burleigh, R. Burston, J. Cabrera, S. Cassisi, W. Chaplin, S. Charpinet, C. Chiappini, R. P. Church, S. Csizmadia, M. Cunha, M. Damasso, M. B. Davies, H. J. Deeg, R. F. Díaz, S. Dreizler, C. Dreyer, P. Eggenberger, D. Ehrenreich, P. Eigmüller, A. Erikson, R. Farmer, S. Feltzing, F. de Oliveira Fialho, P. Figueira, T. Forveille, M. Fridlund, R. A. García, P. Giommi, G. Giuffrida, M. Godolt, J. Gomes da Silva, T. Granzer, J. L. Grenfell, A. Grotsch-Noels, E. Günther, C. A. Haswell, A. P. Hatzes, G. Hébrard, S. Hekker, R. Helled, K. Heng, J. M. Jenkins, A. Johansen, M. L. Khodachenko, K. G. Kislyakova, W. Kley, U. Kolb, N. Krivova, F. Kupka, H. Lammer, A. F. Lanza, Y. Lebreton, D. Magrin, P. Marcos-Arenal, P. M. Marrese, J. P. Marques, J. Martins, S. Mathis, S. Mathur, S. Messina, A. Miglio, J. Montalban, M. Montalto, M. J. P. F. G. Monteiro, H. Moradi, E. Moraveji, C. Mordasini, T. Morel, A. Mortier, V. Nascimbeni, R. P. Nelson, M. B. Nielsen, L. Noack, A. J. Norton, A. Ofir, M. Oshagh, R.-M. Ouazzani, P. Pápics, V. C. Parro, P. Petit, B. Plez, E. Poretti, A. Quirrenbach, R. Ragazzoni, G. Raimondo, M. Rainer, D. R. Reese, R. Redmer, S. Reffert, B. Rojas-Ayala, I. W. Roxburgh, S. Salmon, A. Santerne, J. Schneider, J. Schou, S. Schuh, H. Schunker, A. Silva-Valio, R. Silvotti, I. Skillen, I. Snellen, F. Sohl, S. G. Sousa, A.

Sozzetti, D. Stello, K. G. Strassmeier, M. Svanda, G. M. Szabó, A. Tkachenko, D. Valencia, V. Van Grootel, S. D. Vauclair, P. Ventura, F. W. Wagner, N. A. Walton, J. Weingrill, S. C. Werner, P. J. Wheatley and K. Zwintz: The PLATO 2.0 mission. Experimental Astronomy 38, 249-330, 2014.

Rebull, L. M., A. M. Cody, K. R. Covey, H. M. Günther, L. A. Hillenbrand, P. Plavchan, K. Poppenhaeger, J. R. Stauffer, S. J. Wolk, R. Gutermuth, M. Morales-Calderón, I. Song, D. Barrado, A. Bayo, D. James, J. L. Hora, F. J. Vrba, C. Alves de Oliveira, J. Bouvier, S. J. Carey, J. M. Carpenter, F. Favata, K. Flaherty, J. Forbrich, J. Hernandez, M. J. McCaughrean, S. T. Megeath, G. Micela, H. A. Smith, S. Terebey, N. Turner, L. Allen, D. Ardila, H. Bouy and S. Guieu: Young Stellar Object VARiability (YSOVAR): Long timescale variations in the mid-infrared. The Astronomical Journal 148, id. 92 (46 pp), 2014.

Rémy-Ruyer, A., S. C. Madden, F. Galliano, M. Galametz, T. T. Takeuchi, R. S. Asano, S. Zhukovska, V. Lebouteiller, D. Cormier, A. Jones, M. Bocchio, M. Baes, G. J. Bendo, M. Boquien, A. Boselli, I. DeLooze, V. Doublier-Pritchard, T. Hughes, O. L. Karczewski and L. Spinoglio: Gas-to-dust mass ratios in local galaxies over a 2 dex metallicity range. Astronomy and Astrophysics 563, id. A31 (22 pp), 2014.

Rest, A., D. Scolnic, R. J. Foley, M. E. Huber, R. Chornock, G. Narayan, J. L. Tonry, E. Berger, A. M. Soderberg, C. W. Stubbs, A. Riess, R. P. Kirshner, S. J. Smartt, E. Schlafly, S. Rodney, M. T. Botticella, D. Brout, P. Challis, I. Czekala, M. Drout, M. J. Hudson, R. Kotak, C. Leibler, R. Lunnan, G. H. Marion, M. McCrum, D. Milisavljevic, A. Pastorello, N. E. Sanders, K. Smith, E. Stafford, D. Thilker, S. Valenti, W. M. Wood-Vasey, Z. Zheng, W. S. Burgett, K. C. Chambers, L. Denneau, P. W. Draper, H. Flewelling, K. W. Hodapp, N. Kaiser, R.-P. Kudritzki, E. A. Magnier, N. Metcalfe, P. A. Price, W. Sweeney, R. Wainscoat and C. Waters: Cosmological constraints from measurements of type Ia supernovae discovered during the first 1.5 yr of the Pan-STARRS1 Survey. The Astrophysical Journal 795, id. 44 (34 pp), 2014.

Riechers, D. A., C. L. Carilli, P. L. Capak, N. Z. Scoville, V. Smolcic, E. Schinnerer, M. Yun, P. Cox, F. Bertoldi, A. Karim and L. Yan: ALMA imaging of gas and dust in a galaxy protocluster at redshift 5.3: [C II] emission in »typical« galaxies and dusty starbursts ≈1 Billion 1 billion years after the Big Bang. The Astrophysical Journal 796, id. 84 (14 pp), 2014.

Riechers, D. A., A. Pope, E. Daddi, L. Armus, C. L. Carilli, F. Walter, J. Hodge, R.-R. Chary, G. E. Morrison, M. Dickinson, H. Dannerbauer and D. Elbaz: Polycyclic aromatic hydrocarbon and mid-infrared continuum emission in a $z > 4$ submillimeter galaxy. The Astrophysical Journal 786, id. 31 (37 pp), 2014.

Rigby, E. E., N. A. Hatch, H. J. A. Röttgering, B. Sibthorpe, Y. K. Chiang, R. Overzier, R. Herbonnet, S. Borgani, D. L. Clements, H. Dannerbauer, C. De Breuck, G. De Lucia, J. Kurk, F. Maschietto, G. Miley, A. Saro, N. Seymour and B. Venemans: Searching for large-scale structures around high-redshift radio galaxies with Herschel. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 1882-1893, 2014.

Roman-Duval, J., K. D. Gordon, M. Meixner, C. Bot, A. Bolatto, A. Hughes, T. Wong, B. Babler, J.-P. Bernard, G. C. Clayton, Y. Fukui, M. Galametz, F. Galliano, S. Glover, S. Hony, F. Israel, K. Jameson, V. Lebouteiller, M.-Y. Lee, A. Li, S. Madden, K. Misselt, E. Montiel, K. Okumura, T. Onishi, P. Panuzzo, W. Reach, A. Remy-Ruyer, T. Robitaille, M. Rubio, M. Sauvage, J. Seale, M. Sewilo, L. Staveley-Smith and S. Zhukovska: Dust and gas in the Magellanic Clouds from the HERITAGE Herschel Key Project. II. Gas-to-dust ratio variations across interstellar medium phases. The Astrophysical Journal 797, id. 86 (24 pp), 2014.

Rouille, G., C. Jaeger, S. A. Krasnokutski, M. Krebsz and T. Henning: Cold condensation of dust in the ISM. Faraday Discussions 168, 449-460, 2014.

Rowlands, K., L. Dunne, S. Dye, A. Aragón-Salamanca, S. Maddox, E. da Cunha, D. J. B. Smith, N. Bourne, S. Eales, H. L. Gomez, I. Smail, M. Alpaslan, C. J. R. Clark, S. Driver, E. Ibar, R. J. Ivison, A. Robotham, M. W. L. Smith and E. Valiante: Herschel-ATLAS: properties of dusty massive galaxies at low and high redshifts. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, 1017-1039, 2014.

Rowlands, K., H. L. Gomez, L. Dunne, A. Aragón-Salamanca, S. Dye, S. Maddox, E. da Cunha and P. van der Werf: The dust budget crisis in high-redshift submillimetre galaxies. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, 1040-1058, 2014.

Rubin, K. H. R., J. X. Prochaska, D. C. Koo, A. C. Phillips, C. L. Martin and L. O. Winstrom: Evidence for ubiquitous collimated galactic-scale outflows along the star-forming sequence at z \sim 0.5. The Astrophysical Journal 794, id. 156 (149 pp), 2014.

Ruge, J. P., S. Wolf, A. L. Uribe and H. H. Klahr: Planet-induced disk structures: A comparison between (sub)mm and infrared radiation. Astronomy and Astrophysics 572, id. L2 (4 pp), 2014.

Ryon, J. E., A. Adamo, N. Bastian, L. J. Smith, J. S. Gallagher, III, I. S. Konstantopoulos, S. Larsen, E. Silva-Villa and E. Zackrisson: The Snapshot Hubble U-Band Cluster Survey (SHUCS). II. The star cluster population of NGC 2997. The Astronomical Journal 148, id. 33 (12 pp), 2014.

Rys, A., G. van de Ven and J. Falcón-Barroso: Virgo Cluster and field dwarf ellipticals in 3D – II. Internal dynamics points to tidal harassment? Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 439, 284-299, 2014.

Sabri, T., L. Gavilan, C. Jäger, J. L. Lemaire, G. Vidali, H. Mutschke and T. Henning: Interstellar silicate analogs for grain-surface reaction experiments: Gas-phase condensation and characterization of the silicate dust grains. The Astrophysical Journal 780, id. 180 (188 pp), 2014.

Sacco, G. G., L. Morbidelli, E. Franciosini, E. Maiorca, S. Randich, A. Modigliani, G. Gilmore, M. Asplund, J. Binney, P. Bonifacio, J. Drew, S. Feltzing, A. Ferguson, R. Jeffries, G. Micela, I. Negueruela, T. Prusti, H.-W. Rix, A. Vallenari, E. Alfaro, C. Allende Prieto, C. Babusiaux, T. Bensby, R. Blomme, A. Bragaglia, E. Flaccomio, P. Francois, N. Hambly, M. Irwin, S. Koposov, A. Korn, A. Lanzafame, E. Pancino, A. Recio-Blanco, R. Smiljanic, S. Van Eck, N. Walton, M. Bergemann, M. T. Costado, P. de Laverny, U. Heiter, V. Hill, A. Hourihane, R. Jackson, P. Jofre, J. Lewis, K. Lind, C. Lardo, L. Magrini, T. Masseron, L. Prisinzano and C. Worley: The Gaia-ESO Survey: processing FLAMES-UVES spectra. Astronomy and Astrophysics 565, id. A113 (111 pp), 2014.

Sadavoy, S. I., J. Di Francesco, P. André, S. Pezzuto, J.-P. Bernard, A. Maury, A. Men'shchikov, F. Motte, Nguy, tilde, Q. ên-Lu'o'ng, N. Schneider, D. Arzoumanian, M. Benedettini, S. Bontemps, D. Elia, M. Hennemann, T. Hill, V. Könyves, F. Louvet, N. Peretto, A. Roy and G. J. White: Class 0 protostars in the Perseus molecular cloud: A

correlation between the youngest protostars and the dense gas distribution. The Astrophysical Journal Letters 787, id. L18 (16 pp), 2014.

Sana, H., J.-B. Le Bouquin, S. Lacour, J.-P. Berger, G. Duvert, L. Gauchet, B. Norris, J. Olofsson, D. Pickel, G. Zins, O. Absil, A. de Koter, K. Kratter, O. Schnurr and H. Zinnecker: Southern massive stars at high angular resolution: Observational campaign and companion Detection. The Astrophysical Journal Supplement Series 215, 15, 2014.

Sánchez, S. F., F. F. Rosales-Ortega, J. Iglesias-Páramo, M. Mollá, J. Barrera-Ballesteros, R. A. Marino, E. Pérez, P. Sánchez-Blazquez, R. González Delgado, R. Cid Fernandes, A. de Lorenzo-Cáceres, J. Mendez-Abreu, L. Galbany, J. Falcon-Barroso, D. Miralles-Caballero, B. Husemann, R. García-Benito, D. Mast, C. J. Walcher, A. Gil de Paz, B. García-Lorenzo, B. Jungwiert, J. M. Vílchez, L. Jílková, M. Lyubenova, C. Cortijo-Ferrero, A. I. Díaz, L. Wisotzki, I. Márquez, J. Bland-Hawthorn, S. Ellis, G. van de Ven, K. Jahnke, P. Papaderos, J. M. Gomes, M. A. Mendoza and á. R. López-Sánchez: A characteristic oxygen abundance gradient in galaxy disks unveiled with CALIFA. Astronomy and Astrophysics 563, id. A49 (25 pp), 2014.

Sanchez-Bermudez, J., A. Alberdi, R. Schödel, C. A. Hummel, J. I. Arias, R. H. Barbá, J. Maíz Apellániz and J.-U. Pott: Resolving the stellar components of the massive multiple system Herschel 36 with AMBER/VLTI. Astronomy and Astrophysics 572, id. L1 (4 pp), 2014.

Sanchez-Bermudez, J., R. Schödel, A. Alberdi, K. Muzic, C. A. Hummel and J.-U. Pott: Properties of bow-shock sources at the Galactic center. Astronomy and Astrophysics 567, id. A21 (16 pp), 2014.

Sánchez-Blázquez, P., F. F. Rosales-Ortega, J. Méndez-Abreu, I. Pérez, S. F. Sánchez, S. Zibetti, J. A. L. Aguerri, J. Bland-Hawthorn, C. Catalán-Torrecilla, R. Cid Fernandes, A. de Amorim, A. de Lorenzo-Caceres, J. Falcón-Barroso, A. Galazzi, R. García Benito, A. Gil de Paz, R. González Delgado, B. Husemann, J. Iglesias-Páramo, B. Jungwiert, R. A. Marino, I. Márquez, D. Mast, M. A. Mendoza, M. Mollá, P. Papaderos, T. Ruiz-Lara, G. van de Ven, C. J. Walcher and L. Wisotzki: Stellar population gradients in galaxy discs from the CALIFA survey. The influence of bars. Astronomy and Astrophysics 570, id. A6 (85 pp), 2014.

Sánchez-Portal, M., A. Marston, B. Altieri, H. Aussel, H. Feuchtgruber, U. Klaas, H. Linz, D. Lutz, B. Merín, T. Müller, M. Nielbock, M. Oort, G. Pilbratt, M. Schmidt, C. Stephenson and M. Tuttlebee: The pointing system of the Herschel space observatory. Description, calibration, performance and improvements. Experimental Astronomy 37, 453-479, 2014.

Sandrinelli, A., R. Falomo, A. Treves, E. P. Farina and M. Uslenghi: The environment of low-redshift quasar pairs. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 444, 1835-1841, 2014.

Sanghvi, J., J. K. Kotilainen, R. Falomo, R. Decarli, K. Karhunen and M. Uslenghi: The black hole-host galaxy relation for very low mass quasars. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 445, 1261-1268, 2014.

Sargent, M. T., E. Daddi, M. Béthermin, H. Aussel, G. Magdis, H. S. Hwang, S. Juneau, D. Elbaz and E. da Cunha: Regularity underlying complexity: A redshift-independent description of the continuous variation of galaxy-scale molecular gas properties in the mass-star formation rate plane. The Astrophysical Journal 793, id. 19 (34 pp), 2014.

Sauvage, M., K. Okumura, U. Klaas, T. Müller, A. Moór, A. Poglitsch, H. Feuchtgruber and L. Duband: Operations and performance of the PACS instrument 3He sorption cooler on board of the Herschel space observatory. Experimental Astronomy 37, 397-431, 2014.

Schady, P., S. Savaglio, T. Müller, T. Krühler, T. Dwelly, E. Palazzi, L. K. Hunt, J. Greiner, H. Linz, M. J. Michalowski, D. Pierini, S. Piranomonte, S. D. Vergani and W. K. Gear: Herschel observations of gamma-ray burst host galaxies: implications for the topology of the dusty interstellar medium. Astronomy and Astrophysics 570, id. A52 (13 pp), 2014.

Schaefer, G. H., T. T. Brummelaar, D. R. Gies, C. D. Farrington, B. Kloppenborg, O. Chesneau, J. D. Monnier, S. T. Ridgway, N. Scott, I. Tallon-Bosc, H. A. McAlister, T. Boyajian, V. Maestro, D. Mourard, A. Meilland, N. Nardetto, P. Stee, J. Sturmann, N. Vargas, F. Baron, M. Ireland, E. K. Baines, X. Che, J. Jones, N. D. Richardson, R. M. Roettenbacher, L. Sturmann, N. H. Turner, P. Tuthill, G. van Belle, K. von Braun, R. T. Zavala, D. P. K. Banerjee, N. M. Ashok, V. Joshi, J. Becker and P. S. Muirhead: The expanding fireball of Nova Delphini 2013. Nature 515, 234-236, 2014.

Schlafly, E. F., G. Green, D. P. Finkbeiner, M. Juric, H.-W. Rix, N. F. Martin, W. S. Burgett, K. C. Chambers, P. W. Draper, K. W. Hodapp, N. Kaiser, R.-P. Kudritzki, E. A. Magnier, N. Metcalfe, J. S. Morgan, P. A. Price, C. W. Stubbs, J. L. Tonry, R. J. Wainscoat and C. Waters: A map of dust reddening to 4.5 kpc from Pan-STARRS1. The Astrophysical Journal 789, id. 15 (19 pp), 2014.

Schlafly, E. F., G. Green, D. P. Finkbeiner, H.-W. Rix, E. F. Bell, W. S. Burgett, K. C. Chambers, P. W. Draper, K. W. Hodapp, N. Kaiser, E. A. Magnier, N. F. Martin, N. Metcalfe, P. A. Price and J. L. Tonry: A large catalog of accurate distances tomolecular clouds from PS1 photometry. The Astrophysical Journal 786, id. 29 (15 pp), 2014.

Schlieder, J. E., M. Bonnefoy, T. M. Herbst, S. Lépine, E. Berger, T. Henning, A. Skemer, G. Chauvin, E. Rice, B. Biller, J. H. V. Girard, A.-M. Lagrange, P. Hinz, D. Defrère, C. Bergfors, W. Brandner, S. Lacour, M. Skrutskie and J. Leisenring: Characterization of the benchmark binary NLTT 33370. The Astrophysical Journal 783, id. 27 (15 pp), 2014.

Schmalzl, M., R. Launhardt, A. M. Stutz, H. Linz, T. L. Bourke, H. Beuther, T. Henning, O. Krause, M. Nielbock and A. Schmiedeke: The Earliest Phases of Star formation (EPoS). Temperature, density, and kinematic structure of the star-forming core CB 17. Astronomy and Astrophysics 569, id. A7 (11 pp), 2014.

Schmalzl, M., R. Visser, C. Walsh, T. Albertsson, E. F. van Dishoeck, L. E. Kristensen and J. C. Mottram: Water in low-mass star-forming regions with Herschel. The link between water gas and ice in protostellar envelopes. Astronomy and Astrophysics 572, id. A81 (19 pp), 2014.

Schnee, S., B. Mason, J. Di Francesco, R. Friesen, D. Li, S. Sadavoy and T. Stanke: Evidence for large grains in the star-forming filament OMC 2/3. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 444, 2303-2312, 2014.

Schneider, A., D. Anderhalden, A. V. Macciò and J. Diemand: Warm dark matter does not do better than cold dark matter in solving small-scale inconsistencies. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, L6-L10, 2014.

Schneider, G., C. A. Grady, D. C. Hines, C. C. Stark, J. H. Debes, J. Carson, M. J. Kuchner, M. D. Perrin, A. J. Weinberger, J. P. Wisniewski, M. D. Silverstone, H. Jang-Condell, T. Henning, B. E.

Woodgate, E. Serabyn, A. Moro-Martin, M. Tamura, P. M. Hinz and T. J. Rodigas: Probing for exoplanets hiding in dusty debris disks: Disk imaging, characterization, and exploration with HST/STIS multi-roll coronagraphy. The Astronomical Journal 148, id. 59 (50 pp), 2014.

Schödel, R., A. Feldmeier, N. Neumayer, L. Meyer and S. Yelda: The nuclear cluster of the Milky Way: our primary testbed for the interaction of a dense star cluster with a massive black hole. Classical and Quantum Gravity 31, id. 4007 (4027 pp), 2014.

Scolnic, D., A. Rest, A. Riess, M. E. Huber, R. J. Foley, D. Brout, R. Chornock, G. Narayan, J. L. Tonry, E. Berger, A. M. Soderberg, C. W. Stubbs, R. P. Kirshner, S. Rodney, S. J. Smartt, E. Schlafly, M. T. Botticella, P. Challis, I. Czekala, M. Drout, M. J. Hudson, R. Kotak, C. Leibler, R. Lunnan, G. H. Marion, M. McCrum, D. Milisavljevic, A. Pastorello, N. E. Sanders, K. Smith, E. Stafford, D. Thilker, S. Valenti, W. M. Wood-Vasey, Z. Zheng, W. S. Burgett, K. C. Chambers, L. Denneau, P. W. Draper, H. Flewelling, K. W. Hodapp, N. Kaiser, R.-P. Kudritzki, E. A. Magnier, N. Metcalfe, P. A. Price, W. Sweeney, R. Wainscoat and C. Waters: Systematic uncertainties associated with the cosmological analysis of the first Pan-STARRS1 type Ia supernova sample. The Astrophysical Journal 795, id. 45 (23 pp), 2014.

Sesar, B., S. R. Banholzer, J. G. Cohen, N. F. Martin, C. J. Grillmair, D. Levitan, R. R. Laher, E. O. Ofek, J. A. Surace, S. R. Kulkarni, T. A. Prince and H.-W. Rix: Stacking the invisibles: A guided search for low-luminosity Milky Way satellites. The Astrophysical Journal 793, id. 135 (110 pp), 2014.

Seth, A. C., R. van den Bosch, S. Mieske, H. Baumgardt, M. D. Brok, J. Strader, N. Neumayer, I. Chilingarian, M. Hilker, R. McDermid, L. Spitler, J. Brodie, M. J. Frank and J. L. Walsh: A supermassive black hole in an ultra-compact dwarf galaxy. Nature 513, 398-400, 2014.

Shi, Y., G. H. Rieke, P. M. Ogle, K. Y. L. Su and Z. Balog: Infrared spectra and photometry of complete samples of Palomar-Green and two micron All Sky Survey quasars. The Astrophysical Journal Supplement Series 214, id. 23 (17 pp), 2014.

Sicilia-Aguilar, A., V. Roccatagliata, K. Getman, T. Henning, B. Merín, C. Eiroa, P. Rivière-Marichalar and T. Currie: A Herschel view of IC 1396 A: Unveiling the different sequences of star formation. Astronomy and Astrophysics 562, id. A131 (139 pp), 2014.

Silva-Villa, E., A. Adamo, N. Bastian, M. Fouesneau and E. Zackrisson: The age distribution of stellar clusters in M83. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 440, L116-L120, 2014.

Simpson, C., D. Mortlock, S. Warren, S. Cantalupo, P. Hewett, R. McLure, R. McMahon and B. Venemans: No excess of bright galaxies around the redshift 7.1 quasar ULAS J1120+0641. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 3454-3461, 2014.

Simpson, J. M., A. M. Swinbank, I. Smail, D. M. Alexander, W. N. Brandt, F. Bertoldi, C. de Breuck, S. C. Chapman, K. E. K. Coppin, E. da Cunha, A. L. R. Danielson, H. Dannerbauer, T. R. Greve, J. A. Hodge, R. J. Ivison, A. Karim, K. K. Knudsen, B. M. Poggianti, E. Schinnerer, A. P. Thomson, F. Walter, J. L. Wardlow, A. Weiß and P. P. van der Werf: An ALMA survey of submillimeter galaxies in the extended Chandra Deep Field South: The redshift distribution and evolution of submillimeter galaxies. The Astrophysical Journal 788, id. 125 (143 pp), 2014.

Skelton, R. E., K. E. Whitaker, I. G. Momcheva, G. B. Brammer, P. G. van Dokkum, I. Labbé, M. Franx, A. van der Wel, R. Bezanson, E. Da Cunha, M. Fumagalli, N. Förster Schreiber, M. Kriek, J. Leja, B. F. Lundgren, D. Magee, D. Marchesini, M. V. Maseda, E. J. Nelson, P. Oesch, C. Pacifici, S. G. Patel, S. Price, H.-W. Rix, T. Tal, D. A. Wake and S. Wuyts: 3D-HST WFC3-selected photometric catalogs in the five CANDELS/3D-HST fields: Photometry, photometric redshifts, and stellar masses. The Astrophysical Journal Supplement Series 214, id. 24 (49 pp), 2014.

Slater, C. T., E. F. Bell, E. F. Schlafly, E. Morganson, N. F. Martin, H.-W. Rix, J. Peñarrubia, E. J. Bernard, A. M. N. Ferguson, D. Martinez-Delgado, R. F. G. Wyse, W. S. Burgett, K. C. Chambers, P. W. Draper, K. W. Hodapp, N. Kaiser, E. A. Magnier, N. Metcalfe, P. A. Price, J. L. Tonry, R. J. Wainscoat and C. Waters: The complex structure of stars in the outer Galactic disk as revealed by Pan-STARRS1. The Astrophysical Journal 791, id. 9 (8 pp), 2014.

Smiljanic, R., A. J. Korn, M. Bergemann, A. Frasca, L. Magrini, T. Masseron, E. Pancino, G. Ruchti, I. San Roman, L. Sbordone, S. G. Sousa, H. Tabernero, G. Tautvaisiene, M. Valentini, M. Weber, C. C. Worley, V. Z. Adibekyan, C. Allende Prieto, G. Barisevicius, K. Biazzo, S. Blanco-Cuaresma, P. Bonifacio, A. Bragaglia, E. Caffau, T. Cantat-Gaudin, Y. Chorniy, P. de Laverny, E. Delgado-Mena, P. Donati, S. Duffau, E. Franciosini, E. Friel, D. Geisler, J. I. González Hernández, P. Gruyters, G. Guiglion, C. J. Hansen, U. Heiter, V. Hill, H. R. Jacobson, P. Jofre, H. Jönsson, A. C. Lanzafame, C. Lardo, H.-G. Ludwig, E. Maiorca, S. Mikolaitis, D. Montes, T. Morel, A. Mucciarelli, C. Muñoz, T. Nordlander, L. Pasquini, E. Puzeras, A. Recio-Blanco, N. Ryde, G. Sacco, N. C. Santos, A. M. Serenelli, R. Sordo, C. Soubiran, L. Spina, M. Steffen, A. Vallenari, S. Van Eck, S. Villanova, G. Gilmore, S. Randich, M. Asplund, J. Binney, J. Drew, S. Feltzing, A. Ferguson, R. Jeffries, G. Micela, I. Negueruela, T. Prusti, H.-W. Rix, E. Alfaro, C. Babusiaux, T. Bensby, R. Blomme, E. Flaccomio, P. Fran\c{c}ois, M. Irwin, S. Koposov, N. Walton, A. Bayo, G. Carraro, M. T. Costado, F. Damiani, B. Edvardsson, A. Hourihane, R. Jackson, J. Lewis, K. Lind, G. Marconi, C. Martayan, L. Monaco, L. Morbidelli, L. Prisinzano and S. Zaggia: The Gaia-ESO Survey: The analysis of high-resolution UVES spectra of FGK-type stars. Astronomy and Astrophysics 570, id. A122 (138 pp), 2014.

Smolcic, V., P. Ciliegi, V. Jelic, M. Bondi, E. Schinnerer, C. L. Carilli, D. A. Riechers, M. Salvato, A. Brkovic, P. Capak, O. Ilbert, A. Karim, H. McCracken and N. Z. Scoville: The VLA-COSMOS Survey – V. 324 MHz continuum observations. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 443, 2590-2598, 2014.

Soto, M., H. Zeballos, K. Kuijken, R. M. Rich, A. Kunder and T. Astraatmadja: Proper motions for HST observations in three off-axis bulge fields. Astronomy and Astrophysics 562, id. A41 (13 pp), 2014.

Southworth, J., T. C. Hinse, M. Burgdorf, S. Calchi Novati, M. Dominik, P. Galianni, T. Gerner, E. Giannini, S.-H. Gu, M. Hundertmark, U. G. Jorgensen, D. Juncher, E. Kerins, L. Mancini, M. Rabus, D. Ricci, S. Schäfer, J. Skottfelt, J. Tregloan-Reed, X.-B. Wang, O. Wertz, K. A. Alsubai, J. M. Andersen, V. Bozza, D. M. Bramich, P. Browne, S. Ciceri, G. D'Ago, Y. Damerdji, C. Diehl, P. Dodds, A. Elyiv, X.-S. Fang, F. Finet, R. Figuera Jaimes, S. Hardis, K. Harpsoe, J. Jessen-Hansen, N. Kains, H. Kjeldsen, H. Korhonen, C. Liebig, M. N. Lund, M. Lundkvist, M. Mathiasen, M. T. Penny, A. Popovas, S. Prof., S. Rahvar, K. Sahu, G. Scarpetta, R. W. Schmidt, F. Schönebeck, C. Snodgrass, R. A. Street, J. Surdej, Y. Tsapras and C. Vilela: High-precision photometry by telescope defocussing – VI.

WASP-24, WASP-25 and WASP-26. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 444, 776-789, 2014.

Staguhn, J. G., A. Kovács, R. G. Arendt, D. J. Benford, R. Decarli, E. Dwek, D. J. Fixsen, G. C. Hilton, K. D. Irwin, C. A. Jhabvala, A. Karim, S. Leclercq, S. F. Maher, T. M. Miller, S. H. Moseley, E. H. Sharp, F. Walter and E. J. Wollack: The GISMO two-millimeter deep field in GOODS-N. The Astrophysical Journal 790, 77, 2014.

Steinacker, J., M. Andersen, W.-F. Thi and A. Bacmann: etecting scattered light from low-mass molecular cores at 3.6 mm. Impact of global effects on the observation of coreshine. Astronomy and Astrophysics 563, id. A106 (110 pp), 2014.

Steinacker, J., C. W. Ormel, M. Andersen and A. Bacmann: Coreshine in L1506C – Evidence for a primitive big-grain component or indication for a turbulent core history? Astronomy and Astrophysics 564, id. A96 (96 pp), 2014.

Stepanov, R., A. Shukurov, A. Fletcher, R. Beck, L. La Porta and F. Tabatabaei: An observational test for correlations between cosmic rays and magnetic fields. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 2201-2216, 2014.

Stepanovs, D. and C. Fendt: Modeling MHD accretion-ejection – from the launching area to propagation scales. The Astrophysical Journal 793, id. 31 (22 pp), 2014.

Stepanovs, D., C. Fendt and S. Sheikhnezami: Modeling MHD accretion-ejection: Episodic ejections of jets triggered by a mean-field disk dynamo. The Astrophysical Journal 796, id. 29 (14 pp), 2014.

Stern, J., E. Behar, A. Laor, A. Baskin and T. Holczer: Radiation pressure confinement – III. The origin of the broad ionization distribution in AGN outflows. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 445, 3011-3024, 2014.

Stevens, A. R. H., M. Martig, D. J. Croton and Y. Feng: Where do galaxies end? Comparing measurement techniques of hydrodynamic-simulation galaxies' integrated properties. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 445, 239-255, 2014.

Stolte, A., B. Hußmann, M. R. Morris, A. M. Ghez, W. Brandner, J. R. Lu, W. I. Clarkson, M. Habibi and K. Matthews: The orbital motion of the Quintuplet cluster – A common origin for the arches and Quintuplet clusters? The Astrophysical Journal 789, id. 115 (120 pp), 2014.

Swinbank, A. M., J. M. Simpson, I. Smail, C. M. Harrison, J. A. Hodge, A. Karim, F. Walter, D. M. Alexander, W. N. Brandt, C. de Breuck, E. da Cunha, S. C. Chapman, K. E. K. Coppin, A. L. R. Danielson, H. Dannerbauer, R. Decarli, T. R. Greve, R. J. Ivison, K. K. Knudsen, C. D. P. Lagos, E. Schinnerer, A. P. Thomson, J. L. Wardlow, A. Weiß and P. van der Werf: An ALMA survey of sub-millimetre galaxies in the Extended Chandra Deep Field South: the far-infrared properties of SMGs. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 1267-1287, 2014.

Tabatabaei, F. S., J. Braine, E. M. Xilouris, C. Kramer, M. Boquien, F. Combes, C. Henkel, M. Relano, S. Verley, P. Gratier, F. Israel, M. C. Wiedner, M. Röllig, K. F. Schuster and P. van der Werf: Variation in the dust emissivity index across M 33 with Herschel and Spitzer (HerM 33es). Astronomy and Astrophysics 561, id. A95 (14 pp), 2014.

Tackenberg, J., H. Beuther, T. Henning, H. Linz, T. Sakai, S. E. Ragan, O. Krause, M. Nielbock, M. Hennemann, J. Pitann and A. Schmiedeke: Kinematic structure of massive star-forming regions. I. Accretion along filaments. Astronomy and Astrophysics 565, id. A101 (125 pp), 2014.

Takami, M., Y. Hasegawa, T. Muto, P.-G. Gu, R. Dong, J. L. Karr, J. Hashimoto, N. Kusakabe, E. Chapillon, Y.-W. Tang, Y. Itoh, J. Carson, K. B. Follette, S. Mayama, M. Sitko, M. Janson, C. A. Grady, T. Kudo, E. Akiyama, J. Kwon, Y. Takahashi, T. Suenaga, L. Abe, W. Brandner, T. D. Brandt, T. Currie, S. E. Egner, M. Feldt, O. Guyon, Y. Hayano, M. Hayashi, S. Hayashi, T. Henning, K. W. Hodapp, M. Honda, M. Ishii, M. Iye, R. Kandori, G. R. Knapp, M. Kuzuhara, M. W. McElwain, T. Matsuo, S. Miyama, J.-I. Morino, A. Moro-Martin, T. Nishimura, T.-S. Pyo, E. Serabyn, H. Suto, R. Suzuki, N. Takato, H. Terada, C. Thalmann, D. Tomono, E. L. Turner, J. P. Wisniewski, M. Watanabe, T. Yamada, H. Takami, T. Usuda and M. Tamura: Surface geometry of protoplanetary disks inferred from near-infrared imaging polarimetry. The Astrophysical Journal 795, id. 71 (21 pp), 2014.

Tal, T., A. Dekel, P. Oesch, A. Muzzin, G. B. Brammer, P. G. van Dokkum, M. Franx, G. D. Illingworth, J. Leja, D. Magee, D. Marchesini, I. Momcheva, E. J. Nelson, S. G. Patel, R. F. Quadri, H.-W. Rix, R. E. Skelton, D. A. Wake and K. E. Whitaker: Observations of environmental quenching in groups in the 11 GYR since $z = 2.5$: Different quenching for central and satellite galaxies. The Astrophysical Journal 789, id. 164 (111 pp), 2014.

Tan, Q., E. Daddi, G. Magdis, M. Pannella, M. Sargent, D. Riechers, M. Béthermin, F. Bournaud, C. Carilli, E. da Cunha, H. Dannerbauer, M. Dickinson, D. Elbaz, Y. Gao, J. Hodge, F. Owen and F. Walter: Dust and gas in luminous proto-cluster galaxies at $z = 4.05$: the case for different cosmic dust evolution in normal and starburst galaxies. Astronomy and Astrophysics 569, id. A98 (17 pp), 2014.

Tang, S., D. L. Kaplan, E. S. Phinney, T. A. Prince, R. P. Breton, E. Bellm, L. Bildsten, Y. Cao, A. K. H. Kong, D. A. Perley, B. Sesar, W. M. Wolf and T.-C. Yen: Identification of the optical counterpart of Fermi black widow millisecond pulsar PSR J1544+4937. The Astrophysical Journal Letters 791, id. L5 (5 pp), 2014.

Tapia, T., M. C. Eliche-Moral, M. Querejeta, M. Balcells, A. César González-García, M. Prieto, J. A. L. Aguerri, J. Gallego, J. Zamorano, C. Rodríguez-Pérez and A. Borlaff: Evolution induced by dry minor mergers onto fast-rotator S0 galaxies. Astronomy and Astrophysics 565, id. A31 (19 pp), 2014.

Tejos, N., S. L. Morris, C. W. Finn, N. H. M. Crighton, J. Bechtold, B. T. Jannuzi, J. Schaye, T. Theuns, G. Altay, O. Le Fèvre, E. Ryan-Weber and R. Davé: On the connection between the intergalactic medium and galaxies: the H I-galaxy cross-correlation at $z < 1$. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 2017-2075, 2014.

Thalmann, C., S. Desidera, M. Bonavita, M. Janson, T. Usuda, T. Henning, R. Köhler, J. Carson, A. Boccaletti, C. Bergfors, W. Brandner, M. Feldt, M. Goto, H. Klahr, F. Marzari and C. Mordasini: SPOTS: The Search for Planets Orbiting Two Stars. I. Survey description and first observations. Astronomy and Astrophysics 572, id. A91 (12 pp), 2014.

Thalmann, C., G. D. Mulders, K. Hodapp, M. Janson, C. A. Grady, M. Min, M. de Juan Ovelar, J. Carson, T. Brandt, M. Bonnefoy, M. W. McElwain, J. Leisenring, C. Dominik, T. Henning and M. Tamura: The architecture of the LkCa 15 transitional disk revealed by high-contrast imaging. Astronomy and Astrophysics 566, id. A51 (23 pp), 2014.

Thilliez, E., S. T. Maddison, A. Hughes and T. Wong: Tidal stability of giant molecular clouds in the Large Magellanic Cloud. Publications of the Astronomical Society of Australia 31, id. e003 (014 pp), 2014 online.

Thomson, A. P., R. J. Ivison, J. M. Simpson, A. M. Swinbank, I. Smail, V. Arumugam, D. M. Alexander, A. Beelen, W. N. Brandt, I. Chandra, H. Dannerbauer, T. R. Greve, J. A. Hodge, E. Ibar, A. Karim, E. J. Murphy, E. Schinnerer, S. Sirothia, F. Walter, J. L. Wardlow and P. van der Werf: An ALMA survey of submillimetre galaxies in the Extended Chandra Deep Field South: radio properties and the far-infrared/radio correlation. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 577-588, 2014.

Toloba, E., P. Guhathakurta, R. F. Peletier, A. Boselli, T. Lisker, J. Falcón-Barroso, J. D. Simon, G. van de Ven, S. Paudel, E. Emsellem, J. Janz, M. den Brok, J. Gorgas, G. Hensler, E. Laurikainen, S.-M. Niemi, A. Rys and H. Salo: Stellar kinematics and structural properties of Virgo cluster dwarf early-type galaxies from the SMAKCED project. II. The survey and a systematic analysis of kinematic anomalies and asymmetries. The Astrophysical Journal Supplement Series 215, id. 17 (51 pp), 2014.

Tóth, L. V., G. Marton, S. Zahorecz, L. G. Balázs, M. Ueno, M. Tamura, A. Kawamura, Z. T. Kiss and Y. Kitamura: The AKARI Far-Infrared Surveyor young stellar object catalog. Publications of the Astronomical Society of Japan 66, id. 17 (13 pp), 2014.

Townsley, L. K., P. S. Broos, G. P. Garmire, J. Bouwman, M. S. Povich, E. D. Feigelson, K. V. Getman and M. A. Kuhn: The massive star-forming regions Omnibus X-Ray Catalog. The Astrophysical Journal Supplement Series 213, id. 1 (25 pp), 2014.

Tristram, K. R. W., L. Burtscher, W. Jaffe, K. Meisenheimer, S. F. Hönig, M. Kishimoto, M. Schartmann and G. Weigelt: The dusty torus in the Circinus galaxy: a dense disk and the torus funnel. Astronomy and Astrophysics 563, id. A82 (30 pp), 2014.

Trump, J. R., G. Barro, S. Juneau, B. J. Weiner, B. Luo, G. B. Brammer, E. F. Bell, W. N. Brandt, A. Dekel, Y. Guo, P. F. Hopkins, D. C. Koo, D. D. Kocevski, D. H. McIntosh, I. Momcheva, S. M. Faber, H. C. Ferguson, N. A. Grogin, J. Kartaltepe, A. M. Koekemoer, J. Lotz, M. Maseda, M. Mozena, K. Nandra, D. J. Rosario and G. R. Zeimann: No more active galactic nuclei in clumpy disks than in smooth galaxies at $z \sim 2$ in CANDELS/3D-HST. The Astrophysical Journal 793, id. 101 (116 pp), 2014.

Tsapras, Y., J.-Y. Choi, R. A. Street, C. Han, V. Bozza, A. Gould, M. Dominik, J.-P. Beaulieu, A. Udalski, U. G. Jorgensen, T. Sumi, D. M. Bramich, P. Browne, K. Horne, M. Hundertmark, S. Ipatov, N. Kains, C. Snodgrass, I. A. Steele, R. Collaboration, K. A. Alsubai, J. M. Andersen, S. Calchi Novati, Y. Damerdji, C. Diehl, A. Elyiv, E. Giannini, S. Hardis, K. Harpsoe, T. C. Hinse, D. Juncher, E. Kerins, H. Korhonen, C. Liebig, L. Mancini, M. Mathiasen, M. T. Penny, M. Rabus, S. Rahvar, G. Scarpetta, J. Skottfelt, J. Southworth, J. Surdej, J. Tregloan-Reed, C. Vilela, J. Wambsganss, T. M. Collaboration, J. Skowron, R. Poleski, S. Kozlowski, L. Wyrzykowski, M. K. Szymanski, M. Kubiak, P. Pietrukowicz, G. Pietrzynski, I. Soszynski, K. Ulaczyk, T. O. Collaboration, M. D. Albrow, E. Bachelet, R. Barry, V. Batista, A. Bhattacharya, S. Brillant, J. A. R. Caldwell, A. Cassan, A. Cole, E. Corrales, C. Coutures, S. Dieters, D. Dominis Prester, J. Donatowicz, P. Fouqué, J. Greenhill, S. R. Kane, D. Kubas, J.-B. Marquette, J. Menzies, C. Père, K. R. Pollard, M. Zub, T. P. Collaboration, G. Christie, D. L. DePoy, S. Dong, J. Drummond, B. S. Gaudi, C. B. Henderson, K. H. Hwang, Y. K. Jung, A. Kavka, J.-R. Koo, C.-U. Lee, D. Maoz, L. A. G. Monard, T. Natusch, H. Ngan, H. Park, R. W. Pogge, I. Porritt, I.-G. Shin, Y. Shvartzvald, T. G. Tan, J. C. Yee, T. m. Collaboration, F. Abe, D. P. Bennett, I. A. Bond, C. S. Botzler, M. Freeman, A. Fukui, D. Fukunaga, Y. Itow, N. Koshimoto, C. H. Ling, K. Masuda, Y. Matsubara, Y. Muraki, S. Namba, K. Ohnishi, N. J. Rattenbury, T. Saito, D. J. Sullivan, W. L. Sweatman, D. Suzuki, P. J. Tristram, N. Tsurumi, K. Wada, N. Yamai, P. C. M. Yock, A. Yonehara and T. M. Collaboration: A Super-Jupiter orbiting a late-type star: A refined analysis of microlensing event OGLE-2012-BLG-0406. The Astrophysical Journal 782, id. 48 (49 pp), 2014.

Tsukagoshi, T., M. Momose, J. Hashimoto, T. Kudo, S. Andrews, M. Saito, Y. Kitamura, N. Ohashi, D. Wilner, R. Kawabe, L. Abe, E. Akiyama, W. Brandner, T. D. Brandt, J. Carson, T. Currie, S. E. Egner, M. Goto, C. Grady, O. Guyon, Y. Hayano, M. Hayashi, S. Hayashi, T. Henning, K. W. Hodapp, M. Ishii, M. Iye, M. Janson, R. Kandori, G. R. Knapp, N. Kusakabe, M. Kuzuhara, J. Kwon, M. McElwain, T. Matsuo, S. Mayama, S. Miyama, J.-i. Morino, A. Moro-Martín, T. Nishimura, T.-S. Pyo, E. Serabyn, T. Suenaga, H. Suto, R. Suzuki, Y. Takahashi, H. Takami, M. Takami, N. Takato, H. Terada, C. Thalmann, D. Tomono, E. L. Turner, T. Usuda, M. Watanabe, J. P. Wisniewski, T. Yamada and M. Tamura: High-resolution submillimeter and near-infrared studies of the transition disk around Sz 91. The Astrophysical Journal 783, id. 90 (10 pp), 2014.

Tummuangpak, P., R. M. Bielby, T. Shanks, T. Theuns, N. H. M. Crighton, H. Francke and L. Infante: The Very Large Telescope Lyman-Break Galaxy Redshift Survey – IV. Gas and galaxies at $z \sim 3$ in observations and simulations. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 2094-2115,

Turner, N. J., M. Benisty, C. P. Dullemond and S. Hirose: Herbig stars' near-infrared excess: An origin in the protostellar disk's magnetically supported Atmosphere. The Astrophysical Journal 780, id. 42 (49 pp), 2014.

Urquhart, J. S., T. Csengeri, F. Wyrowski, F. Schuller, S. Bontemps, L. Bronfman, K. M. Menten, C. M. Walmsley, Y. Contreras, H. Beuther, M. Wienen and H. Linz: ATLASGAL – Complete compact source catalogue: $280° < l < 60°$. Astronomy and Astrophysics 568, id. A41 (44 pp), 2014.

van der Wel, A., Y.-Y. Chang, E. F. Bell, B. P. Holden, H. C. Ferguson, M. Giavalisco, H.-W. Rix, R. Skelton, K. Whitaker, I. Momcheva, G. Brammer, S. A. Kassin, M. Martig, A. Dekel, D. Ceverino, D. C. Koo, M. Mozena, P. G. van Dokkum, M. Franx, S. M. Faber and J. Primack: Geometry of star-forming galaxies from SDSS, 3D-HST, and CANDELS. The Astrophysical Journal Letters 792, id. L6 (6 pp), 2014.

van der Wel, A., M. Franx, P. G. van Dokkum, R. E. Skelton, I. G. Momcheva, K. E. Whitaker, G. B. Brammer, E. F. Bell, H.-W. Rix, S. Wuyts, H. C. Ferguson, B. P. Holden, G. Barro, A. M. Koekemoer, Y.-Y. Chang, E. J. McGrath, B. Häussler, A. Dekel, P. Behroozi, M. Fumagalli, J. Leja, B. F. Lundgren, M. V. Maseda, E. J. Nelson, D. A. Wake, S. G. Patel, I. Labbé, S. M. Faber, N. A. Grogin and D. D. Kocevski: 3D-HST+CANDELS: The evolution of the galaxy size-mass distribution since $z = 3$. The Astrophysical Journal 788, id. 28 (19 pp), 2014.

van Dokkum, P. G., R. Bezanson, A. van der Wel, E. J. Nelson, I. Momcheva, R. E. Skelton, K. E. Whitaker, G. Brammer, C. Conroy, N. M. Förster Schreiber, M. Fumagalli, M. Kriek, I. Labbé, J. Leja, D. Marchesini, A. Muzzin, P. Oesch and S. Wuyts: Dense cores in galaxies out to $z = 2.5$ in SDSS, UltraVISTA, and the five 3D-HST/CANDELS Fields. The Astrophysical Journal 791, id. 45 (18 pp), 2014.

Vasyunina, T., A. I. Vasyunin, E. Herbst, H. Linz, M. Voronkov, T. Britton, I. Zinchenko and F. Schuller: Organic species in infrared dark clouds. The Astrophysical Journal 780, id. 85 (19 pp), 2014.

Veljanoski, J., A. D. Mackey, A. M. N. Ferguson, A. P. Huxor, P. Côté, M. J. Irwin, N. R. Tanvir, J. Peñarrubia, E. J. Bernard, M. Fardal, N. F. Martin, A. McConnachie, G. F. Lewis, S. C. Chapman, R. A. Ibata and A. Babul: The outer halo globular cluster system of M31 – II. Kinematics. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 2929-2950, 2014.

Verbeek, K., P. J. Groot, S. Scaringi, J. Casares, J. M. Corral-Santana, N. Deacon, J. E. Drew, B. T. Gänsicke, E. González-Solares, R. Greimel, U. Heber, R. Napiwotzki, R. H. Østensen, D. Steeghs, N. J. Wright and A. Zijlstra: Ultraviolet-excess sources with a red/infrared counterpart: low-mass companions, debris disks and QSO selection. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 2-13, 2014.

Veyette, M. J., B. F. Williams, J. J. Dalcanton, B. Balick, N. Caldwell, M. Fouesneau, L. Girardi, K. D. Gordon, J. Kalirai, P. Rosenfield and A. C. Seth: Panchromatic Hubble Andromeda Treasury. IX. A photometric survey of planetary nebulae in M31. The Astrophysical Journal 792, id. 121 (116 pp), 2014.

Villforth, C., F. Hamann, D. J. Rosario, P. Santini, E. J. McGrath, A. van der Wel, Y. Y. Chang, Y. Guo, T. Dahlen, E. F. Bell, C. J. Conselice, D. Croton, A. Dekel, S. M. Faber, N. Grogin, T. Hamilton, P. F. Hopkins, S. Juneau, J. Kartaltepe, D. Kocevski, A. Koekemoer, D. C. Koo, J. Lotz, D. McIntosh, M. Mozena, R. Somerville and V. Wild: Morphologies of z \sim 0.7 AGN host galaxies in CANDELS: no trend of merger incidence with AGN luminosity. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 439, 3342-3356, 2014.

Viti, S., S. García-Burillo, A. Fuente, L. K. Hunt, A. Usero, C. Henkel, A. Eckart, S. Martin, M. Spaans, S. Muller, F. Combes, M. Krips, E. Schinnerer, V. Casasola, F. Costagliola, I. Marquez, P. Planesas, P. P. van der Werf, S. Aalto, A. J. Baker, F. Boone and L. J. Tacconi: Molecular line emission in NGC 1068 imaged with ALMA. II. The chemistry of the dense molecular gas. Astronomy and Astrophysics 570, id. A28 (21 pp), 2014.

von Braun, K., T. S. Boyajian, G. T. van Belle, S. R. Kane, J. Jones, C. Farrington, G. Schaefer, N. Vargas, N. Scott, T. A. ten Brummelaar, M. Kephart, D. R. Gies, D. R. Ciardi, M. López-Morales, C. Mazingue, H. A. McAlister, S. Ridgway, P. J. Goldfinger, N. H. Turner and L. Sturmann: Stellar diameters and temperatures – V. 11 newly characterized exoplanet host stars. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 438, 2413-2425, 2014.

Wagg, J., C. L. Carilli, M. Aravena, P. Cox, L. Lentati, R. Maiolino, R. G. McMahon, D. Riechers, F. Walter, P. Andreani, R. Hills and A. Wolfe: Karl G. Jansky Very Large Array observations of cold dust and molecular gas in starbursting quasar host galaxies at z \sim 4.5. The Astrophysical Journal 783, id. 71 (76 pp), 2014.

Walcher, C. J., L. Wisotzki, S. Bekeraité, B. Husemann, J. Iglesias-Páramo, N. Backsmann, J. Barrera Ballesteros, C. Catalán-Torrecilla, C. Cortijo, A. del Olmo, B. Garcia Lorenzo, J. Falcón-Barroso, L. Jilkova, V. Kalinova, D. Mast, R. A. Marino, J. Méndez-Abreu, A. Pasquali, S. F. Sánchez, S. Trager, S. Zibetti, J. A. L. Aguerri, J. Alves, J. Bland-Hawthorn, A. Boselli, A. Castillo Morales, R. Cid Fernandes, H. Flores, L. Galbany, A. Gallazzi, R. García-Benito, A. Gil de Paz, R. M. González-Delgado, K. Jahnke, B. Jungwiert, C. Kehrig, M. Lyubenova, I. Márquez Perez, J. Masegosa, A. Monreal Ibero, E. Pérez, A. Quirrenbach, F. F. Rosales-Ortega, M. M. Roth, P. Sanchez-Blazquez, K. Spekkens, E. Tundo, G. van de Ven, M. A. W. Verheijen, J. V. Vilchez and B. Ziegler: CALIFA: a diameter-selected sample for an integral field spectroscopy galaxy survey. Astronomy and Astrophysics 569, id. A1 (18 pp), 2014.

Walker, A. P., B. K. Gibson, K. Pilkington, C. B. Brook, P. Dutta, S. Stanimirovic, G. S. Stinson and J. Bailin: The role of feedback in shaping the structure of the interstellar medium. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 441, 525-531, 2014.

Walter, F., R. Decarli, M. Sargent, C. Carilli, M. Dickinson, D. Riechers, R. Ellis, D. Stark, B. Weiner, M. Aravena, E. Bell, F. Bertoldi, P. Cox, E. Da Cunha, E. Daddi, D. Downes, L. Lentati, R. Maiolino, K. M. Menten, R. Neri, H.-W. Rix and A. Weiss: A molecular linescan in the Hubble Deep Field North: Constraints on the CO luminosity function and the cosmic H2 density. The Astrophysical Journal 782, id. 79 (77 pp), 2014.

Wang, K., Q. Zhang, L. Testi, F. v. d. Tak, Y. Wu, H. Zhang, T. Pillai, F. Wyrowski, S. Carey, S. E. Ragan and T. Henning: Hierarchical fragmentation and differential star formation in the Galactic `Snake': infrared dark cloud G11.11-0.12. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 439, 3275-3293, 2014.

Wang, L., W. Zhu, L.-L. Feng, A. V. Macciò, J. Chang and X. Kang: Cold stream stability during minor mergers. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 439, L85-L89, 2014.

Wang, P. F., W. P. Chen, C. C. Lin, A. K. Pandey, C. K. Huang, N. Panwar, C. H. Lee, M. F. Tsai, C.-H. Tang, B. Goldman, W. S. Burgett, K. C. Chambers, P. W. Draper, H. Flewelling, T. Grav, J. N. Heasley, K. W. Hodapp, M. E. Huber, R. Jedicke, N. Kaiser, R.-P. Kudritzki, G. A. Luppino, R. H. Lupton, E. A. Magnier, N. Metcalfe, D. G. Monet, J. S. Morgan, P. M. Onaka, P. A. Price, C. W. Stubbs, W. Sweeney, J. L. Tonry, R. J. Wainscoat and C. Waters: Characterization of the Praesepe star cluster by photometry and proper motions with 2MASS, PPMXL, and Pan-STARRS. The Astrophysical Journal 784, id. 57 (10 pp), 2014.

Wang, Y. O., W. P. Lin, X. Kang, A. Dutton, Y. Yu and A. V. Macciò: Satellite alignment. I. Distribution of substructures and their dependence on assembly history from N-body simulations. The Astrophysical Journal 786, id. 8 (11 pp), 2014.

Weisz, D. R., E. D. Skillman, S. L. Hidalgo, M. Monelli, A. E. Dolphin, A. McConnachie, E. J. Bernard, C. Gallart, A. Aparicio, M. Boylan-Kolchin, S. Cassisi, A. A. Cole, H. C. Ferguson, M. Irwin, N. F. Martin, L. Mayer, K. B. W. McQuinn, J. F. Navarro and P. B. Stetson: Comparing M31 and Milky Way satellites: The extended star formation histories of Andromeda II and Andromeda XVI. The Astrophysical Journal 789, id. 24 (26 pp), 2014.

Wiegert, J., R. Liseau, P. Thébault, G. Olofsson, A. Mora, G. Bryden, J. P. Marshall, C. Eiroa, B. Montesinos, D. Ardila, J. C. Augereau, A. Bayo Aran, W. C. Danchi, C. del Burgo, S. Ertel, M. C. W. Fridlund, M. Hajigholi, A. V. Krivov, G. L. Pilbratt, A. Roberge, G. J. White and S. Wolf: How dusty is a Centauri?. Excess or non-excess over the infrared photospheres of main-sequence stars. Astronomy and Astrophysics 563, id. A102 (115 pp), 2014.

Wild, V., F. Rosales-Ortega, J. Falcón-Barroso, R. García-Benito, A. Gallazzi, R. M. González Delgado, S. Bekeraité, A. Pasquali, P. H. Johansson, B. García Lorenzo, G. van de Ven, M. Pawlik, E. Peréz, A. Monreal-Ibero, M. Lyubenova, R. Cid Fernandes, J. Méndez-Abreu,

J. Barrera-Ballesteros, C. Kehrig, J. Iglesias-Páramo, D. J. Bomans, I. Márquez, B. D. Johnson, R. C. Kennicutt, B. Husemann, D. Mast, S. F. Sánchez, C. J. Walcher, J. Alves, A. L. Aguerri, A. Alonso Herrero, J. Bland-Hawthorn, C. Catalán-Torrecilla, E. Florido, J. M. Gomes, K. Jahnke, á. R. López-Sánchez, A. de Lorenzo-Cáceres, R. A. Marino, E. Mármol-Queraltó, P. Olden, A. del Olmo, P. Papaderos, A. Quirrenbach, J. M. Vílchez and B. Ziegler: The Mice at play in the CALIFA survey. A case study of a gas-rich major merger between first passage and coalescence. Astronomy and Astrophysics 567, id. A132 (121 pp), 2014.

Williams, R. J., J. Wagg, R. Maiolino, C. Foster, M. Aravena, T. Wiklind, C. L. Carilli, R. G. McMahon, D. Riechers and F. Walter: Constraining the nature of two Lya emitters detected by ALMA at z = 4.7. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 439, 2096-2101, 2014.

Woillez, J., P. Wizinowich, R. Akeson, M. Colavita, J. Eisner, R. Millan-Gabet, J. D. Monnier, J.-U. Pott and S. Ragland: First faint dual-field off-axis observations in optical long baseline interferometry. The Astrophysical Journal 783, id. 104 (113 pp), 2014.

Wöllert, M., W. Brandner, S. Reffert, J. E. Schlieder, M. Mohler-Fischer, R. Köhler and T. Henning: The young binary HD 102077: Orbit, spectral type, kinematics, and moving group membership. Astronomy and Astrophysics 564, id. A10 (18 pp), 2014.

Woods, R. M., J. Wadsley, H. M. P. Couchman, G. Stinson and S. Shen: The role of cold flows and reservoirs in galaxy formation with strong feedback. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 442, 732-740, 2014.

Worseck, G., J. X. Prochaska, J. M. O'Meara, G. D. Becker, S. L. Ellison, S. Lopez, A. Meiksin, B. Ménard, M. T. Murphy and M. Fumagalli: The Giant Gemini GMOS survey of $z_{em} > 4.4$ quasars – I. Measuring the mean free path across cosmic time. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 445, 1745-1760, 2014.

Wu, S.-W., A. Bik, T. Henning, A. Pasquali, W. Brandner and A. Stolte: The discovery of a very massive star in W49. Astronomy and Astrophysics 568, id. L13 (14 pp), 2014.

Xue, X.-X., Z. Ma, H.-W. Rix, H. L. Morrison, P. Harding, T. C. Beers, I. I. Ivans, H. R. Jacobson, J. Johnson, Y. S. Lee, S. Lucatello, C. M. Rockosi, J. S. Sobeck, B. Yanny, G. Zhao and C. Allende Prieto: The SEGUE K Giant Survey. II. A catalog of distance determinations for the SEGUE K giants in the Galactic halo. The Astrophysical Journal 784, id. 170 (114 pp), 2014.

Yang, P., S. Hippler and J. Zhu: Optimization of the transmitted wave-front for the infrared adaptive optics system. Science China Physics, Mechanics, and Astronomy 57, 608-614, 2014.

Yang, Y., F. Walter, R. Decarli, F. Bertoldi, A. Weiss, A. Dey, M. K. M. Prescott and T. Badescu: Pinpointing the molecular gas within an Lya blob at z \sim 2.7. The Astrophysical Journal 784, id. 171 (112 pp), 2014.

Yang, Y., A. Zabludoff, K. Jahnke and R. Davé: The properties of Lyα nebulae: gas kinematics from nonresonant lines. The Astrophysical Journal 793, id. 114 (121 pp), 2014.

Zapatero Osorio, M. R., V. J. S. Béjar, E. L. Martín, M. C. Gálvez Ortiz, R. Rebolo, G. Bihain, T. Henning, S. Boudreault, B. Goldman, R. Mundt, J. A. Caballero and P. A. Miles-Páez: Spectroscopic follow-up of L- and T-type proper-motion member candidates in the Pleiades. Astronomy and Astrophysics 572, id. A67 (66 pp), 2014.

Zapatero Osorio, M. R., M. C. Gálvez Ortiz, G. Bihain, C. A. L. Bailer-Jones, R. Rebolo, T. Henning, S. Boudreault, V. J. S. Béjar, B. Goldman, R. Mundt and J. A. Caballero: Search for free-floating planetary-mass objects in the Pleiades. Astronomy and Astrophysics 568, id. A77 (16 pp), 2014.

Zhang, M., H. Wang and T. Henning: Herbig-Haro objects and mid-infrared outflows in the Vela C molecular cloud. The Astronomical Journal 148, id. 26 (27 pp), 2014.

Zhou, G., D. Bayliss, J. D. Hartman, G. á. Bakos, K. Penev, Z. Csubry, T. G. Tan, A. Jordán, L. Mancini, M. Rabus, R. Brahm, N. Espinoza, M. Mohler-Fischer, S. Ciceri, V. Suc, B. Csák, T. Henning and B. Schmidt: The mass-radius relationship for very low mass stars: four new discoveries from the HATSouth Survey. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 437, 2831-2844, 2014.

Zhou, G., D. Bayliss, K. Penev, G. á. Bakos, J. D. Hartman, A. Jordán, L. Mancini, M. Mohler, Z. Csubry, S. Ciceri, R. Brahm, M. Rabus, L. Buchhave, T. Henning, V. Suc, N. Espinoza, B. Béky, R. W. Noyes, B. Schmidt, R. P. Butler, S. Shectman, I. Thompson, J. Crane, B. Sato, B. Csák, J. Lázár, I. Papp, P. Sári and N. Nikolov: HATS-5b: A transiting hot Saturn from the HATSouth survey. The Astronomical Journal 147, id. 144 (149 pp), 2014.

Zhu, L., R. J. Long, S. Mao, E. W. Peng, C. Liu, N. Caldwell, B. Li, J. P. Blakeslee, P. C\ôté, J.-C. Cuillandre, P. Durrell, E. Emsellem, L. Ferrarese, S. Gwyn, A. Jordán, A. Lançon, S. Mei, R. Muñoz and T. Puzia: The Next Generation Virgo Cluster Survey. V. Modeling the dynamics of M87 with the made-to-measure method. The Astrophysical Journal 792, id. 59 (18 pp), 2014.

Zhukovska, S.: Dust origin in late-type dwarf galaxies: ISM growth vs. type II supernovae. Astronomy and Astrophysics 562, id. A76 (10 pp), 2014.

Zurlo, A., A. Vigan, D. Mesa, R. Gratton, C. Moutou, M. Langlois, R. U. Claudi, L. Pueyo, A. Boccaletti, A. Baruffolo, J.-L. Beuzit, A. Costille, S. Desidera, K. Dohlen, M. Feldt, T. Fusco, T. Henning, M. Kasper, P. Martinez, O. Moeller-Nilsson, D. Mouillet, A. Pavlov, P. Puget, J.-F. Sauvage, M. Turatto, S. Udry, F. Vakili, R. Waters and R. F. Wildi: Performance of the VLT Planet Finder SPHERE. I. Photometry and astrometry precision with IRDIS and IFS in laboratory. Astronomy and Astrophysics 572, id. A85 (13 pp), 2014.

Dossenheim
Handschuhsheim
Wieblingen
Ziegelhausen
Neuenheim
Ruprecht-Karls-
Universität
Heidelberg
Schlierbach
-Ziegelhausen
Heidelberg
Central Station
Eppelheim
Pfaffengrund
Königstuhl
Südstadt
Speyrerhof
MPI für
Kernphysik
MPI für
Astronomie
Pleikartsförsterhof
Bierhelderhof
Kohlhof
Kirchheim
Rohrbach
Patrick-
Henry-
Siedlung
Boxberg
Kirchheimer Hof
Emmertsgrund
Gaiberg
Bruchhausen
Lingental
Leimen
Sandhausen
St. Ilgen
Ochsenbach
Neckar
Mannheimer Straße
Berliner Straße
Steubenstraße
Dossenheimer Landstraße
Bertha-Benz-Straße
Ziegelhäuser Landstraße
In der Neckarhelle
Schlierbacher Landstraße
Neuenheimer Landstraße
Am Hackteufel
Uferstraße
Burgenstraße
Schumannstraße
Yangerowstraße
Kurfürsten-Anlage
Rohrbacher Straße
Ringstraße
Römerstraße
Speyerer Straße
Eppelheimer Straße
Kurpfalzring
Henkel-Teroson-Straße
Czernyring
Chaisenweg
Kohlhöfer Weg
Drei-Eichen-Weg
Gaiberger Weg
K 4242
K 4243
K 9700
K 9702
K 9701
K 9706
K 4149
K 9710
K 9708
K 4161
L 531
L 534
L 543
L 598
L 600a
L 600
L 594
B 3
B 37
B 535
A656
E 35
A5

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT