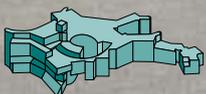


50 Jahre MPA

Broschüre zum 50-jährigen Jubiläum
des Max-Planck-Instituts für Astrophysik



Max-Planck-Institut für Astrophysik



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Grußwort des geschäftsführenden Direktors, Simon White

Liebe Leserin, lieber Leser,

fünfzig Jahre sind eine lange Zeit, für Institutionen wie auch für Menschen, und andererseits auch wieder nicht so lang. Für die meisten Studenten am MPA ist dies der Zeitraum seit der Geburt ihrer Eltern, das heißt größtenteils Geschichte. Auf der anderen Seite nimmt aber auch eine Reihe von Wissenschaftlern an der 50-Jahrs-Feier des MPA teil, die sich noch an die Gründung des Instituts und die damit verknüpften Hoffnungen erinnern können. Über fünf Jahrzehnte hinweg werden aus vielen Kindern Großeltern, und die meisten Institutionen durchlaufen in einer solchen Zeit mehrere Zyklen der Festigung und Erneuerung. Das MPA ist hier keine Ausnahme, aber obwohl es sich inzwischen stark von seinem ersten Entwurf unterscheidet, hat es doch seine grundlegenden Merkmale und damit seine Identität über die langen Jahre hinweg bewahrt.

Unser Institut wurde ins Leben gerufen aufgrund der Überzeugung einiger Leute, vor allem Ludwig Biermanns, dass die Astrophysik einzigartige wissenschaftliche Herausforderungen und Chancen bietet, dass das Verständnis astronomischer Ereignisse Einblicke aus den unterschiedlichsten Teilgebieten der Physik erfordert und dass die astronomische Welt uns eine neue Physik lehren kann. Diese Vorstellungen wurden durch das explosionsartige Wachstum der Astrophysik während des letzten halben Jahrhunderts auf denkbar eindrucksvolle Weise bestätigt.

Als das MPA gegründet wurde, konnte man von Planetenerkundung lediglich träumen, Schwarze Löcher waren ein geheimnisvolles und rein theoretisches Konstrukt, Pulsare, Quasare und der kosmische Mikrowellenhintergrund warteten noch auf ihre Entdeckung, und das fernste bekannte Objekt befand sich im ersten Zehntel der Zeitstrecke von unserer Gegenwart bis zurück zum Urknall. Ja sogar der Urknall selbst war noch lange keine feste Größe. Heute sind es die Fragen nach der Beschaffenheit der Dunklen Materie und der Dunklen Energie, nach dem Ursprung der Strukturen oder nach Prozessen in der Nähe des Horizonts Schwarzer Löcher, die die physikalische Spitzenforschung motivieren. Zusammen mit der möglichen Entdeckung anderer Welten haben sie die Astronomie zur präsentesten aller physikalischen Forschungsgebiete im Bewusstsein der gebildeten Öffentlichkeit gemacht.

Nicht nur die Themen der Astronomie, sondern auch ihre Methoden haben während der bisherigen 50-jährigen Lebenszeit des MPA mehrere Revolutionen durchlaufen. Astronomische Beobachtungen wurden vom traditionellen optischen Wellenlängenbereich auf alle Teile des elektromagnetischen Spektrums und sogar darüber hinaus ausgedehnt, auf Neutrinos, Teilchen hoher Energie und vielleicht schon bald auch auf Gravitationswellen. Teleskope, deren traditioneller Standort Universitäts- oder Institutsobservatorien

waren, entwickelten sich zuerst zu nationalen Einrichtungen an fernen Standorten weiter und befinden sich inzwischen oft im Welt- raum und in globalem Eigentum. Zugleich verwandelten sich astronomische Daten vom Eigentum eines einzelnen Beobachters in eine Quelle für die gesamte Wissenschaftsgemeinschaft. 1958 wurden astronomische Ergebnisse in vielen verschiedenen Sprachen und in oft nicht zugänglichen Zeitschriften veröffentlicht. Heute erscheinen fast alle wichtigen Ergebnisse in Publikationen, die weltweit elektronisch abrufbar sind und sind zusätzlich schon vor deren Erscheinungsdatum durch elektronische Vorabdrucke oder Konferenzbeiträge verfügbar. Neue Computertechnologien haben nicht nur die Art und Weise, wie wir unsere Daten erhalten, speichern, analysieren und publizieren, radikal verändert, sondern auch unsere Verfahren, mit denen wir sie zu verstehen versuchen. Numerische Simulationen und Datenmodellierung spielen eine entscheidende Rolle in der heutigen Astrophysik, da sie zwischen den traditionellen Polen der Theorie und der Beobachtung vermitteln. Seine Führungsrolle in diesem exponentiell wachsenden Gebiet war von Anbeginn an eines der definierenden Merkmale des MPA.

Das Wachstum und die Globalisierung der Astronomie haben auch bedeutende soziologische Veränderungen für das Institut mit sich gebracht. Das Stammpersonal stellt jetzt eine

kleine Minderheit unter den Wissenschaftlern dar; die Postdoktoranden sind ihnen im Verhältnis zwei zu eins an Zahl überlegen, die Doktoranden im Verhältnis drei zu eins. 1958 waren diese beiden Gruppen noch Minderheiten. Diese Veränderungen gingen mit einer tief greifenden Internationalisierung des Instituts und einer beträchtlichen Senkung des Durchschnittsalters der Wissenschaftler einher. Um mit dem Wandel Schritt halten zu können, war eine grundlegende Neugestaltung der Managementstruktur des Instituts erforderlich, wie auch eine Ausweitung seiner Zielsetzung auf die stärkere Berücksichtigung von Betreuungsaufgaben und internationaler Karriereförderung, zusätzlich zur weiterhin betriebenen Spitzenforschung auf internationaler hohem Niveau. Die Forschung selbst wird heute häufig in enger nationaler oder internationaler Zusammenarbeit betrieben, in einem Ausmaß, das selbst vor 25 Jahren noch unvorstellbar war und das nun einige leitende MPA-Wissenschaftler befürchten lässt, dass die Geistestradiation der unabhängigen und individuellen theoretischen Forschungsarbeit in Gefahr sein könnte.

Ich glaube nicht, dass diese Gefahr besteht. Denn obwohl sich die Art und Weise, wie wir unsere Wissenschaft betreiben, verändert hat, ist doch die Motivation dahinter seit der Gründung des MPA immer die gleiche geblieben. Es ist die Faszination unseres besonderen Universums, das uns die astrono-

mischen Beobachtungen offenbaren; eine Überzeugung, dass Verstehen nicht allein von den Daten kommt, sondern ein theoretisches Bezugssystem erfordert, in das die Daten eingeordnet werden können; der Glaube, dass Hochleistungsrechner das Verständnis in der gesamten Astrophysik voranbringen können; eine Betonung technischer Fachkenntnisse und der Qualität wissenschaftlicher Arbeit als Bürgen bleibenden Werts; und schließlich, und das ist das Wichtigste, die Neugierde auf noch unerklärte oder unzureichend erklärte Phänomene, die stets die Quelle neuer Einsichten in die Physik der astronomischen Welt ist. Das MPA ist während seines ersten halben Jahrhunderts stark gewachsen, hat sich permanent weiterentwickelt und sich einen Namen in etlichen Bereichen der Astrophysik gemacht. Diese Entwicklung wird weitergehen, und ich bin fest davon überzeugt, dass das nächste halbe Jahrhundert dem vergangenen mindestens ebenbürtig sein wird.



Garching, Oktober 2008

50 Jahre MPA – 50 Jahre Theoretische Astrophysik

Die Gründungsjahre unter Ludwig Biermann

Das heutige Max-Planck-Institut für Astrophysik (MPA) wurde 1958 als eigenständiges Teilinstitut des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik gegründet. Erster Direktor des neuen Teilinstituts war Ludwig Biermann, der in den Jahren zuvor entscheidende Überzeugungsarbeit geleistet hatte, damit die theoretische Astrophysik eine eigene Forschungsstätte innerhalb der Max-Planck-Gesellschaft bekommen konnte.

Wie alle der ca. 80 eigenständigen Forschungsinstitute der Max-Planck-Gesellschaft ist auch das Institut für Astrophysik vornehmlich der Grundlagenforschung gewidmet. Der starke Schwerpunkt auf theoretischen Fragestellungen stellte von Anfang an ein Alleinstellungsmerkmal des MPA dar: Die meisten anderen Max-Planck-Institute haben auch größere Abteilungen für experimentelle Arbeit.

Mit der Gründung ging ein Umzug einher: Nachdem die Räumlichkeiten in der früheren Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen zu knapp geworden waren, siedelten das Institut für Physik unter Leitung von Werner Heisenberg und das MPA im gleichen Jahr von Göttingen nach München um, zunächst in einen Neubau im Norden der Stadt. Das neu gegründete MPA umfasste damals vier Forschungsgruppen, geleitet jeweils von einem Wissenschaftlichen Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft: Theoretische Astrophysik (Reimar Lüst), Quantenmechanik (Eleonore Trefftz), Numerische Rechenmaschinen (Heinz Billing) und Theoretische Plasmaphysik (Arnulf Schlüter). Diese vier Gruppen setzten die Arbeiten der früheren Abteilung Astrophysik des Vorgängerinstituts fort und erweiterten sie im Laufe der Zeit durch neue Fragestellungen.

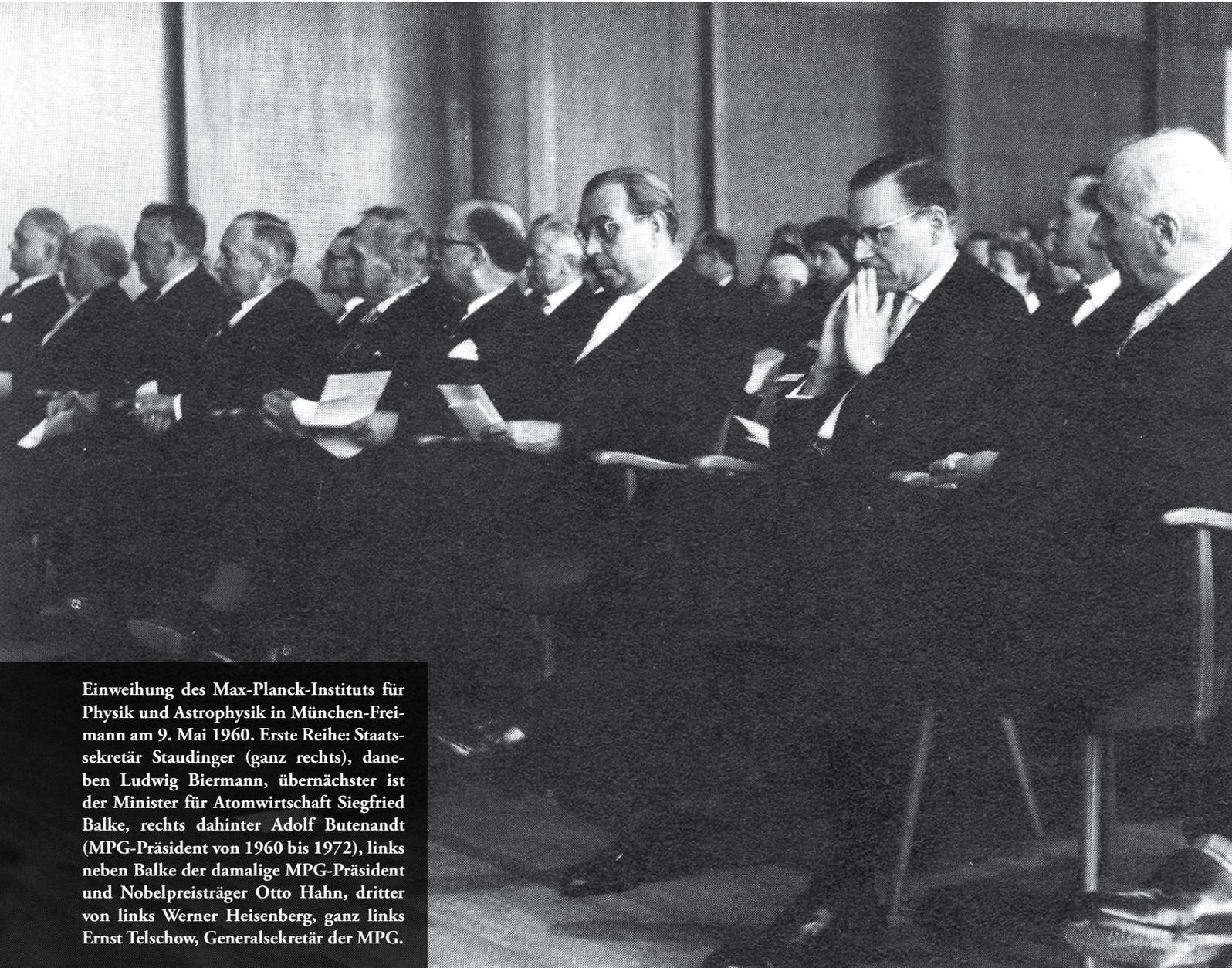
Die Gruppe Theoretische Astrophysik beschäftigte sich mit der Theorie von Kometen, kosmischer Strahlung, Sonnenphysik, der Struktur von Sternen und der Entstehung des Sonnensystems. Ein weiteres wichtiges Forschungsgebiet war die Ausbreitung magneto-hydrodynamischer Stoßwellen, wie sie beispielsweise bei der Kollision von zwei Galaxienhaufen entstehen, in der Sonnenatmosphäre oder im interplanetaren Raum.

Die Einrichtung einer eigenen Gruppe für Quantenmechanik am MPA trug der Erkenntnis Rechnung, dass die Atom- und Molekülphysik für das Verständnis neuer astronomischer Beobachtungen zunehmend wichtig wurden. Diese Gruppe befasste sich anfänglich mit astrophysikalisch relevanten Berechnungen von Wellenfunktionen und dehnte ihre Arbeit dann auf quantenchemische Fragestellungen aus, die unter anderem für die Physik der Kometenkerne von Nutzen sind.

Die Abteilung Numerische Rechenmaschinen entwickelte neue Schalt- und Speicherelemente für eine programmgesteuerte elektronische Rechenmaschine namens G3. Diese baute auf zwei Vorgängermodellen, der G1 und der G2 auf, die im Institut für Physik in Göttingen gebaut worden waren. Die G3 ließ

Diskussion auf dem 22. Symposium der Internationalen Astronomischen Union (IAU), „Stellare und solare Magnetfelder“, Tegernsee 1963. In der Mitte des Bildes v. l. n. r. Reimar Lüst, Ludwig Biermann und der amerikanische Astrophysiker Thomas Gold.





Einweihung des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik in München-Freimann am 9. Mai 1960. Erste Reihe: Staatssekretär Staudinger (ganz rechts), daneben Ludwig Biermann, übernächster ist der Minister für Atomwirtschaft Siegfried Balke, rechts dahinter Adolf Butenandt (MPG-Präsident von 1960 bis 1972), links neben Balke der damalige MPG-Präsident und Nobelpreisträger Otto Hahn, dritter von links Werner Heisenberg, ganz links Ernst Telschow, Generalsekretär der MPG.



Der Aluminiumzylinder des in München wiederholten Gravitationswellen-Experiments Joseph Webers. Davor Heinz Billing, der den Versuchsaufbau in München leitete.

Ludwig Biermann im Gespräch mit dem damaligen Präsidenten der MPG, Adolf Butenandt, bei der Einweihung des Instituts für extraterrestrische Physik am 15. Februar 1965



das MPA für einige Zeit zu einem deutschen Schwerpunkt in der Computerentwicklung werden – doch der Rechenbedarf stieg und stieg, immer mehr Leute an den Münchner Universitäten lernten den Wert der Computer für ihre Forschung kennen. Schließlich finanzierte die DFG in den 60er Jahren, nachdem die industrielle Serienproduktion von Computern eingesetzt hatte, den Ankauf zweier großer Transistorrechner für die beiden Münchner Rechenzentren. Bis dahin war die G3 der wahrscheinlich leistungsfähigste deutsche Computer gewesen, und Heinz Billing ist bis heute davon überzeugt, dass sie die schönste Röhrenmaschine war, die je gebaut worden ist. Die G3 wurde 1972 außer Betrieb genommen und abgewrackt, wie üblich mit einem Glas Sekt.

Etwa zehn Jahre nach der Fertigstellung der G3 wandten sich die Wissenschaftler der Computergruppe einem völlig neuen Projekt zu, bei dem sie aber ihre langjährigen elektronischen Erfahrungen nutzbar machen konnten: dem Versuch, das berühmte Gravitationswellen-Experiment Joseph Webers von der Universität Maryland zu wiederholen. Weber war überzeugt, mit seinen Instrumenten, die aus großen Metallzylindern mit aufgeklebten hochempfindlichen Spannungsdetektoren bestanden, erstmals Gravitationswellen aufgezeichnet und somit ihre Existenz eindeutig bewiesen zu haben. Einsteins Theorie der Schwerkraft besagt, dass solche Wellen entstehen, wenn sich sehr starke Gravitationsfelder innerhalb kurzer Zeit verändern, wie es beispielsweise beim Verschmelzen Schwarzer Löcher oder bei der Explosion von Sternen passiert. Möglicherweise hatte Weber solche Ereignisse gesehen, und seine Detektoren würden es den Astrophysikern ermöglichen, sie zu untersuchen.

Die Theoretiker des MPA benutzten Geräte im Keller des Institutsgebäudes und entwickelten ein kompliziertes neues Verfahren zur Wiederholung und Analyse von Webers Experiment. Die als sensationell angesehenen Ergebnisse von Maryland konnten sie jedoch trotz aller Bemühungen nicht reproduzieren, und bis heute gibt es keinen direkten Nachweis für die von Einstein vorhergesagten Wellen der Raumzeit. Dennoch waren die frühen Arbeiten des MPA wegweisend für die weitere Entwicklung von Instrumenten in diesem Bereich, an der im Max-Planck-Institut für Quantenoptik in München sowie im Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik in Potsdam (Albert-Einstein-Institut, eine Ausgründung des MPA 1995), weiter gearbeitet wurde und bis heute wird.

Die vierte Abteilung des Ursprungsinstituts, Theoretische Plasmaphysik, beschäftigte sich mit dem Verhalten ionisierter Gase, deren grundlegende Bedeutung für die Astrophysik in den vorausgegangenen Jahren deutlich geworden war. Ein wichtiges Forschungsthema bildeten von Anfang an kosmische Magnetfelder, die in Sternen, Akkretionsscheiben, Galaxien und Galaxienhaufen vorkommen. Die dazugehörigen Theorien der Plasmaphysik spielen auch eine wichtige Rolle für den Erhalt kontrollierter Kernfusion. Diese Arbeiten mündeten schließlich in der Ausgründung des ersten völlig eigenständigen Instituts aus dem Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, der weitere folgen sollten: 1960 wurde das Institut für Plasmaphysik gegründet, das 1971 in die Max-Planck-Gesellschaft eingegliedert wurde.

Arnulf Schlüter übernahm die Theorie-Abteilung des neuen Instituts. Da das Verhalten von Magnetfeldern in ionisierten Plasmen auf unserer Sonne im Detail beobachtet

werden kann, beschäftigten sich die Wissenschaftler seiner Gruppe intensiv mit der Sonnenphysik. Grundlegende Einsichten zu den so genannten Protuberanzen – magnetischen Strukturen in der Sonnenatmosphäre, die am Rand der Sonnenscheibe als matt leuchtende Bögen beobachtet werden können – hatten vorher bereits Rudolf Kippenhahn, Arnulf Schlüter und Ulrich Anzer gewonnen. Auch das Studium von Sonnenflecken hat viel dazu beigetragen, kosmische Magnetfelder besser zu verstehen.

Noch auf einem weiteren Gebiet vollzog sich eine Entwicklung, die schließlich zur Gründung eines eigenen Instituts führte. Ludwig Biermann hatte bereits 1950 aus der Ablenkung der Plasmaschweife von Kometen die Existenz eines von der Sonne ausgehenden Teilchenstroms, des Sonnenwindes, erschlossen. Da die Prozesse in den Kometenschweif sehr kompliziert sind, kam der Gedanke auf, einen künstlichen Schweif zu erzeugen. Dieses Experiment war 1963 der Ausgangspunkt für die Gründung des Instituts für extraterrestrische Physik (MPE) unter Leitung von Reimar Lüst. Es widmete sich in seinen Anfangsjahren der Untersuchung extraterrestrischer Plasmen und der Magnetosphäre der Erde; in der Folgezeit entwickelten sich astrophysikalische Beobachtungen im Infrarot-, Röntgen- und Gammabereich zum Forschungsschwerpunkt des MPE.

Nach dem Weggang von Reimar Lüst übernahm Rudolf Kippenhahn die Abteilung Theoretische Astrophysik des MPA. Zu dieser Zeit wurden gerade die ersten größeren Rechenmaschinen verfügbar, mit denen Kippenhahn den Aufbau und die Entwicklung der Sterne erforschte. Es gelang ihm zusammen mit seinen Mitarbeitern Emmi Hofmeister und Alfred Weigert, internatio-

nal führend die wesentlichen Grundzüge der Sternentwicklung zu erkennen. Dabei benutzten sie einen neuen, von ihnen selbst geschriebenen Rechencode. 1965 wurde Rudolf Kippenhahn an die Universität Göttingen berufen, blieb aber dem Institut eng verbunden. Hermann Schmidt und Friedrich Meyer übernahmen die Leitung der Abteilung Theoretische Astrophysik am MPA.

Die Entdeckung der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung und bisher unbekannter kosmischer Objekte wie der Quasare und Pulsare weckte in den 60er Jahren neues Interesse an Kosmologie und relativistischer Astrophysik. Mit der Berufung von Jürgen Ehlers als wissenschaftliches Mitglied an das Institut wurde 1971 eine neue Abteilung für Relativistische Astrophysik gegründet, in der man sich mit grundlegenden Fragen der Gravitationstheorie und ihrer Anwendung auf Neutronensterne, Schwarze Löcher und Gravitationslinsen beschäftigte. Diese Forschungsrichtung mündete schließlich in der Gründung des MPI für Gravitationsphysik, und 1995 übersiedelte Jürgen Ehlers als Gründungsdirektor mit den meisten seiner Mitarbeiter nach Potsdam.

Am 1.4.1975 wurde Ludwig Biermann emeritiert. Der Gründungsdirektor des MPA, der das Institut aufgebaut und 17 Jahre lang geleitet hatte, arbeitete danach noch bis wenige Wochen vor seinem Tod am 12. Januar 1986 am MPA weiter. Das MPA verlor mit ihm einen Vollblut-Wissenschaftler, der, wenn er sich in den Aufbau der Sterne vertieft hatte, die ganze Welt um sich herum vergessen konnte. Für seine wegweisenden wissenschaftlichen Arbeiten wurden Biermann zahlreiche Auszeichnungen verliehen, zuletzt die Gold-Medaille der Royal Astronomical Society (1974) und, posthum, der Cospar-Award (1986).



Hermann Ulrich Schmidt



Friedrich Meyer und Jürgen Ehlers

Jürgen Ehlers





V.l. n. r.: Rudolf Kippenhahn, Eleonore Trefftz und Wolfgang Hillebrandt auf der Geburtstagsfeier für Hermann Ulrich Schmidt und Rudolf Kippenhahn

Einweihungsfeier des neuen Institutsgebäudes in Garching 1980: Rudolf Kippenhahn bei seiner Festansprache auf der „Kanzel“ im Zwischengeschoss der Wendeltreppe



Neue Herausforderungen und eine Krise

Rudolf Kippenhahn trat die Nachfolge Biermanns an. Er brachte einen neuen Führungsstil mit sich, indem er die Eigenständigkeit der Wissenschaftler respektierte und das individuelle Forschungsprofil über das der Gruppe stellte. Mit seinen Pionierarbeiten auf dem Gebiet der Sternentwicklung und der Physik der quasistellaren Objekte begründete er eine lange Tradition am MPA.

Kippenhahns letzter Doktorand Achim Weiss trat in seine Fußstapfen und forscht bis heute am MPA über die Stern- und Doppelsternentwicklung. Zusammen mit seiner Gruppe zeigte er, wie Beobachtungen von Sternhaufen Rückschlüsse auf ihr Alter und ihre chemische Zusammensetzung erlauben. Indem sie moderne Sternentwicklungsrechnungen mit Beobachtungen sehr alter Sterne verknüpften, gelang es den Wissenschaftlern, die im Urknall erzeugte Menge Lithium zu bestimmen und daraus die Gesamtmasse gewöhnlicher Materie im Universum abzuleiten.

1978 kam Wolfgang Hillebrandt ans Institut und baute eine Gruppe für nukleare Astrophysik auf. Zusammen mit Ewald Müller begann er, Modelle für explodierende massereiche Sterne, so genannte Gravitationskollaps-Supernovae, zu entwickeln. Hillebrandt und Müller untersuchten den Einfluss von Rotation und Magnetfeldern und berechneten das Gravitationswellensignal sowie die Produktion schwerer Elemente in diesen Explosionen. 1985 wurde Wolfgang Hillebrandt zum Wissenschaftlichen Mitglied berufen.

Im Jahr 1979 zog das mit den Jahren merklich gewachsene Institut in ein größeres, von den Architekten Fehling und Gogel neu ent-

worfenes Gebäude im Forschungsgelände Garching, in enger Nachbarschaft zu dem von den gleichen Architekten konzipierten Hauptquartier der Europäischen Südsternwarte (ESO). Beide Gebäude waren von den Architekten Fehling und Gogel speziell für das MPA bzw. die ESO entworfen worden. In den folgenden Jahrzehnten wuchs in Garching eines der führenden Wissenschaftszentren Europas heran, und ESO, MPA und MPE bilden heute gemeinsam die größte Zusammenballung exzellenter astrophysikalischer Forschungskapazitäten in Europa.

Seit Biermanns frühen Arbeiten über die Interaktion zwischen Plasmaschweif und Sonnenwind beschäftigte sich das MPA intensiv mit der Physik der Kometen. Aus diesem Grund war das Institut an der Vorbereitung und Datenauswertung der europäischen Weltraummission Giotto beteiligt. Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) sandte Giotto 1985 zur Erforschung des Halleyschen Kometen ins All; am 14. März 1986 fand der enge Vorbeiflug am Kometen statt. Zum ersten Mal überhaupt zeigten die dabei entstandenen Aufnahmen den Kern eines Kometen. Analysen ergaben, dass der Komet vor 4,5 Milliarden Jahren aus Eis entstanden ist, das an interstellaren Staubpartikeln kondensierte. Die Instrumente der Raumsonde bestätigten



Alle Mitarbeiter des MPA im Innenhof des Institutsgebäudes in Garching: Das Foto wurde 1980 für Rudolf Kippenhahn aufgenommen, der schwer erkrankt war, und ihm als Gruß ins Krankenhaus geschickt.

Existenz und Lage zweier Strömungsdiskontinuitäten, die Biermanns Gruppe am MPA 1962 vorhergesagt hatte.

Magneto hydrodynamik und Sonnenphysik blieben wichtige Arbeitsgebiete am Institut. Neue Beobachtungen von Schwingungen der Sonnenoberfläche eröffneten den neuen Forschungszweig der Helioseismologie. Die MPA-Wissenschaftler konnten ihr Verständnis des Sonneninneren überprüfen, indem sie die Ausbreitung von Wellen darin maß, ganz ähnlich wie das Innere der Erde erforscht werden kann, indem man die durch Erdbeben hervorgerufenen Schwingungen genauer untersucht. Kosmische Magnetfelder wurden sowohl an der Sonnenoberfläche untersucht, wo sie, wie Henk Spruit zeigte, die Struktur und die thermischen Eigenschaften von Sonnenflecken und deren direktem Umfeld regulieren, als auch in anderen Umgebungen. Sie spielen beispielsweise eine wichtige Rolle, wenn man verstehen will, wie Gas spiralförmig von neu entstehenden Sternen und Schwarzen Löchern angezogen wird. Dieser Vorgang, der als Akkretion bezeichnet wird, findet oft in dünnen Scheiben statt, die starke und gerichtete Ausströmungen, so genannte Jets, zur Folge haben. Akkretionsscheiben stellen eine wichtige Phase in der Bildung von Planetensystemen dar und dienen deshalb als primäres Medium zur Erforschung des Wachstums Schwarzer Löcher. Ihre Struktur und ihre beobachtbaren Eigenschaften wurden 1973 vom späteren MPA-Direktor Rashid Sunyaev und von seinem russischen Kollegen Shakura in einem der berühmtesten Artikel der gesamten Astrophysik herausgearbeitet. Friedrich Meyer studierte am MPA die magnetische Struktur der Scheiben, und Ewald Müller simulierte mit wachsender Genauigkeit den Vorgang, bei dem die Jets entstehen.

Anfang der 80er Jahre, nach der Kulturrevolution, begann sich China gegenüber der Außenwelt zu öffnen, und Gerhard Börner machte sich daran, eine Zusammenarbeit zwischen den Instituten der Max-Planck-Gesellschaft und der Chinesischen Akademie der Wissenschaften aufzubauen. 1982 fand die erste gemeinsame Tagung in Nanking, China statt. Dieser Kontakt führte zu einer regelmäßigen Reihe von Workshops und einem sich ständig intensivierenden Austauschprogramm zwischen China und dem MPA. Der Höhepunkt dieses Kontaktes war die Gründung einer Partnergruppe des MPA am Shanghai Astronomical Observatory im Jahr 2000, geleitet von dem Kosmologen Yipeng Jing, einem früheren MPA-Wissenschaftler und langjährigen Mitarbeiter Börners. Als diese Zusammenarbeit zu Ende war, führte ihr offenkundiger Erfolg zu einer Intensivierung des gemeinsamen Programms und der Gründung einer zweiten Partnergruppe zwischen MPA und SHAO.

Ein weiterer produktiver Seitenzweig der Forschung auf dem Gebiet der Sternentwicklung war ein Programm über die Bildung und Entwicklung von engen Doppelsternen. In solchen Systemen wird Materie von einem Stern auf den anderen übertragen, was häufig dramatische Folgen zeitigt. Hans Ritter und Henk Spruit erforschten am MPA vor allem kataklysmische Variablen: Sterne, deren Helligkeit sehr rasant um einen hohen Faktor ansteigt und sich dann wieder bis auf ihren ursprünglichen Wert reduziert. Seit 1982 gibt Hans Ritter einen laufend aktualisierten Katalog solcher kompakten Doppelsterne heraus. In vielen davon finden sich Shakura-Sunyaev-Akkretionsscheiben, die im Röntgenlicht teilweise sehr hell leuchten. Röntgenteleskope des Instituts für extraterrestrische Physik und anderer Institute haben

Halton Arp, Gerhard Börner und Ulrich Anzer im Tennisclub des MPA



im Laufe der Jahre sehr detaillierte Informationen über solche Systeme geliefert. Für die Theoretiker des MPA bedeuten diese Daten eine spannende Herausforderung, da sie aus ihnen Schlüsse auf die genauen Vorgänge in Doppelsternen ziehen können.

Die Supernova-Studien des MPA erhielten 1987 starken Auftrieb, als ein Stern in unserer kleinen Nachbargalaxie, der Großen Magellanschen Wolke, explodierte. Zu dieser Zeit schlug Wolfgang Hillebrandt einen neuen Weg zur Erforschung von Supernovae ein: Er entwickelte Modelle für die thermodynamischen Brennvorgänge, die die Beobachtungen direkt reproduzieren und damit zur Interpretation von Daten verwendet werden können. Die Supernova 1987A stellte einen wichtigen Anreiz für diese Forschungen dar und beeinflusste sie in Richtung eines immer engeren Vergleichs mit Beobachtungen. Während der folgenden zwanzig Jahre wurden sowohl ein europäisches Netzwerk für Daten als auch mehrere nationale Sonderforschungsbereiche eingerichtet. Thomas Janka verstärkte die Supernovagruppe im Institut und wandte sich einem besonders wichtigen Teil des Forschungsgebiets zu: der Frage, wie der Rückgang von Neutrinos in einem entstehenden Neutronenstern letztlich verantwortlich ist für die Explosion von Objekten wie der Supernova 1987A. Diese Entwicklungen brachten die MPA-Supernovagruppe in den 1980er Jahren an die Weltspitze und bildeten die Grundlage für ihre heutigen nach wie vor international führenden Aktivitäten.

1991 wurde das Institut für Physik und Astrophysik schließlich in drei eigenständige Max-Planck-Institute aufgeteilt: die Institute für Physik (MPP), Astrophysik (MPA) und extraterrestrische Physik (MPE). Im gleichen Jahr wurde Rudolf Kippenhahn emeritiert.

Nach dem Harnack-Prinzip der Max-Planck-Gesellschaft sollen Max-Planck-Institute immer um die Forschungsprogramme weltweit führender Spitzenforscher herum entstehen, und nur externe Wissenschaftler kommen als Direktoren in Frage. Da es nicht gelungen war, rechtzeitig einen Nachfolger für Kippenhahn zu finden, warf seine Emeritierung einen Schatten über die Zukunft des MPA. Wolfgang Hillebrandt übernahm die kommissarische Leitung des Instituts, während man nach einer Lösung suchte. Dies alles fand kurz nach der deutschen Wiedervereinigung statt, als sich die Max-Planck-Gesellschaft stark für den Aufbau neuer Institute im Osten Deutschlands engagierte. Die dafür notwendigen Geldmittel sollten durch die Schließung anderer Institute eingespart werden, und das MPA wurde als möglicher Kandidat für eine solche Einsparung angesehen. Im Zuge dieser Überlegungen wurde auch in Erwägung gezogen, das MPA mit dem Astrophysikalischen Institut Potsdam zusammenzulegen, wovon man später aber wieder Abstand nahm. Auch die Option, das führungslose MPA ganz zu schließen und seine Mitarbeiter auf andere astronomische Max-Planck-Institute aufzuteilen, stand über längere Zeit im Raum. In dieser Situation waren alle MPA'ler gezwungen, zusammenzuhalten und gemeinsam für die Zukunft ihres Instituts einzutreten, und manchem wurde in dieser Situation erst richtig klar, wie viel ihm das MPA bedeutete.

Rudolf Kippenhahn und seine Sekretärin Cornelia Rickl auf Kippenhahns Emeritierungsfeier



Aufbruch unter neuen Vorzeichen

Endlich war das Ende des Hoffens und Bangens erreicht: Der britische Kosmologe Simon White kam 1994 als neuer Direktor ans MPA. Aus der Ungewissheit der vorausgegangenen Jahre wurde eine Lehre gezogen und ein neues Managementsystem eingeführt: Ein Führungsgremium aus mehreren wissenschaftlichen Mitgliedern löste die Leitung durch einen einzelnen Direktor ab.

Hans-Christoph Thomas, seit über 40 Jahren am MPA im Bereich stellare Astrophysik tätig



Nachdem 1995 Rashid Sunyaev neu ans Institut gekommen und zwei Jahre später Wolfgang Hillebrandt zum Direktor ernannt worden war, leiteten zunächst drei Direktoren das MPA. Mit Simon White und Rashid Sunyaev erweiterte sich das Forschungsprogramm grundlegend um die beiden neuen Arbeitsgebiete Kosmologie und Hochenergie-Astrophysik.

Simon Whites Ankunft bedeutete nicht nur eine neue Zukunftsperspektive für das gebeutelte MPA, sondern auch eine spürbare Internationalisierung des damals noch sehr deutschen, patriarchalisch geleiteten Instituts. Es gab bis dahin keine institutionalisierte weltweite Zusammenarbeit und kaum ausländische Doktoranden; die Arbeitssprache war Deutsch. Ein weiteres typisch deutsches Phänomen: Es fanden sich nur sehr wenige

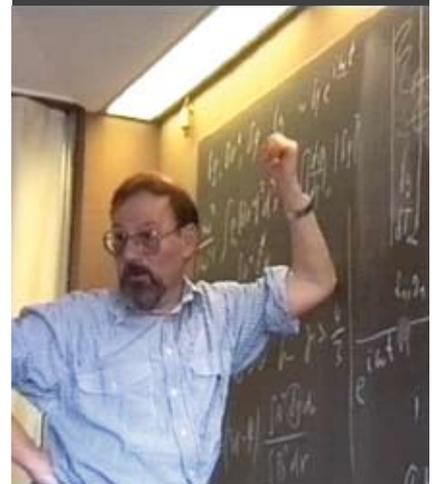
Frauen unter den Wissenschaftlern. Simon White bemühte sich um eine Öffnung der Strukturen, flachere Hierarchien, eine Erhöhung der Frauenquote, mehr Klarheit und Mitbestimmungsrecht im Management und einen Ausbau der Kontakte ins Ausland. Er richtete den Wissenschaftsrat ein, in dem alle fest angestellten Wissenschaftler wie auch Vertreter der Postdoktoranden, Doktoranden und des Servicepersonals Mitglieder sind. Mittlerweile hat sich der Wissenschaftsrat über 70mal getroffen, um alle Aspekte der Institutspolitik zu besprechen. White bestand zudem darauf, dass alle Postdoktorandenstellen des MPA für festgelegte Zeiträume durch eine jährliche internationale Ausschreibung besetzt werden, und dass über Beförderungen und Festanstellungen in ähnlichen Verfahren entschieden wird wie an U.S.-Universitäten üblich.

Heute ist die Forschung des Garching Instituts von den Doktoranden bis zu den Direktoren international ausgerichtet. Das MPA arbeitet weltweit mit anderen Top-Institutionen zusammen und schreibt freie Stellen international aus. Der Frauenanteil liegt inzwischen bei über einem Drittel. Obgleich theoretische und numerische Astrophysik nach wie vor an erster Stelle stehen, spielen inzwischen auch Datenauswertung und interpretierende Forschung eine wichtige Rolle. Seit 1997 ist das deutsche Datenzentrum für die Planck-Satellitenmission der ESA am MPA untergebracht, ursprünglich unter Leitung von Matthias Bartelmann und jetzt von Torsten Ensslin. Wir alle warten gespannt auf den für 2009 angesetzten Start des Planck-Satelliten, der den kosmischen Mikrowellenhintergrund untersuchen soll. Seit 2003 ist das MPA Partner im Sloan Digital Sky Survey, was sich insbesondere auf Guinevere Kauffmanns Studien über die systematischen Eigenschaften von Galaxienpopulationen mit niedriger Rotverschiebung und ihre aktiven Kerne auswirkt. Die Hochenergie-Gruppe nutzt ihre Verbindungen nach Russland (Rashid Sunyaev ist nach wie vor Leiter der Hochenergie-Abteilung des Raumforschungsinstitut (IKI) der Akademie der Wissenschaften der UdSSR), um Zugang zu etwa einem Viertel aller Daten zu erhalten, die zur Zeit vom Gammastrahlen-Teleskop Integral der ESA kommen, und baute mit den Daten ein völlig neues Verständnis von Quellen der Röntgen- und Gammastrahlung in unserer Galaxis auf. Schließlich hat das MPA unter Leitung von Benedetta Ciardi sogar ein Radioobservatorium bekommen, indem es sich 2007 dem Projekt LOFAR (Low Frequency Array) unter niederländischer Leitung anschloss. Gegenwärtig wird ein Antennenfeld in Aresing gebaut, einem kleinen Dorf 40 km nördlich von Garching.

In den letzten Jahren ist die rechnerische Astrophysik am MPA genauso international geworden wie die interpretierende Forschung. Seit 1994 hat Simon White eine führende Rolle im Virgo-Consortium inne, einer Gruppe von Kosmologen aus Großbritannien, Kanada, den USA, den Niederlanden, Japan und Deutschland mit dem Ziel, das Wachstum kosmischer Strukturen in Supercomputern zu simulieren. Vor allem dank Volker Springels beachtlicher Fähigkeiten, neue Algorithmen zu entwerfen, zu implementieren und anzuwenden konnte das Konsortium wiederholt mithilfe Garching Supercomputer neue Perspektiven in diesem Feld eröffnen. Die Arbeit des Konsortiums über die Struktur von Halos (Lichteffekten) der Dunklen Materie aus dem Jahr 1997 wurde zum meistzitierten Aufsatz, der je von einem deutschen Institut publiziert wurde, und die öffentliche Datenfreigabe für die Millennium-Simulation im Jahr 2005 hat bisher zur Publikation von mehr als 150 wissenschaftlichen Aufsätzen geführt. In etwas kleinerem Maßstab werden die Programme für relativistische Jets und Supernovae der Hydrodynamik-Gruppe in engem Kontakt mit Mitarbeitern in Spanien und den USA durchgeführt, während Eugene Churazovs Simulationen der Erwärmung von Galaxienhaufen durch ihre zentrale Galaxie gemeinsam mit U.S.-Kollegen betrieben wurden. Die meisten MPA-Forscher erinnern sich an Churazovs eindrucksvollen Vergleich zwischen dem Radiobild einer zentralen Galaxie, einem atmosphärischen Nuklearwaffentest und seinen Simulationsergebnissen.

Die tiefstgreifende Internationalisierung der Arbeitsatmosphäre des MPA kam zweifellos durch die Gründung der International Max Planck Research School on Astrophysics (kurz: IMPRS) an der Ludwig-Maximilians-

Vortrag von Bernd Schmid aus der Relativitätsgruppe des MPA



Universität (LMU) München im Jahr 2000. Die Research School geht auf eine gemeinsame Initiative des MPE, des MPA, der ESO und des Observatoriums der LMU zurück, und sie hat jetzt eine konstante Zahl von etwa 70 Doktoranden, die eine Reihe allgemeiner Kurse besuchen und eigene Forschungsprojekte in den vier Instituten verfolgen. Dies hat zu einer Steigerung der Doktorandenanzahl am MPA um einen Faktor von mehr als 3 geführt und zu einer Situation, in der die häufigste Nationalität unter den Studenten die italienische ist, und nicht mehr die deutsche, während insgesamt mehr als 15 Länder vertreten sind.

Während sich große Gruppen auf die drei Kernbereiche der MPA-Forschungsaktivität konzentrieren – Stellare Astrophysik, Hochenergie-Astrophysik, extragalaktische Astronomie/Kosmologie –, gibt es auch MPA-Wissenschaftler, die in anderen Gebieten der modernen Astrophysik arbeiten. Der Einzelne ist nicht fest an bestimmte Projekte gebunden, sondern hat ziemlich viel Freiheit in der Wahl seiner Forschungsrichtung. Die Interaktion zwischen den Gruppen wird kräftig gefördert, und die meisten Entscheidungen, die die Forschung betreffen, werden demokratisch durch Ausschüsse aus Vertretern aller Bereiche des Instituts getroffen. Eine Kernmannschaft ist dem MPA über die Jahrzehnte treu geblieben; typisch für das MPA ist aber auch der hohe Anteil an Gastwissenschaftlern und damit der häufige Wechsel der Gesichter, die einem beim Wissenschaftskaffee oder im Institutsgebäude begegnen. Viele junge MPA'ler haben später ranghöhere Forschungspositionen in Deutschland oder im Ausland übernommen und bilden ein Netzwerk aus Alumni, die häufig gemeinsame Verbindungen zum Institut pflegen. Viele davon führen heute eigene Institute.

Um an der Spitze zu bleiben, muss sich ein Institut permanent erneuern, und so freut sich das Institut, im Jahr 2007 Martin Asplund als seinen ersten Direktor der nächsten Generation begrüßen zu dürfen. Sowohl Wolfgang Hillebrandt als auch Rashid Sunyaev werden innerhalb der nächsten Jahre in den Ruhestand gehen, und Asplund, ein Schwede, der vorher in Australien arbeitete, wird quasi Hillebrandts Nachfolger als Leiter der Stellaren Astrophysik sein. Seine Fachkenntnisse in der Untersuchung der Atmosphären von Sternen und in der Bestimmung ihrer chemischen Zusammensetzung werden neue Forschungsrichtungen ans MPA bringen und zugleich die rechnerischen und interpretativen Tendenzen verstärken.

Der Erfolg des jetzt 50-jährigen Institutes für Astrophysik beruht auf der intensiven Forschungstätigkeit und partnerschaftlichen Zusammenarbeit vieler einzelner Wissenschaftler. Über die Jahre ist das Institut immer größer geworden, und es ist schwierig geworden, jeden MPA'ler zu kennen und alle in den existierenden Räumlichkeiten unterzubringen. Gäste wie langjährige Mitarbeiter sind sich einig: Die Arbeitsatmosphäre des MPA ist von Weltoffenheit, Toleranz und Dynamik geprägt. Heute, 50 Jahre nach seiner Gründung, wird im MPA mit der gleichen Begeisterung und auf vielleicht noch höherem Niveau gearbeitet wie zu Anfang.

V. l. n. r.: Rashid Sunyaev, Wolfgang Hillebrandt und Emmi Meyer auf Rudolf Kippenhahns Emeritierungsfeier



Simon White, Frau und Herr Sunyaev und Frau Hillebrandt auf der Feier von Rashid Sunyaevs 65. Geburtstag



„Veränderungen halten die Wissenschaft lebendig“: R. Kippenhahn im Interview



Rede von Rudolf Kippenhahn auf der Feier zu seinem 70. Geburtstag am 14.06.1996 im MPA

Heinz Billing und Rudolf Kippenhahn bei der Einweihung des Instituts für extraterrestrische Physik 1963



Rudolf Kippenhahn (geb. 1926) leitete von 1963 bis 1965 die Abteilung Theoretische Astrophysik des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik und wurde anschließend an die Universität Göttingen berufen. 1975 kehrte er als Direktor ins Max-Planck-Institut für Astrophysik zurück und leitete es bis zu seiner Emeritierung 1991. Heute ist Kippenhahn als Autor populärwissenschaftlicher Bücher über Astronomie und andere Wissenschaftsthemen tätig.

Welcher Teil Ihrer Arbeit hatte Ihrer Meinung nach die meisten Konsequenzen?

Ich hatte das Glück, meine wissenschaftliche Laufbahn in einer Zeit zu starten, in der größere und leistungsfähigere Rechenmaschinen verfügbar wurden. Zusammen mit meinen Mitarbeitern Emmi Hofmeister und Alfred Weigert habe ich um 1963 begonnen, den inneren Aufbau und die Entwicklung von Sternen maschinell zu berechnen. Eine neue Methode, die aus den USA stammte, machte es möglich, nicht nur Zustände von Sternen, sondern auch deren Veränderungen über längere Zeiträume zu berechnen. Auf diesem Gebiet konnten wir sehr schnell weltweit die Führung übernehmen und feierten international Erfolge. Aber das dauerte nicht lange, wie es so ist, bald kamen andere, die es besser machten. Später kam noch die Interaktion zwischen mehreren Sternen hinzu, die anhand von Doppelsternen untersucht werden konnte. Der von uns damals entwickelte Rechencode wird in abgewandelter Form bis heute im In- und Ausland verwendet.

Welche wichtigen Veränderungen hat das MPA seit seiner Gründung 1958 durchlaufen, und wie bewerten Sie diese?

Das Institut, das aus der Biermannschen Gruppe hervorging, war wesentlich geprägt durch Ludwig Biermann: Die Freiheit des Einzelnen wurde als sehr wichtig angesehen. Je nach den Anforderungen aktueller Projekte bildeten sich Gruppen und lösten sich später wieder auf. Ich selbst hatte in Biermanns Göttinger Abteilung im Jahre 1957 als Mitarbeiter in der Plasmaphysik begonnen. Wohin man gehörte, stand nirgends festgeschrieben, und so blieb es auch während meiner Amtszeit. Ludwig Biermann war ein sehr vielseitiger Forscher und hatte neben der Gravitationsgruppe, der Relativitätsgruppe und der Kometengruppe beispielsweise auch Gruppen, die sich mit Chemie und Mathematik beschäftigten. Aus vielen seiner Gruppen sind später andere Institute hervorgegangen, so das Institut für Plasmaphysik (IPP), das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) und das Institut für Gravitationsforschung. Mit seinen Leuten aus der Mathematik-Gruppe hat Biermann drei mathematische Lehrstühle besetzt; eine andere Gruppe wurde ans Institut für Quantenoptik (MPQ) übergeben.

Der Amtswechsel von Biermann zu mir verlief ganz problemlos, und ich habe mir Biermann in vielem zum Vorbild genommen und mit Wolfgang Hillebrandt auch noch die nukleare Astrophysik ans Institut geholt. Mit Simon White sowie später Rashid Sunyaev und Martin Asplund fand nach meiner Amtszeit nicht nur eine erneute Ausweitung des wissenschaftlichen Programms, sondern auch eine stärkere Internationalisierung statt.

Durch die modernen Kommunikationsmittel wie Internet, einschließlich E-Mail fand in den letzten Jahrzehnten eine starke Globalisierung der Wissenschaft statt. Das sehe ich als eine positive Entwicklung an, denn früher wurden wissenschaftliche Veröffentlichungen viel weniger beachtet, vor allem, wenn sie nicht in englischer Sprache geschrieben waren. Die Kehrseite dieser Entwicklung ist allerdings der enorme Publikationsdruck, unter dem junge Wissenschaftler heute stehen. Aber da wir alle heute auf internationaler Basis miteinander in Konkurrenz stehen, scheint mir diese Entwicklung unvermeidlich. Das ist in der Wirtschaft ganz ähnlich.

Heute erhalten die Wissenschaftler meist nur noch Zeitverträge, während man früher fast immer auf Lebenszeit angestellt wurde. Für den Einzelnen bedeuten Zeitverträge mehr Unsicherheit, aber das Institut würde zu unflexibel, wenn es sich zu langfristig binden würde. Veränderungen sind notwendig, um ein wissenschaftliches Institut lebendig zu halten. In der DDR hatte beispielsweise fast jeder einen unbefristeten Vertrag, und so konnte man, wenn man ein Institut übernommen hat, seine eigenen Leute nicht mitbringen. Den Gewerkschaften sind Zeitverträge ein Dorn im Auge, aber für die Institution bzw. das Unternehmen als Ganzes machen sie Sinn.

Seit Ihrer Emeritierung engagieren Sie sich in der Öffentlichkeitsarbeit und bringen Laien und Kindern die Astronomie nahe. Welche Vermittlungsform halten Sie für die effektivste?

Beim Schreiben von Büchern hat man die Sache in der Hand, bei Vorträgen hängt dagegen alles vom Publikum ab. Man kann einen Vortrag perfekt vorbereiten und alles auswendig lernen, aber wenn dann aus dem Publikum beispielsweise der Zwischenkommentar kommt: „Ich habe schon seit Jahren Kontakt zu Außerirdischen!“, entwickelt sich alles in eine ganz andere Richtung als geplant. Einmal hatte ich gerade einen Vortrag in der Kinder-Uni begonnen, als das Licht ausfiel: Sofort setzte ohrenbetäubendes Geschrei ein. Nach einer Weile ging das Licht wieder an, aber das Geschrei blieb. Ich habe es bis zuletzt nicht geschafft, die Kinder wieder ruhig zu kriegen.

Als ich noch jung war, brachte mich einmal eine ausgesprochen gut aussehende junge Dame in der ersten Reihe bei einer Vorlesung völlig aus dem Konzept: Die ganze Zeit schüttelte sie angewidert den Kopf und schien keinen Zweifel daran lassen zu wollen, wie wenig sie von meinen Ausführungen hielt. Später stellte sich aber heraus, dass sie überredet worden war, zu dem Vortrag zu gehen und eigentlich für den Abend etwas anderes vorgehabt hatte. Darüber hat sie sich also geärgert, und nicht über meine Aussagen.

Ein andermal habe ich in einem Saal gesprochen, in dem nebenbei Essen serviert wurde, und plötzlich ließ ein Kellner mit lautem Krach ein Tablett zu Boden fallen. Wie man auf solche unerwartete Situationen am besten reagiert, ist immer wieder eine spannende Frage.

Mit dem Schreiben von Artikeln und Büchern bin ich quasi wieder zu meinen Anfängen zurückgekehrt, denn ich habe mir mein Mathematikstudium mit journalistischer Arbeit finanziert. Während meiner aktiven Zeit habe ich zwei Fachbücher und danach 15 populärwissenschaftliche Bücher geschrieben. Wenn ich jahrelang meine ganze Kraft in die Arbeit an einem Buch gesteckt habe und dann sehe, dass Bücher wie „Suche im potenten Mann fürs Leben“ oder „Feuchtgebiete“ mehr als hundertfache Verkaufszahlen erzielen, ärgert mich das schon. Darüber hinaus reißt mich mit 82 Jahren die Faszination solcher Themen auch nicht mehr vom Stuhl.

Welche Vermittlungsform? Vorträge oder Bücher? Vorträge sind spannender, denn man weiß am Anfang nie, wie es ausgeht. Aber Vorträge sind mit Reisen verbunden, mit Kofferschleppen und Treppensteigen. Das wird im Alter beschwerlich. Schreiben geht gemächlich über Jahre hin und zwischendurch wird man manchmal so mutlos, dass man versucht ist, alles hinzuschmeißen. Bei meinem Buch über das Unendliche habe ich das wirklich getan. Als ich monatelang nichts schrieb, bekam ich Depressionen. Erst ein anderes Thema, das ich dann begann, munterte mich wieder auf. Das angefangene Projekt habe ich erst etwa fünf Jahre später wieder aufgenommen und zu Ende gebracht. Die große Freude kommt, wenn man das erste fertige Exemplar in der Hand hält. Diese Hochstimmung währt ein bis zwei Stunden. Dann hat man den ersten Schreibfehler entdeckt, den man vorher beim mehrmaligen Korrekturlesen übersehen hat und der nun in Tausenden von schön aufgemachten Exemplaren dokumentiert ist.

Der Kommunikation gewidmet: Zur Architektur des Institutsgebäudes

Die Notwendigkeit für einen Neubau ergab sich Anfang der 70er Jahre aus der Enge im alten Gebäude am Föhringer Ring im Norden Münchens, in dem die beiden Institute für Physik und Astrophysik untergebracht waren. Im Juni 1974 beschloss der Verwaltungsrat der Max-Planck-Gesellschaft die Verlegung des Instituts für Astrophysik an den Südrand des Forschungsgeländes Garching bei München, wo auch die ESO (European Southern Observatory) zur gleichen Zeit ein neues Gebäude für etwa 100 Beschäftigte plante.

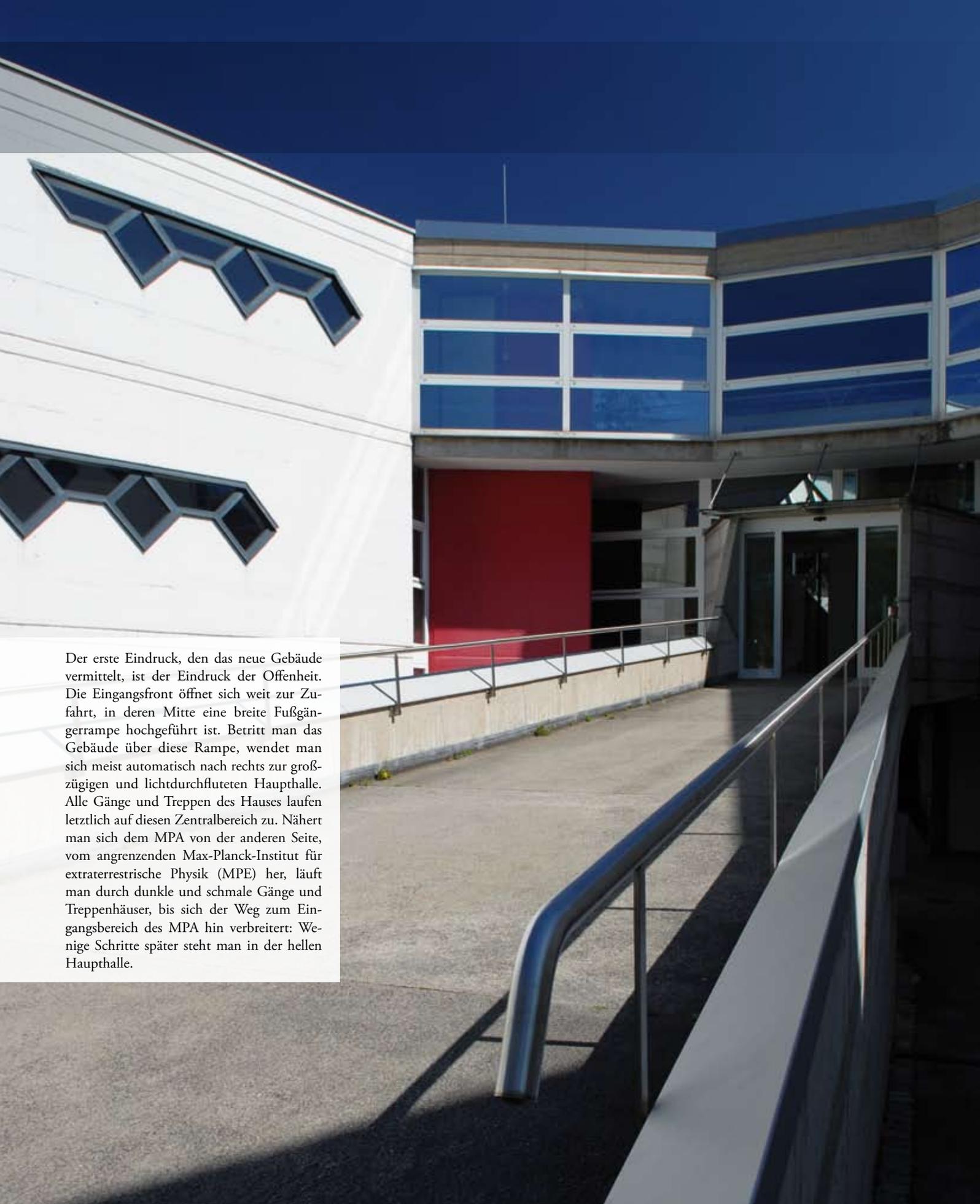
Mit dem Neubau wurden die Architekten Hermann Fehling und Daniel Gogel beauftragt, die der Max-Planck-Gesellschaft bereits durch das außergewöhnliche Gebäude des Instituts für Bildungsforschung in Berlin bekannt waren.

Zur Planung des neuen Hauses besuchten die Architekten die Wissenschaftler im Institut am Föhringer Ring, um selbst einen Eindruck von ihrer Arbeitsweise zu gewinnen. Die Astrophysiker saßen dort je nach Bedarf und Prestige in ein- oder zweiachsigen Arbeitsräumen, die einbündig entlang eines langen Trakts angeordnet waren. In den letzten Jahren hatte sich allerdings die Erkenntnis durchgesetzt, dass neben der konzentrierten Arbeit im stillen Kämmerlein auch der unprogrammierte Austausch mit den Kollegen und der Überblick über deren Ideen für erfolgreiche Forschung wichtig sind. Das neue Gebäude sollte diese Kontakte ermöglichen, ohne dabei den Einzelnen bei der Arbeit in seinem Zimmer zu stören.

Weitere Wünsche der Astrophysiker, die sich die Architekten bei ihren Besuchen im Institut zu Eigen machten, waren: kurze Wege

zur Bibliothek und zu den Ein- und Ausgabebereichen, die die Wissenschaftler mit dem großen Rechenmaschinenzentrum München-Nord verbanden, der Erhalt einer prächtigen alten Weide inmitten des beschränkten Baugrundes und nicht zuletzt die optische Abgrenzung gegenüber dem restlichen Forschungsgelände.





Der erste Eindruck, den das neue Gebäude vermittelt, ist der Eindruck der Offenheit. Die Eingangsfassade öffnet sich weit zur Zufahrt, in deren Mitte eine breite Fußgänger-rampe hochgeführt ist. Betritt man das Gebäude über diese Rampe, wendet man sich meist automatisch nach rechts zur großzügigen und lichtdurchfluteten Haupthalle. Alle Gänge und Treppen des Hauses laufen letztlich auf diesen Zentralbereich zu. Nähert man sich dem MPA von der anderen Seite, vom angrenzenden Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) her, läuft man durch dunkle und schmale Gänge und Treppenhäuser, bis sich der Weg zum Eingangsbereich des MPA hin verbreitert: Wenige Schritte später steht man in der hellen Haupthalle.

Der Kommunikation gewidmet: Zur Architektur des Institutsgebäudes

Hier findet jeden Vormittag um 10.30 Uhr der Wissenschaftler-Kaffee statt, bei dem sich die Mitarbeiter des Instituts in zwangloser Runde über neue Ideen und Ergebnisse austauschen. Bei dieser allmorgendlichen Kaffeerunde, aber auch beim zufälligen Herumlaufen durch das kreisförmig gebaute Haus, kann man sich schnell einen Überblick darüber verschaffen, wer zurzeit am Institut ist. „Wenn man hier jemanden etwas fragen will, geht man dafür zuerst einmal zum Wissenschaftlerkaffee“, erklärt MPA-Direktor Wolfgang Hillebrandt, der seit über 20 Jahren am Institut ist.



Neben diesem Diskussionsbereich mit angrenzender Kaffeeküche sind Bibliothek, Leseraum und Hörsaal wichtige allgemeine Arbeitsräume. Sie sind über die Haupttreppe sowie die daran angrenzenden Galerien und Stege von der Haupthalle aus erreichbar. Bei Festen und anderen Veranstaltungen lassen sich die Zwischengeschosse der offenen Wendeltreppe auch als Podeste für kleine Ansprachen zweckentfremden.

Die Grundform des Gebäudes ist rund mit sternförmigen Außen-„Tentakeln“, was die Orientierung von Besuchern und neuen Mitarbeitern manchmal nicht ganz leicht macht. Dreieckige Fenster, auf der Spitze stehende viereckige Fenster und die Vermeidung von rechten Winkeln sollen unangepasstes Denken der Bewohner fördern.

Rund um die Freiräume und verteilt auf das erste und zweite Stockwerk liegen die Büros der Wissenschaftler. Ganz anders als im alten Institutsgebäude am Föhringer Ring hat hier jedes Zimmer einen anderen Grundriss. Beim Einzug in den Neubau konnten sich alle Mitarbeiter selbst aussuchen, welches Zimmer sie gerne hätten. Ob jemand bei der Arbeit lieber nach Norden oder nach Süden blicken möchte und ob er lieber im zentralen Bereich oder etwas abgeschiedener weiter hinten am Gang sitzt, war weitgehend der Entscheidung des Einzelnen überlassen – abgesehen von grundlegenden hierarchischen Unterscheidungen wie größeren Zimmern für die Direktoren.

Das Gebäude ist ringförmig um einen Innenhof herum gebaut. Eine Säulenreihe im

Lichthof erinnert an einen klösterlichen Säulengang, was der Kontemplation und dem Nachdenken dienen soll. Eine nicht unwesentliche Rolle spielte bei der Entscheidung für die Ringform eine 50 Jahre alte Weide auf dem Baugrund, die man gerne erhalten wollte und um die herum das Gebäude quasi errichtet wurde. In Anlehnung an das Harnack-Prinzip der Max-Planck-Gesellschaft, wonach Max-Planck-Institute grundsätzlich nur um weltweit führende Spitzenforscher herum entstehen, bezeichnete das MPA diesen Baum auch als Harnack-Baum. Letztlich allerdings fiel die Weide den Astrophysikern dann doch zum Opfer: Die MPA-Abteilung Numerische Rechenmaschinen, geleitet von Heinz Billing, wollte unbedingt ihr Gravitationswellenexperiment mit Gabelstaplern in den Keller hineinbringen, wobei die Weide starb und schließlich gefällt werden musste.

Den geräumigen Innenhof inmitten des kreisförmigen Gebäudes nutzen das MPA und das im Norden direkt angrenzende MPE für Institutsfeste und öffentliche Veranstaltungen. Verlässt man das MPA in südlicher Richtung, kommt man zum Hauptgebäude der ESO, das von den gleichen Architekten gebaut wurde. Darüber hinaus befinden sich zwei weitere Max-Planck-Institute, das MPI für Quantenoptik und das MPI für Plasmaphysik, sowie die Technische Universität München in unmittelbarer Nachbarschaft im Forschungsgelände Garching.



Die MPA-Mitarbeiter haben sich vom ersten Tag an in dem neuen Institutsgebäude sehr wohl gefühlt und empfinden seine ungeometrische und verwinkelte Gestalt, die gelegentlich auch mit der Form des Krebsnebels verglichen wird, als inspirierend für ihre Arbeit. „Die Architekten wollten sich in den 70er Jahren gegen traditionelle Architekturkonzepte auflehnen, und wir als Wissenschaftler haben die Aufgabe, eingefräste Denkpfade zu verlassen: Das passt sehr gut zusammen“, meint Hans-Thomas Janka, der seit über zehn Jahren am MPA über Supernovae und Gammablitzforschung forscht.

Übereinstimmend ist man zu der Überzeugung gelangt, dass das Haus dem Arbeitsstil der theoretischen Astrophysiker in jeder Hinsicht sehr entgegenkommt. Unser einziges Problem ist, dass es für die mit den Jahren merklich angewachsene Belegschaft inzwischen zu klein geworden ist. Unterdessen ist das Forschungsgebäude selbst zum Forschungsgegenstand für Architekten und Studenten geworden. Die vielen interessierten Fragen und positiven Kommentare von Besuchern, die wir durchs Haus führen, bestätigen uns immer wieder aufs Neue, dass Form und Zweck beim MPA-Gebäude erfolgreich zu einer Einheit gebracht wurden.

Menschen am MPA

Das MPA ist nicht nur ein international renommiertes Forschungsinstitut, sondern auch der tägliche Treffpunkt unterschiedlichster Persönlichkeiten aus nahezu allen Ländern der Welt, ein Ort, an dem sie sich über ihre Forschung austauschen und zusammenarbeiten. Einige dieser Menschen stellen sich in diesem Kapitel vor:



Shoichi Yamada
Gastwissenschaftler

„Von der Astrophysik bin ich fasziniert, seit ich als 14-jähriger ein japanisches Fachbuch über die Spezielle Relativitätstheorie gelesen habe. Das zweitwichtigste Schlüsselerlebnis in meiner Laufbahn war mein erster Aufenthalt am MPA Mitte der 90er Jahre. Gemeinsam mit Hans-Thomas Janka habe ich einen Aufsatz über die Simulation von Supernovae geschrieben: Die Diskussionen mit ihm haben meinen Horizont beträchtlich erweitert, obgleich er anfangs sehr kritisch war. Seit meinem damaligen Aufenthalt bin ich immer wieder als Gastwissenschaftler oder im Rahmen von Sabbaticals ans MPA gekommen. Ich liebe die Forschungsatmosphäre hier: Man kann konzentriert über lange Zeit hinweg an einem Thema arbeiten

– ganz anders als in Tokio, wo alles sehr hektisch ist und man mit zahlreichen Lehrverpflichtungen und Betreuungsaufgaben überlastet ist. Jeder Spezialbereich der Physik interessiert mich. Ich träume davon, mich über die Astrophysik hinaus auch in die Kernphysik, die Elementarteilchenphysik und die Physik der kondensierten Materie einzuarbeiten zu können. Alle diese wissenschaftlichen Disziplinen sind notwendig, um astrophysikalische Phänomene zu verstehen. Meine Forschungsgegenstände wie Neutronen-, Hyperonen- und Quarksterne somit eines Tages aus ganz unterschiedlichen Blickrichtungen untersuchen zu können, ist meine wissenschaftliche Vision.“

Hans-Werner Paulsen
Systemadministrator



„Nach dem Mathematikstudium mit Nebenfach Astronomie war das MPA mein erster Arbeitsplatz, seither bin ich dort geblieben. Als ich 1983 anfang, gab es im Institut einen einzigen Computer, der einen Zeilendrucker ansteuerte. Größere Berechnungen wurden im Rechenzentrum Garching durchgeführt, und die Ergebnisse wurden hier nur ausgedruckt. Um die Resultate der Rechnungen besser darstellen zu können, wurde ein Grafiksystem an diesen Computer angeschlossen. Dieses System zu betreiben, war meine erste Aufgabe. Hierbei konnte ich auch eng mit den Wissenschaftlern zusammenarbeiten. Das Grafiksystem wurde weiter ausgebaut, und es wurden leistungsstärkere Rechner in Betrieb genommen. Jetzt war es auch möglich, verschiedene

andere Aufgaben wie E-Mail und Textverarbeitung am MPA selbst zu erledigen. So wuchs die Anzahl der Benutzer auf unserem System, und es kam vor, dass die Wissenschaftler auf ein freies Terminal am Rechnerraum warten mussten, denn Bildschirme in jedem Büro gab es nicht. Durch die rasante Entwicklung im Netzwerk- und PC-Bereich konnten wir schließlich allen Mitarbeitern einen eigenen Arbeitsplatzrechner zur Verfügung stellen und gleichzeitig zentrale Dienste wie Datensicherung, E-Mail und Hochleistungsrechnen anbieten. Die EDV wurde in den letzten Jahrzehnten immer wichtiger für das Institut, deshalb bin ich stolz darauf, dass durch meine Arbeit ein erfolgreiches Arbeiten der Wissenschaftler ermöglicht wird.“

„Das MPA ist ein theoretisch arbeitendes Institut, und mein wissenschaftlicher Hintergrund liegt auch im Bereich der Theorie. Als Projektleiterin der Teleskop-Station für LOFAR in der Gemeinde Aresing (Landkreis Neuburg-Schrobenhausen) habe ich allerdings Neuland betreten. Bei LOFAR (Low Frequency Array) handelt es sich um die weltweit größte vernetzte Teleskopanlage mit Zentrum in den Niederlanden, aber Antennen in vielen europäischen Ländern, unter anderem Deutschland. Ich bin verantwortlich für den Ankauf und die Aufstellung der Antennen in Aresing und arbeite in der LOFAR-Arbeitsgruppe 'Epoche der Reionisation'.

In dieser Epoche im Kindheitsstadium des Universums, etwa 400.000 Jahre nach dem Urknall, bildeten sich durch Fusionsprozesse und Supernova-Explosionen die schweren Elemente und damit der Rohstoff für die Chemie des Lebens. Sobald LOFAR in Betrieb ist, werde ich vor allem als beobachtende Astrophysikerin arbeiten und vorhandene Theorien über die Reionisation des intergalaktischen Mediums überprüfen.

„1977 habe ich als 19-jährige beim MPA angefangen. Ich habe für Kippenhahn, Hillebrandt, Sunyaev und White gearbeitet – jeder der Direktoren war völlig anders. Mit den Jahren habe ich mich immer stärker mit dem MPA identifiziert. Es ist ein gutes Gefühl, Teil einer so angesehenen Forschungseinrichtung zu sein und die Entwicklung vom kleinen, familiären Institut bis zu den heutigen Erfolgen unmittelbar miterlebt zu haben. In der Krise Anfang der 90er Jahre, als nach Kippenhahn kein Direktor gefunden wurde und die MPG überlegte, das Institut zu schließen, sind wir alle enger zusammengewachsen. In dieser Situation wurde mir erst richtig bewusst, wie sehr mir das Institut mit seiner besonderen Arbeitsatmosphäre ans Herz gewachsen war. Alle haben damals zu-

Die theoretische und die beobachtende Arbeit ergänzen sich meiner Meinung nach sehr gut: Wenn man nur als Theoretikerin arbeitet, verliert man vor lauter Freiheit leicht den Bezug zur Realität. Wenn man nur beobachtend arbeitet, ist es andererseits zu eingeschränkt und einseitig.

LOFAR hat breites Interesse in der Öffentlichkeit und den Medien hervorgerufen. Anfangs gab es auch viele Ängste – bis wir klarstellten, dass wir keine Strahlung senden, sondern nur empfangen. Inzwischen erhalten wir Unterstützung von allen Seiten, und die Bürger von Aresing sind sehr enthusiastisch und stolz über den Beitrag ihrer Gemeinde zum LOFAR-Projekt. Ich hoffe, dass wir mit LOFAR in den nächsten Jahren zum ersten Mal den Vorgang der kosmologischen Reionisation beobachten können.“

sammgehalten und gemeinsam um das MPA gekämpft. Der Tag, an dem wir endlich die Information erhielten, dass Simon White zu uns kommt und es weitergehen wird, war für mich eines der Highlights in der Geschichte dieses Instituts. Aufgrund der Erfahrungen aus dieser schwierigen Zeit und auf Bestreben von White wurde dann das gemeinsame Direktorium mit der abwechselnden Geschäftsführung eingeführt. Jetzt kann uns die Emeritierung eines Direktors nicht mehr in die Krise stürzen, und es ist auch sehr angenehm, dass immer mal wieder ein anderer Führungsstil dran kommt.“



Benedetta Ciardi
Projektmanagerin für LOFAR

Cornelia Rickl
Sekretärin des geschäftsführenden
Direktors



Institutsleben

♪ All My Papers *Beatles: All My Loving*

Close your eyes and don't worry
Tomorrow this story
Will appear in a journal for you
And although it's just mist
It's a paper for the list
And nothing of all will be true

Don't pretend to be repelled
It's the way all o'er the world
Remember this obvious clue
Thousand papers on the list
People think that you're the best
No matter if anything's true

All my papers
I will send to you
All my papers
Nothing will be true



Um die Kommunikation der Mitarbeiter zu fördern, das tägliche Zusammenleben zu erleichtern und neue Mitarbeiter besser zu integrieren, gibt es am MPA zahlreiche gemeinsame Unternehmungen und Veranstaltungen. Die Bandbreite reicht von Sommerfesten im Freien mit Bier, Brezen und Gegrilltem über Faschings- und Weihnachtsfeiern bis hin zu Wanderungen in den Bergen für alle Mitarbeiter und weiteren sportlichen Aktivitäten einzelner Gruppen.

Fast schon legendären Charakter hat die jährliche Faschingsfeier des MPA mit Verleihung der Goldenen Mistgabel. Diese „Auszeichnung“ wurde in den 80er Jahren von Studenten eingeführt, die damit auf den damaligen Beginn der Publikationsschwemme in den Wissenschaften reagierten. Ihre Überlegung war, dass, wenn sehr viel veröffentlicht wird, darunter auch Unsinniges sein muss. Die Mistgabel sollte daher jeweils dem Wissenschaftler mit den meisten nichtssagenden Publikationen im vergangenen Jahr verliehen werden. Erster Preisträger war Gerhard Börner, bis heute ein (auch in anderer Hinsicht) führender Kosmologe am MPA.

Inzwischen sind die Auswahlkriterien deutlich erweitert worden, und es werden auch andere „herausragende Leistungen“ honoriert:

So glänzte etwa Preisträger Simon White mit der Heldentat, seinen Laptop mit dem Auto überfahren zu haben. Allerdings gab es auch schon Astrophysiker am MPA, die so weltfremd und ungeschickt waren, dass man ihnen die Goldene Mistgabel grundsätzlich nicht verlieh – aus dem einfachen Grund, weil sie sie sonst jedes Jahr bekommen hätten. Vor einigen Jahren wurde eine zusätzliche Ausgabe dieses Qualitätspreises für die jüngeren Mitarbeiter eingeführt: die Junior-Mistgabel. Wer eine der beiden Mistgabeln bekommt, muss sie jeweils im Folgejahr an den nächsten würdigen Kandidaten weitergeben.



Eine kleine soziale Aktivität findet jeden Tag am MPA statt, und zwar der tägliche Wissenschaftlerkaffee. Jeden Morgen von halb elf bis elf Uhr tönt angeregtes Stimmengewirr und Gelächter durch das Institutsgebäude. Wer sich dem Atrium vom Treppenhaus her nähert, blickt auf das beeindruckende Gewimmel einiger Dutzend Wissenschaftler hinab, die, vertieft ins (nicht ausschließlich wissenschaftliche) Gespräch, in kleinen Gruppen beieinander stehen und gemeinsam Kaffee trinken. Simon White hat diese Kaffeerunde eingeführt, als er 1994 als Direktor ans Institut kam, und finanziert sie aus seinen Privatmitteln.



Die jährliche Bergwanderung des MPA wird intern auch als „Bergrennen“ bezeichnet, da einige Mitarbeiter regelmäßig sehr wett-eifernd an die Sache herangehen. Während die „Topathleten“ darum konkurrieren, wer als Erster oben ist, schlendern andere hinterher und finden endlich einmal die Zeit, die Kollegen näher kennenzulernen, was dem ursprünglichen Zweck dieser sozialen Aktivität doch deutlich näher kommt. Im Allgemeinen gibt es bei diesem Betriebsausflug keine besonderen Vorkommnisse, aber einmal ist es doch passiert, dass ein australischer Gastwissenschaftler im Gebirge verlorenging. Als die Polizei für ihre Suchaktion wissen wollte, wie der Vermisste aussieht, lautete die Antwort der MPA'ler: „Wie Quasimodo!“ Das stellte sich dann als ausreichend für die Identifizierung heraus, und nach einigem bangen Warten konnte der Australier dem MPA unverletzt und arbeitsfähig zurückgegeben werden.



Seit Anfang der 80er Jahre gibt es eine eigene Fußballmannschaft des MPA. Sie kann auf einige große Erfolge zurückblicken, nicht zuletzt dank einer guten Idee des heutigen Direktors Wolfgang Hillebrandt: Er schlug vor, sich mit einer kleinen, aber erfolgreichen Fußballmannschaft aus Berlin zusammenzuschließen. Der Plan ging auf: Das MPA gewann in der Folge zweimal den Pokal der Astronomischen Gesellschaft. Inzwischen allerdings macht sich der Druck, schnell und häufig zu publizieren, in den sportlichen

Leistungen der Wissenschaftler zunehmend bemerkbar. So ist es jetzt auch schon eine Weile her, dass der letzte Cup gewonnen wurde. Die MPA'ler lassen sich davon aber nicht im Geringsten beeinflussen und treten unbeirrbar einfach immer wieder an: Gewinnen ist für die Theoretiker nicht so wichtig, dabei sein ist alles!

♪ **MPA Music**
Chuck Berry: Rock And Roll Music

Just let me hear some of that MPA music
Any old way you choose it
It's got a back beat, you can't lose it
Any old time you use it
It's gotta be MPA music

If you wanna dance with me
If you wanna dance with me

I've got no kick against MPE
Unless they try to make a theory
About the universal melody
'Cause it will end up in a tragedy
That's why I go for that MPA music...

I do not keep my mind on ESO
Although they have a splendid telescope
They all observe the southern hemisphere
But never saw a mass Bavarian beer
So I am keen on that MPA music...

Please, don't remember me of IPP
Unless computing time on cray is free
They heat their plasma with a laser beam
But cannot win against our soccer team
And I'm in love with that MPA music...

I've got no job here at the institute
Maybe my head is built of worthless wood
But since like others I would like to stay
I have to seek out for another way
That's why I started playing MPA music...



Arbeiten am MPA

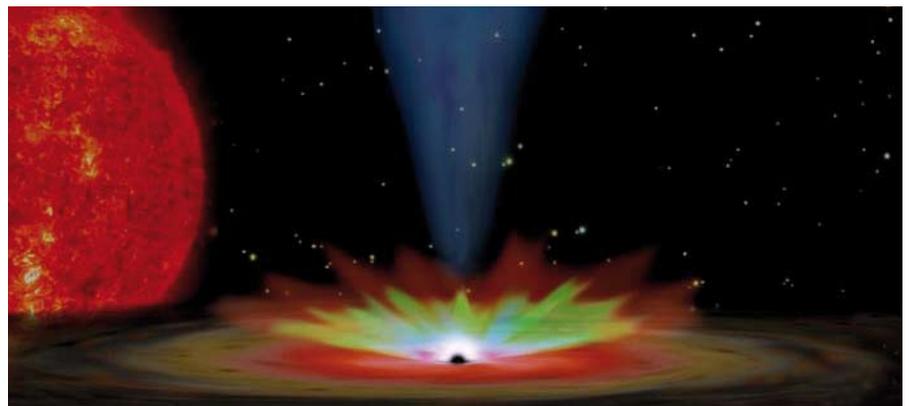
Internationale Spitzenforschung auf deutschem Boden

Das MPA betreibt theoretische, rechnerische und interpretative Astrophysik auf höchstem internationalem Niveau. Besonderen Wert legt das Institut auf Anwendungen von Super-Computern, wobei die Rechnerkapazitäten und Massenspeicher des Rechenzentrums Garching (RZG) – zentrales Rechenzentrum der Max-Planck-Gesellschaft –, des Leibniz-Rechenzentrums (LRZ) in Garching und anderer Einrichtungen in Deutschland und auf der ganzen Welt eine wichtige Rolle spielen.

15 Wissenschaftler auf Dauerstellen arbeiten am MPA mit jeweils ungefähr 30 Postdoktoranden, fast 40 Doktoranden und bis zu 50 Gastwissenschaftlern zusammen. Da theoretische Arbeit tendenziell immer synthetisch und interdisziplinär ist, versucht das Institut die strenge Aufteilung der Wissenschaft in Gruppen zu vermeiden. Dennoch ist jeder der vier Direktoren des MPA für eine Reihe von Wissenschaftsthemen verantwortlich, die zusammen

eine Art Gruppe bilden, zusammengesetzt aus mehreren Untergruppen. Die Grenzen zwischen diesen Gruppen sind jedoch fließend und abhängig von wechselndem Bedarf, je nach aktuellen Projekten. Fallweise unterschiedlich zusammengesetzte Ausschüsse wählen Doktoranden und Postdoktoranden nach den Kriterien der wissenschaftlichen Exzellenz und der Übereinstimmung ihrer Interessen mit denen führender MPA-Wissenschaftler aus.

Illustration der schnell variablen Strahlungsprozesse aus der Umgebung eines schwarzen Loches. Gasströme von einem Begleitstern (links) bilden eine Akkretionsscheibe (dunkelrot und grau dargestellt). Masse aus der Scheibe stürzt in das schwarze Loch und gibt dabei Strahlung im Röntgenbereich (weiß) und Plasmaausflüsse ab. Ein langsamer Ausfluss strahlt zeitverzögert nach einer Laufzeit von ca. 0,5 Sekunden intensiv im ultravioletten (violett), optischen (grün) und infraroten (rot) Licht. Ein sehr schneller Jet, der Radioemission in einem Abstand weit außerhalb der Abbildung abstrahlt, ist als diffus blaue Struktur senkrecht zur Akkretionsscheibe dargestellt.



Kosmologie: Aufbau, Struktur und Entwicklung unseres Universums

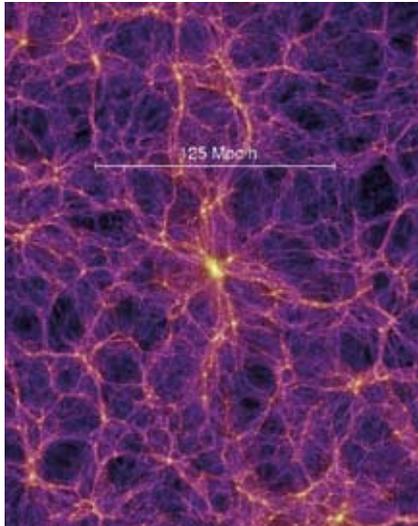
Alle Gruppen des MPA untersuchen grundlegende Fragestellungen der Kosmologie und extragalaktischen Astronomie, aber nur die Kosmologiegruppe unter Leitung von Simon White beschäftigt sich beinahe ausschließlich mit solchen Themen.

Wichtige Fragen sind: Woraus besteht das Universum? Wie ist es zu seiner gegenwärtigen Form gelangt? Ist es endlich oder unendlich? Wird es ewig bestehen? Was war der Ursprung aller Strukturen? Wie haben sich aus der Ursuppe die Galaxien gebildet? Wie sind Galaxien und die extrem massereichen Schwarzen Löcher in ihren Herzen entwicklungsgeschichtlich miteinander verknüpft? Eines der spannendsten Probleme der heutigen Physik hat vor einem Jahrzehnt die Entdeckung der beschleunigten Expansion des Universums aufgeworfen. Die sorgfältige Kartierung der kosmischen Geschichte anhand eines bestimmten Typs von Supernovae zeigte, dass sich das Universum heute schneller ausdehnt als in der Vergangenheit. Dies lässt sich nur erklären, wenn der Großteil des heutigen Universums mit „Dunkler Energie“ gefüllt ist, einer unerwarteten Energieform von seltsamer Beschaffenheit, die anders ist als jede bekannte Form von Materie oder Energie. Supernova-Theoretiker des MPA haben die Eigenschaften jener besonderen Super-

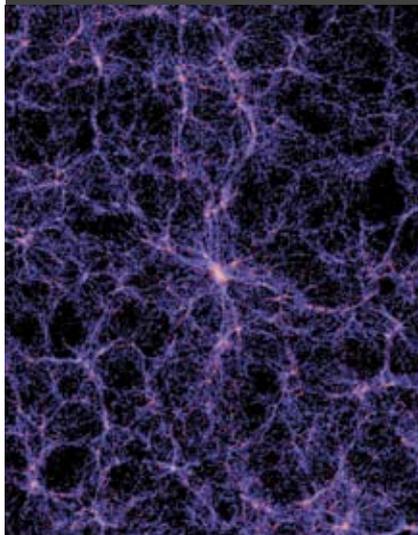


„Im Laufe meiner Karriere hat sich die Kosmologie von einem spekulativen und nebensächlichen Forschungsgebiet zur tragenden Säule der zeitgenössischen Astrophysik entwickelt. Neue Teleskope erlauben uns, zurück bis jenseits der Geburt von Galaxien zu blicken, während neue Computer es ermöglichen, diese Geburt nach Belieben durchzuspielen, um die Physik hinter diesem Vorgang zu erforschen. Wir leben wirklich in einem Goldenen Zeitalter der Astronomie.“

Simon White

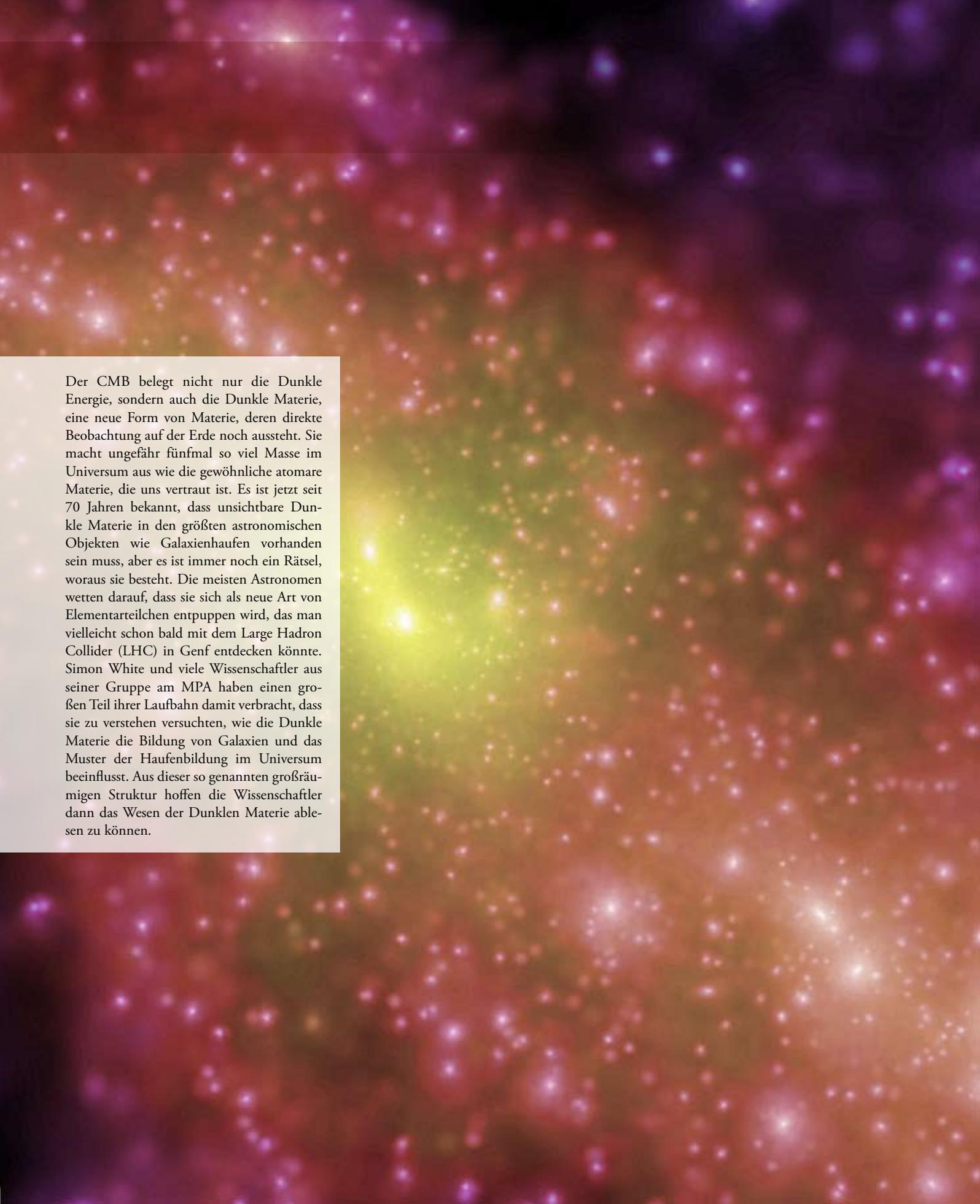


Zwei Bilder aus der Millennium-Simulation: Das erste Bild stellt die vorausgesagte Verteilung der Dunklen Materie dar, das zweite die leuchtenden Galaxien in demselben Raumausschnitt.



nova geklärt, mit der sich die Beschleunigung nachweisen lässt. Zugleich erforschten Hochenergie-Theoretiker und Strukturbildungssimulatoren, wie zusätzliche Information über die Dunkle Energie aus Beobachtungen von Gas in fernen Galaxienhaufen und aus Beobachtungen der langfristigen Entwicklung dieser Galaxienhaufen gewonnen werden kann.

Die Dunkle Energie ist auch erforderlich, um die Besonderheiten der beobachteten Struktur im kosmischen Mikrowellenhintergrund (Cosmic Microwave Background, CMB) zu erklären. Beim CMB handelt es sich um ein beinahe gleichförmiges Meer aus Mikrowellen, das erstmals im Jahr 1964 entdeckt wurde und das heute als vom Urknall übrig gebliebene Wärmestrahlung angesehen wird. Der CMB liefert uns ein direktes Abbild des Universums aus der Zeit, als dieses erst 400.000 Jahre alt war. Damals gab es weder Sterne noch Galaxien noch Elemente, die schwerer als Lithium sind, sondern lediglich ein fast homogenes heißes Plasma, erfüllt von schwachen Klangwellen, aus dem sich später alle Strukturen entwickeln sollten. Detaillierte Untersuchungen dieser Klangwellen ermöglichten in den letzten 15 Jahren hervorragende Einsichten in die Geometrie und den Inhalt unseres Universums und den Ursprung aller Strukturen darin. Den nächsten großen Fortschritt in diesem Feld erwarten wir vom ESA-Satelliten Planck, der Anfang 2009 starten soll. Er wird den gesamten Himmel im Mikrowellenbereich in neun unterschiedlichen Frequenzen kartieren und die bislang präzisesten Messungen des CMB vornehmen. Simon White und Rashid Sunyaev sind Co-Investigatoren, und eine MPA-Gruppe unter Leitung von Torsten Enslin, die den deutschen Beitrag zu Planck koordiniert, entwickelt eine Datensimulationsleitung für Planck.



Der CMB belegt nicht nur die Dunkle Energie, sondern auch die Dunkle Materie, eine neue Form von Materie, deren direkte Beobachtung auf der Erde noch aussteht. Sie macht ungefähr fünfmal so viel Masse im Universum aus wie die gewöhnliche atomare Materie, die uns vertraut ist. Es ist jetzt seit 70 Jahren bekannt, dass unsichtbare Dunkle Materie in den größten astronomischen Objekten wie Galaxienhaufen vorhanden sein muss, aber es ist immer noch ein Rätsel, woraus sie besteht. Die meisten Astronomen wetten darauf, dass sie sich als neue Art von Elementarteilchen entpuppen wird, das man vielleicht schon bald mit dem Large Hadron Collider (LHC) in Genf entdecken könnte. Simon White und viele Wissenschaftler aus seiner Gruppe am MPA haben einen großen Teil ihrer Laufbahn damit verbracht, dass sie zu verstehen versuchten, wie die Dunkle Materie die Bildung von Galaxien und das Muster der Haufenbildung im Universum beeinflusst. Aus dieser so genannten großräumigen Struktur hoffen die Wissenschaftler dann das Wesen der Dunklen Materie ablesen zu können.

Detailarbeit dieser Art führen die MPA-Kosmologen in Form von Supercomputer-Simulationen des Wachstums kosmischer Strukturen durch. Diese erzeugen virtuelle Universen, die wir direkt mit dem realen Universum, in dem wir uns befinden, vergleichen können. Die Code-Entwicklungsgruppe unter Leitung von Volker Springel hat das MPA als weltweit führendes Institut für Simulationen dieser Art etabliert. Das Institut treibt die Entwicklung neuer numerischer Techniken entscheidend voran und führt viele der größten und einflussreichsten Berechnungen durch. Einen großen Teil dieser Forschung haben wir im Kontext des Virgo-Konsortiums ausgeführt, einem großen internationalen Zusammenschluss von Wissenschaftlern aus Deutschland, Großbritannien, den Niederlanden, Kanada und Japan zur Bündelung der Ressourcen für große Simulationsprogramme in diesem Bereich. Simon White leitet den deutschen Teil des Konsortiums. Zusammen mit Einsichten aus dem kosmischen Mikrowellenhintergrund haben die Simulationen des Virgo-Konsortiums viel zu unserem heutigen Verständnis der Bildung von Galaxien und Galaxienhaufen beigetragen.

Ein besseres Verständnis davon, wie sich Galaxien bilden und entwickeln, gewinnen wir aber nicht nur aus der theoretischen Arbeit; noch wichtiger sind bessere Beobachtungen der Eigenschaften von Galaxien, sowohl in unserer Nähe als auch im fernerem Universum. Die vielleicht ehrgeizigste jemals unternommene astronomische Himmelsdurchmusterung ist der Sloan Digital Sky Survey (SDSS). In seiner gerade beendeten zweiten Phase (SDSS-II) hat ihn ein internationales Konsortium aus 25 Instituten einschließlich des MPA geleitet. Der SDSS hat ein Viertel der gesamten Himmelskugel im Detail kartiert und die Position, Helligkeit und Farbe von mehr als 100 Millionen Himmelskörpern bestimmt. Noch wichtiger

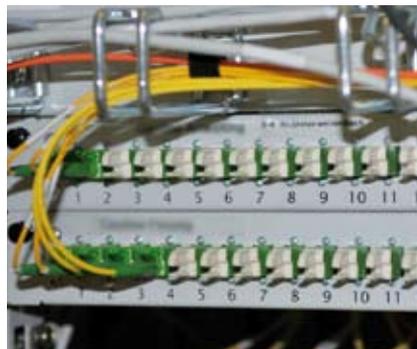
für das MPA ist, dass er hoch aufgelöste Spektren von mehr als 700.000 Galaxien und ungefähr 50.000 Quasaren aufgenommen hat: Verglichen mit früheren Studien hat sich nicht nur die Anzahl der gesammelten Daten, sondern auch deren Qualität und Einheitlichkeit dabei um den Faktor 100 erhöht. Dies ermöglichte es der von Guinevere Kauffmann geleiteten Gruppe, die am MPA die Galaxiendaten aus dem SDSS analysiert, qualitativ neue Untersuchungen der physikalischen Eigenschaften von Galaxien und der Schwarzen Löcher in ihren Zentren vorzunehmen. Für diese Arbeit wurde Kauffmann 2007 der Leibniz-Preis verliehen, der wiederum die Teilnahme des MPA an der dritten Phase des SDSS ab Juli 2008 ermöglichte.

Die Kosmologie-Gruppe des MPA hat darüber hinaus vor kurzem eine neue, von Benedetta Ciardi geleitete Initiative gestartet, indem sie sich am LOFAR-Projekt (Low Frequency Array) beteiligt, einem neuen Radioteleskop unter holländischer Leitung. LOFAR besteht aus einer großen Anzahl von Antennenfeldern, die mit einem zentralen Supercomputer verbunden sind: Hier werden die Radiobilder in Realzeit synthetisiert. LOFAR wird es den Astronomen ermöglichen, den Himmel mit noch nie da gewesener Auflösung in einem fast unerforschten Teil des elektromagnetischen Spektrums zu studieren. Die MPA-Wissenschaftler wollen mit LOFAR die Struktur im Universum vor der Bildung von Galaxien erforschen. Das Teleskop sollte Emission aus neutralem Wasserstoff aus jener Epoche entdecken können, in der sich die ersten Sterne bildeten und der Großteil der Materie im Universum durch die Effekte ihrer Strahlung reionisiert wurde. Der Beitrag des MPA zu LOFAR wird eine Beobachtungsstation aus zwei Antennenfeldern in der Nähe von Aresing sein, ungefähr 50 km nördlich von Garching.

Teleskop des Sloan Digital Sky Survey am Apache Point Observatory in Sunspot, New Mexico



Techniker des MPA beim Aufbau des Gehäuses für die Elektronik der LO-FAR-Antennenfelder auf einem Feld in der Nähe von Aresing





„Mithilfe der kosmischen Hintergrundstrahlung können wir einen Blick in die ferne Vergangenheit des Universums werfen, bis zurück zum Urknall vor 13,7 Milliarden Jahren. Auf diese Weise können wir die spannende Frage klären, wie das Universum entstand und sich bis hin zu seiner heutigen Struktur entwickelt hat.“

Rashid Sunyaev

Hochenergie-Astrophysik: Auf der Spur der energiereichsten Prozesse im Universum

Die MPA-Gruppe Hochenergie-Astrophysik unter Leitung von Rashid Sunyaev beschäftigt sich mit der Wechselwirkung von Materie bei Strahlung unter extremen physikalischen Bedingungen, wie etwa geringer Dichte, Temperaturen von mehreren Millionen Grad oder starken Magnetfeldern. Vor allem Phänomene am Ende des Sternenlebens lassen sich bei hohen Photonen-Energien gut beobachten.

Die Forschungsgegenstände der Hochenergie-Astrophysik sind das Universum als Ganzes – hier gibt es zahlreiche Schnittstellen zur Kosmologie –, Galaxienhaufen, supermassive Schwarze Löcher und Materiejets bei aktiven galaktischen Kernen, Gasströme auf Schwarze Löcher und Neutronensterne in galaktischen Doppelsternsystemen sowie deren empirischer Nachweis. Die Gruppe entwickelt Theorien über die Akkretion auf kompakte Objekte und Grenzschichten um akkretierende Neutronensterne, Gamma-Blitze, nicht-thermische Prozesse in astrophysikalischen Plasmen und den inversen Compton-Effekt (Verkleinerung der Wellenlänge eines Photons bei der Streuung an einem heißen Elektron).

Die Hochenergie-Astrophysiker des MPA beteiligen sich an der Analyse und Interpretation von Beobachtungsdaten der Weltraum-Observatorien INTEGRAL, XMM-Newton, Chandra und RXTE und stehen dabei in engem Austausch mit den Experimentalphysikern des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching, des Space Research Institute (IKI) in Moskau sowie des Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA) in Cambridge, Massachusetts. In die Analyse der Daten der ESA-Mission INTEGRAL, die mit einer russischen Rakete gestartet wurde, ist die Hochenergie-Gruppe des MPA über den russischen Anteil besonders stark involviert.

Die Gruppe Hochenergie-Astrophysik ist in vier Bereichen tätig:

Im Forschungsbereich Interaktion von Materie und Strahlung einschließlich des kosmischen Mikrowellenhintergrunds beschäftigt man sich hauptsächlich mit Richtungsabhängigkeiten und spektralen Verzerrungen im kosmischen Mikrowellenhintergrund, verursacht etwa durch Sternentstehung, das Wachstum großräumiger Strukturen oder die kosmologische Rekombination. Das Verständnis des kosmischen Mikrowellenhintergrunds erlaubt Rückschlüsse auf die Entstehung und Entwicklung des Universums.

Der Forschungsbereich Akkretionsphysik für stellare Masse und supermassive Objekte befasst sich mit der Physik der Akkretion auf verschiedene Objekte, von neu entstandenen Sternen über Neutronensterne und stellare Schwarze Löcher bis hin zu den supermassiven Schwarzen Löchern mit inaktiven galaktischen Kernen. Diese Studien decken eine Vielfalt von Themen ab, wie die allgemeinen Eigenschaften des Akkretionsflusses selbst, die Entwicklung des Akkretionsobjektes sowie Rückkoppelungsprozesse zwischen inaktiven galaktischen Kernen und Gas in ihrer Umgebung.

Bei der Untersuchung von Röntgendoppelsternen geht es einerseits um die Eigenschaften einzelner Objekte, wie den Röntgenfluss, die Leuchtkraft, die Variabilität und das Spektralverhalten. Andererseits beschäftigt man sich aber auch mit globalen Eigenschaften einer Gesamtheit von Röntgendoppelsternen hinsichtlich der Gastgalaxie. Als Röntgendoppelstern bezeichnet man ein Doppelsternsystem, das Röntgenstrahlung aussendet: Ursache ist Materie, die von einem der beiden Sterne (gewöhnlich einem rela-

tiv normalen Stern) zu seinem Begleitstern strömt, der ein Weißer Zwerg, ein Neutronensterne oder ein Schwarzes Loch sein kann.

Eine weiterer Arbeitsbereich der Gruppe sind nicht-thermische Prozesse im Universum. Einige der extremsten und interessantesten Objekte im Universum wie Supernovae, Gammablitz und Aktive Galaxien, in deren Zentrum ein Schwarzes Loch von mehreren 100 Millionen Sonnenmassen enorme Energiemengen umsetzt, erzeugen eine große Menge Strahlung mit nicht-thermischen Spektren. Die MPA-Hochenergiegruppe befasst sich insbesondere mit Galaxienhaufen und großräumigen Strukturen.

Umgebung des supermassiven Schwarzen Lochs im Zentrum der elliptischen Galaxie M87 (Aufnahme des Chandra-Observatoriums der NASA)





„Die Tatsache, dass die Elemente, aus denen wir bestehen, im feurigen Sterninneren entstanden sind, versetzt mich immer wieder in Staunen – wir alle sind Sternenstaub. Wenn wir das Sternenlicht analysieren, ermöglicht uns das, Leben und Tod ganzer Generationen von Sternen und die Geschichte von Galaxien wie der Milchstraße zu enträtseln.“

Martin Asplund

Stellare Astrophysik und galaktische Archäologie: Ursprung der Elemente

Die Forschungsgruppe „Stellare Astrophysik und galaktische Archäologie“ wurde 2007 mit der Ankunft von Martin Asplund als neuem MPA-Direktor ins Leben gerufen.

Die Gruppe hat zweierlei Ziele: einerseits die physikalischen Prozesse in Sternen und ihre Entwicklung über längere Zeit zu verstehen – und andererseits die Sterne zur Untersuchung des gesamten Kosmos zu verwenden, vom Urknall und dem fernen Universum bis hin zur Nachbarschaft unserer Milchstraße und unserer Sonne. Eine Art roten Faden unserer unterschiedlichen Forschungsrichtungen stellt das Studium des Ursprungs der Elemente dar: Wann, wo und wie sind die verschiedenen chemischen Elemente im Universum entstanden? Innerhalb der ersten paar Minuten nach dem Urknall waren Temperatur und Dichte ausreichend hoch, um nukleare Reaktionen zu ermöglichen. Wasserstoff und Helium sowie erste Bruchstücke von Lithium bildeten sich. Alle anderen Elemente sind durch Kernreaktionen im feurigen Inneren von Sternen entstanden. Exakt die gleichen Prozesse erzeugen auch die Energie, die die Sterne zum Leuchten bringt.

Wenn Sterne sterben, stoßen sie einen Teil der in ihrem Inneren entstandenen Materie ins interstellare Medium ab, aus dem nachfolgende Generationen von Sternen entstehen. In jeder Runde dieses kosmischen Recyclings steigt die Menge jener Atome, die schwerer sind als Wasserstoff, kontinuierlich an. Jedes Element hat seinen eigenen charakteristischen Ursprung. So ist zum Beispiel der Sauerstoff, den wir einatmen, von Sternen erzeugt worden, die um einige zehnmals massereicher als die Sonne sind; der Kohlenstoff in unseren Körpern kommt vermutlich von Sternen wie unserer Sonne, und das meiste Eisen in unserem Blut stammt

aus den katastrophenartigen nuklearen Explosionen von so genannten Weißen Zwergen – kompakten Überbleibseln von Sternen nach dem Versiegen ihres Kernbrennstoffs.

Die Forschung der Gruppe ist eng verknüpft mit der Theorie und den Computersimulationen über Leben und Sterben der Sterne, die von der Forschungsgruppe Sternentwicklung und Hydrodynamik am MPA durchgeführt werden. Eine entscheidende Frage bei der Beschäftigung mit Sternen ist: Wie entschlüsselt man das Licht von Sternen unterschiedlicher Massen, Temperaturen, Altersklassen und chemischer Zusammensetzungen? In der Tat stammt das meiste Wissen über das Universum direkt oder indirekt aus der Analyse von Sternenlicht. Um stellare Spektren richtig zu interpretieren, benötigt man realistische Modelle der Sternatmosphären, aus denen die Strahlung stammt.

Die Gruppe hat in der Entwicklung ausgefeilter Computersimulationen von Sternatmosphären Pionierarbeit geleistet, um eine der größten Herausforderungen bei der Untersuchung von Sternen wie der Sonne in Angriff nehmen zu können: die Frage, wie man die Konvektion, die die Oberfläche erreicht, am besten berücksichtigt. Bei der Konvektion handelt es sich um einen der wichtigsten Mechanismen zur Wärmeübertragung, der durch auf- und absteigende Gase in den äußeren Bereichen der Sonne stattfindet. Um die Konvektion mit einzukalkulieren, nehmen wir zeitabhängige hydrodynamische Berechnungen vor und verknüpfen diese mit detaillierten Simulationen

des Strahlungstransports in Supercomputern. Weltweit führend ist das MPA auch in der Prognose von Sternenspektren auf der Basis dieser Atmosphärenmodelle und in der Ableitung der chemischen Zusammensetzung von Sternen aus spektralen Absorptionslinien, den Fingerabdrücken der Elemente in den Spektren des Sternenlichts.

Ein überraschendes Ergebnis der verbesserten Simulationen der Gruppe ist eine drastische Korrektur des chemischen Aufbaus der Sonne: Die Sonne enthält nur halb so viel Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff wie man früher glaubte. Diese Erkenntnis hat weit reichende Konsequenzen für die meisten Gebiete der Astronomie, da der Inhalt der chemischen Elemente in der Sonne als astronomischer Referenzpunkt und Maßstab für die Zusammensetzung aller anderen Sterne, Gaswolken und Galaxien im Kosmos fungiert. Unter anderem sind diese Elemente sehr wichtig für die innere Struktur der Sterne und damit für die Entwicklung der Sterne über längere Zeiträume.

Eines der wichtigsten Anliegen der heutigen Astronomie ist das Verständnis der Bildung und Entwicklung von Galaxien wie unserer Milchstraße. Die von Martin Asplund geleitete Forschungsgruppe studiert zu diesem Zweck Sterne, die an verschiedenen Orten und zu unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb einer Galaxie entstanden sind und rekonstruiert auf diese Weise die Geschichte der Galaxie. Diese Vorgehensweise wird auch als Galaktische Archäologie bezeichnet.

Nach dem derzeitigen kosmologischen Standardmodell der Kalten Dunklen Materie bilden sich Galaxien durch kontinuierliches Verschmelzen kleinerer Bausteine wie Zwerggalaxien. Spuren dieses Vorgangs lassen sich aus der Häufigkeit bestimmter Elemente und aus den Bewegungen von Sternen ablesen. Die chemischen Zusammensetzungen der Sterne

bringen Unterschiede zwischen den verschiedenen Sternpopulationen in der Galaxie zum Vorschein, die sich in der Sternbildungsrate, der anfänglichen Massenfunktion und der Menge des Gaseinfalls und -ausflusses als Funktion von Raum und Zeit niederschlagen.

Die MPA-Gruppe „Stellare Astrophysik und galaktische Archäologie“ ist aktiv an den beiden gegenwärtig anspruchsvollsten Durchmusterungsprojekten beteiligt: dem Sloan Digital Sky Survey (SDSS) unter amerikanischer Leitung und dem chinesischen LAMOST-Projekt. Beide werden über die nächsten fünf Jahre hinweg die Spektren von Millionen von Sternen gewinnen, die dann als wahre Fundgruben zur Entschlüsselung der komplizierten Geschichte unserer Milchstraße dienen können. Einen Großteil der wichtigen Anschlussarbeiten werden die MPA-Astronomen am Very Large Telescope der ESO durchführen.

Mit den beiden Himmelsdurchmusterungen SDSS und LAMOST erhofft man sich auch die ältesten Sterne in unserer Galaxis zu finden. Diese allerersten Sterne im Universum wurden innerhalb der ersten Milliarde von Jahren nach dem Urknall geboren. In der Theorie geht man davon aus, dass sie hinsichtlich ihrer Entwicklung und spektralen Eigenschaften völlig anders als die heutigen Sterne gewesen sein müssen. Werden wir eines Tages einen jener schwer definierbaren ersten Sterne entdecken können, die nur aus Urstoff bestehen? Auch wenn sie nicht mehr existieren, so sollten ihre nukleosynthetischen Spuren doch den nachfolgenden Sternengenerationen eingepreßt sein. Leider sind diese aber heute äußerst rar, weshalb wir riesige Durchmusterungen benötigen, um sie zu finden. Diese uralten Sterne sind jedoch von äußerster Wichtigkeit, da sie Hinweise auf die Bedingungen während des Urknalls und des Kindheitsstadiums unserer Galaxis enthalten.

Unsere eigene Galaxie, die Milchstraße, ist eine Spiralgalaxie wie die hier abgebildete Andromeda-Galaxie. Indem man die Elementhäufigkeit für Sterne unterschiedlichen Alters, die an unterschiedlichen Orten entstanden sind, in einer Galaxie bestimmt, ist es möglich, die Entwicklungsgeschichte der ganzen Galaxie seit ihrer Bildung vor etwa 10 – 13 Milliarden Jahren bis heute schrittweise zu erschließen, eine Technik, die als Galaktische Archäologie bezeichnet wird. Insbesondere versucht die Gruppe, die verschiedenen Sternpopulationen im zentralen Bulge (der inneren Verdickung der Spiralform zu einem nuklearen Sternhaufen), in den dicken und dünnen Scheiben sowie im umliegenden Halo der Milchstraße in ihrer wechselseitigen Beziehung zu verstehen.

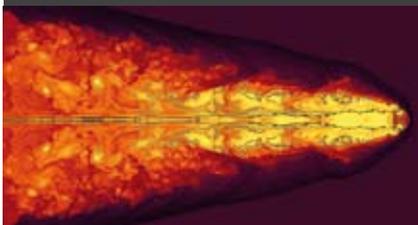




„Es fasziniert mich, dass es uns immer wieder gelingt, auf der Basis weniger Fakten überzeugende Modelle zu entwickeln – vor allem, wenn diese dann auch noch der Wirklichkeit nahe kommen, was bei Supernovaexplosionen überraschend häufig der Fall ist.“

Wolfgang Hillebrandt

**Simulation eines relativistischen Jets:
die Farbkodierung kennzeichnet die
Dichte.**



Leben und Sterben der Sterne: Sternentwicklung und Hydrodynamik

Unter Zuhilfenahme von Methoden der numerischen Hydrodynamik entwickelt die von Wolfgang Hillebrandt geleitete Forschungsgruppe Computermodelle für Sternexplosionen und Kollisionen zwischen Doppelsternen. Zudem simuliert sie relativistische Gasausflüsse (Jets) aus Schwarzen Löchern und beschäftigt sich mit der Konvektion (einem Mechanismus zur Wärmeübertragung) und den turbulenten Strömungen im Sternenplasma.

Während Martin Asplunds Gruppe Ursprung der Elemente und Sternatmosphären primär die ruhigen Phasen der Sternentwicklung erforscht, liegt der Schwerpunkt der Gruppe Sternentwicklung und Hydrodynamik auf den dynamischen Endphasen der Sternentwicklung sowie der nuklearen Astrophysik. Zwischen beiden Schwerpunkten gibt es jedoch zahlreiche Überschneidungen, sowohl im Bereich der Methodik als auch bei den Forschungsgegenständen: Hydrodynamik, Strahlungstransport, massereiche oder metallarme Sterne.

Die Theorie der Sternentwicklung hat am MPA eine lange Geschichte, die bis auf die Pionierarbeiten von Kippenhahn, Meyer-Hofmeister und Weigert in den 70-er Jahren zurückgeht. Der von ihnen berechnete Sternentwicklungscode wird in überarbeiteter und erweiterter Form bis heute für die Berechnung von Sonnenmodellen und der Entwicklung einzelner Sterne von unterschiedlichen Massen angewendet.

Aktuelle Forschungsprojekte aus dem Bereich Sternentwicklung befassen sich mit

der Zuordnung von Sternen zu Populationsklassen, der Entwicklung und Überprüfung von Sternmodellen sowie mit planetarischen Nebeln.

Planetarische Nebel bestehen aus einer leuchtenden Hülle aus Gas und Plasma, die von manchen Sternen am Ende ihres Lebens gebildet wird. Sie stellen die äußeren Schichten der Sterne dar, die über Pulsationen und starke Sternenwinde abgestoßen werden, während die Überreste der Sterne sehr heiße und lichtschwache Objekte in deren Zentren bilden. Planetarische Nebel spielen eine entscheidende Rolle in der chemischen Entwicklung von Galaxien. Mittels ihrer Helligkeit lässt sich die Entfernung von Galaxien messen. Am MPA entwickelte Modelle werden benutzt, um das genaue Verhältnis zwischen Helligkeit und Entfernung bei unterschiedlichen Populationen planetarischer Nebel zu bestimmen.

Wichtige Projekte aus dem Bereich Hydrodynamik widmen sich relativistischen Gasströmungen, der Verschmelzung kompakter Objekte, der Physik thermonuklearer Super-

novae und dem Explosionsmechanismus von Kernkollaps-Supernovae.

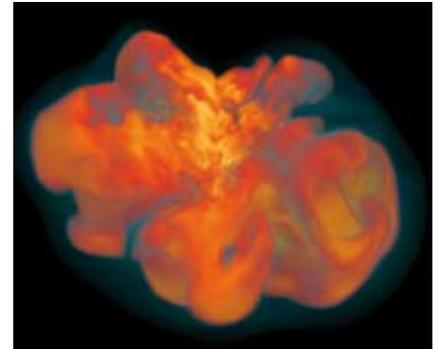
Mitarbeiter der relativistischen Hydrodynamik berechnen den Zusammensturz des Inneren eines rotierenden Sterns zu einem Neutronenstern und machen Vorhersagen für das daraus entstehende Gravitationswellensignal. Neutronensterne stellen das Endstadium von Sternen einer bestimmten Massenkategorie dar und bestehen aus einer besonderen Materieform von Neutronen einer äußerst hohen Dichte. Die Wissenschaftler der Hydrodynamik-Gruppe simulieren relativistische Gasströmungen (so genannte Jets) und ihre Strahlungsemission bei Gammablitzern und aktiven galaktischen Kernen. Nichtradiale Oszillationen von Neutronensternen – periodische oder irreguläre Helligkeitsveränderungen, die die Kugelsymmetrie des Sterns beeinflussen – werden im Kontext der Allgemeinen Relativitätstheorie untersucht.

Supernovae sind Explosionen von Sternen am Ende ihrer Lebenszeit, die als kurzes und helles Aufleuchten zu beobachten sind. Massereiche Sterne beenden ihre Entwicklung mit einem Kernkollaps, wobei ein Pulsar oder ein Schwarzes Loch entsteht. Sterne mit geringerer Masse, die sich in einem Doppelsternsystem befinden und Material von ihrem Begleiter akkretieren, explodieren als thermonukleare Supernovae, die mit Abstand hellsten Supernovae, die auch als Typ Ia Supernovae bezeichnet werden.

In ihrem vorläufigen Endstadium als Teil eines Doppelsternsystems bezeichnet man diese Sterne als Weiße Zwerge. Die MPA-Gruppe Hydrodynamik erforscht die Verbrennung Weißer Zwerge mittels 3D-Simulationen von hydrodynamischen Prozessen und berechnet die daraus resultierende Nukleosynthese.

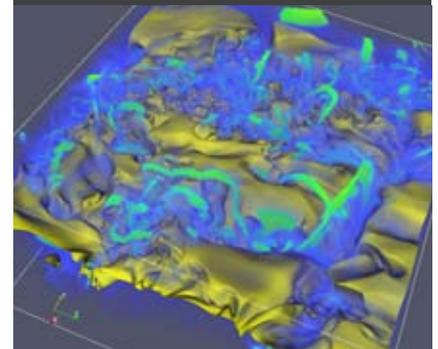
Zahlreiche Schnittstellen zwischen der Hydrodynamik- und der Kosmologie-Gruppe ergeben sich aus der gemeinsamen Erforschung der Supernovae vom Typ Ia, die als kosmische Entfernungsmesser gebraucht werden und die erst zur Entdeckung der Dunklen Energie geführt haben. Hierzu gibt es im Bereich Hydrodynamik umfangreiche Beobachtungsprogramme.

Kernkollaps-Supernovae werden vor allem im Hinblick auf Ursachen und Ablauf ihrer Explosion hin untersucht. Nach der allgemein anerkannten Theorie vom Gravitationskollaps tritt eine Supernova dieses Typs am Ende des Lebens eines massereichen Sterns auf, wenn er seinen Kernbrennstoff für die stellare Nukleosynthese komplett verbraucht hat. Das Eisen, die „Asche“ des nuklearen Brennens, bleibt im Kern des Sterns zurück. Der Verlust freier Elektronen sowie der Energieverlust durch Photodesintegration, bei der Eisenatomkerne durch Photonen hochenergetischer Gammastrahlung zerstört werden, bewirken eine starke Reduktion des Drucks im Kern, was den Kernkollaps auslöst. Die Hydrodynamik-Gruppe des MPA untersucht, welche Rolle Flussinstabilitäten und das Aufheizen durch Neutrinos für den Explosionsmechanismus von Kernkollaps-Supernovae spielen. Dazu werden multidimensionale hydrodynamische Strahlungssimulationen verwendet.



Numerische Simulation einer Kernkollaps-Supernova, eine halbe Sekunde, nachdem im Inneren ein neuer Neutronenstern geboren wurde

Oberflächengranulation der Sonne in einer numerischen Simulation: Die körnige Struktur der solaren Fotosphäre entsteht durch Konvektion in einer Schicht unterhalb der Oberfläche.



Impressum

Herausgeber Max-Planck-Institut für Astrophysik
Karl-Schwarzschild-Str. 1
D-85741 Garching
Telefon +49 89 30000-0
Fax +49 89 30000-2235
info@mpa-garching.mpg.de
www.mpa-garching.mpg.de

Text und
Redaktion Mona Clerico

Bilder Heinz-Ado Arnolds u. a., MPA; Tobias Krieg, MPG;
Robert Gendler; ESO; NASA

Gestaltung padma eck

Oktober 2008