



**Panorama des Nachthimmels:** unsere Milchstraße als hell leuchtender Streifen (großes Foto). Dazu die Geburt eines Sterns in der Formation RCW 38 (l.) und die Erde, vom All aus betrachtet. Fotos: dpa/ESO(2), Nasa

## Über 95 Prozent der Materie wissen wir nichts

Thomas Henning, Direktor des Max-Planck-Instituts für Astronomie, über Werden und Vergehen im Weltall und über die Zukunft unseres Heimatplaneten

■ Von Wolfgang Hirsch

**Den Schwerpunkt Ihrer Forschung widmen Sie der Entstehung von Sternen und Planeten. Wie schauen Sie dabei zu?** Wir betrachten Objekte in verschiedenen Entwicklungsstadien – gleichsam Babys, Kinder, Erwachsene und Greise. Wir benutzen dazu vor allem Satellitenobservatorien wie Herschel, das im infraroten und ferninfraroten Spektralbereich arbeitet. Damit kann man am besten durch Staubwolken hindurchschauen und auch kalte Objekte erkennen.

**Welche spektakulären Entdeckungen sind zuletzt gelungen?**

Wir haben eine ganz neue Population von Protosternen entdeckt, die sehr kalt sind. Außerdem haben wir gefunden, dass diese Sternentstehungsgebiete sich oft wie Filamente, also strahlenförmig, anordnen.

**Wie weit sind diese Stern-Kinderstuben von uns entfernt?**

Viele liegen in unserer Milchstraße, aber ähnliche findet man auch in Nachbargalaxien. Die nächsten Sternentstehungsgebiete sind etwa 450 Lichtjahre entfernt, andere 10 bis 100 mal weiter.

**Geschieht die Geburt von Sonnen und ihren Planeten nach einem feststehenden Muster?**

In den einfachsten Formen sieht es so aus, als würde eine Gas- und Staubwolke unter der eigenen Gravitation in sich zusammenfallen; es bilden sich dann, weil der Drehimpuls erhalten bleibt, Scheiben um die jungen Sterne herum, aus denen Planeten erwachsen.

Es wird jedoch viel komplizierter, wenn man Sternhaufen mit 10 000 oder 100 000 entstehenden Sternen betrachtet. Solche Gebiete gibt es vor allem in Starburst-Galaxien, aber auch in unserer Milchstraße. In diesen Clustern entstehen sehr dynamische Wechselwirkungen.

Die große Überraschung der jüngeren Forschung ist, dass viele Planetensysteme vollkommen anders aussehen als unseres. Die Diversität ist unvorstellbar. Wir kennen heute Planeten, die um enge Doppelsterne kreisen oder außerhalb der Bahnebene des

Zentralsterns oder in umgekehrter Richtung umlaufen.

**Machen wir doch die kleine Zeitreise: Wie hat sich unser Sonnensystem in den letzten 4,7 Milliarden Jahren geformt?** Wir wissen, dass unser Planetensystem ebenfalls aus einer Staub-Gas-Scheibe entstanden ist. Doch ist auch klar, dass es nicht immer so stabil war, wie es sich heute zeigt, dass zum Beispiel in der Frühphase die äußeren Planeten ihre Positionen getauscht haben.

**Was denken Sie über die Annahme, dass die junge Erde mit einem Nachbarplaneten kollidiert sei?**

Das wissen wir nicht genau. Die Kollision mit einem großen Körper gilt aber als sicher; es ist die Entstehungsgeschichte unseres Mondes, der sich aus Material, das bei einem heftigen Einschlag aus unserem Planeten herauskaptuliert wurde, gebildet hat.

**Entstanden sind die Planeten – und so die Erde – aber aus der Staub-Gas-Scheibe der jungen Sonne?**

Das vollzieht sich in drei Phasen: Zuerst müssen die mikrometerkleinen Teilchen in der Staubscheibe bis auf Kilometergröße zusammenbacken, bevor Gravitationskräfte entstehen und den Wachstumsprozess beschleunigen. In der dritten Phase zieht ein solcher Planet dann Gas aus der Gasscheibe heraus. Soweit gilt das für unser Sonnensystem. Inzwischen beobachten wir allerdings in entfernten Systemen auch heiße Jupiterplaneten in sehr engen Umlaufbahnen um ihre Sterne, die sich dort eigentlich gar nicht befinden dürften. Das erklären wir durch Wechselwirkungen in der Scheibe und mit anderen Planeten.

**Weit draußen, jenseits des Neptun, gibt es den Kuipergürtel – als Abraumhalde?**

Diese Beschreibung trifft es ganz gut. Der Kuipergürtel enthält etwa 100 000 Objekte in der Größe von Asteroiden oder Kometen. Ein Teil von ihnen befindet sich in Resonanz mit der Umlaufperiode von Neptun und wird dadurch stabilisiert. Ähnliche Asteroidensysteme finden wir auch in fremden Sonnensystemen.

**Wie groß ist die Gefahr, dass Asteroiden mit der Erde kollidieren?**

Das hat in der Erdgeschichte natürlich stattgefunden. Man darf nicht glauben, dass Asteroiden überhaupt keine Gefahr darstellen. Es hat in jüngerer Zeit immer wieder Kandidaten gegeben, die, nach astronomischen Maßstäben, der Erde recht nahe gekommen sind. Ein Einschlag würde extrem ungemütlich. Denken Sie nur an die bekannten, kleineren Kollisionen, etwa an das Tunguska-Ereignis im fernen Sibirien.

**Das ist gerade 100 Jahre her. Ja, und man hat nicht einmal Reste extraterrestrischen Materials gefunden, so dass dieser Körper – was immer es war – vermutlich in der Atmosphäre verglüht ist. Die Verwüstung in der zum Glück menschenleeren Taiga war quadratkilometergroß.**

**Wir überlassen solche Szenarien dem Kino und schauen zum Himmel, wo seit 30 Jahren eine riesige Zahl von Exoplaneten entdeckt wurde. Was weiß man über die Beschaffenheit dieser fernen Planeten?**

Das ist eine ganz spannende Geschichte. Zuerst hat man nur auf indirektem Wege die Existenz solcher Planeten anhand ihrer Gravitationswirkung entdeckt, die sie auf ihren Stern ausüben.

**Das Tänzchen des Sterns, „Wobbling“ genannt.**

Mit dem „Wobbling“ kann man mindestens die untere Grenze der Masse des Planeten errechnen. Dank der Transitmethode lässt sich außer der Masse auch der Radius genau bestimmen und aus diesem Verhältnis die mittlere Dichte errechnen. Das haben wir zuerst bei Riesenplaneten gemacht, die zu unserer Überraschung in einigen Fällen eine viel geringere Dichte als Jupiter haben, aber nun auch bei Gesteinsplaneten.

Im nächsten Schritt haben wir die Atmosphären von Planeten gemessen, indem wir die Differenz aus den Spektren während des Transits und danach errechnen. Das ist etwa so, als würden Sie erst die Photonen messen, wenn ein Glühwürmchen vorm Scheinwerfer vorbeifliegt, und danach den Scheinwerfer allein. Um so minimale Helligkeits-

unterschiede zu messen, brauchen Astronomen so stabile Systeme wie das Spitzer-Observatorium im Weltraum.

**Und war schon eine zweite Erde dabei?**

Vielleicht. Wir kennen einen Kandidaten, bei dem die Messungen anders als bei einigen Riesenplaneten, auf denen Wasser oder Methan festgestellt wurde, nur ein graues Spektrum ergeben haben. Das heißt einfach, dass es dort Wolken gibt.

**So dass dort womöglich Formen von Leben existieren könnten. Was glauben Sie: Wie einzigartig sind wir denn mit unserem Heimatplaneten?**

Noch vor ein paar Jahren hätte ich da nur spekulieren können. Für eine zuverlässige Einschätzung muss man wissen, ob erdähnliche Planeten eher selten vorkommen oder häufig. Das können wir heute beantworten: Sie sind, wenn man ihre Masse als Kriterium betrachtet, wesentlich häufiger als Riesenplaneten. Für Leben, wie wir es kennen, braucht es außerdem flüssiges Wasser, wofür ein bestimmter Abstand der Umlaufbahn zur Sonne erforderlich ist. Vielleicht gelingt es binnen der nächsten zehn Jahre, Planeten nachzuweisen, auf denen nach unserem Ermessen biologische Aktivität möglich ist. Von intelligentem Leben, so wie wir meinen, dass es das sei, wird man aber selbst dann noch nicht reden können.

**Astronomen blicken in die Vergangenheit und in die Zukunft, sehen Sterne entstehen und vergehen. Aus unserer Sonne wird kein Schwarzes Loch?**

Nein, weil sie dafür zu wenig Masse hat. Bevor einem Stern die Puste ausgeht, bläht er sich zu einem Roten Riesen auf. In dieser Phase könnte unsere Sonne die Erdbahn erreichen. Ob die Erde dann in diesem Riesenstern aufgeht oder nur einen Kick erhält, werden wir konkret erst in einigen Milliarden Jahren erfahren. Zumindest kennen wir auch Rote Riesen, die noch Planeten besitzen. Trotzdem wird es zuerst sehr heiß auf der Erde und dann, wenn die Sonne ihre Hülle verliert und als Weißer Zwerg auskühlt, ziemlich frostig. Vorerst brauchen wir uns darum keine Sorgen zu machen.



Thomas Henning vor einer Plattform für eine Antenne auf der „Construction Site“ des Atacama-Teleskops im Norden Chiles. Foto: privat

**Wird das Universum nicht eines Tages veröden, wenn die meisten Sonnen untergegangen sind?**

Über kosmische Zeiträume gesehen, gab es durchaus Schwankungen in der Sternentstehung. Zurzeit nimmt sie eher ab. Sternentstehung wird dann angetrieben, wenn viel Material in Galaxien einfallen kann. Andererseits kennen wir großräumige Ausströmungen. Wenn es kein „Futter“ mehr in einer Galaxie gibt, ist dort Schluss mit Sternentstehung.

**Was passiert mit der Materie, die in einem Schwarzen Loch verschwindet?**

Masse, die im Schwarzen Loch aufgeht, bleibt als solche kompakt erhalten und wirkt auch gravitativ. Das gilt nicht zuletzt für das Schwarze Loch im Zentrum unserer Milchstraße.

**Ohne dieses Schwarze Loch würde unsere Galaxie gar nicht funktionieren?**

Man geht davon aus, dass es eine Beziehung gibt zwischen der Masse einer Galaxie und der Masse des Schwarzen Lochs in ihrem Zentrum – derart, dass man von der Masse der Galaxie

auf die des Schwarzen Loches schließen könne. Es gab jedoch – auch aus unserem Heidelberger Institut – einige Beobachtungen, die das durchbrechen. Es ist gerade eine Galaxie entdeckt worden, deren Schwarzes Loch viel massereicher ist, als man es normalerweise erwartet hätte.

**Neuerdings führen Astrophysiker so seltsame Begriffe wie „Dunkle Materie“ und „Dunkle Energie“ im Munde. Warum?**

Man kann beobachten, wie und mit welcher Geschwindigkeit Sterne um das Zentrum von Galaxien rotieren, und mit Hilfe der Zentrifugalkraft errechnen, wie groß die eingeschlossene Masse sein muss. Bei diesen Berechnungen ergeben sich aber große Diskrepanzen, die sich nur mit der Existenz von Materieformen erklären lassen, die wir nicht kennen. Bei der Dunklen Energie ist es noch exotischer. Man hat sie einführen müssen, als man feststellte, dass das Universum heute schneller expandiert als früher. Es muss also eine Kraft geben, die das Universum vor sich herreibt. Was das physikalisch ist, können wir heute noch nicht sagen. Natürlich haben wir Theorien.

### ZUR PERSON

(wohi) Professor Thomas Henning bekleidet als Direktor des Max-Planck-Instituts für Astronomie in Heidelberg eine der führenden Positionen seiner Disziplin in Europa. Der 56-jährige Jenaer studierte in Greifswald und in seiner Heimatstadt Physik, Mathematik, Astronomie und Astrophysik, bevor er dort von 1991 bis 1996 die Max-Planck-Arbeitsgruppe „Staub in Sternentstehungsgebieten“ leitete. 1992 übernahm Henning zudem einen Lehrstuhl an der Friedrich-Schiller-Universität. 2001 wechselte er nach Heidelberg, wo er seit zehn Jahren auch eine Honorarprofessur an der Universität innehat. Zugleich behält er eine Professur in Jena und leitet dort eine Arbeitsgruppe für Laborastrophysik.

**Da stößt die Astrophysik die Tür zu einem neuen Feld auf?**

Als Max Planck vor 140 Jahren anfang, Physik zu studieren, riet man ihm ab, die Physik sei beendet. Bald danach kamen die Quantenphysik und die Relativitätstheorie. Ende des 20. Jahrhunderts hatte man wieder das Gefühl, die Physik habe nichts Neues zu bieten. Jetzt hat man zwei Materieformen gefunden, die unsere bekannte Materie total dominieren. Man denkt heute, dass nur vier Prozent des Universums aus sichtbarer Materie bestehen und etwa 23 Prozent aus Dunkler Materie – also 73 Prozent aus Dunkler Energie. Das heißt: Über 95 Prozent der Materie wissen wir nichts. Diese Dunkle Energie und Dunkle Materie bedingen eine ganz neue Physik. Es ist faszinierend.

**Sind Exoplaneten nicht langweilig dagegen?**

Ach nein. Dass unser Sonnensystem nur eines von vielen ist und dass es eine riesige Vielfalt an Strukturen gibt, ist überhaupt nicht langweilig. Es ist eine zweite kopernikanische Revolution.