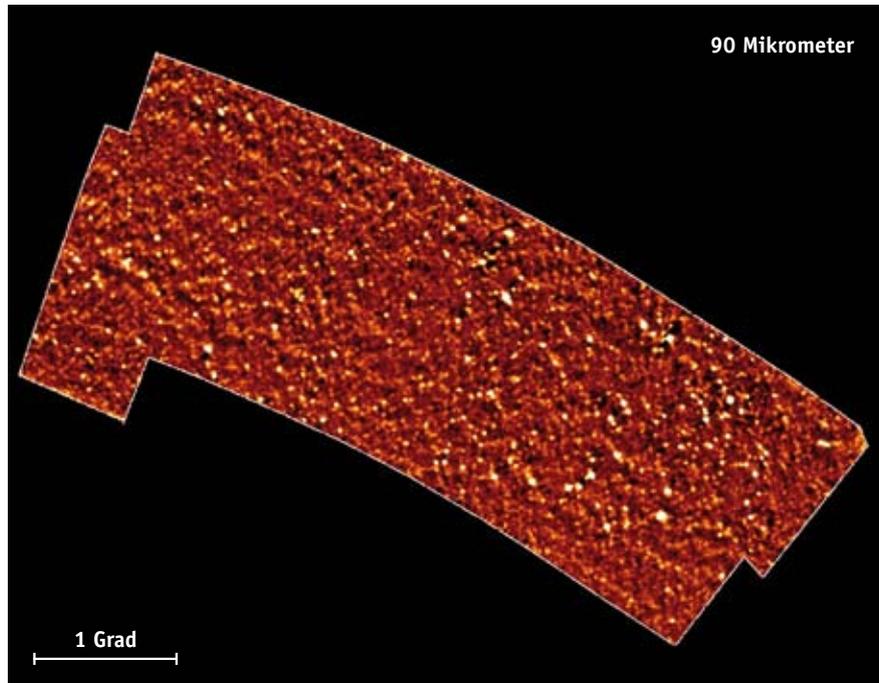


▶ Abb. 3: Was hier wie eine Sandfläche aussieht, ist tatsächlich ein zehn Quadratgrad großer Bereich in der Nähe des Südpols der Ekliptik, aufgenommen mit dem FIS-Instrument an Bord von AKARI bei einer Wellenlänge von 90 Mikrometern. In diesem Himmelsareal ist ein ungetrübter Blick in das ferne Universum möglich. Lichtschwache Galaxien erscheinen als helle Punkte.



Astronomical Society, Special Issue, im Druck). Die weißen Punkte stellen dabei schwache Galaxien mit unterschiedlichen Helligkeiten dar.

Dadurch, dass simultan in allen vier Wellenlängen des FIS-Instruments beobachtet wurde, kann der Abstand zu den verschiedenen Galaxien aus den relativen Helligkeiten abgeschätzt werden. Zudem können somit die Mechanismen untersucht werden, die für das Aussenden der infraroten Strahlung verantwortlich sind. Das Bild impliziert, dass die gewöhnlichen Galaxien, wie wir sie heute sehen, früher viel heller im Infraroten geleuchtet haben müssen. Eine Epoche sehr aktiver Sternentstehung folgte in jungen Jahren. Außerdem scheinen einige der Galaxien in den unterschiedlichen Wellenlängenbereichen verschiedene Helligkeiten zu haben. Matsuura und Shirahata vermu-

ten, dass diese Galaxien durch die Aktivität eines Schwarzen Lochs im Kern aufgeleuchtet sein könnten.

AKARI hat die erwartete Lebensdauer von 550 Tagen eingehalten. Der Verbrauch des flüssigen Heliums bedeutete das Ende der Beobachtungen im mittleren und fernem Infrarot und somit des Einsatzes des FIS-Instruments. In den kommenden Monaten werden mit Hilfe der mechanischen

Kühler an Bord weiterhin Beobachtungen mit IRC möglich sein. Die mit AKARI bisher aufgenommenen Daten, die eine hohe Empfindlichkeit mit einer weiten Himmelsabdeckung in einem großen Wellenlängenbereich paaren, versprechen, den Geheimnissen der Geschichte der aktiven Sternentstehung und der Entwicklung der Strukturen im Universum ein Stück näher zu kommen. JUTTA STEGMAIER

## Planeten: Turbulente Geburt in der Scheibe

Für ein grundlegendes Problem der Entstehung von Planeten gibt es eine überraschende Lösung: Das Wachstum von Staubpartikeln über metergroße Brocken zu planetaren Himmelskörpern gelingt nur, weil in der Urwolke, die den jungen Stern umgibt, turbulente Strömungen für Verdichtungen der Materie sorgen.

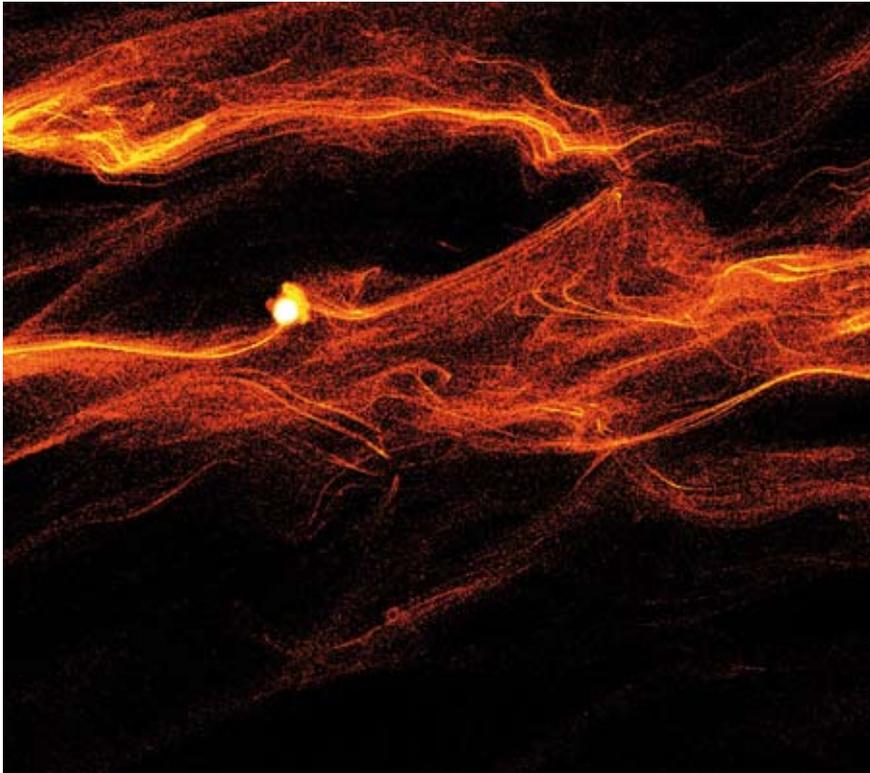
Planeten entstehen in der dichten Scheibe aus Gas und Staub, die einen neu geborenen Stern in der Regel umgibt. Diese Aussage lässt sich bereits aus zwei grundlegenden Eigenschaften des Sonnensystems ableiten: Erstens liegen die Umlaufbahnen aller Planeten um die Sonne etwa in der gleichen Ebene, und zweitens erfolgen alle ihre Rotationsbewegungen in etwa gleicher Richtung. Beide Eigenschaften lassen sich verstehen, wenn die Entstehung der Sonne und ihrer Planeten nach folgendem Szenario abgelaufen ist:

Wenn eine riesige Wolke aus interstellarem Gas und Staub instabil wird, be-

ginnt sie unter dem Einfluss ihrer eigenen Schwerkraft zu kollabieren. Da ihre ursprünglich in einem riesigen Raumvolumen fein verteilte Materie insgesamt einen – wenn auch geringen – Drehimpuls besitzt (sie rotiert um eine ausgezeichnete, durch ihren Schwerpunkt verlaufende Achse), erfolgt der Kollaps zum Zentrum hin nicht aus allen Richtungen gleich schnell. Er ist vielmehr entlang der Rotationsachse am schnellsten, während er senkrecht dazu (in der Äquatorebene) durch die mit zunehmender Verdichtung immer stärker werdende Zentrifugalkraft verzögert wird.

Das Ergebnis: Im Zentrum entsteht der neue Stern, der in sich den größten Teil der kollabierten Materie vereint. Und in der Äquatorebene verbleibt eine dichte Scheibe aus Gas und Staub, die um den Zentralstern rotiert. Die Rotationsgeschwindigkeit ist innen am höchsten und fällt nach außen mit zunehmender Entfernung vom Zentralstern ab. Solche Scheiben können mit heutigen Teleskopen nachgewiesen und bereits recht genau untersucht werden.

Die um den Zentralstern rotierende Materiescheibe ist so dicht, dass die darin enthaltenen Staubteilchen häufig zusammenstoßen. Dabei bleiben sie infolge von Adhäsionskräften aneinander haften und wachsen so zu immer größeren Partikeln heran. Aber diese Form des Wachstums endet, sobald sie eine Größe etwa im Meterbereich erreicht haben. Solche Brocken bleiben kaum je aneinander haften, wenn sie kollidieren. Mit viel höherer Wahrscheinlichkeit brechen sie durch die Wucht des Aufpralls wieder auseinander. Hinzu kommt, dass metergroße Brocken durch das verbliebene Gas in der zirkumstellaren Scheibe einen Gegenwind erfahren, der ihre Umlaufbewegung um den



Zentralstern behindert. Deshalb geraten sie auf Spiralbahnen, nähern sich ihrem Zentralstern immer weiter an und stürzen innerhalb weniger Jahrhunderte in ihn hinein.

Bis vor Kurzem sahen die Forscher keinen Weg, auf dem sich diese »Barriere der metergroßen Brocken« überwinden ließe. Die Theorie der Planetenentstehung endete somit in einer Sackgasse. Erst ab der Entstehung von Planetenkernen aus dem Zusammenwachsen der viele Kilometer großen »Planetesimale« ist die Geschichte der Planeten wieder bekannt.

Aber in der Natur wird diese Barriere zwischen metergroßen Brocken und den viele Kilometer großen Planetesimalen sehr wohl überwunden – die Existenz der acht Planeten unseres Sonnensystems (und der mittlerweile bekannten mehr als 200 Planeten bei anderen Sternen) beweist es! Es muss also für die metergroßen Brocken möglich sein, in kürzester Zeit anzuwachsen, sodass das umgebende Gas sie nicht mehr abbremsen und zum Absturz in den Zentralstern zwingen kann.

Um dieses Rätsel zu lösen, hat ein internationales Forscherteam die in der zirkumstellaren Scheibe ablaufenden physikalischen Prozesse unter Berücksichtigung aller auftretenden Kräfte und Wechselwirkungen zwischen Staub und Gasteilchen mit großem rechnerischen Einsatz modelliert. Beteiligt waren Wissenschaftler aus dem Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg, den Universitäten von Virginia (USA) und Toronto (Kanada) sowie vom American Museum of Natural History in New York.

Ihnen gelang es, den räumlichen und zeitlichen Ablauf des Wachstumsprozesses in aufwendigen Computer-Rechnungen zu verfolgen (Nature **448**, 1022 [2007]).

### Verdichtungen der Materie durch Turbulenz

Magnetfelder durchsetzen das System schon vor Beginn des Kollapses und werden durch den Kollaps verstärkt. Diese Magnetfelder lösen in den auftretenden Strömungen innerhalb der Scheibe Turbulenzen aus. Die Modellrechnungen zeigten aber, dass sie das Absinken großer Brocken aus fester Materie zur Äquatorebene nicht verhindern können, sodass dort eine dichte Schicht von Brocken entsteht. Die Bestandteile dieser Schicht laufen schneller um den Zentralstern als die auch außerhalb der Ebene verteilten Gasteilchen. Auch das Auftreten dieser unterschiedlichen Geschwindigkeiten wirkt verstärkend auf die Turbulenzen der Materieströmung in der Scheibe.

Die Turbulenzen wiederum lassen Gebiete entstehen, in denen der Gasdruck im Vergleich zur Umgebung geringfügig erhöht ist. Solche Variationen im Gasdruck wirken nun auf die Stärke des Gegenwinds und somit auf die Geschwindigkeit der Brocken. Lokale Druckerhöhungen im Gas führen zu Verklumpung in der Brockenschicht, so wie eine Spurverengung auf der Autobahn leicht einen Stau zur Folge hat. Die Klumpen in der Brockenschicht koppeln mit ihrer kollektiven Bewegung an die Gasgeschwindigkeit zurück, was zu einer weiteren Konzentration von Brocken führt.

◀ Turbulente Geburt eines Planeten, hier im Computer simuliert: In dem gezeigten Ausschnitt der zirkumstellaren Scheibe ist die räumliche Verteilung von Brocken aus fester Materie dargestellt. An einer Stelle hat sich so viel Material versammelt, dass hier ein lokaler gravitativer Kollaps eingesetzt hat: Diese Verdichtung bleibt in der turbulenten Strömung stabil, sammelt weitere Materie aus ihrer Umgebung auf und wächst zügig an, bis sie die Masse eines mehrere hundert Kilometer großen Kleinplaneten erreicht. Nun ist die Gefahr des Absturzes in den Zentralstern gebannt, und dem weiteren Wachstum bis zur Größe eines ausgereiften Planeten steht nichts mehr im Wege.

In diesen lokalen Verdichtungen kommen so viele größere Brocken zusammen, dass deren gegenseitige gravitative Anziehung alle anderen Effekte überwiegt: Einmal in der turbulenten Strömung gebildet, bleiben diese Verdichtungen stabil; sie enthalten so viel Masse wie Asteroiden oder Zwergplaneten und lassen sich durch das umgebende Gas nicht länger abbremsen. Dieser Wachstumsprozess ist erstaunlich effektiv: Er ist bereits nach etwa hundert Jahren abgeschlossen.

Man kann davon ausgehen, dass diese Verdichtungen zu festen Körpern kollabieren. Diese Planetesimale genannten Körper sollten so zu Millionen in der gesamten Scheibe entstehen und bei weiteren Zusammenstößen »Baby-Planeten« bilden. Die Gravitationskraft der Größten unter ihnen wird schließlich so stark, dass das umgebende Material (Gas und benachbarte Planetesimale) immer schneller auf sie einstürzt und sie zu echten Planeten anwachsen lässt. So wird die zirkumstellare Scheibe weitgehend leergefegt; was zurückbleibt, beobachten wir heute als Asteroiden und Kometen – das sind die Überbleibsel der einstigen »Planetesimalenfamilie«.

In der hier beschriebenen Arbeit konnten die Forscher mit Hilfe ihrer komplexen und detaillierten Simulationen die Überwindung der Meterbarriere dank auftretender Turbulenz und lokaler Verdichtung quantitativ verfolgen. Damit ist zwar noch nicht gesagt, dass die Natur sich tatsächlich an dieses Drehbuch hält – das können erst zukünftige Beobachtungen entscheiden. Aber wir haben jetzt erstmals eine realistische Vorstellung von einem möglichen Weg der Planetenbildung in zirkumstellaren Scheiben aus Gas und Staub. JAKOB STAUDE

## Winter Astronomie macht Spaß mit Vixen Die perfekte Auswahl



VMC110L-Skypod



A102M-GP2 mit SBS



ED103S-GPD2 mit SBS



ED80Sf-Porta



R200SS-SXW



VC200L-SXB



Neue Vixen NLV Okulare



SBS-GoTo Steuerung,  
Nachrüstset für GP Serie  
Star Book Type S Controller



\*VMC260L-New Atlux mit Star Book

Mehr über Vixen Teleskope und Zubehör :  
fordern Sie unser neuen aktuellen Astronomie Katalog 2008 an!

**Vixen Winter Aktion** - Jetzt mit einem Gratis LV-Okular oder 100€ Warengutschein für den Vixen-Shop  
\* Dieser Aktion gilt nur in Deutschland bis 31.01.2008 für alle Komplettgeräte, Optiken und Montierungen. Mehr Info auf unserer Webseite.