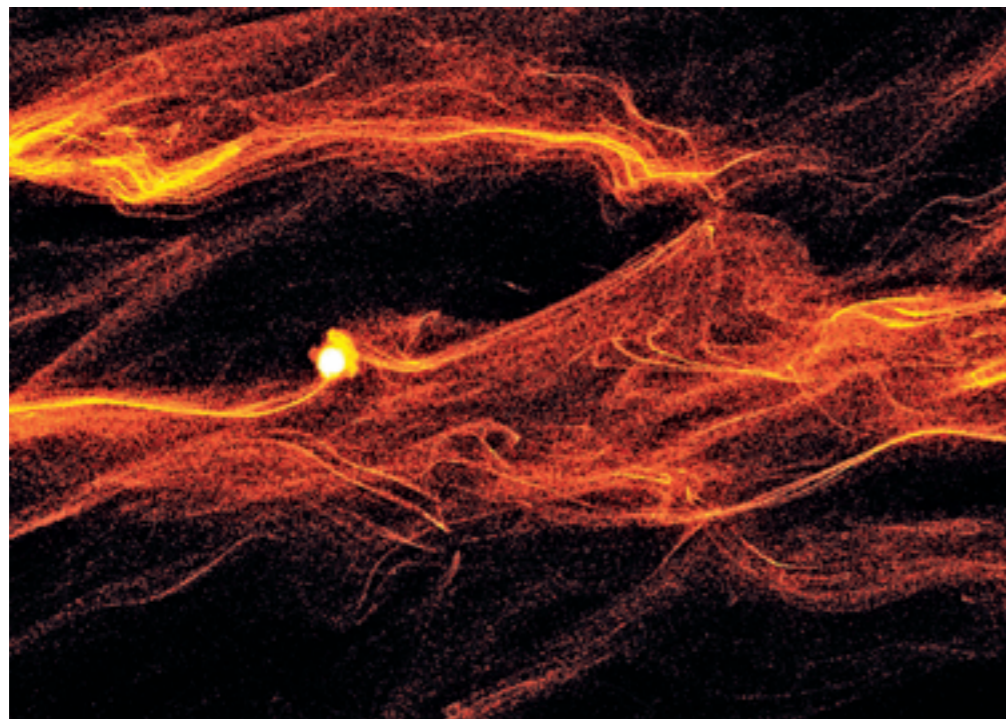




# FORSCHUNG aktuell



ASTRONOMIE

## Geburt in Turbulenzen

Eine Kinderstube aus Gas und Staub klingt nicht besonders heimelig, und sicher ist sie auch nicht gerade: Ein Planet wächst in einer Scheibe aus Staub und Gas heran, die einen jungen Stern umgibt. Doch solange der entstehende Himmelskörper kaum mehr als einen Meter misst, droht er in seinen Zentralstern zu stürzen oder in einer Kollision mit einem ähnlich großen Brocken zu zerplatzen. Wie sich trotz dieser schwierigen Bedingungen Planeten

formen können, hat ein internationales Team – darunter Forscher aus dem Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg – jetzt simuliert. (NATURE, 30. August 2007)

Selbst unser Sonnensystem hat mal klein angefangen. Bei seiner Geburt bildete sich im Zentrum einer Wolke aus Gas und Staub die Sonne. Sie nahm die meiste Materie der Wolke auf. Die restlichen Gas- und Staubeilchen verdichteten sich nun zu

Geburt in der Urwolke: Im Ausschnitt der zirkumstellaren Scheibe ballt sich an der hellen Stelle viel Materie zusammen. Diese Verdichtung bleibt stabil und fängt immer mehr Materie ein – bis sich ein Babyplanet bildet, der langsam zu einem großen Planeten wächst.

BILD: MPI FÜR ASTRONOMIE

einer platten Schicht, der sogenannten zirkumstellaren Scheibe, die um die Sonne herumrotierte.

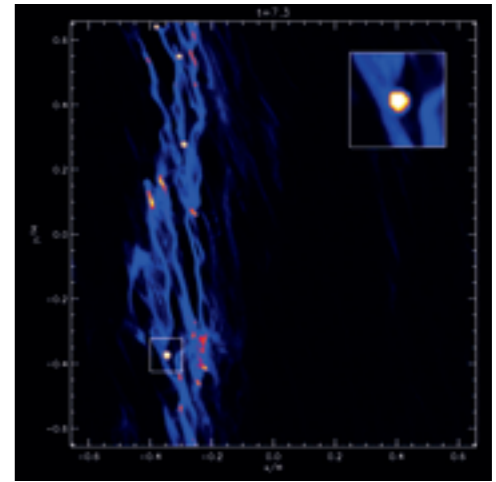
Wie sich in dieser Scheibe Planeten bilden, beschreibt die gängige Theorie so: Die Staubpartikel treffen in der Gasscheibe aufeinander und verklumpen zu Gesteinsbrocken, die gut einen Meter groß sind. Dann aber hat die Theorie bislang ein Problem. Stoßen nämlich die metergroßen Brocken zusammen, bleiben sie nicht aneinander haften. Sie prallen vielmehr aneinander ab und zerkümmern sich in besonders heftigen Kollisionen manchmal sogar gegenseitig. Außerdem wirkt das Gas der zirkumstellaren Scheibe wie ein Gegenwind und bremst die Planeten-Embryos ab, sodass die Brocken nach wenigen Jahrhunderten in ihren Zentralstern trudeln. So beschreibt das Szenario bislang eine Fehlgeburt.

Jetzt haben Max-Planck-Forscher sowie Astronomen aus den USA und Kanada in einer Simulation aber beschrieben, wie die Felsbrocken dieses kritische Stadium überwinden und zu Planeten heranwachsen. Entscheidend sind demnach Turbulenzen in der zirkumstellaren Staubscheibe, für die Magnetfelder sorgen. Diese Turbulenzen erhöhen den Gasdruck, quetschen die Scheibe und verlangsamen sie. „Der Effekt ähnelt einer Spurrerengung auf der Autobahn, durch die sich die Fahrzeuge stauen“, sagt Anders Johansen vom Heidelberger Max-Planck-Institut, der die Simulation entwickelt und vorgenommen hat.

„Wir helfen damit der Theorie der Planetenentstehung aus der wissenschaftlichen Sackgasse“, sagt Thomas Henning, in dessen Abteilung Johansen und seine Kollegen arbeiten: Denn unter den turbulenten Bedingungen finden nun auch die metergroßen Brocken zueinander und ballen sich allmählich zu Vorläufern der Planeten – den Planetesimalen – zusammen, die zwischen einem und zehn Kilometer messen. „Für Planetesimale funktioniert die alte Theorie wieder“, sagt Henning. Diese sind nun so massiv, dass sie sich dank ihrer eigenen Schwerkraft anziehen und allmählich Planeten formen.

Auch die Gefahr, in den Zentralstern zu stürzen, ist für die Planetesimalen gebannt. Denn ihnen macht der Gegenwind der Staubscheibe nichts mehr aus. Diesen Wind spüren Himmelskörper, weil sie schneller um den Stern rotieren als das Gas in der zirkumstellaren Scheibe: Das Gas ist nahe am Stern heißer als am Rand der Scheibe. So entsteht ein Druck, also eine Kraft, die der Gravitation des Sterns entgegenwirkt. Die Gravitationskraft aber treibt die Rotation des Gases an. Wird sie durch den Druck geschwächt, rotiert auch das Gas langsamer.

Planetesimale, Asteroiden oder gar Babyplaneten lassen sich von dem Gegenwind nicht mehr bremsen. So kreisen zunächst mehrere Millionen Planetesimale ungehindert in der Scheibe. Einige davon vergrößern sich zu Babyplaneten und üben dann eine so große Gravitationskraft



aus, dass Gas, Staub und kleinere Brocken um sie herum immer schneller auf sie einstürzen. So wachsen sie zu echten Planeten heran. Die verschlucken schließlich die restlichen Brocken Stück für Stück und putzen die Scheibe fast komplett leer. Nur einzelne Alleingänger überleben diesen Kannibalismus in der zirkumstellaren Scheibe und kreisen als Kometen und Asteroiden durch das Sonnensystem.

„Dieser Wachstumsprozess ist erstaunlich effektiv“, sagt Hubert Klahr, ein weiterer der Heidelberger Wissenschaftler: „Er ist bereits nach etwa hundert Jahren abgeschlossen.“ Wenn er sich der Theorie nach abspielt. Um das zu klären, hilft letztendlich nur der Blick in einen stellaren Kribsaal. Dort könnten Astronomen die Geburt eines fernen Sonnensystems beobachten.

Doch auch für Anders Johansen, seine Kollegen und ihre Computer gibt es noch genug Arbeit. „Bislang haben wir nicht berücksichtigt, dass sich die metergroßen Brocken in der Scheibe gegenseitig zerstören können“, sagt der Wissenschaftler: „Vor allem aber haben wir die Turbulenzen bislang nur sehr grob simuliert.“ Möglicherweise sorgen diese nämlich nicht in der ganzen zirkumstellaren Scheibe für Wirbel, sondern nur nah an ihrer Oberfläche: Das Magnetfeld, das die Turbulenzen verursacht, wirkt nur auf Gas, das kosmische Strahlen zuvor ionisiert haben. Und diese Strahlung dringt nicht tief in die Schicht ein. „Das werden wir jetzt genauer simulieren“, so Johansen.

So erhalten die Wissenschaftler möglicherweise eine genauere Vorstellung von der Planetengeburt. Eine Unsicherheit werden sie aber auch damit nicht beseitigen: Sie wissen noch nicht genau, woher das Magnetfeld rührt, das sie für die Turbulenzen verantwortlich machen. Es könnte vom Zentralstern stammen, wäre dann aber vermutlich sehr schwach – oder von der stellaren Wolke, in der das Sonnensystem entsteht. „Diese Frage können unsere Simulationen nicht beantworten“, sagt Johansen: „Da helfen uns nur Beobachtungen.“

Auch Himmelskörper fangen klein an: An dem leuchtenden Punkt links unten haben sich Felsbrocken zum Embryo eines Planeten angesammelt, der oben rechts vergrößert zu sehen ist.



© Kontakt:  
DR. ANDERS JOHANSEN  
Max-Planck-Institut  
für Astronomie,  
Heidelberg  
Tel.: +49 6221  
528-381  
Fax: +49 6221  
528-246  
E-Mail: johansen@  
mpia.de

ANTHROPOLOGIE

## Knobelkünstler und Kopiergenies

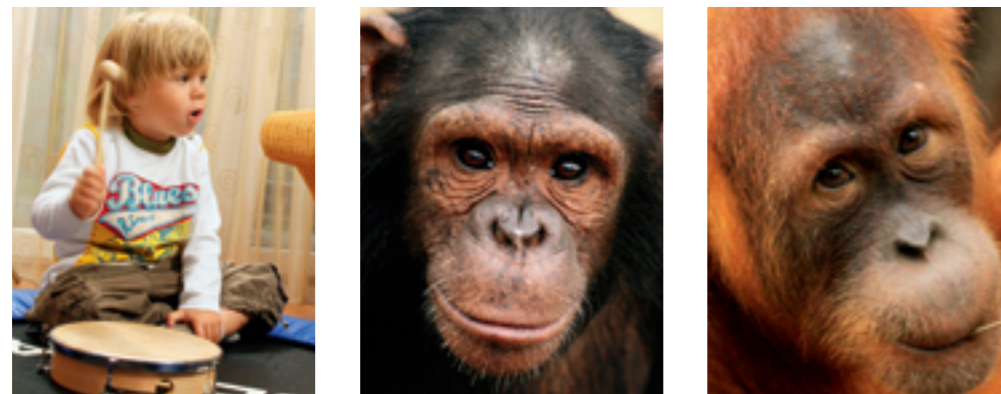
Der Mensch ist klüger als der Affe – so die gängige Meinung. Doch das stimmt nicht unbedingt. Biologen vom Leipziger Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie haben jetzt herausgefunden, dass wir den Menschenaffen zwar in sozialen Fähigkeiten überlegen sind. Beim Lösen von physikalischen Problemen, womit Verhaltensforscher das Verstehen kausaler Zusammenhänge oder das Vorausplanen bezeichnen, liegen die Schimpansen manchmal dagegen vorne. (SCIENCE, 7. August 2007)

Ein Problem, zwei Lösungen: Ein Wissenschaftler öffnet mit einem Stock ein Rohr, in dem sich Spielzeug oder Futter befindet. Kleinkinder kopieren alles haargenau und kommen problemlos an den Inhalt. Menschenaffen hingegen beißen in das Rohr, schlagen darauf ein, versuchen es auf ihre eigene Art zu knacken.

und 32 Orang-Utans in Uganda, der Republik Kongo und auf Borneo.

Für die Studie versteckten die Wissenschaftler etwa Futter unter einem von mehreren Bechern und bewegten diese wie bei einem Hütchenspiel hin und her. Die Kleinkinder und die Menschenaffen sollten dann herausfinden, wo sich die Leckereien befinden. „Dabei waren die Schimpansen besser“, sagt Esther Herrmann, die die Tests mitkonzipiert und vorgenommen hat.

Das galt auch für einen weiteren Test: Die Forscher gaben Kindern und Menschenaffen einen Stock und platzierten außerhalb ihrer Reichweite eine Belohnung. Während die Schimpansen sich das Futter sofort mit dem Stock angelten, spielten die Kinder mit dem Werkzeug und wussten oft nichts damit anzufangen. „Da die Kinder bei solch vermeintlich einfachen Aufgaben schlechter abschneiden als die Schimpansen,



Im Wettkampf: Kleinkinder, Schimpansen und Orang-Utans mussten verschiedene Aufgaben lösen. Während die Affen in räumlichen Studien besser abschnitten, lernten Kinder schneller, neue Probleme zu meistern.

Anders erwartet man es erst einmal auch nicht: Da der Mensch ein größeres Gehirn habe, verhalte er sich auch klüger – so die Theorie der generellen Intelligenz. Diese Annahme haben die Leipziger Evolutionsbiologen jetzt widerlegt. Demnach sind Menschen nicht generell intelligenter als Menschenaffen, unseren Verstand verdanken wir vielmehr unseren sozialen Fähigkeiten. „Weil schon Kinder von anderen lernen und Verhalten imitieren, sind sie so schnell so viel klüger als Menschenaffen“, sagt Michael Tomasello, Direktor am Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie und Leiter des Projekts. Auch ein Gefühl für Sprache oder Zahlen entwickeln sie später mithilfe anderer Menschen.

Zusammen mit seinen Mitarbeitern hat Michael Tomasello erstmals sowohl die physikalischen als auch sozialen Fähigkeiten von Menschen und Menschenaffen verglichen. Als menschliche Probanden testeten sie 105 Kleinkinder im Alter von zwei Jahren. „So junge Kinder sind mit den Menschenaffen auf einem Level“, erklärt Michael Tomasello. Als Vergleich dienten 106 Schimpansen

können sie nicht generell intelligenter sein“, erklärt Michael Tomasello.

Erst als es darum ging, Hinweise zu deuten und mit dem Studienleiter nonverbal zu kommunizieren, um an eine Belohnung zu kommen, offenbarte sich die spezielle Intelligenz des Menschen. Die Forscher zeigten mit Gesten, wo eine Belohnung zu finden war. Kinder deuteten solche Hinweise besser als Schimpansen und Orang-Utans. Auch vorgeführte Handlungen imitierten sie besser. Die Menschenaffen versuchten hingegen immer ihren eigenen Weg zu finden.

Wie erfolgreich soziales Lernen ist, zeigt sich nicht zuletzt im geistigen Fortschritt, der immer eine Gruppenleistung ist: „Nicht ein Mensch hat den Computer erfunden“, so Herrmann: „Einer hatte am Anfang eine Idee, andere haben daran angeknüpft und diese weiterentwickelt.“ Michael Tomasello geht sogar noch weiter. Er meint, dass ein Mensch auf einer einsamen Insel ohne Mitmenschen und Kultur immer auf Affen-Niveau bleiben würde, da er von keinem lernen kann.

FOTOS: ARCO IMAGES GMBH (LUNGS) / MPI FÜR EVOLUTIONÄRE ANTHROPOLOGIE (2)

**Kontakt:**  
ESTHER HERRMANN  
Max-Planck-Institut  
für evolutionäre  
Anthropologie, Leipzig  
Tel.: +49 341  
3550-465  
Fax: +49 341  
3550-444  
E-Mail: eherrman@  
eva.mpg.de

FESTKÖRPERPHYSIK

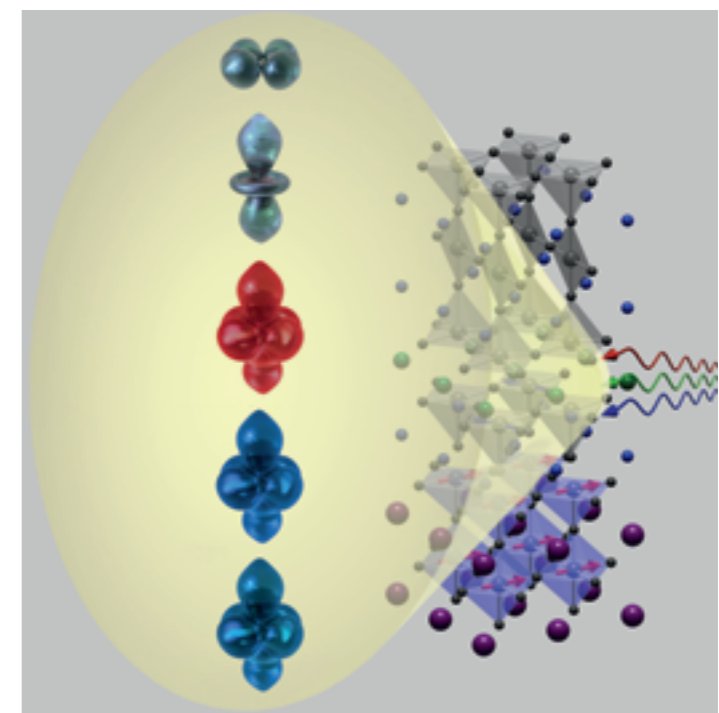
## An den Grenzen der Supraleitung

Vielleicht muss die Halbleiterindustrie in einigen Jahren ihren Namen ändern. Denn was Halbleiter wie Silizium heute in Chips leisten, können Supraleiter möglicherweise viel schneller und effizienter. Supraleiter leiten Strom ohne Widerstand, bislang aber nur bei Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt. Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart haben jetzt eine bislang unbekannte Möglichkeit gefunden, die Supraleitung zu beeinflussen – vielleicht auch so, dass die Materialien für Chips interessant werden. (SCIENCE, 16. November 2007)

An den Grenzflächen ordnen sich die Elektronen nun neu an. Über die chemischen Bande beeinflusst das Manganoxid die elektronischen Eigenschaften des Supraleiters. „In unserem Fall wird die Supraleitung geschwächt“, sagt Bernhard Keimer, Direktor am Stuttgarter Institut. Vereinfacht gesprochen übertragen die Bindungen den Ferromagnetismus des Manganoxids über die Grenzfläche hinweg. Das schwächt die Supraleitung, weil Ferromagnetismus und Supraleitung sich nicht vertragen. Sie sind nämlich mit verschiedenen Anordnungen von Elektronen verbunden.

Mikroelektronik beruht auf Grenzübertreten von Elektronen – in einem Transistor wandern sie zwischen Schichten verschiedener Halbleiter hin und her, wenn eine winzige Spannung ihnen einen kleinen Schubs gibt. Physiker sprechen dann davon, dass eine externe Spannung die Leitfähigkeit erhöht. Ließe sich der elektrische Widerstand an Materialgrenzen auf ähnliche Weise und bei Raumtemperatur völlig ausschalten, könnte Elektronik schneller und sparsamer arbeiten. Doch zu diesem Zweck müssen Physiker die elektronischen Prozesse an diesen Grenzflächen erst einmal besser verstehen.

Die Wissenschaftler vom Stuttgarter Max-Planck-Institut für Festkörperforschung haben dazu nun einen Beitrag geleistet: Sie haben ein Sandwich untersucht, in dem sich Schichten des Hochtemperatursupraleiters Yttriumbariumkupferoxid, kurz YBCO, und eines ferromagnetischen Manganoxids, das also ähnliche magnetische Eigenschaften wie Eisen hat, übereinanderstapeln – und zwar mit sehr scharfen Grenzen zwischen den beiden Materialien. An diesen Grenzen kommt es jedoch zu chemischen Übergriffen. Wie die Max-Planck-Physiker jetzt festgestellt haben, knüpfen die Atome der beiden Materialien kovalente Bindungen zueinander. In diesen Bindungen wirken Elektronenpaare ungefähr so wie ein chemischer Kitt.



Blick über die Grenze: Röntgenstrahlen verraten etwas über die Elektronendichte, wo sich ein supraleitendes Kupferoxid (oben) und ein ferromagnetisches Manganoxid (unten) berühren. Mögliche räumliche Verteilungen der Elektronen sind links zu sehen.

„Da wir den Mechanismus jetzt verstehen, können wir einen Hochtemperatursupraleiter aber vielleicht auch mit einem Material kombinieren, das schon bei höheren Temperaturen als bisher eine widerstandslose Leitung ermöglicht“, sagt Keimer: „Bis wir Transistoren aus Supraleitern bauen können, wird es aber noch einige Jahre dauern.“ Wenn Physiker nämlich von einem Hochtemperatursupraleiter sprechen, ist das ein bisschen irreführend: Materialien wie YBCO verlieren zwar bei höheren Temperaturen den Widerstand als die ersten bekannten Supraleiter, aber selbst YBCO leitet Strom erst bei minus 180 Grad Celsius verlustfrei.

**Kontakt:**  
PROF. BERNHARD  
KEIMER  
Max-Planck-Institut  
für Festkörperforschung, Stuttgart  
Tel. +49 711  
689-1631/1650  
Fax: +49 711  
689-1632  
E-Mail: B.Keimer@  
fkf.mpg.de

ASTROPHYSIK

## Schweregewichtiges Duo

In einer Nachbargalaxie der Milchstraße haben Astronomen das bisher schwerste bekannte stellare Schwarze Loch entdeckt. Das Objekt mit der Bezeichnung M 33 X-7 besitzt knapp die 16-fache Masse unserer Sonne und ist Teil eines Doppelsternsystems. Forscher des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik waren maßgeblich daran beteiligt, das Schwarze Loch zu „wiegen“. (NATURE, 18. Oktober 2007)

Schwarze Löcher künden vom Tod eines massereichen Sterns. Hat ein solcher Gasball an seinem Lebensende den Brennstoffvorrat aufgebraucht, kann er keine Energie mehr erzeugen. Der Kern des Sterns kollabiert unter dem eigenen Gewicht innerhalb von Sekunden und heizt sich dabei auf. Während das Innere weiter in sich zusammenstürzt, entsteht eine Stoßwelle, die von innen nach außen läuft und die stellare Gashülle mit sich reißt. Der Stern blitzt als Supernova auf. Übrig bleibt eine extrem dichte und massereiche Sternleiche, deren Anziehungskraft nicht einmal Licht zu entkommen vermag: ein Schwarzes Loch.

Häufig gehören solche Schwarzen Löcher zu einem Doppelsternsystem, sie kreisen also zusammen mit einem anderen Stern um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Auch das Objekt M 33 X-7 in der rund drei Millionen Lichtjahre entfernten Galaxie M 33 in der Konstellation Dreieck hat eine solche Partnerin. Diese wiederum zieht bei ihrem Umlauf alle dreieinhalb Tage an dem Schwarzen Loch vorüber und „verdunkelt“ somit regelmäßig die Röntgenstrahlung, die das Masse-

monster umgibt. Denn das Schwarze Loch sitzt im Zentrum einer sogenannten Akkretionsscheibe, in der Gasmaterie herumstrudelt wie Wasser im Badewannenabfluss, sich innen stark aufheizt und dadurch Röntgenstrahlung aussendet.

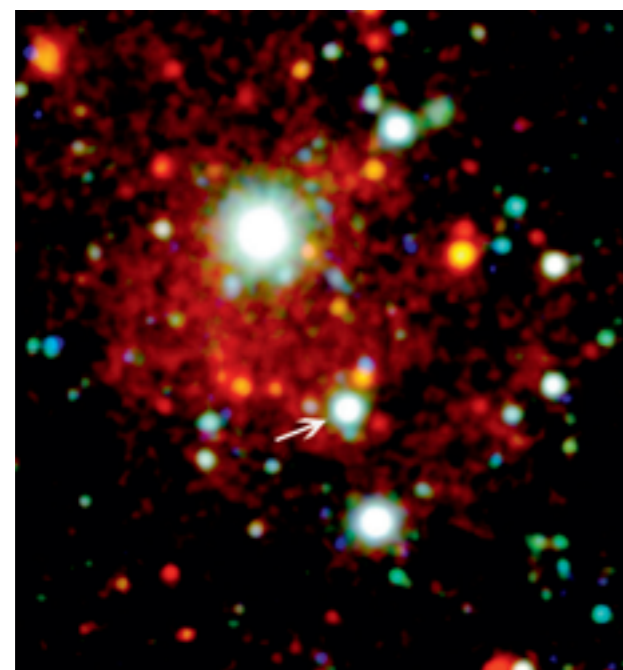
„Aus der Bedeckungslänge der Röntgenquelle, der Geschwindigkeit des Begleitsterns relativ zum Beobachter sowie aus dessen Spektrum konnten wir sehr exakt die Massen der beiden Komponenten des Doppelsternsystems ableiten“, sagt Wolfgang Pietsch vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching bei München. Dabei verwendeten die Wissenschaftler die Daten des US-amerikanischen Röntgensatelliten Chandra. Weiteren Aufschluss über das System gaben Beobachtungen mit dem Gemini-Teleskop auf dem Mauna Kea in Hawaii. Die Massen der beiden kosmischen Partner ließen die Astronomen staunen: Das Schwarze Loch besitzt die 15,7-fache, der Begleitstern gar die 70-fache Masse unserer Sonne. Somit handelt es sich um das schwergewichtigste Gespann aus einem Schwarzen Loch und einem Stern, das die Forscher bisher kennen. Und das bringt sie in Erklärungsnot.

Denn mit herkömmlichen Modellen der Sternentwicklung lässt sich das schweregewichtige Duo nicht leicht interpretieren. So muss der Vorläuferstern des Schwarzen Lochs sogar eine noch größere Masse gehabt haben als sein Partnerstern und außerdem einen gigantischen Durchmesser. Wegen ihres vergleichsweise geringen Abstands sollten sich die beiden Sterne einst sogar berührt haben: Ihre äußeren Atmosphärenschichten wären miteinander verschmolzen. Zwar kennen die Astronomen solche Systeme, in denen die beiden Partner auf Tuchfühlung gegangen sind, doch fließt dabei sehr viel Masse ab, die den Sternen verloren geht.

Warum sollte einer der kosmischen Gasbälle so viel Substanz behalten haben, dass er ein Schwarzes Loch von knapp 16 Sonnenmassen hinterlassen konnte? Die Forscher vermuten, dass der Vorgängerstern wesentlich weniger Masse eingebüßt hat, als es die Theorie voraussagt. Dennoch bleibt das System rätselhaft: Wie, so lautet eine der Fragen, überstand das Doppelsternsystem die gewaltige Supernova-Explosion? In jedem Fall wird das Objekt M 33 X-7 die Astronomen noch weiter beschäftigen: „Wegen seiner Eigenheiten ist das Schwarze Loch ein wunderbarer Prüfstein für die Astrophysik“, sagt Wolfgang Pietsch.

Foto: WOLFGANG PIETSCH / MPE GARCHING / ESA

**Kontakt:**  
WOLFGANG PIETSCH  
Max-Planck-Institut  
für extraterrestrische  
Physik, Garching  
Tel.: +49 89  
30000-3879  
Fax: +49 89  
30000-3569  
E-Mail: wnp@  
mpe.mpg.de



Massemonster auf der Waage: In der Galaxie M 33 sitzt ein stellares Schwarzes Loch (Pfeil). Es gehört zu einem Doppelsternsystem und hält mit knapp 16 Sonnenmassen den Rekord im „Schweregewicht“.

EVOLUTIONS BIOLOGIE

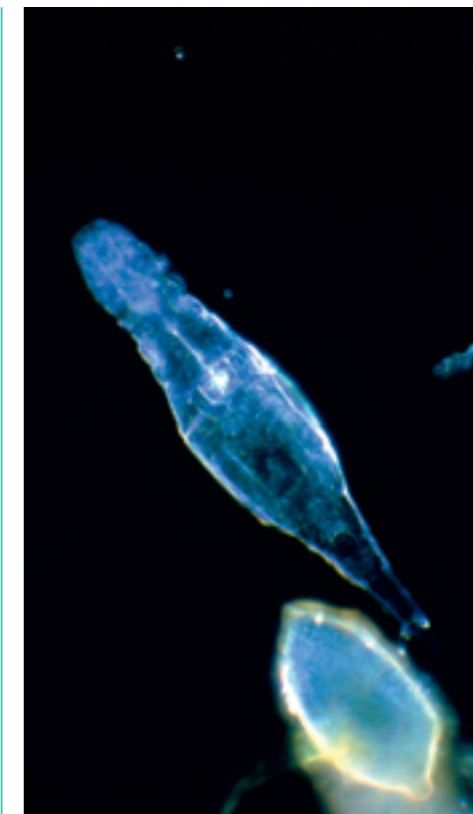
## Vielfalt ohne Sex

Fortpflanzung ohne Sex hat einen großen Nachteil: Sie sorgt gewöhnlich nicht für genügend genetische Vielfalt. Für das Rädertierchen *Adineta ricciae* gilt das jedoch nicht. Es pflanzt sich zwar asexuell fort, Varianten seiner Gene können sich aber unterschiedlich entwickeln und führen schließlich zu Proteinen mit verschiedenen Funktionen. Das haben Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für molekulare Pflanzenphysiologie in Potsdam sowie der Universitäten Cambridge und Angers nun nachgewiesen – und zwar an Genen, die das Rädertierchen vor Schäden bewahren, wenn es austrocknet. (SCIENCE, 12. Oktober 2007)

Ginge es um nackte Zahlen, hätte sich Sex im Verlauf der Evolution sicher nicht durchgesetzt. Denn Lebewesen, die sich asexuell fortpflanzen, bringen es zu viel mehr Nachkommen als solche, die ihren Nachwuchs sexuell zeugen. Denn für die sexuelle Fortpflanzung sind Männchen nötig, die sich nicht reproduzieren können. Die meisten vielzelligen Organismen nehmen das jedoch in Kauf, weil sexuelle Fortpflanzung zu einer größeren genetischen Variabilität führt. Sie können sich daher besser an veränderte Umweltbedingungen anpassen.

Doch das Rädertierchen *Adineta ricciae*, das sich seit Millionen Jahren über unbefruchtete Eizellen vermehrt, schafft das auch ohne Sex. Es lebt in Pfützen, die nach jedem Regenguss bald wieder austrocknen – und manchmal tagelang kein Wasser sehen. Die meisten Lebewesen überleben solche Trockenperioden nicht, weil ihre Proteine ohne Wasser verklumpen und die Membranen ihrer Zellen reißen. Mit Proteinen, die diese Folgen der Trockenheit verhindern, hat sich das Rädertierchen gegen den Wassermangel gewappnet. Das internationale Forscherteam hat jetzt festgestellt, dass *Adineta ricciae* diese Anpassungsfähigkeit über den Meselson-Effekt erworben hat. Er beruht darauf, dass sich Allele – Varianten ein und desselben Gens – im Zuge der asexuellen Vermehrung unabhängig voneinander entwickeln. In Organismen, die sich sexuell fortpflanzen, prüft eine Kontrollinstanz, ob die Allele für die Geschlechtszellen identisch kopiert werden. Den Rädertierchen fehlt diese Kontrollinstanz, sodass sich die Allele verändern können.

So haben sich die beiden Varianten eines Gens, mit dem sich das Rädertierchen vor Schäden der Trockenheit schützt, zu Ar-lea-1a und Ar-lea-1b entwickelt, die in 13,5 Prozent ihrer Sequenzen nicht mehr übereinstimmen. „Ein solcher Sequenzunterschied innerhalb zweier Allele wird bei sich



Leben ohne Männer: Manche Rädertierchen brauchen keine Zeugung, um Mütter zu werden.

sexuell fortpflanzenden Organismen nicht erreicht“, sagt Dirk Hinch, der die beteiligte Gruppe am Potsdamer Max-Planck-Institut leitet. Diese Allele kodieren nun für Proteine, die an unterschiedlichen Stellen der Zellen wirken und so unterschiedliche Funktionen übernehmen: Ar-lea-1a schützt während Trockenzeiten vor Rissen in der Zellmembran, Ar-lea-1b verhindert, dass Proteine verklumpen.

„Wir haben also gezeigt, dass es einen gangbaren alternativen Weg zur sexuellen Fortpflanzung gibt“, sagt Dirk Hinch. Mehr als die Fortpflanzungspraktiken der Rädertierchen interessieren den Biologen jedoch die Proteine zu den Allelen Ar-lea-1a und Ar-lea-1b, da verwandte Proteine auch in manchen Pflanzen vorkommen. Wenn Biologen ihre Funktion genau verstehen, lassen sich möglicherweise auch Nutzpflanzen züchten, die toleranter gegenüber Trockenheit sind. So wäre Landwirtschaft auch noch in jenen Regionen der Erde möglich, in denen es der Klimawandel nur noch selten regnen lässt. Die Proteine könnten aber auch in der Pharmazie reüssieren: Sie könnten therapeutische Antikörper, die außerhalb eines Organismus schnell ihre Wirkung verlieren, so haltbar machen, dass sie sich als Pulver in einer Dose aufbewahren lassen.

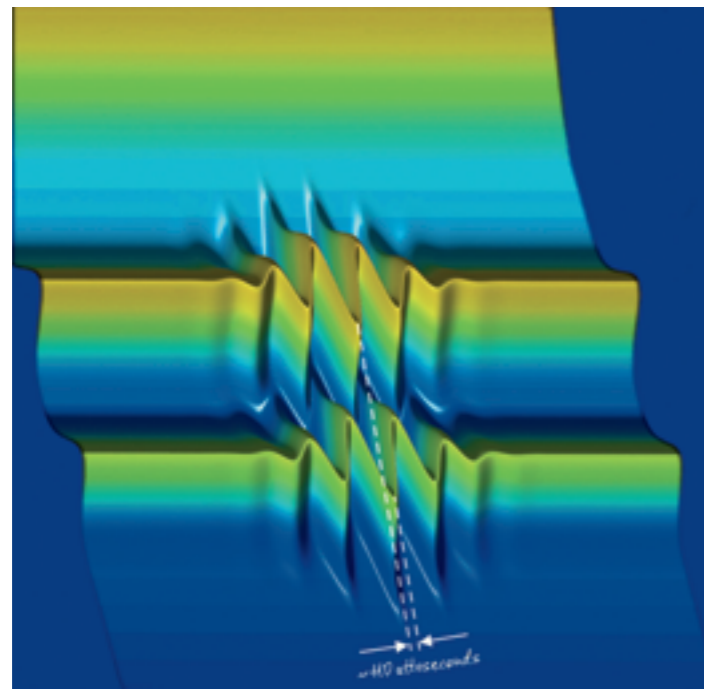
**Kontakt:**  
DR. DIRK HINCH  
Max-Planck-Institut  
für molekulare Pflanzenphysiologie, Golm  
Tel.: +49 331  
567-8253  
Fax: +49 331  
567-8250  
E-Mail: Hinch@  
mpimp-golm.mpg.de

Foto: SPL - AGENIUR FOCUS

QUANTENOPTIK

## Elektronen in flagranti erwischt

Schneller als sich Elektronen bewegen, kann kein Computerchip rechnen. Doch von diesem Limit ist die Elektronik noch weit entfernt. Denn in einem Festkörper flitzen Elektronen in weniger als 100 Attosekunden, also in einigen Hundertsteln einer Billiardstelsekunde, von Atom zu Atom. Ein erster Schritt, damit Chips künftig einmal in ähnlichem Tempo Bits verarbeiten, ist einem internationalen Team am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching jetzt gelungen: Die Forscher haben erstmals die Bewegung von Elektronen in einem Festkörper zeitlich aufgelöst. Das ist eine Voraussetzung dafür, den Prozess auch technisch zu steuern. (NATURE, 25. Oktober 2007)



Wettrennen durch den Kristall: Die locker gebundenen Leitungselektronen gelangen 110 Attosekunden früher zur Oberfläche als die Rumpfelektronen.

den verhalten sich zu einer Sekunde wie eine Sekunde zu rund drei Milliarden Jahren", erklärt Ferenc Krausz, Direktor am Garchinger Max-Planck-Institut und Leiter der Experimente.

Diese Auflösung erreichen die Wissenschaftler, indem sie einen Puls im extrem Ultravioletten von 300 Attosekunden Dauer auf die Oberfläche eines Wolframkristalls schicken. Außerdem strahlen sie einen infraroten Laserpuls mit weniger als zwei Schwingungen des elektrischen Feldes auf die Probe.

Der ultraviolette Attosekundenpuls dringt in den Kristall ein und setzt dort Elektronen frei – und zwar gleichzeitig lose gebundene Ladungsträger, die für die Leitung des elektrischen Stroms sorgen, und fest am Atomrumpf gebundene Elektronen.

Die Leitungselektronen eilen nun schneller als die Rumpfelektronen an die Oberfläche. Dort spüren beide Arten von Elektronen das Feld des infraroten Pulses. Je nachdem wann sie die Oberfläche erreichen, treffen sie dabei auf einen Wellenberg oder ein Wellental in dem Puls. Im ersten Fall werden sie beschleunigt, im zweiten Fall abgebremst. Diese Änderung ihrer Geschwindigkeit lässt sich mit einem Flugzeitdetektor nachweisen.

Nun verschieben die Forscher kontinuierlich den Zeitpunkt, zu dem sie den Attosekundenpuls abfeuern. „Man kann sich die Spitzen des elektrischen Feldes in dem infraroten Puls wie die Finger einer Hand vorstellen und den Attosekundenpuls

wie einen einzelnen, besonders schmalen Finger“, sagt Reinhard Kienberger: „Den Attosekundenfinger platzieren wir nun an unterschiedlichen Stellen der infraroten Laserhand.“

Diese verschiedenen Messungen wirken wie eine Attosekunden-Stoppuhr. Diese verrät den Wissenschaftlern, dass die Leitungselektronen die Ziellinie der Kristalloberfläche etwa 110 Attosekunden früher als die Rumpfelektronen erreichen. Daraus berechneten die Forscher wiederum, dass sich die Leitungselektronen innerhalb des Kristalls doppelt so schnell bewegen wie die Rumpfelektronen.

„Das Experiment demonstriert die technische Möglichkeit, elektrischen Ladungstransport in einem Festkörper in Echtzeit zu beobachten“, sagt Ferenc Krausz: „Es ebnet damit den Weg zur Entwicklung von ultraschnellen Schaltkreisen.“

BILD: BARBARA FERUS / MPI FÜR QUANTENOPTIK

**Kontakt:**  
**PROF. DR. FERENC KRAUSZ**  
 Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching  
 Tel.: +49 89 32905-612  
 Fax: +49 89 32905-649  
 E-Mail: ferenc.krausz@mpq.mpg.de

# Panorama

**HOHER STATUS BRINGT MEHR HIRN** – zumindest den Männchen der Mahaliweber, einer im südlichen Afrika heimischen Singvogelart: Auf diesen Sachverhalt stießen Wissenschaftler des Seewiesener Max-Planck-Instituts für Ornithologie, als sie das Gesangsverhalten dieser Vögel studierten. Mahaliweber leben in Gruppen von bis zu zehn Individuen, die gemeinsam ein umschriebenes Territorium besetzen. In jeder solchen Gruppe regiert ein dominantes Brutpaar, dem alle anderen Mitglieder bei der Aufzucht des Nachwuchses helfen. Jeder Mahaliweber beherrscht zunächst ein gruppenspezifisches Gesangsrepertoire, das zur Verteidigung des gemeinsamen Reviers im Duett oder auch in mehrstimmigen Chören vorgetragen wird. Das Männchen des dominanten Brutpaares allerdings gibt darüber hinaus – meist bei Sonnenaufgang während der Brutzeit – einen Sologesang zum Besten, der sich wesentlich vom Gruppengesang unterscheidet. Diese „Zweisprachigkeit“ des dominanten Männchens, so zeigte sich, geht mit einem deutlichen Zuwachs von Nervenzellen in den Arealen des Gehirns einher, in denen Gesänge produziert und motorisch kontrolliert werden. In rein äußerlichen Körpermerkmalen hingegen gleichen die dominanten Solisten ganz ihren subdominanten Geschlechtsgenossen mit Normalhirn.



Großkopferne Vögel: Das dominante Männchen des Mahaliwebers hat sichtlich mehr Hirn als das subdominante.

**DIREKTE SCHÄDEN AN NERVENZELLEN**, verursacht durch autoaggressive Antikörper, scheinen in manchen Fällen zum Krankheitsbild der Multiplen Sklerose (kurz MS) beizutragen. Ein internationales Team, darunter Forscher des Martinsrieder Max-Planck-Instituts für Neurobiologie, spürten im Blut von MS-Patienten Antikörper gegen ein Protein namens Neurofascin auf. Eine Form dieses Proteins ist Bestandteil des Myelin-Schutzmantels, also jener isolierenden Hülle um Nervenfasern, die im Verlauf einer MS durch Autoimmunprozesse angegriffen und zerstört wird. Eine zweite Form des Neurofascins findet sich aber auch an den sogenannten Ranvier'schen Schnürringen, an Aussparungen in der Myelin-Hülle, an denen die Oberfläche der Nervenfasern frei liegt. Diese Schnürringe sorgen für eine raschere und effizientere Signalleitung längs der Nervenfasern. Wie sich nun zeigte, reagieren die autoaggressiven Antikörper im Blut der MS-Patienten gegen beide Formen des Neurofascins – und wirken damit nicht nur in der Myelin-Hülle, sondern attackieren und schädigen unmittelbar auch die Nervenfasern. Es gilt nun zu untersuchen, ob mit Antikörpern gegen Neurofascin besonders schwere Verläufe der MS einhergehen. Und falls ja, ließe sich daran denken, in solchen Fällen den Krankheitsverlauf durch Filterung der Antikörper aus dem Blut wenigstens zu mildern und zu verzögern.

**EIN ÄUSSERST SCHARFES RADIOBILD** der Galaxie M87 im Sternbild der Jungfrau haben Forscher des Bonner Max-Planck-Instituts für Radioastronomie gewonnen. Sie nutzten dafür ein Netzwerk von Radioteleskopen in Nordamerika, Hawaii sowie auf den Jungferninseln und erzielten damit ein 50-fach höher aufgelöstes Bild der Zentralregion von M87 als das Hubble-Space-Teleskop im optischen Bereich. Auf diese Weise wurde erstmals das Gegenstück zu dem schon länger bekannten Jet, einem Materiestrahl, erfasst, der aus dem Kern von M87 nach vorne, also in Richtung Erde, herausschießt: Dieser sogenannte Counter-Jet tritt in entgegengesetzter Richtung aus dem Schwarzen Loch im Zentrum von M87 aus, weist also von der Erde fort, und war seiner geringen Leuchtkraft wegen bislang verborgen geblieben.

**EINEN BESONDEREN SCHWIMMANZUG** für Nanopartikel haben Wissenschaftler des Potsdamer Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung entwickelt. Er besteht aus polymeren Ketten von Methacrylat-Einheiten, an denen jeweils Zweige aus Polyethylenglykol hängen. Die so entstehenden Strukturen ähneln Spülbürsten – und zeigen ein bemerkenswertes Verhalten: Sie sind zunächst sehr gut in Wasser löslich, werden aber durch Salze oder Zufuhr von Wärme fettlöslich; umgekehrt werden die fettlöslichen Bürsten durch Zugabe von Zitronensäure wieder wasserlöslich. Nanopartikel aus Gold, beschichtet mit diesen Bürstenstrukturen, wurden zu „Grenzgängern“: Sie wanderten, wenn die äußeren Bedingungen entsprechend geändert wurden, zwischen einem wässrigen und öligen Medium hin und her. Mögliche Anwendungen dieses Prinzips sehen die Forscher in der Medizin sowie in der Katalysator-Technik.

FOTO: MPI FÜR ORNITHOLOGIE

**www**  
 Mehr zu diesen Themen finden Sie unter [www.maxplanck.de](http://www.maxplanck.de)