



## ANTHROPOLOGIE

### Auch Affen kennen einen Knigge

Was unter Menschen üblich ist, das zeigen auch Kapuzineraffen: Die Mitglieder unterschiedlicher Gruppen oder Cliques pflegen jeweils spezifische Rituale – soziale Verhaltensweisen, über die sie sich ihrer Zusammengehörigkeit versichern und ihre Beziehungen prüfen. In langjährigen Feldforschungen hat Dr. Susan Perry vom Leipziger Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie gemeinsam mit einem internationalen Team solche „kultivierte Umgangsformen“ an Kapuzineraffen in Costa Rica dokumentiert. Ihre Ergebnisse bieten Einblick in die Evolution sozialen Lernens und sozialer Traditionen – und damit auch in die „tierischen“ Ursprünge menschlicher Kultur (CURRENT ANTHROPOLOGY, 2. April 2003).

Unter welchen sozialen und ökonomischen Bedingungen entwickeln Tiere soziales Lernen, das dann in soziale Traditionen mündet? Dieser Frage widmet sich unter Leitung von Susan Perry eine „Nachwuchsgruppe für kulturelle Phylogenese“ am Leipziger Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie. Ihre Forschungen gelten der Rolle sozialer Rituale in der Verhaltensbiologie von Tieren sowie den Faktoren, unter denen sich daraus Traditionen und Konventionen herausbilden – soziale Verhaltensweisen, in denen auch die kul-



turelle Entwicklung des *Homo sapiens* wurzelt. Die Leipziger Gruppe arbeitet zweigleisig. Zum einen wird alle einschlägige Literatur über soziales Lernen im Tierreich gesichtet und vergleichend analysiert; zum anderen führt man gezielt Freilandbeobachtungen durch – und zwar an Weißschulter-Kapuzineraffen, einer Spezies von Neuwelt-Primaten, die allerlei „menschlich“ anmutende Züge aufweisen und sich deshalb als interessante Modelle empfehlen: Sie verfügen, gemessen an ihrer Körpergröße, über ein außerordentlich großes Gehirn, pflegen komplexe soziale Beziehungen, teilen untereinander Nahrung, sind ausgesprochen kooperativ und gebrauchen Werkzeuge. Dass derart „fixe Kerlchen“ auch in Sachen soziales Lernen

und soziale Traditionen einiges zu bieten hätten – diese Erwartung der Leipziger Forscher bestätigte sich in den Freilandstudien, die Susan Perry zusammen mit neun weiteren Anthropologen in Costa Rica ausführte. Im Rahmen dieser Studien, die über 13 Jahre liefen, wurden verschiedene Gruppen von Weißschulter-Kapuzineraffen an vier räumlich getrennten, doch ökologisch vergleichbaren Standorten insgesamt 19 000 Stunden lang beobachtet – und zwar auf Verhaltensweisen, die nach bestimmten Kriterien als sozial erlernte Rituale oder Traditionen einzustufen waren. Als Tradition galt eine Verhaltensweise, wenn:

- sie in einer oder in mehreren der Gruppen praktiziert wurde, in anderen Gruppen aber – über mindestens 250 Stunden hin-

Weißschulter-Kapuziner-Affen beim Beschnüffeln der Hände.



Ein Spielchen gefällig?

weg – nicht zu beobachten war; sie sich innerhalb eines sozialen Beziehungsnetzes ausbreitete und von neuen Gruppenmitgliedern jeweils erlernt werden musste, und sie mindestens über sechs Monate hinweg innerhalb einer Gruppe bestehen blieb. Gemäß diesen Kriterien konnten die Forscher fünf Verhaltensmuster als jeweils gruppenspezifische soziale Rituale ausmachen, die von den Kapuzineraffen immer in Ruhepausen geübt werden: Handschnüffeln, Saugen an Körperteilen sowie drei verschiedene „Spiele“. Beim Handschnüffeln ergreift ein Affe die Hand eines anderen, legt sie sich dicht auf Mund und Nase und atmet dann für mehrere Minuten tief ein. Dabei wiegt er gelegentlich sanft seinen Körper oder zeigt einen Trance-artigen Gesichtsausdruck. Manchmal führen die „Schnüffler“ auch die Finger des Gegenübers in ihre Nasenlöcher ein. Das Saugen an Körperteilen wurde oft im Anschluss an Fellpflege beobachtet. Dabei nimmt ein Affe ein Ohr, einen Finger oder die Schwanzspitze des anderen in den Mund und saugt daran für einige Minuten. Vor allem das Saugen an der Schwanzspitze wird auch wechselseitig praktiziert. Die drei verschiedenen Spiele der Kapuzineraffen folgen alle dem gleichen Grundmuster: Einer von jeweils zwei Affen nimmt etwas in seinen Mund, das ihm der andere dann abzunehmen versucht. Bei der ersten Variante, dem „Finger-im-



**@ Weitere Informationen erhalten Sie von:**  
**DR. SUSAN PERRY**  
 Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie, Leipzig  
 Tel.: 0341/3550-253  
 Fax: 0341/3550-119  
 E-Mail: perry@eva.mpg.de

Mund“-Spiel, steckt ein Affe einen Finger in den Mund des anderen, der dann zwar vorsichtig, aber doch so fest zubeißt, dass der Partner nicht mehr freikommt. Der derart Gefangene versucht daraufhin, seinen Finger mit allen erdenklichen Mitteln frei zu bekommen – und wenn ihm das gelungen ist, geht das Spiel von Neuem los, dabei oft auch mit vertauschten Rollen. Bei der zweiten Variante, dem „Haar“-Spiel, beißt ein Affe dem anderen ein Büschel Haare aus Kopf oder Schulter und behält sie dann im Mund. Der so Geprüfte versucht, ihm diese Haare wieder abzunehmen, und wenn ihm das geglückt ist, wechseln die Rollen – so lange, bis von dem Haarbüschel nichts mehr übrig ist. Beim dritten, dem „Spielzeug“-Spiel, nimmt ein Affe ein Stöckchen, ein Stück Rinde, ein Blatt oder eine Frucht in den Mund, und der Partner versucht, ihm dieses Objekt abzunehmen – um es dann seinerseits in den Mund zu nehmen und gegen den anderen zu verteidigen. Perry und ihre Kollegen nehmen an, dass die Kapuzineraffen mit diesen Verhaltensweisen die Qualität ihrer sozialen Bindungen innerhalb der Gruppe testen. Denn alle diese Rituale bergen ein gewisses Risiko und sind für einen oder auch beide Partner eher lästig: Dabei dennoch mitzuspielen, ist als Ausdruck einer starken Bindung zu werten. Ob andere sozial lebende Tiere ähnliche gruppenspezifische Traditionen entwickeln und pflegen, bleibt zu erforschen – und stellt mit Blick auf die Bedeutung, die soziale Konventionen auch für die menschliche Kultur haben, ein interessantes Thema dar. ●

## INFEKTIONS BIOLOGIE Bakterien im Gepäck wandernder Völker

Ein Bakterium, das in unserem Magen lebt, kann offenbaren, auf welchen Wegen unsere Vorfahren die Welt besiedelt haben: Forscher um Dr. Mark Achtman vom Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie in Berlin und Sebastian Suerbaum vom Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität Würzburg haben jetzt in 27 Menschengruppen unterschiedlicher ethnischer Zugehörigkeit und geografischer Herkunft den bakteriellen Krankheitserreger *Helicobacter pylori* untersucht und mit genetischen Methoden seine weltweite Populationsstruktur aufgeklärt (SCIENCE, 7. März 2003).

Die Forscher berichten, dass infolge der Jahrtausende langen geografischen Isolation der menschlichen „Wirtsorganismen“ insgesamt sieben *H. pylori*-Populationen entstanden sind und die Menschen seither bei ihren Wanderungen begleitet haben. Die Unterschiede zwischen den ursprünglichen – aus Afrika, dem Nahen Osten, Zentralasien und Ostasien kommenden – und den heute vorhandenen *H. pylori*-Populationen spiegeln die Ausbreitung der verschiedenen menschlichen Bevölkerungsgruppen auf der Erde wider. Bei Säugetieren lässt sich die Evolution anhand von Fossilbefunden rekonstruieren. Das ist bei Bakterien nicht möglich: Deren Evolution muss durch genetische Analysen an heute existierenden Vertretern erforscht werden. *H. pylori* besiedelt die Magenschleimhaut bei mehr als der Hälfte der Welt-

Grafik: Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie

bevölkerung. Die Kolonisation mit diesem Bakterium kann oft über Jahrzehnte dauern und zu Magen- und Zwölffingerdarm-Geschwüren führen, wenn keine Behandlung erfolgt. Außerdem erhöht die Infektion das Risiko, an einem Magenkarzinom oder -lymphom zu erkranken. *H. pylori* wird vorwiegend innerhalb von Familien übertragen und breitet sich nicht epidemisch aus. Es zeichnet sich zudem durch eine sehr hohe genetische Diversität aus, die etwa 50-mal höher ist als beim Menschen. Und die DNA-Sequenzen von *H. pylori* sind in Abhängigkeit von der geografischen Region, in der die Bakterien auftreten, sehr unterschiedlich. Die Berliner und Würzburger Infektionsforscher sowie ihre Kooperationspartner von sechs weiteren Universitäten in den USA und in Frankreich haben jetzt gezeigt, dass *H. pylori* den Menschen bereits seit Urzeiten bei seinen Migrationen begleitet hat. Die Forscher bestimmten die Nukleotid-Sequenz repräsentativer Gene für 370 *H. pylori*-Stämme aus 27 ethnischen Gruppen und geografischen Lokalisationen und erhielten auf diese Weise 370 *H. pylori*-Haplotypen mit 1418 polymorphen Nukleotiden. Die populationsgenetische Analyse der Sequenzdiversität ergab, dass sich die Bakterien sieben „modernen“ – das heißt heute existierenden – Populationen und Subpopulationen zuordnen lassen. Die Wissenschaftler entwickelten deshalb eine neue mathematische Methode, um

Wanderwege von *Helicobacter pylori*



Wanderbewegungen menschlicher Bevölkerungsgruppen auf der Erde: Die Pfeile zeigen die Migrationen einzelner *H. pylori*-Populationen mit ihren menschlichen Trägern.

aus den modernen Populationen deren frühere Vorfahren zu rekonstruieren. Die auf diese Weise gefundenen ursprünglichen *H. pylori*-Populationen kamen aus Afrika, dem Nahen Osten sowie aus Zentral- und Ostasien. Durch Vergleich zwischen diesen ursprünglichen und den heutigen Populationen kann man rekonstruieren, wie *H. pylori* sich über die Wanderungen von menschlichen Bevölkerungsgruppen auf der Erde verbreitet hat. Treffen verschiedene *H. pylori*-Stämme im Magen eines Menschen aufeinander, können sie Erbinformationen austauschen, indem lebende Bakterien freie DNA von abgestorbenen Bakterien aufnehmen. Das führt zur Entstehung von Mosaik-Genomen mit importierten kleinen DNA-Bereichen. So sind die heute in Europa nachweisbaren *H. pylori*-Bakterien das Ergebnis einer genetischen Fusion, entstanden durch Rekombination zweier alter Populationen, die unabhängig voneinander aus Zentralasien und aus dem Nahen Osten nach Europa vordrangen. Andere *H. pylori*-Populationen entwickelten sich während der mehrere tausend Jahre dauernden Isolation der

Polynesier im Pazifik, der Wanderung der sibirischen Vorfahren der Indianer über die Beringstraße nach Amerika oder der Expansion der Bantu in Afrika. In vielen Gegenden der Erde herrscht heute durch die Vermischung der Bevölkerungsgruppen eine heftige Konkurrenz zwischen den ursprünglich ansässigen *H. pylori*-Bakterien und jüngeren „Einwanderern“, die durch Migrationen in den vergangenen Jahrhunderten importiert wurden. Beispiele für solche Wanderbewegungen, deren Spuren sich in den heutigen *H. pylori*-Bakterien nachweisen lassen, sind die von Europa ausgehenden Kolonialisierungen von Nord- und Südamerika, Afrika und Australien sowie der Sklavenhandel. Diese neuen Forschungsergebnisse könnten für die Behandlung von *H. pylori*-Infektionen wichtig sein. Denn genetische Unterschiede zwischen verschiedenen Populationen bedingen oft eine unterschiedliche Virulenz der Bakterien. Diese Unterschiede können die Wirksamkeit von Antibiotika beeinflussen und müssen bei der Entwicklung eines Impfstoffs gegen *H. pylori* in Betracht gezogen werden. Nicht zuletzt können umgekehrt die heute bekannten Daten über menschliche Völkerwanderungen dazu herangezogen wer-

den, um die „molekulare Uhr“ des Bakteriums *H. pylori* genauer zu kalibrieren. Der englische Mikrobiologe Brian G. Spratt fragt in einem Kommentar in Science, ob *H. pylori* geeignet wäre, Entscheidungshilfen bei der Interpretation menschlicher Migrationen zu leisten. Er meint, dass *H. pylori*-Daten für die Entwirrung der komplexen Völkerwanderungen in Europa oder Asien wahrscheinlich nicht ausreichen, dass aber die jetzt für Bakterien entwickelten Methoden prinzipiell auch für den Menschen anwendbar sein sollten. Da die Ausbreitung von *H. pylori* eine gewisse Intensität der menschlichen Beziehungen voraussetzt, können diese Analysen auch Rückschlüsse erlauben, wie eng die menschlichen Kontakte zu verschiedenen Zeiten waren und somit Einblick in die noch wenig verstandene Epidemiologie dieser Infektionskrankheit gewähren. ●



**@ Weitere Informationen erhalten Sie von:**  
**DR. MARK ACHTMAN**  
 Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie, Berlin  
 Tel.: 030/28460-751  
 Fax: 030/28460-750  
 E-Mail: achtman@mpiib-berlin.mpg

ASTRONOMIE

## Blick durch eine kosmische Lupe

In zwei fernen Quasaren haben Wissenschaftler des Bonner Max-Planck-Instituts für Radioastronomie große Mengen Staub nachgewiesen – Material, aus dem sich neue Sterne bilden. Diese Baby-Galaxien beherbergen also nicht nur supermassive Schwarze Löcher. Bei ihrer Entdeckung half den Forschern in einem Fall eine Laune der Natur: Eine Gravitationslinse in der Sichtlinie zwischen Erde und Quasar bündelte dessen Strahlung und erlaubte einen detaillierten Einblick in das „staubige“ Zentrum des jungen Milchstraßensystems. Ein direkter Beweis für die Sternengeburt in der frühesten Kindheit des Kosmos fehlte bisher (SCIENCE EXPRESS, 3. April 2003).

Quasare sind die leuchtkräftigsten Objekte am Rand des bekannten Weltalls. Ihre Helligkeit kann die eines Sterns vom Typ unserer Sonne um das Milliardenfache übertreffen. Diese kosmischen Kraftwerke strahlen ungeheure Mengen an Energie ab, die entsteht, wenn Materie in die „superschweren“ Schwarzen Löcher im Zentrum dieser Galaxien stürzt. Das dabei hell aufleuchtende Gas macht die Quasare zu Leuchtfeuern, die den Blick zurück ins junge Universum gestatten. Astrophysiker interessieren sich heute besonders für die Wärmestrahlung der Quasare. „Sie ist ein starkes Indiz dafür, dass dort extrem viele Sterne entstehen. Die Messungen deuten darauf hin, dass die Sternentstehungsrate in Quasaren um das Tausendfache höher liegt als in normalen Galaxien wie unserer Milchstraße“, sagt Dr. Frank Bertoldi vom Bonner Max-Planck-Institut für Radioastronomie, der die Beobachtung der beiden Quasare PSS

J2322 und SDSS J1148 geleitet hat; das Objekt mit der Katalognummer SDSS J1148 hält den Rekord als bisher fernster bekannter Quasar. Dank eines kosmischen „Vergrößerungsglases“ gelang es der internationalen Forschergruppe, einen genaueren Blick in das Innenleben des ebenfalls sehr weit entfernten Quasars PSS J2322 zu werfen. Eine zufällig auf der Sichtlinie von der Erde zu diesem Quasar liegende, bisher unbekannte Masse bündelt durch ihre Schwerkraft die Strahlung von PSS J2322 zu einem „Einstein-Ring“ – ein Effekt, den Albert Einstein 1936 als Konsequenz seiner Allgemeinen Relativitätstheorie voraussagte. Dabei „verbiegt“ die Gravitation einer Galaxie das Licht zum Beispiel eines Quasars, der sich genau hinter ihr befindet: Der Beobachter sieht das ferne Objekt mehrfach, weil die Lichtstrahlen unterschiedliche Wege nehmen. Liegen Quasar, Gravitationslinse und Beobachter exakt auf einer Linie, werden die Lichtstrahlen des Quasars zu einem perfekten Ring (Einstein-Ring) um die Vordergrundgalaxie abgelenkt. Die erste Gravitationslinse fanden die Astronomen 1979, den ersten Einstein-Ring 1987. Mit PSS J2322 wiesen die Wissenschaftler den bisher am weitesten entfernten Einstein-Ring nach. „Solche starken Gravitationslinsen sind äußerst selten“, sagt Chris Carilli vom National Radio Astronomical Observatory, der die hoch auflösenden Beobachtungen am Very Large Array in der Wüste Neu-Mexikos ausführte. „Schon nach den ersten Messungen mit dem 30-Meter-Teleskop von IRAM, bei denen das Objekt ungewöhnlich hell erschien, hatten wir eine Gravitationslinse vor diesem Quasar vermutet. Dass aber die Linse

direkt vor dem Quasar sitzt und dadurch die Strahlung in einen schönen Einstein-Ring aufgefächert, übertraf dann doch unsere Erwartungen.“ Die bündelnde Gravitationskraft der natürlichen „Lupe“ erlaubte es den Forschern, die relative Position des Schwarzen Lochs und der umgebenden Gaswolken zu bestimmen. Befände sich das Gas sehr nahe am Schwarzen Loch, wäre die registrierte Strahlung des warmen Staubs oder der Kohlenmonoxid-Moleküle ähnlich verteilt wie die optisch sichtbare Strahlung des kompakten Quasars: zwei punktförmige Objekte in einem Abstand von etwa zwei Bogensekunden – entsprechend einem Tausendstel des scheinbaren Monddurchmessers. Tatsächlich aber verteilt sich die Wärmestrahlung durch die Ablenkung im Gravitationsfeld der Vordergrundgalaxie auf einen runden Ring. Die Wissenschaftler schließen aus der Größe und der relativen Position des Rings sowie der optischen Abbildung des Quasars, dass dessen Staub und Gas eine ausgedehnte und wahrschein-

Der bislang am weitesten entfernte Quasar SDSS J1148 erscheint in der optischen Aufnahme des Sloan Digital Sky Survey im Bildzentrum als schwacher Punkt. Alle anderen Objekte sind Vordergrundgalaxien, die mit dem Quasar in keiner Beziehung stehen. Die Konturlinien zeigen die Intensität der Strahlung bei Millimeter-Wellenlängen, wie sie mit dem MAMBO-2-Detektor am 30-Meter-Teleskop von IRAM gemessen wurde.

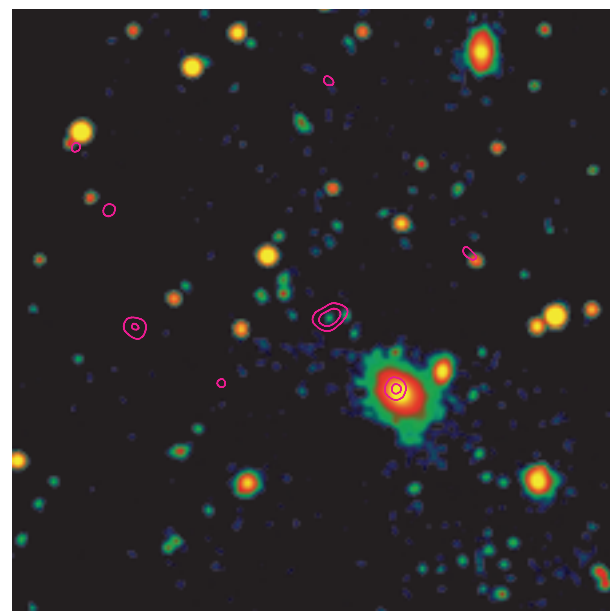
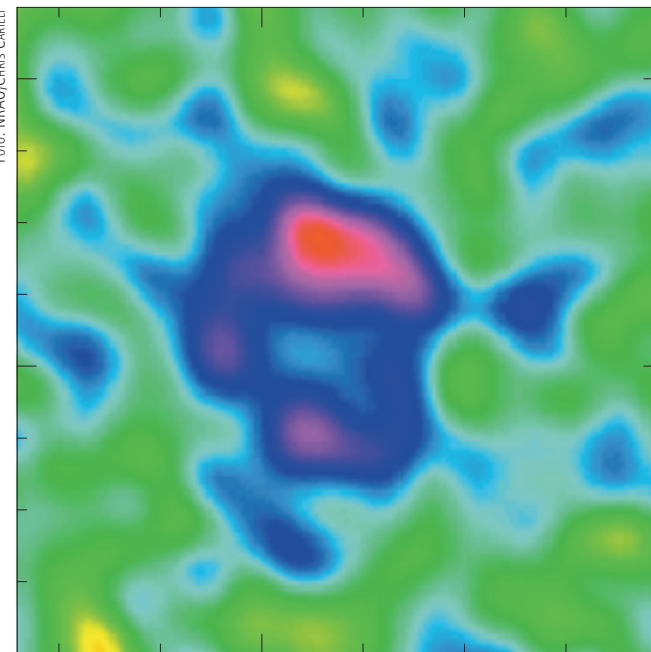


Foto: NRAO/Chris Carilli



lich abgeflachte Scheibe mit einem Durchmesser von etwa 12 000 Lichtjahren formen. Hingegen erstreckt sich das Schwarze Loch mit seinem umgebenden heiß leuchtenden Gas auf eine Region von nur wenigen Lichttagen. „Diese Beobachtung untermauert unsere Vermutung, dass in den staubigen Molekülwolken der Quasare in großer Zahl neue Sterne entstehen. Denn die Strahlungsintensität der Wolken ist so groß, dass sie bei einem so großen Abstand zum Schwarzen Loch nicht mehr durch dieses selbst verursacht werden kann“, sagt Frank Bertoldi. Dass solch gewaltige Mengen an Staub und schweren Elementen schon so früh nach dem Urknall in den ersten sichtbaren Galaxien existierten, hätte vor zehn Jahren noch niemand vermutet. Die schweren Atome, aus denen der Staub und das Kohlenmonoxid-Gas bestehen, wurden durch Kernreaktionen im Inneren von Sternen erzeugt. In der ursprünglichen kosmischen Materie gab es nur Wasserstoff, Helium und ein wenig Lithium, aber weder Sauerstoff noch Kohlenstoff. Nun scheint es sicher, dass die ersten massereichen Sterne

am Ende ihres kurzen Lebens mit gewaltigen Explosionen oder starken Winden viele schwere Atome in das umliegende Gas gemischt haben. „In diesen Gebieten gab es bereits nach wenigen hundert Millionen Jahren ähnliche Anreicherungen von Kohlenmonoxid und Staub, wie wir sie heute – 13,6 Milliarden Jahre später – im interstellaren Gas benachbarter Galaxien noch immer finden“, sagt Bertoldi. Die Entdeckung des Einstein-Rings und der Staubemission in den entferntesten Quasaren ist die Krönung einer mehrjährigen Kooperation zwischen den Forschern aus Deutschland, Frankreich und den USA. Systematisch hat die Gruppe in den vergangenen vier Jahren mit der MAMBO-Kamera am 30-Meter-Teleskop von IRAM etwa 150 Quasare auf Wärmestrahlung untersucht. ●

④ Weitere Informationen erhalten Sie von: DR. FRANK BERTOLDI Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn Tel.: 0228/525-377 oder 0179/8567872 Fax: 0228/525-229 E-Mail: bertoldi@mpifr-bonn.mpg.de

MATERIALWISSENSCHAFTEN

## Der Natur auf den Zahn gefühlt

Ob Knochen, Zähne oder Holz: All diese natürlichen Materialien verkörpern so genannte Komposite – Verbundstoffe aus weichen, doch zähen Proteinen einerseits, und aus harten, doch zugleich spröden Mineralien andererseits. Wie aus diesem Materialmix am Ende Substanzen mit hoher Festigkeit, zugleich aber Toleranz gegenüber Materialfehlern entstehen, haben jetzt Wissenschaftler des Stuttgarter Max-Planck-Instituts für Metallforschung und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften an der Universität Leoben herausgefunden (PNAS ONLINE, 5. Mai 2003).

Danach kommt es entscheidend auf die Größe der harten Mineralteilchen an – oder richtiger: auf deren Kleinheit. Sinken die Abmessungen dieser Partikel unter 30 Nanometer, also unter 30 Millionstel eines Millimeters, werden sie unempfindlich gegenüber Rissen und verleihen dem Verbundstoff neben Härte auch eine hohe Festigkeit. Die Entdeckung dieser kritischen Schwelle könnte zu neuen Werkstoffen führen – zu „Nano-Komposit-Materialien“, die Härte, Festigkeit und Beständigkeit in sich vereinen. Das natürliche Vorbild für solche technisch interessanten Werkstoffe sind Knochen, Zähne und Holz. Diese biologischen Verbundstoffe aus Proteinen und darin eingelagerten Mineralien vereinen Härte mit Festigkeit. Auch der Mensch hat gelernt, harte und zugleich zähe Materialien herzustellen: Seit der Bronze- und Eisenzeit verwendet er Legierungen aus verschiedenen Metallen – und hat inzwischen auch heraus-

Das Radiobild des Quasars PSS J2322 im Very Large Array zeigt eine sphärische, fragmentierte Verteilung der Kohlenmonoxid-Strahlung.

Bild: Max-Planck-Institut für Radioastronomie/Frank Bertoldi

gefunden, worauf die besonderen mechanischen Eigenschaften solcher Mischungen beruhen: Durch so genannte Versetzungen – Defekte in der kristallinen Struktur von Metallen oder deren Legierungen – werden in zähen Materialien Spannungsspitzen an mikroskopischen Rissen abgebaut und damit deren weiteres Wachstum verhindert.

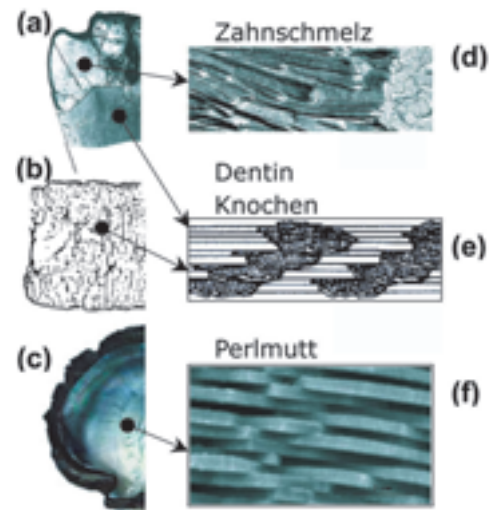
Allerdings mindern Versetzungen mit der Rissgefahr auch die Härte des Materials – und deshalb trachtet man in der modernen Werkstoffkunde danach, Legierungen oder Komposite zu entwickeln, die keine Versetzungen enthalten, aber dennoch hart und fest und zugleich „fehlerfreundlich“ sind. Auf der Suche nach solchen Materialien haben Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Metallforschung und der Universität Leoben jetzt Zähne, Knochen und Muschelschalen unter die Lupe genommen. Dabei ging es nicht darum, „Mutter Natur“ in allen Details in der biologische Werkstoffe nachzubauen; das Ziel war vielmehr, die Grundprinzipien aufzudecken, nach denen die Evolution harte und zugleich feste Komposite aus weichen Proteinen und spröden Mineralen konstruiert hat – um dann dieses Know-how in technische Werkstoffe einzubringen.

Wie die Forscher jetzt fanden, hängt die Festigkeit biologischer Komposite entscheidend

von den Mineralkristallen ab, die als kleine Blättchen regelmäßig angeordnet innerhalb des Proteingerüsts liegen. Denn sie nehmen, wenn die Kompositstruktur als Ganzes belastet und verformt wird, die Zugkräfte auf und werden dabei gestreckt; die „weichen“ Proteine hingegen übertragen die Kräfte zwischen den Mineralkristallen durch Scherung. Demzufolge müssen die Mineralkristalle hohe Zugdehnungen aushalten, ohne zu brechen – und dafür, so stellte sich heraus, ist ihre Größe ausschlaggebend, und zwar nach dem Motto: je kleiner, desto fester.

Als kritischen Schwellenwert ermittelten die Wissenschaftler 30 Nanometer, also 30 millionstel Millimeter: Unterhalb dieser Größe weisen Mineralkristalle ungeachtet etwaiger Risse oder ähnlicher Strukturdefekte dieselbe Festigkeit wie ein perfekter, idealer Kristall auf. Weitere Berechnungen bestätigten, dass das Spannungsfeld in der Nähe eines Risses um so homogener wird, je kleiner die Abmessungen einer kristallinen Struktur sind – dass also Spannungsspitzen verschwinden und die Struktur fehlertolerant wird.

Tatsächlich hat die Natur dieses Prinzip in der Konstruktion von Knochen und Zähnen verwirklicht. Deren Komposite enthalten durchwegs Mineralpartikel von nur wenigen Nanometern Ausdehnung. Sie



sind damit ungleich fester als etwa Muschelschalen, deren Kalziumkarbonat-Kristalle innerhalb des Perlmutter-Komposits einige hundert Nanometer messen. Lokale Spannungsüberhöhungen und damit Bruchgefahr als Folge von Materialfehlern – dieses Übel der klassischen Ingenieurskunst scheint im Nanometer-Bereich aufgehoben. Die Techniker von morgen, die mit Nano-Komposit-Materialien arbeiten, wären damit allerhand Sorgen los. ●

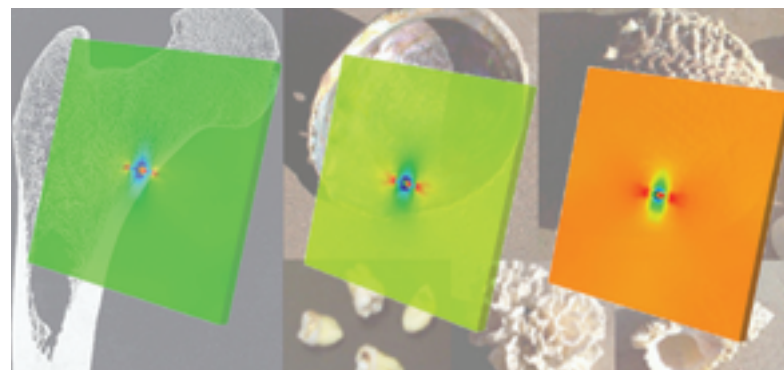
**Hartes biologisches Gewebe wie Zahnschmelz (a), Knochen (b) oder Perlmutter (c) sind Nano-Komposite aus harten Mineralkristallen, eingebettet in eine weiche (Protein-)Matrix (d,e,f).**



@ Weitere Informationen erhalten Sie von:

PROF. HUAIJIAN GAO  
Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart  
Tel.: 0711/689-3510  
Fax: 0711/689-3512  
E-Mail: hjgao@mf.mpg.d

**„Fehlerfreundliche“ Nano-Mineralpartikel in Bio-Kompositen. Sinkt die Größe der Partikel, verschwindet die Spannungskonzentration und die Festigkeit des Materials erreicht den Wert eines defektfreien Kristalls – trotz der Existenz von Materialfehlern.**



FOTOS: MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR METALLFORSCHUNG

**BILDUNGSFORSCHUNG**

**Besser zu zweit arbeitslos?**

**Wird ein Ehemann in Deutschland arbeitslos, sucht in vielen Fällen seine Frau eine bezahlte Arbeit, um das Familieneinkommen aufzustocken. Anders in England: Dort wächst die Zahl der Haushalte, in denen kein Erwachsener Arbeit hat. Die Soziologin Dr. Frances McGinnity vom Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin ist dieser Diskrepanz auf den Grund gegangen.**

In ganz Europa steigt die Arbeitslosigkeit – und trifft nicht nur die Einzelnen, sondern oft auch die ganze Familie. Wird der Mann arbeitslos, könnte seine Frau – sofern sie zuvor Hausfrau war – eine bezahlte Arbeit annehmen. Dieser „Added-worker-Effekt“ lässt sich in Deutschland häufig beobachten. In England hingegen gehen zwar 75 Prozent der Frauen berufstätiger Männer einer bezahlten Arbeit nach, doch nur 34 Prozent der Frauen eines erwerbslosen Partners. In den vergangenen Jahren wuchs die Zahl der britischen Haushalte, in denen beide Partner arbeitslos sind – ebenso aber die Zahl von Doppelverdiener-Haushalten: Die Soziologin Frances McGinnity vom Berliner Max-Planck-Institut für Bildungsforschung hat den Ursachen dieser ungleichen Verteilung von Arbeit nachgespürt, die immer mehr britische Haushalte in die Abhängigkeit von der Sozialhilfe treibt. Sie untersuchte jeweils rund 1200 Paare in England und Deutschland, bei denen die Frau im erwerbsfähigen Alter war. Diese Paare wurden von Anfang bis Mitte der neunziger Jahre wiederholt zu ihrer Arbeitssituation und ihrem Einkommen befragt.

Verlor der männliche Partner seine Arbeit, suchten in Deutschland viele der vormals nicht berufstätigen Partnerinnen eine bezahlte Arbeit; in England hingegen unternahmen sie gewöhnlich keine vermehrten Anstrengungen, sich in den Arbeitsmarkt einzugliedern. Da die Frauen in beiden Ländern oft ein gewisses Unbehagen spüren, die traditionell männliche Rolle des Ernährers zu übernehmen, liegen die Gründe für die verschiedenen Verhaltensmuster kaum in den Rollenbildern, meint McGinnity. Sie verweist vielmehr auf die unterschiedlichen sozialen Sicherungssysteme, die in den beiden Ländern für Arbeitslose eingerichtet sind: In Deutschland erhält der arbeitslose Ehemann in der Regel etwa 63 Prozent des letzten Gehalts, jedoch keinen Zuschlag für eine von ihm abhängige Ehefrau oder Partnerin. Die Arbeitslosenversicherung ist außerdem eine Leistung, die unabhängig vom Einkommen des Partners oder der Partnerin gewährt wird. Nimmt die Frau daher eine Stelle an, kann sie das Familieneinkommen erheblich verbessern.

In England dagegen erhalten die meisten Arbeitslosen ihre Unterstützung direkt von der Wohlfahrt und nicht von einer Arbeitslosenversicherung. Für die abhängige Partnerin gibt es außerdem einen Zuschlag von 76 Prozent der Unterstützung – andererseits aber wird auch ihr etwaiges Einkommen fast vollständig von der Transferleistung abgezogen. Das soll gewährleisten, dass nur wirklich bedürftige Familien die staatliche Unterstützung bekommen. Solange die Partnerin also nicht deutlich mehr verdient als die Summe der sozialen Unterstützung, lohnt sich

ihre Berufstätigkeit nicht. Dazu kommt, dass viele der Ehefrauen oder Partnerinnen von arbeitslosen Männern eher niedrig qualifiziert sind und damit keine hohen Verdienstmöglichkeiten haben. Das britische System der Arbeitslosenhilfe, gegen die das Einkommen des Partners fast vollständig aufgerechnet wird, entmutigt also die Partnerin, aktiv nach Beschäftigung zu suchen. Damit trägt es dazu bei, dass die Zahl der Haushalte steigt, in denen kein Erwachsener mehr erwerbstätig ist. Beim Abwägen von Versicherungsleistungen wie der Arbeitslosenversicherung in Deutschland gegen Wohlfahrtsleistungen müsse man auch berücksichtigen, wie sich die Unterstützung auf das Verhalten des Partners oder der Partnerin auswirken könne, gibt McGinnity zu bedenken: Nur die „wirklich Bedürftigen“ zu unterstützen, indem man alle Einkommen von der Unterstützung abzieht, mag auf den ersten Blick das Billigste sein – könnte aber auf Dauer zur Verarmung und Abhängigkeit weiter Kreise beitragen. ●

Sie können die Studie als PDF herunterladen: [www.mpib-berlin.mpg.de/dok/full/mcginnity/thelabou/index.htm](http://www.mpib-berlin.mpg.de/dok/full/mcginnity/thelabou/index.htm)



@ Weitere Informationen erhalten Sie von:

DR. FRANCES MCGINNITY  
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung  
Tel.: 030/82406-392  
Fax: 030/8249939  
E-Mail: mcginnity@mpib-berlin.mpg.de

HIRNFORSCHUNG

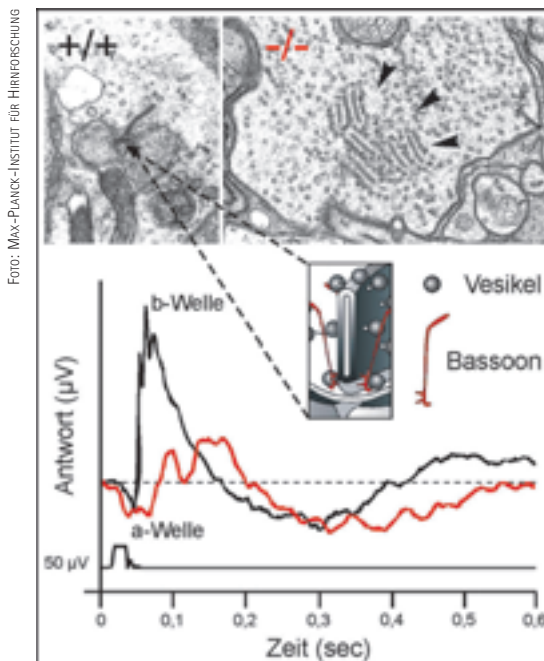
## Proteindefekt macht Mäuse blind

Lichtsinnzellen in der Netzhaut des Auges wandeln Licht in neuronale Signale um – und übertragen diese Signale dann über den Botenstoff Glutamat an ihren Synapsen auf nachgeschaltete Nervenzellen. Forscher am Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt/Main haben jetzt mit Kollegen am Leibniz-Institut für Neurobiologie in Magdeburg sowie der Universität Oldenburg ein Protein gefunden, das für die Funktion der Synapsen in den Lichtsinnzellen der Netzhaut eine zentrale Rolle spielt. Die Funktion dieses Schlüsselproteins namens „Bassoon“ erwies sich an genetisch veränderten Mäusen, denen dieses Protein fehlt: Diese Tiere waren nahezu blind (NEURON, 6. März 2003).

Der Sehsinn ist der wichtigste Sinn des Menschen. Dabei verkörpert die Netzhaut – die Retina – den Licht aufnehmenden, also sensorischen Teil des Auges; die Synapsen der Licht-

sinnzellen (Photorezeptoren) bilden die erste Schaltstelle für die Weiterleitung optischer Signale in der Retina. Mit dem Feinbau und der Funktion dieser Synapsen beschäftigt sich die Arbeitsgruppe von Dr. Johann Helmut Brandstätter, Heisenberg-Stipendiat in der Abteilung Neuroanatomie am Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt/Main. Synapsen sind die Kontaktstellen zwischen Signal-übertragenden und Signal-empfangenden Nervenzellen – zwischen „Präsynapse“ und „Postsynapse“: Als molekulare Schalteinheiten wirken sie zwischen den Milliarden Nervenzellen im menschlichen Gehirn und sind an Lernen und Gedächtnis ebenso beteiligt wie an krankhaften Prozessen, etwa im Verlauf einer Demenz. Ein ungewöhnlich großes Protein in der Präsynapse ist „Bassoon“ (engl. für „Fagott“), von dem die Forscher schon früher vermutet hatten, dass es entscheidend zur Funktion der Synapse beiträgt. Das hat sich jetzt bestätigt: In Mäusen, de-

nen Bassoon fehlt, gelangen die mit dem Botenstoff Glutamat gefüllten Transportbläschen nicht mehr geordnet und zielgerichtet an die aktive Zone der Synapse. Dadurch wird die Signalübertragung von den Photorezeptoren auf die nachgeordneten Nervenzellen behindert – und die Mäuse sind nahezu blind. Die Photorezeptor-Synapse ist in ihrer Komplexität und Leistungsfähigkeit einzigartig: Sie überträgt Lichtsignale, deren Intensität mehrere Zehnerpotenzen umfasst – von einer Neumondnacht bis zum sonnenhellen Tag. Fehlfunktionen dieser Synapse wirken sich entsprechend stark aus und beeinträchtigen die Sehleistung bis hin zur völligen Erblindung. „Unsere Untersuchung zeigt, dass Bassoon unverzichtbar für das ‚Transportwesen‘ – für das so genannte synaptische Band – innerhalb der Photorezeptor-Synapse ist“, sagt Brandstätter. Und: „Nun gilt es weiter zu klären, ob und welche Zusammenhänge zwischen Defekten am Gen für das Bassoon-Protein und bestimmten Erkrankungen der Netzhaut bestehen.“ ●



In einer normalen Photorezeptor-Synapse (+/+) ist das „synaptische Band“ an der aktiven Zone verankert (elektronenmikroskopische Aufnahme). Dabei spielt das Protein „Bassoon“ eine zentrale Rolle (Schema). Fehlt Bassoon (-/-), dann schwimmen die synaptischen Bänder frei im Zytoplasma, und die Übertragung der Lichtsignale von den Photorezeptoren auf die nachgeschalteten Neurone wird beeinträchtigt; das zeigt der Vergleich der Netzhautsignale von Mäusen mit normaler (schwarze Kurve) und defekter Retina (rote Kurve).

@ Weitere Informationen erhalten Sie von:  
 DR. JOHANN HELMUT BRANDSTÄTTER  
 Max-Planck-Institut für  
 Hirnforschung, Frankfurt/Main  
 Abteilung für Neuroanatomie  
 Tel.: 069/96769-286  
 Fax: 069/96769-206  
 E-Mail: brandstaett@mpih-frankfurt.mpg.de

**AUCH DROSOPHILA WIRD FETT**, wenn sie zu viel von einem Protein bildet, das die Fettspeicherung steuert. Dieses Protein, kurz Lsd2 genannt, ist dem Perilipin verwandt, das man bei Säugern in den Zellen des Fett-Speichergewebes findet. Diese Zellen lagern Fett in Form kleiner Tröpfchen ein, die von einer Membran umhüllt sind – und an dieser Membran sitzt und wirkt Perilipin: Es beeinflusst das Gleichgewicht zwischen der Speicherung und Freisetzung von Fett, bestimmt also dessen „Lagerhaltung“. Mäuse, denen Perilipin fehlt, speichern trotz fettreicher Ernährung nur wenig Fett; zu viel Perilipin hingegen führt zu Fettsucht. Dass die Taufliede Drosophila als wirbelloses Tier mit Lsd2 über einen ähnlichen Fett-Regulator wie Säugetiere verfügt, haben Forscher am Göttinger Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie entdeckt: Auch Lsd2 wirkt an der

Schwarzen Löcher hinter lichtdichten Staub- und Gaswolken – doch XMM-Newton hat mit seinen „Röntgenaugen“ eine Art Schlüsselloch zum Studium dieser Objekte eröffnet, die eine zentrale Rolle bei der Entwicklung des Universums spielen.

**KLIMASCHUTZ DURCH AUFFORSTUNG** in den Tropen, wie ihn das „Kyoto-Protokoll“ vorsieht, soll künftig nach eindeutigen und strengen Richtlinien erfolgen. Eine Studie, an der auch das Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena mitwirkte, liefert jetzt den Rahmen für die Bewertung von Aufforstungsprojekten in Entwicklungsländern: einen Katalog von Kriterien, die zum einen die rechtlichen Bedingungen des Kyoto-Protokolls, zum anderen aber auch die Auswirkungen solcher Projekte auf die Ökologie, ihren Nutzen für die lokale Bevölkerung und ihren Wert im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung berücksichtigen. Eine zentrale Exekutiv-Behörde soll anhand dieser Bewertung darüber entscheiden, ob ein Industrieland für die Finanzierung des betreffenden Projekts – über den Kauf eines Zertifikats – das Recht erwirbt, einen Teil seiner Kohlendioxid-Emissionen „abzuschreiben“ und damit seinen Verpflichtungen gemäß dem Kyoto-Protokoll nachzukommen.

**ALKOHOLENTZUG BRAUCHT MEHR ZEIT** als bisher vermutet: Eine akute Entgiftungsbehandlung von nur einigen Wochen reicht nicht aus – denn chronischer Alkoholmissbrauch führt zu tief greifenden Störungen des Wasser- und Salzhaushalts, die erst über viele Monate der Abstinenz abklingen. Das belegt eine klinische Studie des Göttinger Max-Planck-Instituts für experimentelle Medizin, in deren Verlauf abstinenten Alkoholkranken vom ersten Tag ihres Entzugs an über mehr als neun Monate hinweg therapeutisch begleitet und überwacht wurden. Unter der chronischen Wirkung von Alkohol gerät der Wasser- und Elektrolythaushalt sowie – damit verbunden – das Stress-Regulationssystem des Organismus nachhaltig aus den Fugen. Das kommt in den Blutspiegeln einschlägiger Hormone zum Ausdruck, darunter vor allem des Vasopressins, des Atrialen Natriuretischen Peptids sowie des Adrenalins oder Noradrenalins. Diese hormonelle Entgleisung trägt wesentlich zu Symptomen eines Entzugs bei, also zu exzessivem Durst, zu „Gier“ nach Alkohol und eingeschränkter Nierenfunktion. Dass sich die Hormonpegel unter Abstinenz nur sehr langsam wieder normalisieren, lässt die Forscher an neue Therapien zur Rückfall-Prophylaxe denken – etwa daran, das mangelnde Vasopressin durch Zufuhr dieses Hormons von außen zu ersetzen.

## +++Telegramm+++

Membran der Fett-Tröpfchen im Speichergewebe der Fliegen und entscheidet über „dick“ oder „dünn“. Die Wissenschaftler wollen nun klären, ob und inwieweit Drosophila mit ihrem Lsd2-Protein als Modell für die Erforschung des menschlichen Fettstoffwechsels und dessen Entgleisungen dienen kann: Möglicherweise gelangt man darüber zu einer Therapie gegen Fettsucht – die sich dann unter dem verkaufsträchtigen Motto „Zurück zum Fliegen-gewicht“ popularisieren ließe ...

**DEN HIMMEL VOLLER RÖNTGENQUELLEN** zeigt ein neuer Katalog, der auf Beobachtungen mit dem Röntgensatelliten XMM-Newton der Europäischen Raumfahrtagentur ESA aufbaut: Er verzeichnet rund 30 000 Sterne, Galaxien und andere Objekte, von denen viele erstmals „röntgenologisch“ erfasst wurden. XMM-Newton trägt drei identische Teleskope, die jeweils dasselbe, etwa vollmondgroße Himmelsareal durchforsten: Was sie an Röntgenstrahlen auffangen, analysieren Detektoren im Brennpunkt der Teleskope. An der Entwicklung der Teleskopspiegel, der Detektoren und der Software für die Auswertung der Daten und die Erstellung des Katalogs war wesentlich das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching bei München beteiligt. XMM-Newton vermittelt neue Einblicke in den Röntgenhimmel: Im Rahmen der bisher längsten Beobachtung – die Gesamt-Belichtungszeit betrug eine Million Sekunden – spürte das Observatorium in der Umlaufbahn zahlreiche Galaxien auf, in deren Zentren massereiche Schwarze Löcher sitzen, die energiereiche Röntgenstrahlung aussenden. Normalerweise verbergen sich diese

www  
 Mehr zu diesen Themen finden Sie unter www.maxplanck.de