



FORSCHUNG *aktuell*



Alle haben ihren Spaß: Am Ende des Jacobs-Sommercamps 2004 führen die Kinder ein fantasievolles Theaterstück auf.

BILDUNGSFORSCHUNG

Ferien auf gut Deutsch

Im Sommer 2004 besuchten rund 150 Kinder aus zugewanderten Familien in ihren Ferien drei Wochen lang das Jacobs-Sommercamp im Bremer Umland. Die Kinder, die gerade die dritte Klasse abgeschlossen hatten, sollten in diesen drei Wochen bei Theater- und Deutschunterricht ihre sprachlichen Fähigkeiten verbessern. Dieses bisher einmalige Projekt wurde vom Berliner Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Zusammenarbeit

mit dem Senator für Bildung und Wissenschaft in Bremen organisiert und von der Jacobs-Stiftung finanziert.

Dass Kinder nichtdeutscher Herkunft überproportional häufig nur die niedrigsten Schulabschlüsse erreichen oder sogar ohne Abschluss die Schule verlassen, ist schon lange bekannt. Seit PISA ist auch klar, dass die Beherrschung der deutschen Sprache eine Schlüsselrolle für schulischen Erfolg spielt: Bei gleicher Lesekompetenz haben

Kinder mit Migrationshintergrund eine ähnlich gute Chance ein Gymnasium zu besuchen wie deutsche Kinder.

Bisher gibt es jedoch kaum systematische Sprachförderprogramme an deutschen Schulen und keine belastbaren Daten zu ihrer Wirksamkeit. Dies hat die Erziehungswissenschaftler Petra Stanat und Jürgen Baumert vom Berliner Max-Planck-Institut für Bildungsforschung zu einem sozialwissenschaftlichen Experiment veranlasst. Im Jacobs-

Sommerncamp für Kinder aus zugewanderten und sozial benachteiligten Familien wurden zwei Ansätze der Sprachförderung eingesetzt und auf ihre Wirksamkeit untersucht: implizite Förderung mit Mitteln der Theaterpädagogik und explizite Förderung mit Unterricht in Deutsch als Zweitsprache.

Drei Fragen standen für die Wissenschaftler im Vordergrund:

- Verlernen Kinder nichtdeutscher Herkunft während der Sommerferien einen Teil ihrer Sprachfertigkeiten, wie man dies aufgrund von Befunden zum *summer setback* aus den USA erwarten könnte?

mithilfe solcher experimenteller Designs mit Zufallszuweisung zu den Untersuchungsbedingungen lassen sich belastbare Aussagen zur Wirksamkeit von Fördermaßnahmen treffen. Diese Art von Studien ist in der Pädagogik bislang eine Seltenheit. Mit dem Jacobs-Sommerncamp-Projekt sollte auch gezeigt werden, dass gut kontrollierte Programmevaluationen in der pädagogischen Forschung möglich sind.

Die erste der drei Fragen konnten die Wissenschaftler mit einem klaren Nein beantworten: Die Sommerferien in Deutschland sind mit sechs Wochen viel kürzer als in den

Berlin, entwickelten Übungen wie „Das Verb ist der Chef im Satz“, die den Kindern offensichtlich auch Spaß machten, schärfte die DaZ-Pädagoginnen das Bewusstsein für die Struktur der Sprache. Direkt nach dem Ferienlager war der Fortschritt der DaZ-Kinder in den Bereichen Grammatik und Lesen deutlich messbar. Im Nachtest drei Monate nach den Sommerferien ließ sich der Grammatikvorsprung nicht mehr nachweisen, was auf einen Mangel an Lerngelegenheiten für einen Ausbau dieser Fähigkeiten in der Schule hindeuten könnte. Der große Lernzuwachs in der Lesekompetenz,

Das Jacobs-Sommerncamp könnte modellhaft für ähnliche Projekte der Sprachförderung sein.



- Lässt sich eine Ferienschule mit Kindern aus zugewanderten und eher bildungsfernen Elternhäusern überhaupt umsetzen?

- Können mit den beiden Ansätzen der Sprachförderung nachhaltige Lernerfolge erzielt werden?

Die Schülerinnen und Schüler wurden mit einem Losverfahren aus einer größeren Gruppe von Bewerbern für die Teilnahme am Sommerncamp ausgewählt. Alle Kinder spielten in den drei Wochen Theater, aber nur ein Teil von ihnen erhielt zusätzlich auch Deutschunterricht. Die Kinder, die dieses Mal nicht für die Teilnahme am Camp ausgelost wurden, bildeten die notwendige Vergleichsgruppe. Nur

USA und ein deutlicher Kompetenzverlust über die Ferienzeit ist nicht messbar. Zur zweiten Frage, die vor allem von skeptischen Schulleitern und Lehrkräften aufgeworfen wurde, lässt sich ebenfalls ein klares Fazit ziehen: Das Feriencamp kam bei den Beteiligten sehr gut an; fast alle Kinder nahmen täglich teil und die Rückmeldungen der Kinder und ihrer Eltern waren äußerst positiv. Und auch zur dritten Frage liefert die Studie wichtige Erkenntnisse: Am meisten haben die Kinder von der Kombination aus Theaterspiel und Unterricht in Deutsch als Zweitsprache (DaZ) profitiert.

Mit den von Heidi Rösch, Deutschdidaktikerin an der TU

den die Kinder in der Gruppe mit DaZ-Unterricht gewonnen hatten, blieb dagegen erhalten. Dieser Vorsprung entspricht etwa einem halben Jahr Schulunterricht – und das nach einer Projektlaufzeit von nur drei Wochen.

Ferienprogramme nach dem Modell des Jacobs-Sommerncamps könnten in Zukunft mit dazu beitragen, benachteiligten Kindern den Anschluss an die Bildungsgesellschaft zu ermöglichen. Darüber hinaus weisen die Ergebnisse des Projekts darauf hin, dass es sich lohnen würde, Unterricht in Deutsch als Zweitsprache auch an Schulen auszubauen. In Bremen setzt der Senator das Projekt schon fort.

► Weitere Informationen erhalten Sie von: DR. JURGEN BAUMGARTEN Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin Tel.: + 49 30 82406-284 Fax: + 49 30 82499-39 E-Mail: baumgarten@mpib-berlin.mpg.de

KOLLOID- UND GRENZFLÄCHENFORSCHUNG

Das Geheimnis des Ehekäfigs

Aus einfachsten Rohstoffen kann die Natur außergewöhnliche Baumaterialien herstellen. Das beweist der Glasschwamm *Euplectella*. Ein Team um Peter Fratzl vom Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam hat mit Kollegen der Bell Labs und der Universität Kalifornien (beide USA) herausgefunden, warum diese Konstruktion aus Bio-Glasfasern fast unzerbrechlich ist und damit den extrem hohen Druckverhältnissen der Tiefsee zu widerstehen vermag. (SCIENCE, 8. Juli 2005)

Seit mehr als 540 Millionen Jahren bevölkert er die Meere, lebt in Tiefen von 40 bis 5000 Metern und besitzt ein käfigartiges, gläsernes Skelett: der Glasschwamm *Euplectella*. Seine Gestalt erinnert an einen weißen Kolben voll feiner Löcher. Durch diese winzigen Öffnungen gelangen Garnelenlarven in sein Inneres. Meist siedeln sie sich dort als Pärchen an. Die Larven werden schnell zu groß für die Öffnungen ihrer Unterkunft. Deshalb verbringt das Krabbenpaar sein ganzes Leben in dem Schwamm und geht mit ihm eine Symbiose ein. In Japan wird *Euplectella* daher auch „Gefängnis der Ehe“ genannt und ist ein beliebtes Hochzeitsgeschenk.

Wie gelingt es nun dem Schwamm, den hohen mechanischen Beanspruchungen von teilweise bis zu 500 Atmosphären in der Tiefsee zu trotzen? Neben dem Gewicht, das auf ihm lastet, malträtiert zu-

Ausbruchsicheres Gefängnis: Das Skelett des Tiefseeschwamms *Euplectella*, auch „Venusbüchlein“ genannt.

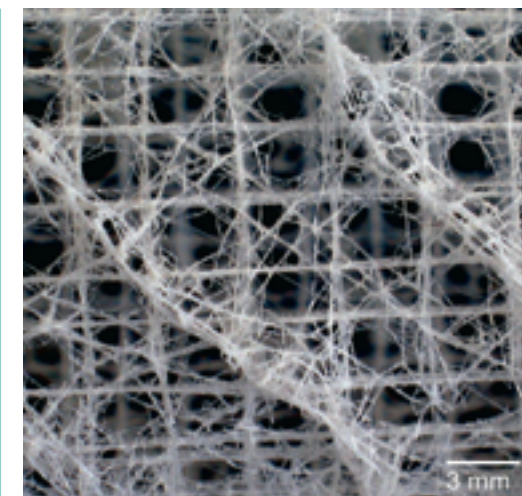


dem die eingefangenen Krabben mit ihren Zangen das Gehäuse. Doch der Käfig ist ausbruchsicher.

Jetzt haben die Potsdamer Materialforscher die Strukturen vom Nanometer- bis in den Zentimeterbereich untersucht. Dabei entdeckten sie, dass der Käfig in mindestens sieben hierarchisch gegliederten Stufen aufgebaut ist. Das Skelett selbst besteht aus Bio-Glasfasern. Doch wie lässt sich aus diesen Glasfasern ein bruchfestes Gehäuse bauen? „Die Antwort fanden wir im Inneren der Glasfasern, die aus konzentrisch angeordneten Schichten mit wenigen Mikrometern Dicke aufgebaut sind“, sagt der Max-Planck-Wissenschaftler Peter Fratzl. „Diese Glaslamellen sind wiederum untereinander durch eine hauchdünne Klebeschicht aus organischer Matrix verbunden.“ Die Forscher vermuten, dass das Glas selbst durch das Aneinanderfügen von Silikat-Nanopartikeln entsteht, die *Euplectella* aus dem Wasser synthetisiert.

Der Mikrolamellen-Aufbau verringert die Sprödigkeit des Glases. Risse und Kratzer, wie sie durch die Zangen der Garnelen hervorgerufen werden, führen daher nicht so leicht zum Bruch wie bei massivem Glas, denn sie werden in die organischen Zwischenschichten abgelenkt und so am Ausbreiten gehindert. Mehrere Glasfasern unterschiedlicher Dicke sind wiederum untereinander mit Glaszement – er besteht ebenfalls aus Silikat-Nanopartikeln – zu starken Konstruktionsstäben gebündelt.

Die Stäbe ihrerseits sind vertikal, horizontal und diagonal angeordnet und zu einem dichten Netz verwoben. „Ihre Struktur ähnelt einer Fachwerkkonstruktion“, sagt Fratzl. „Unsere Versuche mit dem Schwamm haben gezeigt, dass die diago-



nalen Verstrebungen ausreichen, um das Fachwerk gegen Verschiebungen zu schützen.“ Zusätzlich ist die Struktur durch spiralförmige Rippen verstärkt, um ein Quetschen des Käfigaufbaus zu verhindern. „Die letzte Klebeschicht aus organischer Matrix verbunden.“ Die Forscher vermuten, dass das Glas selbst durch das Aneinanderfügen von Silikat-Nanopartikeln entsteht, die *Euplectella* aus dem Wasser synthetisiert.

Für die Potsdamer Wissenschaftler ist *Euplectella* ein Lehrbuchbeispiel, wie sich aus spröden Materialien wie Glas bruchfeste Strukturen erzeugen lassen. „Erstaunlich für uns war die Tatsache, dass der Schwamm es schafft, eine ganze Reihe von mechanischen Konstruktionsprinzipien auf vielen Größenskalen vom Nanometer- bis zum Zentimeterbereich zu kombinieren“, erklärt Peter Fratzl. Mit derartigen Bauprinzipien sind die Techniker und Konstrukteure bis heute nicht vertraut. Für die Materialforschung bedeutet das eine völlig neue Anregung. Doch alle seine Geheimnisse hat *Euplectella* immer noch nicht preisgegeben: „Bis jetzt ist unklar, wie ein vergleichsweise primitiver Organismus ein derart komplexes und optimiertes Gebilde überhaupt hervorbringen kann.“

Eine geniale Statik offenbaren die Detailaufnahmen der Glasfaserkonstruktion bei Schwämmen.

► Weitere Informationen erhalten Sie von: PROF. PETER FRATZL Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam Tel.: + 49 331 567-9401 Fax: + 49 331 567 9402 E-Mail: fratzl@mpikg.mpg.de

ASTRONOMIE

Ein Stern stirbt langsam

Totgesagte leben länger: Dieses Sprichwort trifft nicht nur auf Menschen zu, sondern auch auf Sterne, von denen man glaubte sie wären längst in den Geschichtsbüchern der Astronomie verschwunden. So zeigte sich jetzt, dass jener Stern, der im Jahr 1680 als die Supernova Cassiopeia A aufleuchtete, immer noch aktiv ist. Das fanden Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Astronomie in Heidelberg heraus, als sie die vermeintliche Sternruine mit dem Weltraumteleskop Spitzer ins Visier nahmen. (SCIENCE, 10. Juni 2005)

Massereiche Sterne beenden ihr kurzes und intensives Leben, indem sie mit einer gewaltigen Explosion in sich zusammenfallen und als Supernova aufblitzen. Zurück bleibt eine leuchtende äußere Schale, die

expandierende Hülle des explodierenden Sterns, und ein zentraler Neutronenstern mit einem Durchmesser von nur etwa 20 Kilometern, der aber mehr Masse als unsere Sonne birgt.

Cassiopeia A ist der jüngste Supernova-Überrest unseres Milchstraßensystems und rund 11 000 Lichtjahre von der Erde entfernt. Doch die Überreste des Sterns ruhen nicht friedlich in den Weiten des Weltraums. „Bisher dachte man, der Neutronenstern im Zentrum von Cassiopeia A würde keine Aktivität mehr zeigen und langsam auskühlen“, sagt Oliver Krause vom Max-Planck-Institut für Astronomie. „Doch jetzt haben wir entdeckt, dass sich der explodierte Stern noch immer im Todeskampf befindet und durch starke Strahlungsausbrüche ein letztes spektakuläres Feuerwerk zündet.“

Es erschien den Astronomen schon lange seltsam, dass der für Cassiopeia A verantwortli-

che Stern scheinbar so schnell zur Ruhe gefunden hat. Die Heidelberger Forscher haben nun aber anhand von Infrarotechos eine Energiewelle entdeckt, die der explodierte Stern vermutlich erst im Jahr 1953 ausgesandt hat. „Eine solche Energiewelle entsteht beim Ausbruch eines eruptiven Sterns oder bei einer Supernova-Explosion“, sagt Stephan Birkmann. „Der energiereiche Lichtblitz heizt beim Durchlaufen seiner Umgebung die Wolken von Gas und Staub auf, die dann im infraroten Wellenlängenbereich leuchten.“ Im Lauf der Zeit ergibt sich so eine Spur von aufleuchtenden und wieder erlöschenden Strukturen, die gleichsam als Wegmarken die Ausbreitung des Feuerballs von seinem Ursprung aus anzeigen.

Die Max-Planck-Astronomen entdeckten ein solches Infrarotecho auch bei Cassiopeia A, dazu aber noch ein zweites. „Eines stammt direkt von der Supernova von 1680, das andere aus dem Jahr 1953“, sagt Birkmann. Das Echo von 1953 deutet darauf hin, dass sein Ursprung ein so genannter *Soft Gamma Repeater* sein könnte. Solche Objekte sind vermutlich Neutronensterne mit starken Magnetfeldern (Magnetare), deren von Beben erschütterte Oberflächen gewaltige Ausbrüche von Gammastrahlung erzeugen.

Die Echos von Cassiopeia A gehören zu den dynamischsten Vorgängen, die jemals außerhalb unseres Sonnensystems beobachtet wurden: Schon innerhalb weniger Wochen zeigen sich deutliche Veränderungen. „Die Echos deuten auf einen Magnetar im Zentrum hin“, meint Birkmann. Sollte sich das bestätigen, wäre damit der erste Vertreter dieser Klasse exotischer Objekte gefunden, von dem man genau weiß, wann und aus welchem Stern er entstanden ist.

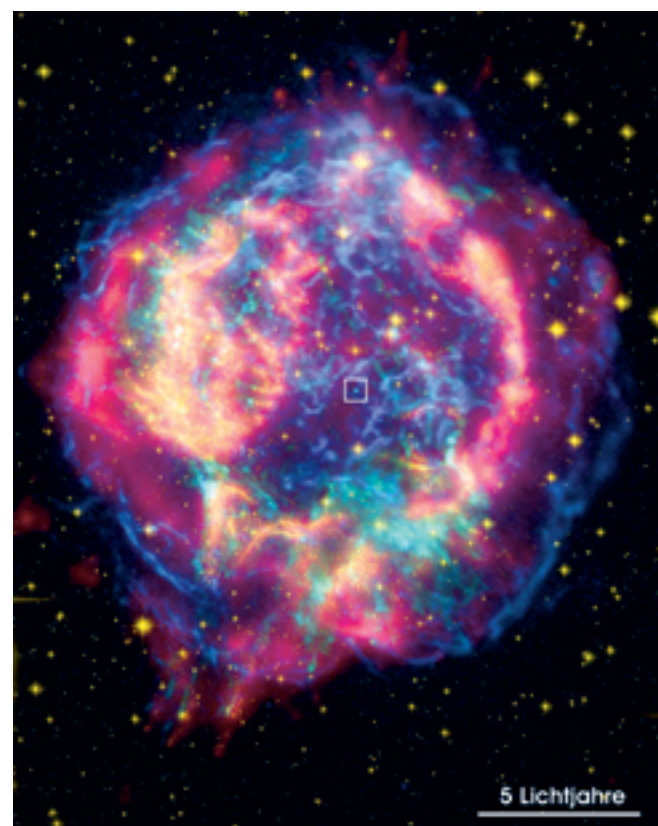


FOTO: NASA/JPL-CALTECH/O. KRAUSE

Falschfarbentwurf des Supernova-Überrestes Cassiopeia A: Sterne und das von der Supernova-Explosion mit schweren Elementen angereicherte Gas leuchten besonders im Optischen, während die Emission im Infraroten warmen Staub im Überrest zeigt. Das kompakte türkise Objekt (im Kästchen) ist der nur im Röntgenbereich sichtbare Neutronenstern.

• Weitere Informationen erhalten Sie von: **STEPHAN BIRKMANN**, Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg
Tel.: + 49 6221 528-371
Fax: + 49 6221 528-246
E-Mail: birkmann@mpia.de

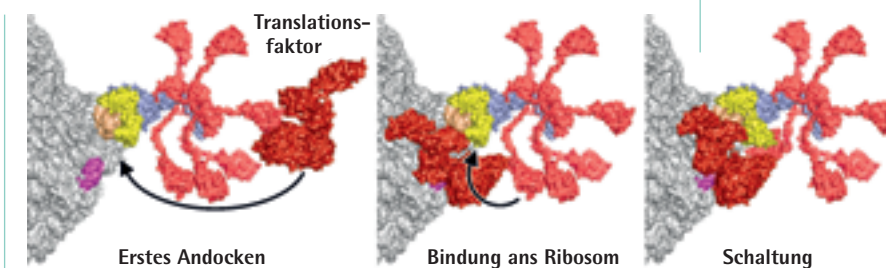
BIOPHYSIKALISCHE CHEMIE

Ein Angelpunkt der Eiweiß-Fabrikation

Ribosomen sind die Eiweiß-fabriken der Zellen: große Molekülkomplexe, in denen einzelne Aminosäuren gemäß den genetischen Bauanleitungen zu Proteinen verknüpft werden. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für biophysikalische Chemie in Göttingen, einer Max-Planck-Arbeitsgruppe am Teilchenbeschleuniger DESY in Hamburg, der Universität Witten-Herdecke und der Moskauer Lomonosow-Universität haben jetzt neue Einblicke in eine zentrale Funktionseinheit der Ribosomen gewonnen. Grundlage dafür war die Aufklärung der atomaren Struktur dieser Arbeitseinheit. (CELL, 1. Juli 2005)

Mit einem Durchmesser von rund 25 milliardstel Millimeter stellen bereits die einfachsten Ribosomen aus Bakterien auf molekularer Ebene riesige Aggregate dar, bestehend aus mehr als 50 Proteinkomponenten und drei langen RNA-Molekülen, die eine große und eine kleine ribosomale Untereinheit bilden.

Die molekularen Abschriften der DNA, die so genannte Boten- oder mRNA, wird von den Ribosomen gelesen und in eine Kette von Aminosäuren – die Bausteine der Proteine – übersetzt. Dabei wird die mRNA wie ein Fließband durch das Ribosom hindurchgeschleust und Schritt für Schritt abgetastet. Zu jeder Kodierungseinheit der mRNA (einem Triplet aus Nucleotidbausteinen) existiert ein passendes Adaptermolekül, eine Transport-RNA (t-RNA), die jeweils eine bestimmte Aminosäure transportiert. Die Aminosäuren werden zu einer Kette zusammengefügt und schließlich zu einem globulären Proteinmolekül verknüpft. Verschiedene Module des Ribosoms



übernehmen unterschiedliche Teilaufgaben, wie etwa die Auswahl der passenden t-RNA, das Zusammenfügen der einzelnen Proteinbausteine oder das Entsorgen entladener t-RNA.

Dabei arbeitet das Ribosom mit einer Reihe von Kontrollproteinen, so genannten Translationsfaktoren, die als molekulare Schalter funktionieren: Durch Abspalten energiereicher Moleküle, die an sie gekoppelt sind, kommt es zu einer Formveränderung der Faktoren; das Ribosom nimmt sie wahr und gibt den Startschuss für den nächsten Arbeitsschritt. Eine spezielle Schaltzentrale am Ribosom koordiniert das Einholen dieser Translationsfaktoren und das Umlegen der molekularen Schalter. „Obwohl die Bestandteile dieser Schaltzentrale seit längerem bekannt waren, wusste man bisher wenig darüber, wie sie funktionieren“, sagt Markus Wahl.

Seine Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie erstellte deshalb anhand einer Röntgen-Strukturanalyse von Proteinkristallen, welche die Forscher von bestimmten Komponenten des Schaltzentrums gezüchtet hatten, zunächst ein detailliertes dreidimensionales Bild. Frank Schlünzen und Jörg Harms am DESY ermittelten über ähnliche Verfahren die Verankerung des Schaltzentrums an der großen ribosomalen Untereinheit. Wie in einem dreidimensionalen Puzzlespiel passten die Forscher dann alle Teilstrukturen in Hüllen des Ribosoms ein, die mit-

hilfe der Elektronenmikroskopie im Arbeitskreis von Holger Stark bei etwa zehnfach niedrigerer Auflösung sichtbar gemacht wurden.

Dabei entdeckten die Forscher, dass die von ihnen untersuchten Proteinkomponenten einen langen, beweglichen Fortsatz bilden, der sich von der großen ribosomalen Untereinheit in unmittelbarer Nähe der Stelle, an der die Translationsfaktoren zu liegen kommen, erstreckt. „An diesem Fortsatz sind bis zu sechs flexible Molekülketten aufgehängt, jede mit einem kugelförmigen Kopf“, sagt Wahl. Damit gleicht das Ganze einer Angelrute mit sechs Schnüren und je einem Köder, mit denen das Ribosom nach Translationsfaktoren fischen kann.

Um die Funktionsweise dieser Angelrute zu verstehen – die Wissenschaftler erhoffen sich von einem solchen tiefergehenden Verständnis neue Ansätze zur Medikamentenentwicklung bei Infektionskrankheiten – wurden im Labor von Marina Rodnina an der Universität Witten-Herdecke die Köpfe der Angelrute durch genetische Verfahren abgeschnitten. Tatsächlich fischten die Ruten danach erfolglos nach Translationsfaktoren und waren auch nicht mehr in der Lage, die molekularen Schalter zu betätigen. Veränderten die Forscher dagegen gezielt nur die Oberflächenbausteine der Köpfe, wurde zwar ihre Funktion als Angel unterbunden, nicht aber deren Schalteigenschaften.

Der Fortsatz mit seinen bis zu sechs flexiblen Molekülketten, jede mit einem kugelförmigen Kopf – die „Angelrute mit Köder“ (rot) – ist an der großen Untereinheit des Ribosoms (grau) aufgehängt. Der Translationsfaktor (braun) wird geködert und dann an das Ribosom gebunden. Erst in dieser Position kann er als molekularer Schalter wirken.

• Weitere Informationen erhalten Sie von: **DR. MARKUS WAHL**, Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Göttingen
Tel.: + 49 551 201-1046
Fax: + 49 551 201-1197
E-Mail: wahl@gwdg.de

GRAFIK: MPI FÜR BIOPHYSIKALISCHE CHEMIE

QUANTENOPTIK

Physiker schütteln Atto-Apfelbaum

Selbst ein Klassiker unter den Experimenten, jedem Studenten aus dem Grundstudium vertraut, hält für Physiker von heute noch Herausforderungen bereit. Das haben jetzt Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching mit einer modernen Version des berühmten Doppelspaltexperiments demonstriert. Sie verwendeten dabei Elektronen, die durch das Licht eines Lasers aus einem Argonatombündel herausgeschlagen wurden und dabei das charakteristische Interferenzmuster hervorbrachten. (PHYSICAL REVIEW LETTERS, 22. Juli 2005)

Das Prinzip des Doppelspaltexperiments ist schon zweihundert Jahre alt: Fällt eine Welle durch zwei nebeneinander liegende Öffnungen, so lässt sich dahinter auf einem Schirm ein Streifenmuster beobachten, denn dort überlagern sich die Teilwellen, die von jeder

Atome und sogar ganze Moleküle zeigen, wenn sie einen Doppelspalt passieren, ebenfalls die charakteristischen Streifen (Interferenzmuster). Dabei ist es keinesfalls so, dass ein Teilchen den einen und ein anderes Teilchen den anderen Weg nehmen muss: Experimente mit Licht, in denen sich jeweils nur ein Lichtquant im Versuchsaufbau befand, bewiesen, dass ein Photon quasi mit sich selbst interferieren kann. Entscheidend ist, dass dem Teilchen zwei ununterscheidbare Wege zur Verfügung stehen, auf denen es sein Ziel – einen Schirm oder Detektor – erreichen kann.

Die Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching haben das historische Versuchsprinzip auf eine experimentell höchst anspruchsvolle, originelle Art verwirklicht. Die Teilchen, die das Interferenzmuster hervorbrin-

fallen die Äpfel schließlich herunter. Auf das Experiment übertragen heißt das: Die Elektronen können das Argonatombündel verlassen.

Während jeden Pulses ist das Feld dreimal stark genug, ein Elektron des Argonatombündels so zu beschleunigen, dass es dem Atom entkommen kann: Zweimal zu einer Seite, zum Beispiel nach links, und dazwischen einmal zur anderen Seite, in diesem Fall nach rechts. Also kann ein Elektron, das nach links aus dem Argonatombündel herausgeschlagen wird, zwei verschiedene gleichwertige Wege zum Detektor nehmen. Das entspricht den zwei nebeneinanderliegenden Schlitzen in Youngs Experiment. Auf der rechten Seite hat das Elektron diese Wahlmöglichkeit nicht. Folglich sind auf der linken Seite Interferenzstreifen zu sehen, rechts jedoch nicht.

Die experimentelle Herausforderung bestand darin, den zeitlichen Verlauf des Laserpulses bis auf wenige Attosekunden (ein Attosekunde entspricht dem Milliardstel einer milliardstel Sekunde) festzulegen. Auf den Apfelbaum übertragen bedeutet das: Der Lausbub, der zunächst vorsichtig, dann stärker und schließlich wieder schwächer an dem Baum rüttelt, muss seine Kraft genau dosieren.

Durch die Messung von Interferenzstreifen erhoffen sich die Max-Planck-Wissenschaftler Aufschluss darüber, wie die Wechselwirkung der Elektronen mit dem Lichtfeld im Detail verläuft – gewissermaßen ob die Äpfel bei der leisensten Berührung vom Baum plumpsen, oder ob sie ziemlich fest an den Ästen hängen und sich erst nach kräftigem Schütteln lösen. Die Dynamik der Elektronenablösung lässt sich dann mit Attosekunden-Genauigkeit untersuchen.

Die Beugungsmuster bei einem konventionellen Einzelspalt (links) oder Doppelspalt (rechts) zeigen entweder keine Struktur oder Interferenzstreifen. In der neuen Version

des Doppelspalts (rechts) wird die Elektronenquelle durch ein Atom ersetzt, das ein extrem kurzer Lichtpuls mit linearer Polarisation anregt. Die beiden Detektoren zeigen nur dann Oszillationen, wenn zwei Zeitfenster zur Verfügung stehen.

der beiden Öffnungen ausgehen. An einigen Stellen verstärken sie sich, an anderen löschen sie sich gegenseitig aus – und formen so das erwähnte Muster aus hellen und dunklen Streifen. Im 19. Jahrhundert gelang es dem Briten Thomas Young auf diese Weise, die Wellennatur des Lichts nachzuweisen.

Inzwischen haben die Physiker herausgefunden, dass auch Materie Wellencharakter besitzt: Elementarteilchen wie Elektronen und Neutronen,

gen sollen, sind Elektronen, die durch das Licht eines Lasers aus einem Argonatombündel herausgeschlagen werden. Bei dem Laserlicht handelt es sich um extrem kurze Pulse, die nur aus einigen wenigen Schwingungen des elektrischen Felds bestehen.

Das Argonatombündel kann man sich vorstellen wie einen Apfelbaum, an dem ein Lausbub rüttelt – erst zur einen, dann zur anderen Seite. Schüttelt der Lausbub den Baum kräftig genug,

© Weitere Informationen erhalten Sie von: PROF. DR. HERBERT WALTHER Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching Tel.: + 49 89 32905-704 Fax: + 49 89 32905-314 E-Mail: Herbert.Walther@mpq.mpg.de

GRAFIK: MPI FÜR QUANTENOPTIK

NEUROBIOLOGIE

„Selbst“-Mörder legen Leuchtspur

Wenn autoaggressive T-Zellen in das Nervensystem eindringen, lösen sie eine Entzündung aus. Es kommt zur Multiplen Sklerose, die zu vielfältigen neurologischen Ausfällen wie Lähmungen oder Gefühls- und Gleichgewichtsstörungen führt. Wie aber gelangen diese T-Zellen in das Hirngewebe? Forscher des Max-Planck-Instituts für Neurobiologie in Martinsried haben ein Verfahren entwickelt, die autoaggressiven T-Zellen genetisch so zu verändern, dass sie fluoreszieren und im Mikroskop sichtbar werden. Damit können die Wissenschaftler den Weg der Zellen im Gewebe mit modernsten Verfahren live verfolgen und charakterisieren. (JOURNAL OF EXPERIMENTAL MEDICINE, Juni 2005)

Das Gehirn nimmt aus immunologischer Sicht eine Sonderstellung ein. T-Zellen, eine Untergruppe der weißen Blutkörperchen, die durch das Körpergewebe streifen, um Eindringlinge aufzuspüren und zu bekämpfen, haben keinen Zutritt zum Nervensystem. Wie sich autoaggressive T-Lymphozyten nun Einlass ins menschliche Gehirn verschaffen, ist noch unbeantwortet. Die Martinsrieder Neuroimmunologen können aber nun die Wanderwege der autoaggressiven T-Zellen bei Tieren verfolgen.

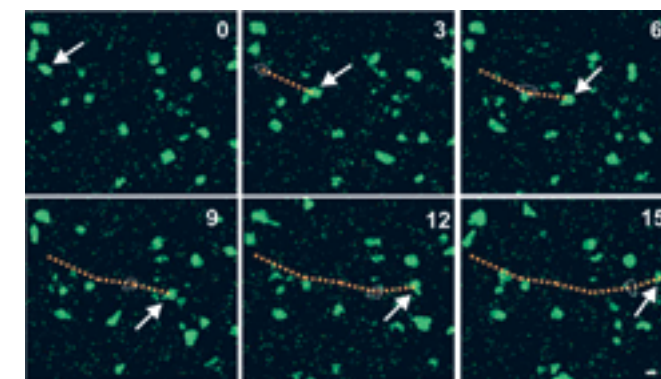
Dazu verändern die Wissenschaftler zuerst durch Genmanipulation die Zellen, sodass sie grün fluoreszieren. Bei der Übertragung der fluoreszierenden T-Zellen auf Ratten rufen sie die experimentelle autoimmune Enzephalomyelitis hervor, eine der Multiplen Sklerose ähnliche Erkrankung. „Wir haben beobachtet, dass die T-Zellen nicht direkt nach ihrer Übertragung in das Hirngewebe eindringen. Sie wandern erst

auf komplizierten Routen über mehrere Tage durch die peripheren Immunorgane wie Lymphknoten und Milz“, sagt Forschungsgruppenleiter Alexander Flügel.

Auf diese Weise erwerben die Zellen erst die Fähigkeit, ins Zentrale Nervensystem einzudringen. Dann öffnen sich die Schleusen des Gehirns. Innerhalb von Stunden strömen Millionen aggressiver T-Zellen in das Zentrale Nervensystem. Mithilfe der Zwei-Photonen-Mikroskopie (MAXPLANCKFORSCHUNG 4/2003, Seite 34ff.) können die Forscher erstmals die Wanderungen der Zellen in Echtzeit verfolgen.

Diese folgen zwei völlig verschiedenen Bewegungsmustern: Die Mehrheit wandert mit einem vergleichsweise hohen Tempo von 25 Mikrometern pro Minute durch das feste und kompakte Nervengewebe; ihre Bewegung ist völlig ungerichtet, sie scheinen keinen Lockstoffen zu folgen. Eine kleinere Gruppe von T-Zellen scheint hingegen dauerhaft an demselben Ort zu verharren. Sie sind an einer Zellmembran fixiert, um die sie herumschwingen. Diese angelegten T-Zellen bilden spezialisierte Verbindungen, die man als immunologische Synapsen bezeichnet.

„Die schnell durch die Hirnsubstanz kreuzenden autoaggressiven T-Zellen sind auf der Suche nach Zellen, die ihr passendes Antigen präsentieren. Die angelegten T-Zellen haben dagegen ihr Ziel erreicht und befinden sich im Prozess der Antigenerkennung“, vermutet Alexander Flügel. Die Antigenerkennung von T-Zellen erfolgt über Synapsen und hat



die Freisetzung von Entzündungsstoffen, so genannten Zytokinen, zur Folge.

Es gilt als sicher, dass die autoaggressiven T-Zellen für die Schäden im Gehirn verantwortlich sind; gleichwohl kennen die Forscher die Mechanismen dieser Veränderungen nicht. „Unsere Beobachtungen werden vielleicht zur Beantwortung dieser wichtigen Fragen beitragen“, sagt Flügel. „Sowohl die beweglichen als auch die stationären autoaggressiven T-Zellen können auf unterschiedliche Weise Schaden anrichten.“ Die beweglichen bohren, verdrängen oder zerstören dabei Nervenbahnen und Hirnzellen, die arretierten schädigen über ihre Synapsen. Millionen dieser Synapsen bedeuten eine maximale Aktivierung von T-Zellen und damit eine Flut von Zytokinen.

„Wenn man es schafft, die T-Zellenwanderung zu blockieren und die Antigenerkennung im Gehirn auszuschalten, dann könnte man die schädigenden Prozesse aufhalten“, meint Hartmut Wekerle, Direktor am Max-Planck-Institut für Neurobiologie und Leiter der Abteilung Neuroimmunologie. Die Echtzeit-Filmaufnahmen der Martinsrieder Forscher tragen jedenfalls zum besseren Verständnis der Krankheitsmechanismen der Multiplen Sklerose und anderer organspezifischer Autoimmunkrankheiten bei.

Live-Aufnahmen von grün fluoreszierenden aktivierten T-Zellen in Rückenmarksschnitten. Die Zahlen geben den Beobachtungszeitraum in Minuten an. Die Umrisse bezeichnen die Gestalt und den Ort der Zelle im vorherigen Bild.

© Weitere Informationen erhalten Sie von: EVA-MARIA DIEHL Max-Planck-Institut für Neurobiologie, Martinsried Tel.: + 49 89 8578-2824 Fax: + 49 89 8578-3541 E-Mail: diehl@neuro.mpg.de

FOTO: MPI FÜR NEUROBIOLOGIE

BIOLOGISCHE KYBERNETIK

Reifes Hirn passt sich nicht an

Inwieweit sind Nervenzellen der Hirnrinde fähig, sich neu zu organisieren, um etwa die Folgen eines Schlaganfalls oder sonstiger Defekte auszugleichen? In Untersuchungen an Makaken haben Neurobiologen am Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik in Tübingen jetzt herausgefunden, dass nach Verletzungen der Netzhaut keine Reorganisation der Nervenzellen in der visuellen Hirnrinde stattfindet. Dieser Befund widerspricht den bisherigen Vorstellungen, wonach primäre sensorische Systeme in der Hirnrinde bis ins Erwachsenenalter plastisch bleiben und Schädigungen ausgleichen können. (NATURE, 19. Mai 2005)

Während seiner Entwicklung kann sich das Gehirn gut an Defekte anpassen. So erlangen Kinder, die in frühen Jahren die linke Hirnhälfte verloren haben, die Kontrolle über Bewegungen der rechten Körperhälfte wieder – für die normalerweise die linke Gehirnseite zuständig ist. Ebenso entwickeln Kinder eine normale Sprachfähigkeit, indem sie die rechte Hemisphäre einsetzen. Je reifer jedoch das Gehirn wird, desto mehr geht diese Plastizität verloren.

Die Tübinger Max-Planck-Forscher haben nun das Sehsystem und dessen Verbindung mit dem Gehirn untersucht. Bisher galt, dass die Verschaltungen der Nervenzellen im visuellen Kortex, also in dem Areal der Hirnrinde, in dem optische Reize verarbeitet werden, bis ins Erwachsenenalter plastisch bleiben: Es sollten also dort die neuronalen Schaltpläne kontinuierlich durch

Erfahrungen verändert werden können. Diese Anpassungsfähigkeit der neuronalen Netze in der Hirnrinde ist wichtig für das Lernen in frühen Jahren und sie sollte auch danach noch für Reparaturen etwa nach einem Schlaganfall sorgen.

Entsprechend zielen Rehabilitationsmaßnahmen stets darauf ab, die Hirnplastizität so umgehend wie möglich zu fördern – in der Hoffnung, über die Reaktivierung funktionell gestörter, aber morphologisch intakter Hirnregionen oder durch Nutzung alternativer Strukturen des neuronalen Netzwerks die ausgefallenen Funktionen wieder herzustellen. Dabei blieb allerdings unklar, ob alle Strukturen im Hirn gleichermaßen zu solch regenerativen Umbauten fähig sind und welche Mechanismen dafür maßgeblich sind.

Ein Team um Nikos Logothetis vom Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik hat nun mithilfe der funktionellen Kernspintomografie an Makaken herausgefunden, dass das primäre Großhirnareal V1, auf das die visuellen Reize des Sehsystems zulaufen, auf Verletzungen der Netzhaut nicht an-

spricht, also Schäden nicht ausgleichen kann.

Die funktionelle Kernspintomografie erlaubt es, Änderungen im Blutfluss zu messen, die mit der neuronalen Aktivität einhergehen. Im Areal V1 wird die Außenwelt so abgebildet, dass jedem Punkt des externen Sehfelds ein Punkt im V1-Kortex entspricht. Mit dem Verfahren lassen sich Aktivierungskarten erstellen, die diese Organisation des visuellen Felds in V1 in räumlicher Auflösung abbilden – und diese Karten sind bei Affen und Menschen weithin ähnlich.

Wie die Neurobiologen fanden, sind diese „topografischen Karten“ im Gehirn erwachsener Makaken nicht plastisch. Dazu schalteten sie einen Teilbereich der Netzhaut aus und suchten anschließend nach Veränderungen in der Topografie des Areals V1. „Es zeigte sich, dass die Region V1 auch siebeneinhalb Monate nach der Netzhautverletzung nicht wieder an ihre ursprüngliche Reaktivität herankommt“, sagt Logothetis. „Unsere Daten belegen, dass V1 bei erwachsenen Makaken nur über ein begrenztes Potenzial zur Reorganisation verfügt.“

Zudem zeigte die Studie der Tübinger Neurobiologen, dass sich mit der funktionellen Kernspintomografie die Organisation kortikaler Strukturen über einen längeren Zeitraum überwachen lässt – und dass sich diese Technik damit optimal auch für die genaue Beobachtung der Gehirnorganisation von neurologischen Patienten eignet. Weitere Untersuchungen sollen nun erweisen, ob und inwieweit sich auch noch im erwachsenen visuellen Kortex Regenerationsprozesse anstoßen lassen.

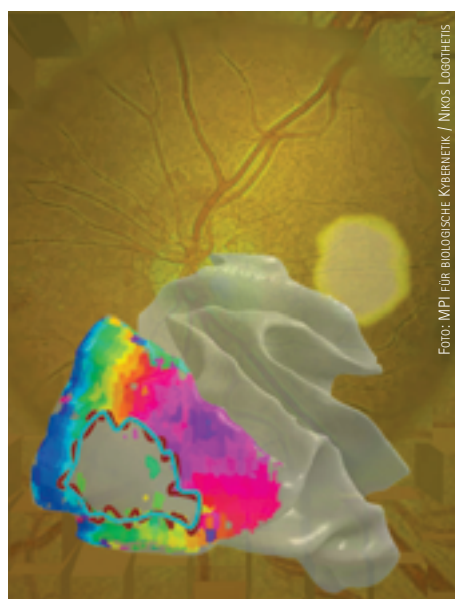


FOTO: MPI FÜR BIOLOGISCHE KYBERNETIK / NIKOS LOGOTHETIS

Das Bild im Vordergrund zeigt den primären visuellen Kortex V1, rechts außen in rot die Fovea, den Punkt des schärfsten Sehens auf der Netzhaut. Das blassgraue Areal entspricht der V1-Projektionszone der Netzhautläsion zu verschiedenen Zeitpunkten (Tag 0 und 4 Monate nach der Läsion). Die Grenzlinie um diese Zone ist fast unverändert geblieben.

Panorama



Landschaftsarchitektur: Inmitten von kunstvoll angelegten Reisterrassen liegt Batad, ein kleines Dorf im Norden von Luzon auf den Philippinen.

REISFELDERN ENTSTRÖMT METHAN, und das in erheblichen Mengen: Sie bilden die bedeutendste anthropogene Quelle für dieses klimarelevante Treibhausgas. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für terrestrische Mikrobiologie in Marburg haben jetzt die Hauptproduzenten des Methans aus Reisfeldern aufgespürt. Sie begasten dazu Reispflanzen mit Kohlendioxid, das mit isotopischem Kohlenstoff-13 markiert war. Dieses Isotop gelangte mit Photosyntheseprodukten der Pflanzen auch in deren Wurzelbereich und ließ sich auf seinem weiteren Weg verfolgen. Dabei zeigte sich, dass viele der pflanzlichen Stoffe aus Reiswurzeln von einer Gruppe so genannter methanogener Archaeobakterien aufgenommen und abgebaut werden – und diese Mikroben setzen am Ende Methan als Abfallprodukt ihres Stoffwechsels frei. Diese bislang noch nicht isolierten und weithin unbekanntenen Organismen, die eine bedeutende Rolle als Klimafaktoren spielen, sollen jetzt „dingfest“ gemacht und charakterisiert werden.

QUASARE SIND MUSTERHAFT AUFGEBAUT: In ihrem Zentrum sitzt ein Schwarzes Loch und um dieses Loch liegt ein Ring aus Gas und Staub. Dieses schon länger postulierte Modell konnte ein internationales Team von Astrophysikern, darunter auch vom Bonner Max-Planck-Institut für Radioastronomie, jetzt bestätigen: Mit Hilfe des *Spitzer Space Telescope* gelang es ihnen, die theoretisch vorhergesagte Silikatstrahlung aufzufangen. Diese Strahlung im Infrarotbereich, die sich nur bei Draufsicht auf den Staubring erfassen lässt, hatte sich bislang der Beobachtung entzogen. Mit ihrem Nachweis dürften die jahrelangen Zweifel und Diskussionen um den grundsätzlichen, einheitlichen Aufbau von Quasaren beendet sein.

VIREN GELANGEN SCHNELLER IN ZELLEN, falls die Größe stimmt: Am raschesten dringen kugelförmige Viren durch die Zellmembran, wenn ihre Durchmesser zwischen 25 und 30 Nanometer

(milliardstel Meter) betragen. Dieses Optimum ermittelten Wissenschaftler des Stuttgarter Max-Planck-Instituts für Metallforschung gemeinsam mit amerikanischen Kollegen anhand mathematischer Modelle. Auf diesen Wert hatten schon früher auch experimentelle Befunde hingewiesen. Dass er nicht nur für Viren, sondern allgemein für Nanopartikel gilt, könnte praktische Konsequenzen haben: Er liefert eine Richtlinie für die Dimensionierung bestimmter Pharmaka, die – als Moleküle oder in Transportstrukturen eingepackt – gezielt in Zellen eingeschleust werden sollen, und ebenso für die Bewertung des Risikos durch Schadstoffe, die in Form von Nanopartikeln in der Umwelt auftreten.

SPRACHEN FÄRBen AUFEINANDER AB, wenn sie geografisch benachbart sind. Dabei werden nicht nur, wie das schon lange bekannt ist, einzelne Wörter entlehnt: Es fließen auch in überraschend hohem Ausmaß grammatikalische Elemente von der einen in die andere Sprache ein. So können einander fremde, aus getrennten Wurzeln entwickelte Sprachen durch Nachbarschaft in eine Art Verwandtschaft hineinwachsen. Diesen bislang unterschätzten Sachverhalt offenbart – im wahrsten Sinn des Wortes „augenfällig“ – der Weltatlas der Sprachkulturen, den eine Arbeitsgruppe am Leipziger Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie vor kurzem vorgestellt hat. Der Atlas verzeichnet auf 142 Weltkarten die geografische Verteilung der Strukturvariablen und grammatikalischen Eigenheiten von 2560 der insgesamt rund 7000 heute noch gesprochenen Sprachen. Er gibt beispielsweise Auskunft über Pluralbildungen, über spezifische Wortstellungen, Passivkonstruktionen, den Gebrauch von Zahlwörtern, Farbadjektiven oder seltener Laute wie „ö“ oder „ü“. Der Atlas, zu dem 50 Autoren beigetragen haben, führt die Arbeiten vieler tausend Sprachforscher zusammen und schafft der vergleichenden Sprachforschung eine neue Grundlage.

Weitere Informationen erhalten Sie von: PROF. NIKOS LOGOTHETIS, Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Tübingen. Tel.: + 49 7071 601-651, Fax: + 49 7071 601-520, E-Mail: nikos.logothetis@tuebingen.mpg.de

FOTO: MPI FÜR TERRESTISCHE MIKROBIOLOGIE



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