

STAMMZELLFORSCHUNG

Größtenteils harmlose Gentaxis

IP-Stammzellen entstehen auch ohne bedenkliche Virentransporter

VON JAN OSTERKAMP

In der Traumwelt der medizinischen Zukunft heilt ein Teil des Körpers einen anderen: Kranke Zellen hier werden durch gesunde von dort ersetzt, nachdem diese zuvor nur kurz einmal zu Stammzellen zurückprogrammiert wurden. Im Prinzip klappt das sogar schon heute – die dabei produzierten zellulären Zellaushilfen sind allerdings selbst nicht ganz gesund. Noch, meinen Forscher.

Auch in der Stammzellforschung geht es auf und ab: Wo noch vor fünf Jahren eher mit viel Optimismus die Hoffnung plakatiert wurde, aus Stammzellen Wunderwaffen gegen jede Krankheit zu schmieden, geriet vor drei Jahren schon meist mehr die Kehrseite der Medaille in den Brennpunkt – die ethischen Probleme, an denen Forscher beim Besorgen ihres embryonalen menschlichen Materials nicht vorbeikamen. Und dann fand ein japanisches Forscherteam um Shinya Yamana plötzlich einen völlig unerwarteten und offenbar sogar bequemen Umweg: Ganz ohne Embryonen antasten zu müssen, programmierten sie erwachsene Hautzellen mit einem Gemisch aus nur vier Wirkstoffen in einen vielseitigen, stammzellähnlichen Urzustand zurück – die »induzierte pluripotente Stammzelle« (iPS) war geboren.

Viele halten diese Entdeckung schon heute, gut eineinhalb Jahre



© Pixello.de/Oecherf88

OZEANOGRAPHIE

Enten im Eis

Plastikspielzeug soll Gletscherschmelze erkunden helfen

VON DANIEL LINGENHÖHL

Sie ist klein, gelb und wurde durch Loriot und die Sesamstraße berühmt: das Quietscheentchen genannte Plastikgetier, das sich in fast jeder deutschen Badewanne tummelt. Die schwimmenden Hohlkörper leisten aber noch viel mehr als Kindern Gesellschaft bei der großen samstäglichem Wäsche: Unfreiwillig im Dienste der Wissenschaft dümpeln sie durch die Weltmeere – und sollen nun eine Reise ins Eis antreten.

Am 10. Januar 1992 geriet mitten im Nordpazifik ein Frachter auf dem Weg von Hongkong nach Tacoma in den USA in einen starken Sturm. Die schwere See spülte einige der an Bord geladenen Container von Deck, darunter eine Ladung Plastikbadespielzeug. Als bald trieben knapp 29 000 gelbe Enten, grüne Frösche, blaue Schildkröten und rote Biber in den Fluten – und machten sich auf zu einer Reise um die Erde.

Knapp acht bis zehn Monate später landeten die ersten der Tiere

an den Gestaden Alaskas, andere strandeten in Chile, Australien und Indonesien: Sie folgten der großen Pazifischen Ringströmung, die den nördlichen Teil des Ozeans umrundet und von der immer wieder kleinere Abzweigungen in Küstennähe oder andere Meere führen. Und sie erregten die Aufmerksamkeit des Ozeanografen Curtis Ebbesmeyer – damals an der University of Washington in Seattle –, der nun ihr weiteres Schicksal verfolgte und mit Computermodellierungen voraussagte, wohin sie als Nächstes schwimmen

Liebe
Leserin,
lieber
Leser,



es ist so weit, Sie halten die erste Ausgabe von »spektrumdirekt – Die Woche« in Händen – zumindest, wenn Sie sie ausgedruckt haben. Mit der ersten deutschsprachigen Wochenzeitung zur Wissenschaft möchten wir Sie schnell, aber dennoch mit Tiefgang und gutem Layout über die wichtigsten und interessantesten Erkenntnisse in der Forschung informieren. »spektrumdirekt Premium«-Abonnenten von finden »Die Woche« auf Wunsch freitags in ihrem E-Mail-Postfach – und können sie dann in Ruhe am Wochenende lesen.

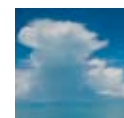
Viel Freude beim Lesen wünscht

Richard Zinken
Chefredakteur spektrumdirekt

IN DIESER AUSGABE:



KOSMISCHE OBJEKTE
Blitze aus dem Leben danach
Sichtbare Magnetar-Lichtblitze verwirren Astrotheoretiker



ATMOSPÄREN-CHEMIE
Chemischer Äquator entdeckt



ENTOMOLOGIE
Ameisen opfern sich selbst

Fortsetzung Seite 4

Fortsetzung Seite 2

FORTSETZUNG VON SEITE 1

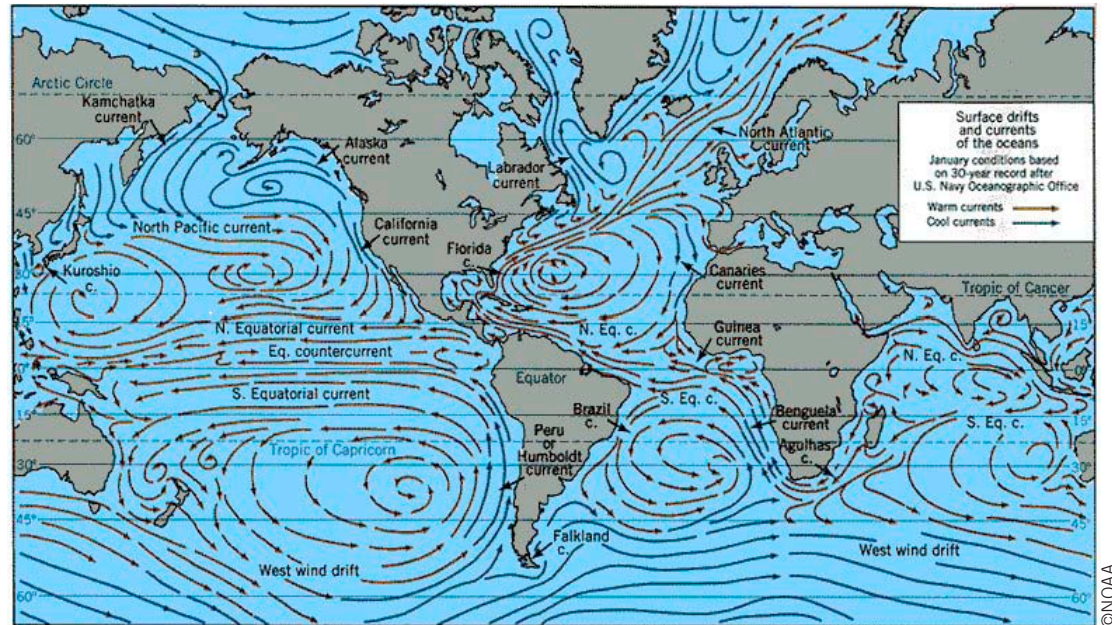
Enten im Eis

würden. Freiwillige Helfer wie Badegäste, Strandspaziergänger oder Küstenschutz meldeten ihm rund um den Pazifik, wo und wann das Getier festes Land erreicht hatte.

Durch die Nordostpassage

Wie prognostiziert, schwemmte es Enten, Biber und Konsorten in den Jahren nach der Havarie noch mehrfach an die Küsten Alaskas, Japans und des US-Bundesstaats Washington, bevor sie den Pazifik über die Beringstraße etwa um 1996 verließen. Im eisig kalten Norden schloss das Eis sie ein, doch wurden sie keineswegs zerquetscht oder aufgerieben, sondern drifteten langsam mit ihrer frostigen Hülle hinüber in den Nordatlantik. Fünf bis sechs Jahre sollte diese Reise dauern, und tatsächlich tauchten ab 2001 die ersten »Friendly Floatees« – so benannt von der Herstellerfirma The First Years, Inc. – in Kanada und dem Nordosten der USA auf: Ihre Aufschrift verrät, dass sie die echten Weltenbummler sein mussten.

Ein größerer Teil der Gummiflotte bog allerdings im Labradorstrom scharf nach Osten ab und folgte dem Golfstromsystem gen Europa, wo die Ankunft ab 2007 von Presse und Forschung begleitet wurde. »Die Ersten der Plastikenteninvasion gehen in Devon an Land«, titelte die »Times« in freudiger Erwartung, »Nach 15 Jahren auf See. Tausende Quackscheenten nehmen Kurs auf England« meldete aufgeregt der »Spiegel«. Und tatsächlich trudelten ab August immer mehr der weit gereisten Gesellen in Irland, Südwestengland und später der Bretagne ein – die Enten und Biber von Sonne und Salzwasser ausgebleicht, die Schildkröten und Frösche



dagegen fast in alter Farbfrische. 27 000 Kilometer hatten manche bereits zurückgelegt und damit auch die Erforschung der Meeresströmungen vorangebracht.

Nun im Dienste der Klimatologen

Ein Erfolg, der nun Alberto Behar vom Jet Propulsion Laboratory der NASA im kalifornischen Pasadena inspirierte. Der Forscher möchte mit Gummienten der arktischen Gletscherschmelze am Jakobshavn Isbræ auf Grönland nachspüren. Diese enorme Walze aus gefrorenem Wasser ist gegenwärtig auch die am schnellsten fließende der arktischen Insel: Sieben Prozent des gesamten Eises, das Grönland jedes Jahr in den Nordatlantik entlässt, stammt vom Jakobshavn, jeden Tag schiebt er sich um 15 bis 35 Meter voran. Und das macht ihn besonders interessant für Klima- und Gletscherforscher, die wissen wollen, wie sich die steigenden Temperaturen auf seinen Zusammenhalt,

Meeresströmungen

Mit Hilfe verschiedener Meeresströmungen reisten die Quackscheenten um die Welt – etwa mit dem Pazifischen Ringstrom gen Nord- und Südamerika, Australien und Japan oder mit dem Golfstrom nach Europa.



©INFOBAE

Friendly Floatee vorher und nachher

Plastikente nach ausgiebiger Reise durch die Ozeane: Salzwasser und Sonneneinstrahlung haben dem ursprünglichen Schwimmhohlkörper ziemlich zugesetzt.

seine Geschwindigkeit und Überlebensdauer auswirken.

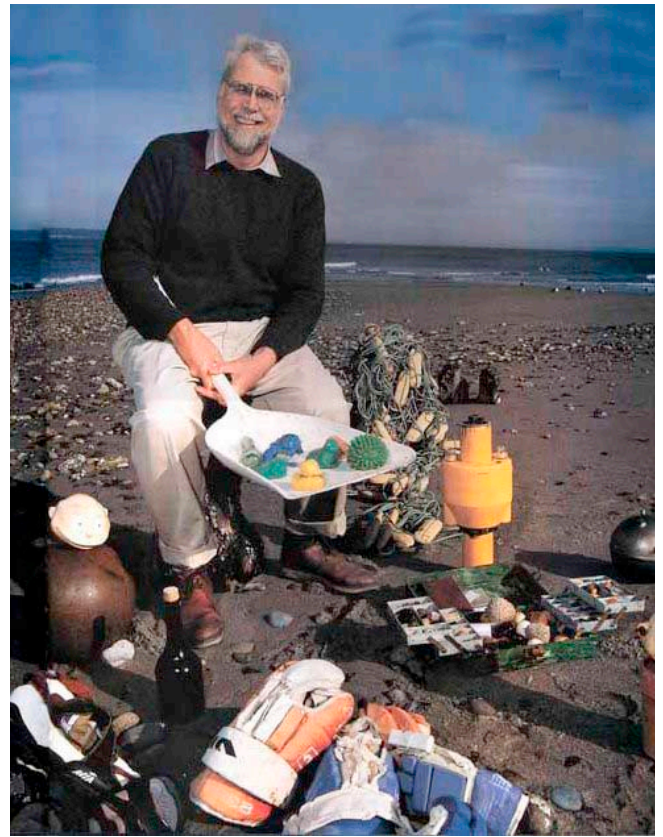
Während die abbröckelnde Spitze des Jakobshavn jedoch mit bloßem Auge erkennbar ist, bleiben die Schmelzwasserströme in seinem Inneren unsichtbar. Niemand weiß daher bislang, was seine sommerlichen Tempovorstöße auslöst: Möglicherweise verschwindet das Tauwasser in Löchern des Gletscherkörpers, sickert durch bis zum Grund und schafft dort einen Film, auf dem der Eisriese beschleunigt dahingleitet – doch das ist noch reine Spekulation.

Hier setzt nun der kalifornische Wissenschaftler an: Mitsamt 90 der beliebten Badeutensilien flog er im letzten August ins gar nicht mehr so ewige Eis Grönlands und stellte sie dort in einer so genannten Gletschermühle in den Dienst der Glaziologie – vollgepackt mit Instrumenten und einem GPS-Sender, der ihren Weg über Funk weitermelden soll, bis die Batterien leer sind. Thermometer und Barometer sollen Druck und Temperatur unterwegs aufzeichnen, ein Geschwindigkeitsmesser das Tempo notieren – etwa ob die Enten gletscherinterne Wasserfälle hinabstürzen oder ob sie zeitweise in eisigen Kammern enden.

Eisiger Tod oder gute Reise?

Und irgendwann, so hofft Behar, stürzen seine kleinen Helfer mit Schmelzwasser oder einem Eisberg ins Meer, werden an Land getrieben und von einem Jäger oder Fischer gefunden: Die Aufschriften »Wissenschaftliches Experiment« und »Belohnung« sollen jedenfalls ermuntern, an die ebenfalls angegebene E-Mail-Adresse zu schreiben. Bislang habe sich allerdings noch niemand bei ihm gemeldet, so Behar gegenüber »Reuters«. Doch er hofft noch: »Die Ecken dort oben sind ziemlich einsam, und es laufen nicht allzu viele Menschen herum. Es könnte also dauern, bis die Enten gefunden werden und uns jemand anschreibt.«

Vielleicht brauchen sie aber auch noch länger, sollten sie nicht ohnehin am Grunde des Gletschers von den enormen Drücken und Kräften aufgerieben werden. Denn womöglich ist die Eiszunge des Jakobshavn auch die Mutter jenes unglückseligen Eisbergs, der 1912 die Titanic auf den Grund des Atlantiks schickte. Behars Gummivehikel könnten also auch diesem Kurs folgen und die Kurve in den Labradorstrom kratzen – und zur Weltumschwimmung ansetzen. <<



©NOAA

Curtis Ebbesmeyer mit Treibgut

Mit Hilfe der Friendly Floatees – von denen einige grüne Frösche, eine gelbe Ente und eine blaue Schildkröte auf der Schaufel sitzen – und anderem Treibgut erforscht der Ozeanograf Curtis Ebbesmeyer die Meeresströmungen.

KLIMAWANDEL

Kaum jemand zweifelt noch daran, dass der Mensch dem Planeten Erde kräftig einheizt. Welche Folgen davon jetzt schon zu sehen sind und welche Auswirkungen uns in Zukunft erwarten, bietet allerdings noch viel Stoff für Diskussionen.

@ www.spektrumdirekt.de/klima

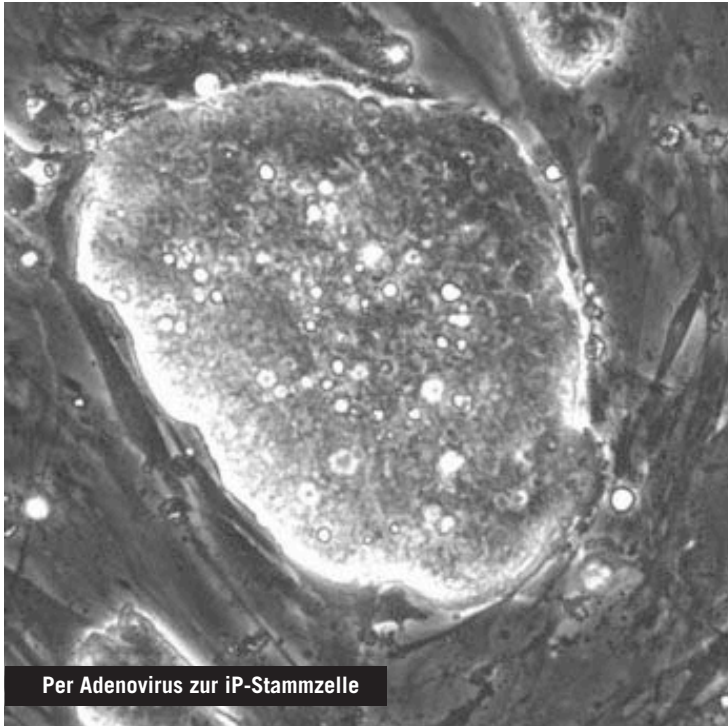
MEERE

Aus dem Meer kommt alles Leben – und noch heute sind die Ozeane von übergeordneter Wichtigkeit für uns Menschen. Sie liefern Nahrung, speichern Kohlendioxid und sind gewichtiger Teil des globalen Wasserkreislaufs. Dennoch wissen wir wenig über sie.

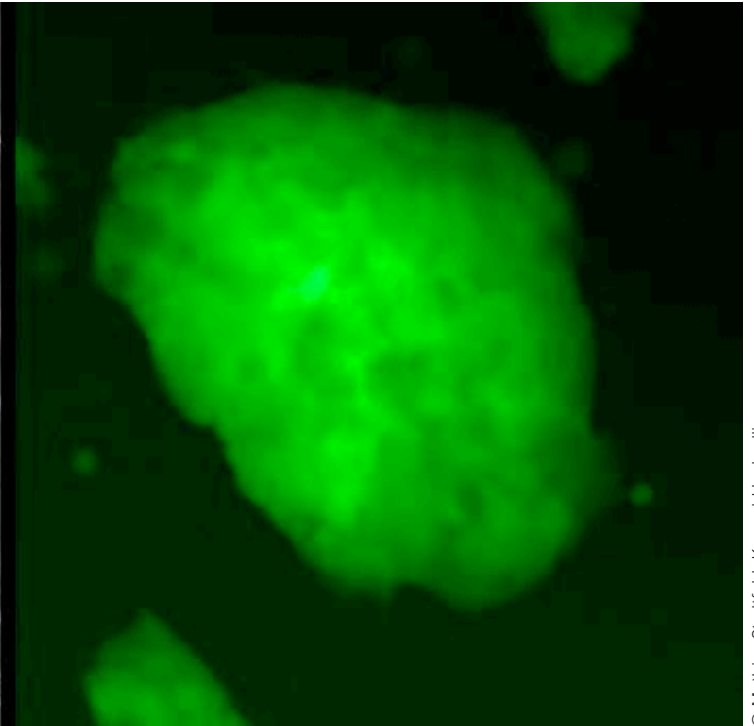
@ www.spektrumdirekt.de/meer

FORTSETZUNG VON SEITE 1

Größtenteils harmlose Gentaxis



Per Adenovirus zur iP-Stammzelle



später, für eindeutig nobelpreiswürdig – sie verspricht, in Zukunft einmal Kranke mit einfach zu gewinnenden, genetisch kompatiblen Zellersatzteilen aus dem eigenen Körper therapieren zu können. In einer Serie von weiteren Studien bewiesen verschiedene Forscher dann in den letzten Monaten, dass sich tatsächlich allerlei Sorten der gewöhnlichen ausgewachsenen Zellen von Mäusen und Menschen zu iP-Stammzellen verwandeln lassen.

Ausgelöst wurde die zelluläre Verwandlung in den bahnbrechenden ersten Versuchen durch den simplen Cocktail aus den vier Transkriptionsfaktoren Oct4, Sox2, Klf4 und c-Myc, die – per Virusfahre in die erwachsene

Ausgangszelle transportiert – einen ausgereiften Spezialisten in eine pluripotente Stammzelle verwandelten. Sofort war die Wissenschaftlergemeinschaft daran gegangen, dieses Rezept weiter zu verfeinern – denn obwohl sensationell, birgt es dennoch einige unverdauliche Bestandteile.

Schwer im Magen lag besonders einer der vier in die Zellen geschleusten Inhaltsstoffe, der Transkriptionsfaktor c-Myc: Er ist bekannt dafür, Krebs auszulösen. Wissenschaftlern wie Hans Schöler vom Max-Planck-Institut für molekulare Biomedizin in Münster und anderen gelang es allerdings, auch ohne c-Myc und Sox2 iP-Stammzellen zu erzeugen und damit das Risiko zu mini-

mieren, dass die erzeugten Zellen entarten und – im Ernstfall einer Zelltherapie am Menschen – dann Krebs auslösen könnten, statt zu heilen. Noch ist der vereinfachte Weg zur Stammzelle nach der Zwei-statt-vier-Transkriptionsfaktoren-Methode eher steinig, weil uneffektiv und nicht bei jedem Zelltyp anwendbar – immerhin aber schon gangbar.

Ein zweites Krebsrisiko der iPS-Pioniermethode wäre allerdings auch dann nicht minimiert, wenn nur noch ein einziger Faktor als Reprogrammierungsbefehl ausreichen würde: Oct4, Sox2, Klf4 und c-Myc gelangten in die Zellen mit Hilfe von Retroviren, die sich mitsamt den Bauanleitungen für die Transkriptionsfaktoren relativ

wahllos in das Genom einbauen. Leicht können dabei genetische Kollateralschäden auftreten, die die Zelle irgendwann im Laufe ihres reprogrammierten Lebens entarten lassen. Die Forscher suchten daher weltweit schon früh nach alternativen Genfähren, die das Erbgut der Empfängerzelle nicht gefährden.

Naheliegend waren da die Adenoviren, fanden nicht nur Konrad Hochedlinger von der Harvard Medical School und seine Kollegen: Diese im normalen Leben hochinfektiosen Schnupfenerreger dienen im Genlabor schon seit Langem als nebenwirkungsarme Erbguttransporter, weil sie über Mittel verfügen, ihre Gene vervielfältigen zu lassen, ohne die

DNA ihrer Wirtszelle anzutasten. Hochedlinger und Co machten sich nun daran zu testen, ob sie den Reprogrammierungscocktail auch per Adenoviren wirkungsvoll in Empfängerzellen von Mäusen transportieren können.

Als Empfänger nutzten sie dabei Leberzellen, die besonders empfänglich gegenüber einer Adenovireninfektion und zudem leichter reprogrammierbar sind. Mit Erfolg ließen sie die viralen Gefahren mit eingebauten DNA-Abschnitten der vier Transkriptionsfaktoren Oct4, Sox2, Klf4 und c-Myc auf sie los: Bei einer Dosis von nur ein bis vier Viren pro Zelle konnten immerhin 70 bis 80 Prozent aller Empfängerzellen infiziert werden; in mindestens der Hälfte fanden sich am Ende auch die vier Transkriptionsfaktoren. Verschiedene weitere Tests belegten schließlich, dass die Transkriptionsfaktoren in den reprogrammierten Zellen zwar produziert wurden, nicht aber in das Genom der Zellen eingebaut waren.

Trotzdem entwickelten die Zellen sich aber in echte iP-Stammzellen, so die Forscher weiter: In Mäuse eingebracht, integrierten speziell behandelte »adeno-ipS-Zellen« sich nahtlos in das Gewebe und teilten sich dort munter und normal, also ohne dabei etwa schnell zu entarten.

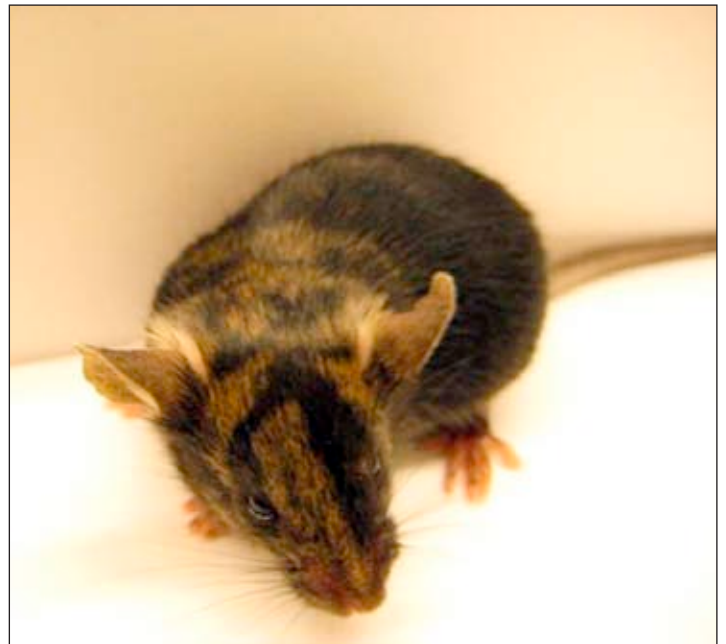
Ein paar Nachteile müssen aber weiter in Kauf genommen werden, bremsen die Forscher zu übertriebenen Optimismus. Da wäre zum Beispiel die vergleichsweise geringe Effektivität, mit der sich aus den Adeno-iPS-Zellen im nächsten Schritt schließlich verschiedene Gewebetypen gewinnen lassen. Dies mag damit zusammenhängen, dass die Transkriptionsfaktoren nur in einem bestimmten, kurzen Zeitfenster

aktiv sind und die Zelle deswegen nicht in einen dauerhaften pluripotenten Zustand versetzten, spekulieren Hochedlinger und Co. Weitere Forschung sei nötig – nun aber eben auch an einem weiteren Typus Stammzellen möglich, der nicht durch ungesteuerte genetische Einbauten in seine DNA modifiziert wurde.

Die Studie könnte den Weg zu einem iP-Subtyp ebnen, der mit weniger Bedenken bezüglich möglicher Entartungen eingesetzt werden könnte – im Augenblick ist er allerdings noch weniger gut erforscht als die ohnehin in vielerlei Hinsicht mysteriösen iP-Stammzellen generell. Es bleibt durchaus vorstellbar, dass Adenoviren in der Zukunft doch keine ganz große Rolle in der Stammzelltherapie spielen werden. Als Alternative arbeiten Stammzellforscher wie Hans Schöler und andere weiter daran, pluripotente Stammzellen ganz ohne die Hilfe von Viren zu induzieren. Sie setzen dabei auf kleine Moleküle, die ohne Hilfe in den Zellkern eindringen und dort das Ablesen von Genen gezielt modifizieren, um den zellulären Jungbrunnen sprudeln zu lassen.

Egal, ob sich dieser virenfreie oder der nun Boden gewinnende adenovirale Weg durchsetzt – beide Verfahren sind noch weit von einer echten therapeutischen Anwendung entfernt. Das Auf und Ab der Stammzellforschung wird sich fortsetzen, bis mehr über den biologischen Hintergrund, die Dauerhaftigkeit und die Fähigkeit zur Gewebeintegration der neuen Stammzellaltesköpfer bekannt ist. <<

Stadtfield, M. et al.: Induced Pluripotent Stem Cells Generated Without Viral Integration. In: Science 10.1126/science.1162494, 2008.



© Mathias Stadtfield, Konrad Hochedlinger

Maus mit implantierten iPS-Zellen

Diese Maus zeugt von einem erfolgreichen Versuch: In ihrem Körper sind Zellen enthalten, die zunächst aus der Haut des Schwanzes entnommen, per Adenoviren in iPS-Zellen rückprogrammiert und dann wieder injiziert wurden. Die pluripotenten Zellen bauten sich schließlich in verschiedene Gewebezellen um und integrierten sich nahtlos und scheinbar nebenwirkungsfrei.

DOSSIER Klon- und Stammzellforschung



© University of Wisconsin-Madison



© Shoukhrat Mitalipov

@ www.spektrumdirekt.de/klonen

MAGNETISMUS

Kipplige Magnetspeicher

Festkörper direkt mit elektrischer Spannung magnetisieren

VON OLAF FRITSCHKE

Notebooks werden immer kleiner, leistungsfähiger und bunter. Nur eines bleibt seit ihren Anfängen gleich: Der Akku macht nach wenigen Stunden schlapp. Einer der gierigsten Stromfresser ist dabei die Festplatte. Mit einem neuen Prinzip könnte die sich aber in Zukunft mit kleinsten Häppchen Energie begnügen.

Es gibt Orte, an die sollten Sie Ihr Notebook besser nicht mitnehmen. Ins Schwimmbad beispielsweise, in die Sauna oder ... in die Nähe eines starken Magnetfeldes. Es sei denn, Sie haben sowieso vor, gründlichst alle Daten auf Ihrer Festplatte zu löschen. Das geht mit einem Magnetfeld nämlich ausgezeichnet, weil jede Information dort in Form winziger Magnet-Einsen und -Nullen gespeichert ist. Sozusagen wie mit virtuellen Kompassnadeln, die auf Kommando nach links oder rechts weisen.

Die Kommandos kommen einerseits von Ihnen – wenn Sie auf »Speichern« klicken –, ausgeführt werden sie aber von kleinen Elektromagneten, die über die magnetisierbaren Schichten der Festplatte sausen. Fließt durch deren Spulen ein elektrischer Strom, baut sich um die Spulen herum ein magnetisches Feld auf, das die Ausrichtung der Speicherstellen auf der Platte verändert.

Ein unnötiger Umweg, der obendrein viel zu viel Energie kostet, finden Forscher um Hideo Ohno von der Tohoku University im japanischen Sendai. Denn statt mit dem elektrischen Strom zuerst ein vermittelndes Magnetfeld zu erzeugen, das dann die Informationen in eine weitere Magnetisierung schreibt, könnte man doch direkt mit elektrischer Energie magnetische Momente manipulieren. Eine wirklich ausgezeichnete Idee – die nur leider nicht so einfach zu realisieren ist. Bisherige Versuche anderer Arbeitsgruppen setzten meist so exotische Komponenten voraus

wie Ströme von Elektronen mit vorsortiertem Spin. Eine Technik, die funktioniert, allerdings auf absehbare Zeit nur im Labor. Für günstige Kleinstcomputer wäre sie jedenfalls viel zu aufwändig.

Ohnos Team wählte in seinen Experimenten darum einen anderen Weg. Die Wissenschaftler erstellten aus herkömmlichen Materialien der Elektronik ein Sandwich mit drei Lagen: Auf die magnetische Schicht aus einer Legierung von Gallium (Ga) und Mangan (Mn), die gezielt mit Arsen (As) verunreinigt war, folgten ein Isolator und eine metallische Lage aus Chrom und Gold. Nichts Besonderes also. Und damit wie gewünscht dicht an der alltags-technischen Realität.

Die kleinen Magnetmomente, die es zu verändern gilt, befinden sich in der (Ga, Mn)As-Schicht. In deren Kristallgitter hat das Arsen zugleich für »überschüssige« Elektronen gesorgt, die recht mobil sind. Solch eine Wanderung ist jedoch magnetisch äußerst heikel, denn die Elektronen sind mit ihren Spins zum großen Teil für das Magnetfeld im Festkörper verantwortlich. Wird der Spin eines Elektrons nicht vom entgegengesetzten Spin eines anderen Elektrons ausgeglichen, ergibt dies ein winziges magnetisches Moment. Und da sich aus solchen Minimomenten das speichernde Moment des Bauteils ergibt, würde es ausreichen, die beweglichen Elektronen in der Schicht kontrolliert zu verschieben.

Diese Aufgabe übertrugen die Japaner einer elektrischen Gleich-



©Daichi Chiba

Magnetfelder verbiegen mit Spannung

Das magnetische Moment (roter Pfeil) in einer magnetischen Schicht (Ferromagnet) kann durch ein elektrisches Feld (E) verschoben werden. Dazu braucht nur eine Spannung angelegt zu werden. Die isolierende Schicht (Insulator) verhindert, dass tatsächlich Strom fließt.

spannung, die sie zwischen der magnetischen und der metallischen Schicht anlegten. Obwohl wegen der isolierenden Zwischenschicht kein Strom floss, spürten die beweglichen Elektronen dennoch den Sog des elektrischen Feldes und folgten ihm. Dadurch geriet das magnetische Gleichgewicht ein bisschen ins Wanken – und die Richtung des magnetischen Moments verschob sich um etwa zehn Grad.

Die Veränderung ist nicht sehr groß, und die Auslenkung geht auch wieder verloren, sobald die elektrische Spannung abgeschaltet wird. Aber die Wissenschaftler sind zuversichtlich, dass sie bald eine Komposition präsen-

tieren können, die zwischen zwei stabilen Zuständen hin- und herschalten kann. Damit wäre dann ein wesentlicher Schritt zu einem magnetisch angesteuerten Magnetspeicher gelungen. Weil dabei der Umweg über die Spule entfiel und nicht einmal wirklich Strom fließen muss, würde so eine Festplatte sehr viel weniger Energie verbrauchen. Ein Notebook, das damit lief, dürften wir weiterhin nicht mit ins Schwimmbad, in die Sauna oder in starke Magnetfelder nehmen – aber im Park oder am Schreibtisch würde es bestimmt deutlich länger durchhalten. <<

Chiba, D. et al.: Magnetization vector manipulation by electric fields. In: Nature 455(7212), S. 515-518, 2008.

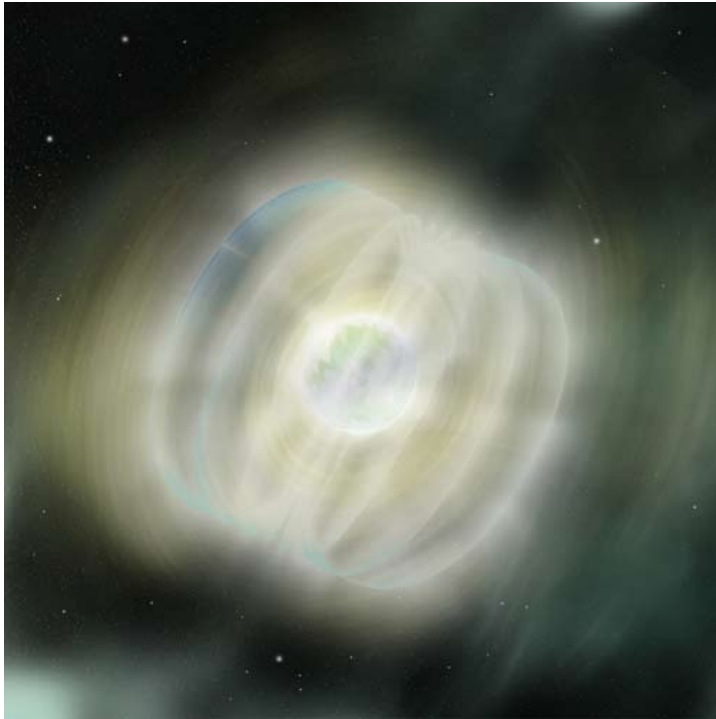
KOSMISCHE OBJEKTE

Blitze aus dem Leben danach

Sichtbare Magnetar-Lichtblitze verwirren Astrotheoretiker

VON JAN OSTERKAMP

Im Objektzoo des Alls müssen am Gehege »Neutronensterne« wieder einmal Renovierungsarbeiten vorgenommen werden: Zwischen Pulsaren und Magnetaren tummeln sich mysteriöse Strahlungsquellen, die bisher noch nie gesehen wurden.



©NASA/Swift/Sonoma State University/A. Simonnet

Ein Magnetar

Magnetare sind Neutronensterne mit extrem starken Magnetfeldern, die Billionen Mal so groß sind wie das unserer Erde.

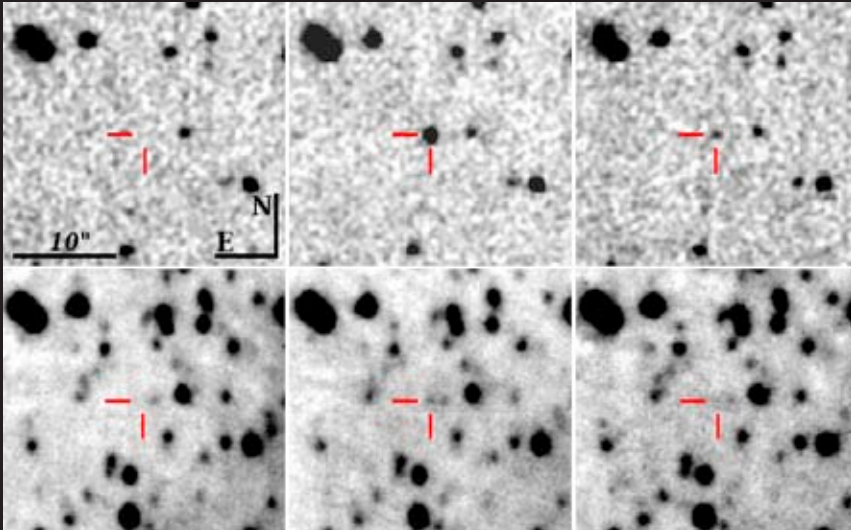
Eine Supernova ist eindrucksvoll, auch aus einiger Entfernung – immerhin röchelt da eine ganze Sonne heftig und vergebens nach dem letzten Fitzelchen Kernbrennstoff, kollabiert dann unter dem Druck ihrer eigenen Masse und feuert endlich die dabei extrem zusammengebackenen Restbestandteile in einem finalen Todesblitz in die nähere und ferne Umgebung, gewaltige Strahlungswellenfronten inklusive. Obwohl: Mit den Endzeitumschreibungen »final« und »Tod« ist die spektakuläre Explosion massereicher Sterne eindeutig falsch etikettiert. Es gibt schließlich ein Leben nach der Supernova.

Genauer gesagt: nicht nur eines. Vielmehr bieten sich Exsonnen in ihrer Postsupernova-Phase sogar mehrere Karrierewege – abhängig davon, wie viel Masse die Sterne einst in sich vereinigt hatten. Objekte mit dem Materieinhalt von ursprünglich rund 8 bis 15 unserer Sonnen zum Beispiel etablieren sich als Neutronensterne: Nach der Explosion sammeln sich die Reste in einer sehr kompakten Kugel mit wenigen Kilometern Durchmesser, einem wegen des enormen Drucks fast nur Neutronen enthaltenden Inneren und einer festen Kruste. Solch ein zusammengeschnurrter Stern rotiert schnell um seine eigene Achse – je kleiner, desto schneller geworden, wie eine pirouettierende Eiskunstläuferin –, wobei er entlang seinen Curtis Ebbesmeyer magnetischen Feldlinien Strahlung im Radiowellenbereich aussendet. Mehr als 1700 derartige Pulsare, deren Wellen

wie das Licht eines Leuchtturms die Erde in äußerst regelmäßigen Zyklen bestreichen, haben Astronomen bislang entdeckt.

Aber auch Neutronenstern ist nicht immer Neutronenstern, wie Astronomen schon bald betonten: Manche Verwandten der komprimierten Exsterne zeichneten sich zur Überraschung der Experten dadurch aus, dass sie an Stelle von Radiowellen die viel energiereichere Gammastrahlung in enormen Mengen abstrahlen. Die dafür notwendigen Energien speisen sich vermutlich aus ungeheuer starken Magnetfeldern dieser Exoten: Sie verstärken sich auf Grund eines sich selbst hochschaukelnden Effektes, an dem der mitsamt seinem eigenen Magnetfeld rotierende Stern und den in seinem Inneren noch schneller umherschwappenden und dabei eigene Magnetfeldlinien zwirbelnden Plasmaströmungen beteiligt sind.

Dies erzeugt Magnetfelder von vielleicht bis zu 100 Gigatesla, welche etwa eine Milliarde stärker sind als die stärksten in irdischen Laboren bisher überhaupt erzeugbaren Felder. Praxisfern, aber vielleicht anschaulicher: Daten auf einer Magnetspeicher-Kreditkarte löscht so ein Feld unwiderruflich, wenn diese – warum auch immer – in einer Erde-Mond-Distanz vom Magnetfeldmonster durchs All treiben würde. Diesen Typus der Neutronensterne taufte Astronomen »Magnetare«. Bis kürzlich haben sie ein gutes Dutzend dieser Objekte auch tatsächlich in den Weiten des Raumes entdeckt



©A. de Ugarte Postigo, A. J. Castro-Tirado et al.

Magnetar SWIFT J195509

Die im optischen Wellenlängenbereich aufgenommene obere Bildserie zeigt, wie die Strahlungsquelle SWIFT J195509 zunächst ein paar Sekunden lang rund 100-mal heller wird. Unten wird der schwache Ausbruch im nahen Infrarot gezeigt, den der vermutete Magnetar nach einigen Tagen abstrahlte, bevor er fürs Erste – und wohl für ein paar Jahre – wieder verstummte.

und untersucht, wenn auch noch längst nicht gründlichst.

Die vermeintliche Nummer 16, sie trägt den sperrigen Eigennamen SWIFT J195509.6+261406, ist aber etwas Besonderes, berichten nun Alexander Stefanescu vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik und seine Kollegen sowie ein Team um Alberto Castro-Tirado vom andalusischen Instituto de Astrofísica [1,2]. Zunächst hatte das Objekt sich durch einen simplen Gammastrahlenblitz dem Satelliten Swift verraten, der nach ebensolchen Ereignissen routinemäßig den Himmel absucht. Bald nach einer sofort eingeleiteten Inaugenscheinnahme durch eine Reihe anderer Teleskope und Radiowellenanalysen stand aber fest, dass der Blitz nicht einer von vielen in den Weiten des Universums strahlender Gamma-Ray-Bursts ist, sondern von viel näher, in unserer eigenen Milchstraße aus

rund 13 000 Lichtjahren Entfernung abgefeuert wurde. Ein isolierter Gammastrahler? Also womöglich ein neuer Magnetar?

Was an Strahlung auf die Instrumente einprasselte, war allerdings ungewöhnlich: Nach den ersten Gammastrahlen folgte eine dreitägige Phase, in der SWIFT J195509 rund 40 Blitze im optischen Wellenlängenbereich herüberfackelte, gefolgt von einem schwachen Ausbruch im nahen infraroten Bereich nach elf Tagen. Danach versiegte die Quelle und hinterließ verblüffte Astronomen – diese Kombination an Strahlungsfeuerwerk hatte noch nie zuvor jemand analysiert.

Die enormen Magnetfeldkräfte der schnell rotierenden Magnetare führen der gängigen Theorie nach ab und an zum Aufbrechen seiner starren Hülle, wobei dann die Strahlungsblitze frei werden. Im Normalfall erzeugt dies das

typische, über eine gewisse Periode anhaltende Flackern von Ausbrüchen im Bereich weicher Gammastrahlung, die solchen Magnetaren die offizielle Bezeichnung »Soft Gamma-Ray-Repeater« einbrachte. SWIFT J195509 strahlt im Prinzip ganz ähnlich – allerdings eben im optischen Wellenlängenbereich, so Castro-Tirado, Stefanescu und Co nach ihren Untersuchungen.

Vielleicht entsteht die Strahlung hier nicht an Elektronen, sondern an schwereren und daher langsameren Ionen, die beim Umkreisen der Magnetfeldlinien daher auch elektromagnetische Wellen viel geringerer Energie abgeben – also als Licht im infraroten und optischen Spektrum. Vielleicht, so spekulieren die Forscher weiter, ist das sogar typisch für ein Bindeglied zwischen den unterschiedlichen Extremtypen der Magnetare und Pulsare – für einen mittelalten, langsam abge-

bremsten Magnetar, der nach einiger Zeit zu einem typischen unauffällig Radiowellen pulsierenden, immer langsamer vor sich hin rotierenden und isoliert durchs All treibenden Neutronenstern werden wird. Bislang nur eine Hypothese, geben die Wissenschaftler zu, immerhin aber eine wahrscheinlich überprüfbare: In den nächsten 10 bis 20 Jahren dürfte SWIFT J195509 wieder einmal aufleuchten und mehr über sich verraten. <<

[1] Stefanescu, A. et al.: Very Fast Optical Flaring from a Possible new Galactic Magnetar. In: Nature 455, S. 503-505, 2008.

[2] Castro-Tirado, A. J. et al.: Flares from a Candidate Galactic Magnetar Suggest a Missing Link to Dim Isolated Neutron Stars. In: Nature 455, S. 506-508, 2008.

ENTOMOLOGIE

Ameisen opfern sich selbst



© Martin Müller/pixelto.de

Jede Nacht geben einige Ameisen der brasilianischen Art *Forelius pusillus* freiwillig ihr Leben, um den Schutz ihres Volkes zu verbessern. Dieser Akt der Selbstopferung findet jedoch statt, ohne dass sich Feinde in der Nähe befinden, entdeckten Biologen um Adam Tofilski von der Landwirtschaftlichen Hochschule Krakaus. Damit unterscheiden sich die Ameisen von anderen sozial lebenden Insekten wie Bienen oder Wespen, die bisweilen ebenfalls in den Tod gehen, um ihresgleichen zu schützen.

Die Forscher beobachteten, wie der Ameisenstaat jeden Abend bei Sonnenuntergang seinen Bau schützte, indem die Eingänge zum Nest mit Sand verschlossen wurden. Um die Arbeiten jedoch abzuschließen, mussten bis zu acht Arbeiter von *Forelius pusillus* vor den Toren bleiben – ohne Chance, in den Schoß der Familie zurückzukehren: Bis zu 50 Minuten schaufelten sie Sand in die Öffnungen am Boden, bis sie sich nicht mehr von der Umgebung unterschieden. Dies bedeutete allerdings ihren wohl sicheren Tod, denn am nächsten Tag waren diese Tiere spurlos verschwunden.

Um zu überprüfen, was mit den Ausgeschlossenen passiert, sammelten Tofilski und seine Kollegen einige davon ein und verfrachteten sie in ein Plastikgefäß, aus dem sie nicht entkommen konnten. Bis zum folgenden Morgen starben 6 von 23 Ameisen – ein für das Volk verkräftbarer Verlust: Es besteht aus mehreren tausend Individuen. Zugleich erhöht der höchst altruistische Akt die Sicherheit des Staates.

Unklar ist den Entomologen allerdings noch, warum die Tiere verenden. Womöglich stellten sich alte oder kranke Ameisen zur Verfügung, die ohnehin kurz vor dem Ableben stünden, so Tofilski. *Forelius pusillus* zählt allerdings auch zu den eher feingliedrigen Ameisen, die ohne die schützende Umwelt des Baus also sehr schnell verhungern oder verdursten. Und auch die potenziellen Feinde sind noch nicht bekannt: In Frage kommen zum Beispiel Treiberameisen, deren umherziehende Heere häufig fremde Ameisenbauten plündern. (dl)

Tofilski, A. et al.: Pre-Emptive Defensive Self-Sacrifice by Ant Workers. In: The American Naturalist 172, im Druck.

AMPHIBIENSTERBEN

Tödlicher Frosch-Pilz in Auswilderungsprogramm eingeschleppt

Auf Mallorca ausgewilderte Nachzuchten der bedrohten Balearenkröte (*Alytes muletensis*) wurden bereits im Labor mit dem Pilz *Batrachochytrium dendrobatidis* infiziert. Er gilt als ein Hauptverursacher der weltweiten Amphibiensterbens.

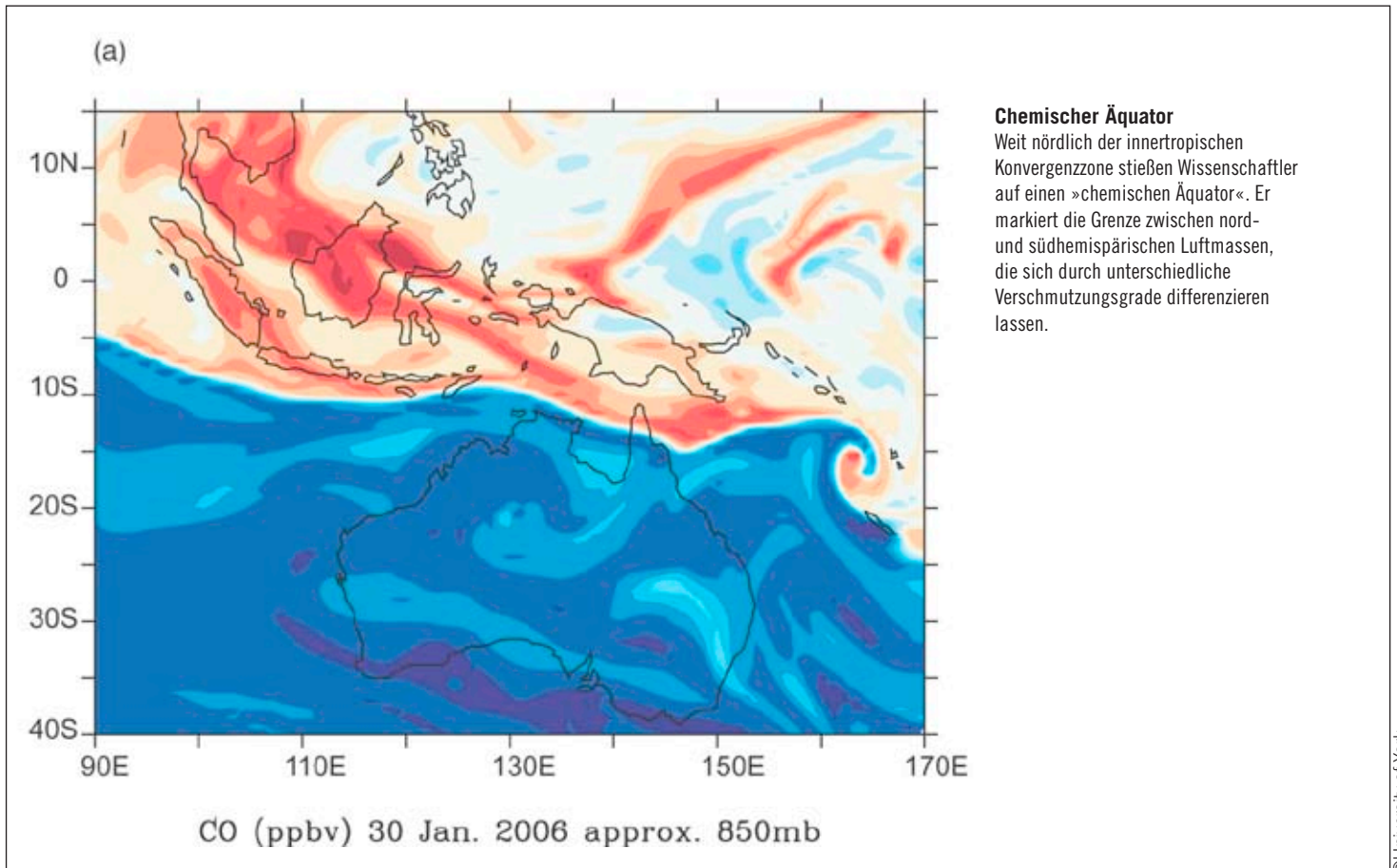
Wie Susan Walker vom Imperial College in London und ihre Kollegen feststellten, steckten sich die Tiere 1991 bei aus Südafrika importierten, ebenfalls bedrohten Kap-Krallenfröschen (*Xenopus gilli*) an, die im selben Labor gehalten worden waren. Zu dieser Zeit waren *B. dendrobatidis* und seine tödlichen Auswirkungen auf Frösche und Kröten noch unbekannt. Die Wissenschaftler entdeckten den Pilz in 4 von 21 im Freiland überprüften Krötenpopulationen, wobei in zwei dieser Lebensgemeinschaften nahezu alle Tiere den Krankheitserreger trugen. Sie gehören zu jenen Populationen, die Nachzuchtindividuen aus dem fraglichen Labor erhalten hatten.

Die World Organisation for Animal Health hat Erkrankungsfälle durch *B. dendrobatidis* inzwischen zu den meldepflichtigen Krankheiten erklärt, und internationale Nachzuchtprogramme achten seit den ersten Beschreibungen des gefährlichen Pilzbefalls Ende der 1990er Jahre verstärkt auf Quarantänemaßnahmen. Da zwei Populationen der Balearenkröte trotz Infektion überlebt haben, hoffen die Forscher, dass die Balearenkröte dem Pilz widerstehen kann. Denn bisher verläuft die Wiederansiedlung der Rote-Liste-Art auf Mallorca erfolgreich, und inzwischen stammen mehr als die Hälfte der derzeitigen Bestände aus Nachzuchten. (af)

Walker, S. F. et al.: Invasive Pathogens Threaten Species Recovery Programs. In: Current Biology 18, S. R853-854, 2008.

ATMOSPÄRENCEMIE

Chemischer Äquator entdeckt

**Chemischer Äquator**

Weit nördlich der innertropischen Konvergenzzone stießen Wissenschaftler auf einen »chemischen Äquator«. Er markiert die Grenze zwischen nord- und südhemisphärischen Luftmassen, die sich durch unterschiedliche Verschmutzungsgrade differenzieren lassen.

Die Grenze zwischen den stärker verunreinigten Luftmassen der Nordhalbkugel und den sauberen Luftschichten der Südhalbkugel verläuft unabhängig von der innertropischen Konvergenzzone (ITC), die bislang als Barriere galt. Dies ermittelten Forscher um Jacqueline Hamilton von der University of York mittels flugzeugbasierter Messdaten.

Die Wissenschaftler waren nördlich der australischen Stadt Darwin auf eine etwa 50 Kilometer breite Zone in der unteren Atmosphäre gestoßen, in der sich die Konzentrationen verschiedener

Luftverschmutzung anzeigender Aerosole und Gase wie Kohlenmonoxid drastisch änderten. Verantwortlich für die hohe Belastung nördlich dieses chemischen Äquators waren ausgedehnte Waldbrände im Norden Sumatras und Thailands, während ein ausgeprägtes Tiefdruckgebiet über Nordaustralien saubere Luft aus den südpolaren Breiten ansog.

In der Zeit der Datenerhebung – Ende Januar bis Anfang Februar 2006 – befand sich die innertropische Konvergenzzone über der Mitte des australischen Kontinents und damit südlich der

chemischen Grenze. In der ITC, die sich mit dem Sonnenstand jahreszeitlich verschiebt, treffen die Passatwinde der beiden Erdhalbkugeln aufeinander. Bislang galten die dadurch aufsteigenden Luftmassen als natürliche Barriere für den Austausch süd- und nordhemisphärischer Luft.

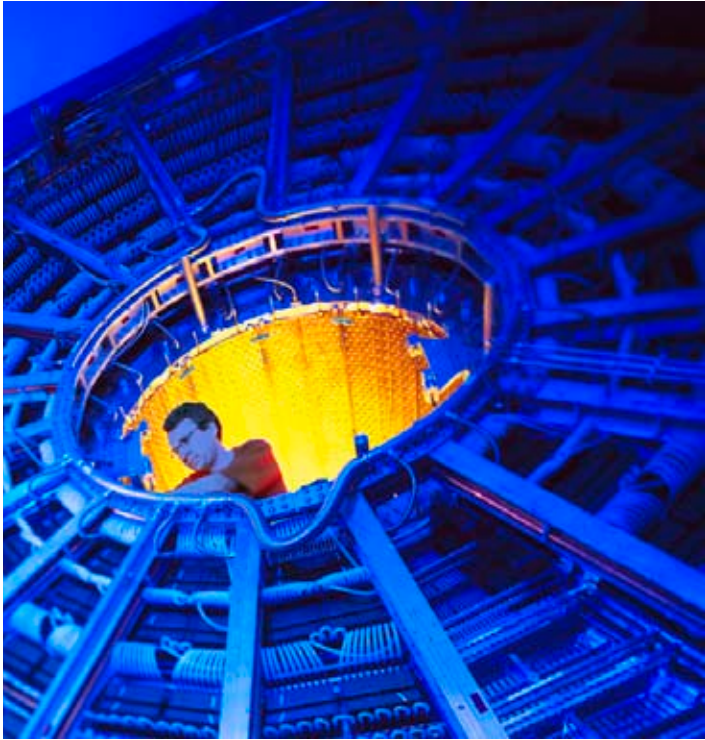
Aus den Daten folgt, dass bisherige Simulationen zum Transport von Emissionen überarbeitet werden müssen. Eine wichtige Rolle könnten dabei die extrem warmen Oberflächentemperaturen des Westpazifiks spielen. Sie führen durch entsprechende

Luftdruckgegensätze zu häufigen und schweren Stürmen, die wie Pumpen die verunreinigte Luft in größere Höhen saugen, wo die Gase und Aerosole länger erhalten bleiben. (af)

Hamilton, J. F. et al.: Observations of an Atmospheric Chemical Equator and its Implications for the Tropical Warm Pool Region. In: *Journal of Geophysical Research – Atmosphere* 10.1029/2008JD009940, 2008.

GRUNDLAGENFORSCHUNG

LHC für Monate abgeschaltet

**Spurendriftkammer**

Das Bild zeigt die Spurendriftkammer des Detektors Alice (*A Large Ion Collider Experiment*), in dem später einmal die bei den Kollisionen entstehenden Teilchen analysiert werden.

© Cern

Schwerer Rückschlag für die vor rund zwei Wochen in Betrieb genommene größte Forschungsmaschine der Welt: Der europäische Teilchenbeschleuniger LHC kann erst im Frühjahr 2009 neu gestartet werden, nachdem ihn eine Panne im Kühlsystem am vergangenen Freitag lahmgelegt hatte. Das teilte das Europäische Teilchenphysiklabor (Cern) am Dienstagabend in Genf mit. Der Schaden sei komplizierter als zunächst angenommen.

Im milliardenteuren »Large Hadron Collider«, mit dem Physiker unter anderem dem Urknall so nahe kommen wollen wie nie zuvor, muss eine Betriebstemperatur von minus 271,3 Grad Celsius herrschen. Erst bei diesen niedrigen Temperaturen können die Magneten ein ausreichend starkes Magnetfeld erzeugen, um die nahezu lichtschnellen Atomkerne im Ringbeschleuniger auf eine Kreisbahn zu zwingen.

Nun müsse der Schadenssektor erst einmal langsam erwärmt werden, damit die Ursache der Panne geklärt werden kann, teilte das Cern mit. Womöglich war eine Starkstromleitung zwischen zwei Magneten die Störungsursache, so das Labor weiter. Da die Magneten erst bei Raumtemperatur untersucht werden könnten, würden weitere drei bis vier Wochen vergehen. Rechne man die gesamte benötigte Zeit auch für Inspektionen zusammen, könne der Neustart erst im frühen

Frühjahr 2009 erfolgen. »Dass dies unmittelbar nach dem sehr erfolgreichen Start des LHC am 10. September geschehen ist, bedeutet ohne Zweifel einen psychologischen Rückschlag«, sagt dazu der Generaldirektor Robert Aymar.

Der deutsche Cern-Physiker Rüdiger Schmidt bewertete die Anlaufprobleme, die auch von anderen Großbeschleunigern bekannt seien, technisch nicht als gravierend. »Mit Pannen muss man bei der Komplexität der Anlage rechnen«, äußerte sich Schmidt. Für die geplante Laufzeit des LHC von 20 Jahren sei die Verzögerung nicht bedeutend. Sie koste den Steuerzahler auch kein zusätzliches Geld, weil Bau und Betrieb des Beschleunigers aus dem regulären Budget des Cern finanziert würden.

Die Forschungsmaschine mit dem auf der Grenze zwischen der Schweiz und Frankreich unterirdisch gelegten 27 Kilometer langen Beschleunigerring war nach einer früheren Panne erst am vergangenen Freitag wieder in Betrieb gegangen. Dabei war erneut ein Strahl schneller Atomkerne durch den Ring geschickt worden, bis dann eine Verbindung durchschmolte. Auch Computerhacker waren in das Rechnernetz des Zentrums eingedrungen. Ein Schaden war dabei nach Aussagen eines Cern-Sprechers nicht entstanden. <<

© dpa

KINDLICHE ENTWICKLUNG

In die Irre geschickt

Altbekanntes Defizit bei Kindern ist Folge des Versuchsaufbaus

VON ANTJE FINDEKLEE

Kleine Kinder suchen beharrlich in einem ihnen zuvor demonstrierten Versteck, auch wenn sie beobachten konnten, dass ihr Gegenüber das Objekt der Begierde ganz woanders versteckte. Forscher sahen darin unter anderem einen Hinweis darauf, dass die Informationsverarbeitung der Kleinen noch nicht ausgereift sei. Dabei haben sie selbst ihre Probanden genarrt – ungewollt, versteht sich.

Lea, schau mal her, hier ist der Teddy! Und den lege ich jetzt hier unter den blauen Eimer. Siehst du? HIER unter den BLAUEN Eimer.« Darauf folgen vielsagende Blicke hin und her zwischen Kind und Eimer, ein aufmunterndes Lächeln – und die nächste Runde. Nach drei, vier Wiederholungen verschwindet der Teddy dann allerdings ohne Worte unter dem benachbarten roten Eimer, weiteres freundliches Lächeln, stetiger Blickkontakt mit dem Zwerg auf der anderen Tischseite, kurze Pause. Dann darf Lea – oder auch Ann-Sophie, Jonas oder Luca – selbst Hand anlegen.

Doch was macht der laufende Meter? Obwohl er oder sie genau beobachtet hat, dass Teddy nicht mehr wie zuvor geübt unter dem blauen Gefäß versteckt ist, wird genau dieses umgedreht – oh! Keiner da. Das Kind schaut verdutzt, die Forscher grinsen, denn genau das haben sie eigentlich auch erwartet: Seit der Schweizer Entwicklungspsychologe Jean Piaget 1954 dieses auch oft A-nicht-B-Suchfehler genannte Phänomen beschrieb, wurde es weltweit unzählige Male bestätigt.

Und natürlich eifrig immer wieder neu interpretiert: Von einem noch mangelhaften Verständnis der Objektpermanenz über eine wider besseres Wissen sich selbstständigende Motorik bis hin zu noch nicht ausgereiftem

Kurzzeitgedächtnis reichen die Erklärungsansätze. Kurz gesagt seien Einjährige von dieser Aufgabe schlicht noch überfordert.

Fehler im System?

Dabei sind es gar nicht die Kinder, sondern die Erwachsenen, die hier einen folgenschweren Fehler begehen, stellten József Topál von der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und seine Kollegen fest. Sie hatten sich die üblichen Versuchsbedingungen genauer angesehen, und dabei kam ihnen der böse Verdacht, die lieben Kleinen könnten gar nicht anders als so reagieren, wie es von ihnen seit Jahrzehnten bekannt ist.

Denn das Verstecken gehe stets mit einer derart intensiven Kommunikation auf verschiedenen Kanälen einher, dass die Kinder daraus eine falsche Verallgemeinerung ableiten – frei nach dem Motto »Teddys sitzen normalerweise unter blauen Eimern, auch wenn ich gerade etwas ganz anderes gesehen habe«. Und wenn Erwachsene so etwas dermaßen nachdrücklich vermitteln, dann wird das wohl stimmen, schließlich liefern sie auch sonst die hilfreiche Einordnung von den Strukturen der großen, unübersichtlichen Welt.

Topál und seine Mitarbeiter spielten nun dieses Spiel ein weiteres Mal mit gut 40 Kindern, aber sie veränderten die Bedin-



Demonstratives Vorführen

Wird Kindern eine Verhaltensweise sehr intensiv demonstriert, machen sie diese auch trotz besseren Wissens nach. Deshalb suchen sie fälschlicherweise weiterhin unter einem Gefäß nach dem zuvor immer dort versteckten Spielzeug, obwohl sie beobachten konnten, dass es beim letzten Mal woanders versteckt wurde.

Während eine Gruppe das Gewohnte erlebte – Verstecken mit viel Interaktion –, ignorierte die Versuchsleiterin in der zweiten Gruppe die Kinder, während sie die nötigen Handbewegungen durchführte. Und die dritte Gruppe bekam noch nicht einmal mehr den Erwachsenen zu Gesicht, der – selbst verborgen hinter einem Vorhang – die Eimer hob und Spielzeug versteckte.

Plötzlich fiel das Versuchsergebnis ganz anders aus. Während alle Kinder gleich gut abschnitten, wenn sich Teddy auch wirklich unter dem zuvor gelernten blauen Eimer verbarg, tappten die Kleinen der ostentativen Demonstration bei Teddys unter roten Eimern wie erwartet in die Falle. Ihre Altersgenossen der beiden anderen Gruppen hingegen lagen hier in mehr als der Hälfte der Fälle nun richtig. Womit sich die Wissenschaftler bestätigt fühlen, dass der Fehler der Kinder eine Folge der Darbietungsintensität ist.

Freispruch für die Kleinen

Ganz ablehnen wollen Topál und Co die bisherigen Thesen aber dennoch nicht – schließlich lag

knapp die Hälfte der Kleinen trotz weniger nachdrücklicher Unterweisung immer noch falsch. Hier machen die Forscher die vier Sekunden Pause verantwortlich, die zwischen der letzten Demonstration und der Aufforderung verstrichen, nun selbst zu suchen: Wahrscheinlich sei das Kurzzeitgedächtnis der Kinder wirklich noch nicht ganz ausgereift, und so habe sich die mehrfach beobachtete Prozedur insgesamt doch stärker eingepreßt als die letzte einzelne Szene. »Hätten wir diese Pause nicht eingeführt, hätten die Kinder eher an der richtigen Stelle gesucht«, sind die Wissenschaftler überzeugt.

Doch das Fazit bleibt: Die besondere Aufmerksamkeit, die einer sehr nachdrücklichen Darbietung größere Bedeutung beimisst, lässt Kinder zwar erfolgreich von Erwachsenen lernen, doch kann sie die Kleinen in bestimmten Situationen eben in die Irre schicken. Ihnen das als Fehler anzukreiden, ist dann aber höchst unfair. <<

Topál, J. et al.: Infants' Perseverative Search Errors are Induced By Pragmatic Misinterpretation. In: Science 321, S. 1831-1834, 2008.



Jetzt neu:

»spektrumdirekt – Die Woche«

Im Premium-Abonnement per E-Mail direkt zu Ihnen nach Hause

Als Abonnent unseres Online-Angebotes »spektrumdirekt premium«

- » haben Sie Zugriff auf das Artikel-Archiv von spektrumdirekt mit fast 20000 Artikeln
- » können Sie die 13 Online-Fachlexika auf wissenschaft-online.de mit über 200000 Stichwörtern nutzen
- » erhalten Sie die neue digitale Wochenzeitschrift »spektrumdirekt – Die Woche« als PDF-Datei auf Wunsch per E-Mail zugesendet (Einzelverkaufspreis 1,00 Euro)

Sie möchten das Premiumangebot von spektrumdirekt zwei Wochen lang kostenlos und unverbindlich testen?

Dann schicken Sie einfach eine E-Mail mit Ihrem Namen und dem Betreff »Premium testen« an: aboservice@wissenschaft-online.de