

40. KW 2010

DIE WISSENSCHAFTSZEITUNG IM INTERNET

08. Oktober 2010

NOBELPREIS FÜR PHYSIK

Die (Wieder-)Entdeckung der Wunderfolie

Der Physik-Nobelpreis geht an Andre Geim und Konstantin Novoselov

MAIKE POLLMANN

Graphen – die dünnsste Folie der Welt – ist zwar schon lange bekannt, doch erst 2004 machte eine Publikation diese Form des Kohlenstoffs unter Wissenschaftlern populär und verspricht innovative Anwendungen.



© BURN HALL CLINIC

Kohlenstoff ist nicht gleich Kohlenstoff. Je nachdem wie sich die Atome darin anordnen, kann der Preis beträchtlich schwanken. Graphit etwa, in dem sie sich in Schichten von hexagonaler Struktur anordnen und in solchen Ebenen übereinanderstapeln, ist beispielsweise in jedem Bleistift zu finden – und dementsprechend erschwinglich. Erst im Diamantgitter versammelt, erreicht Kohlenstoff seine wertvollste Gestalt.

Während diese beiden Minerale schon altbekannt sind, stießen Wissenschaftler in den vergangenen Jahren auch auf weitere interessante Formen des Kohlenstoffs. In den 1980er Jahren zum Beispiel auf Fullerene; das bekannteste unter ihnen besteht aus 60 Kohlenstoffatomen und erinnert stark an einen Fußball. Weniger als zehn Jahre später entdeckte man nanometergroße Röhrchen aus diesem Element – zusammengerollt aus einer einzelnen Graphitschicht, nur eine Atomlage dick.

2004 erweiterte sich die Palette um das Material Graphen – wie-

NOBELPREIS FÜR MEDIZIN

Vater von vier Millionen

Der Medizin-Nobelpreis geht an den Erfinder der künstlichen Befruchtung

Der Nobelpreisträger Robert Edwards hat über Jahrzehnte versucht, menschliche Eizellen außerhalb des Körpers zu befruchten. Heute helfen seine Ergebnisse unfruchtbaren Paaren weltweit.

Bei eigentlich jeder Nobelpreisverleihung hat das Komitee nach der Preisverleihung einiges zu erklären – Fachliches meist –; wirklich rechtfertigen muss es sich höchstens ab und an nach der Bekanntgabe des Friedensnobelpreisträgers. Das war in diesem Jahr anders: Die Ehrung des von der University of Cambridge emeritierten Reproduktionsmediziners Robert G. Edwards für seine jahrzehntelange erfolgreiche Arbeit an der In-vitro-Fertilisationstechnik sorgte für Diskussionen jenseits der Naturwissenschaft. Manche Nachfragen kreisten dabei um ein

Skandälchen – der Preisträger war von einer schwedischen Zeitung vor der offiziellen Verkündigung korrekt erraten oder verraten worden. Vor allem fragten Kommentatoren aber nach »ethischen Problemen«.

Nichts Neues für ein Fachgebiet, das schon vor 30 Jahren in der Öffentlichkeit heiß diskutiert wurde. Damals, am 25. Juli 1978, hatte die künstliche Befruchtung ein Gesicht bekommen: Ein Mädchen namens Louise Brown war per Kaiserschnitt auf die Welt gekommen, das erste »im Reagenzglas gezeugte« Baby. Den glücklichen Eltern war zu-

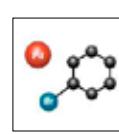
Liebe Leserin,
lieber Leser,



viele Menschen bleiben ungewollt kinderlos – und verzweifeln oft an dieser Situation. Die künstliche Befruchtung bietet zum mindesten einen potentiellen Ausweg. Und folgerichtig bekommt dieser Durchbruch nun die höchste wissenschaftliche Weihe: Robert Edwards, der Vater von vier Millionen, erhält den Nobelpreis für Medizin.

Herzlichen Glückwunsch sagt
Daniel Lingenhöhl

IN DIESER AUSGABE:



NOBELPREISE 2010
Herzstück der modernen Chemie



IGNOBEL-PREISE
2010
Mit Schleimpilzen schneller ans Ziel kommen



PAPUA-NEUGUINEA
Erste Waldarbeiter schon vor 50 000 Jahren



KLIMAGESCHICHTE
Lehren aus der letzten Warmzeit

Fortsetzung Seite 4

Fortsetzung Seite 2

FORTSETZUNG VON SEITE 1

Vater von vier Millionen

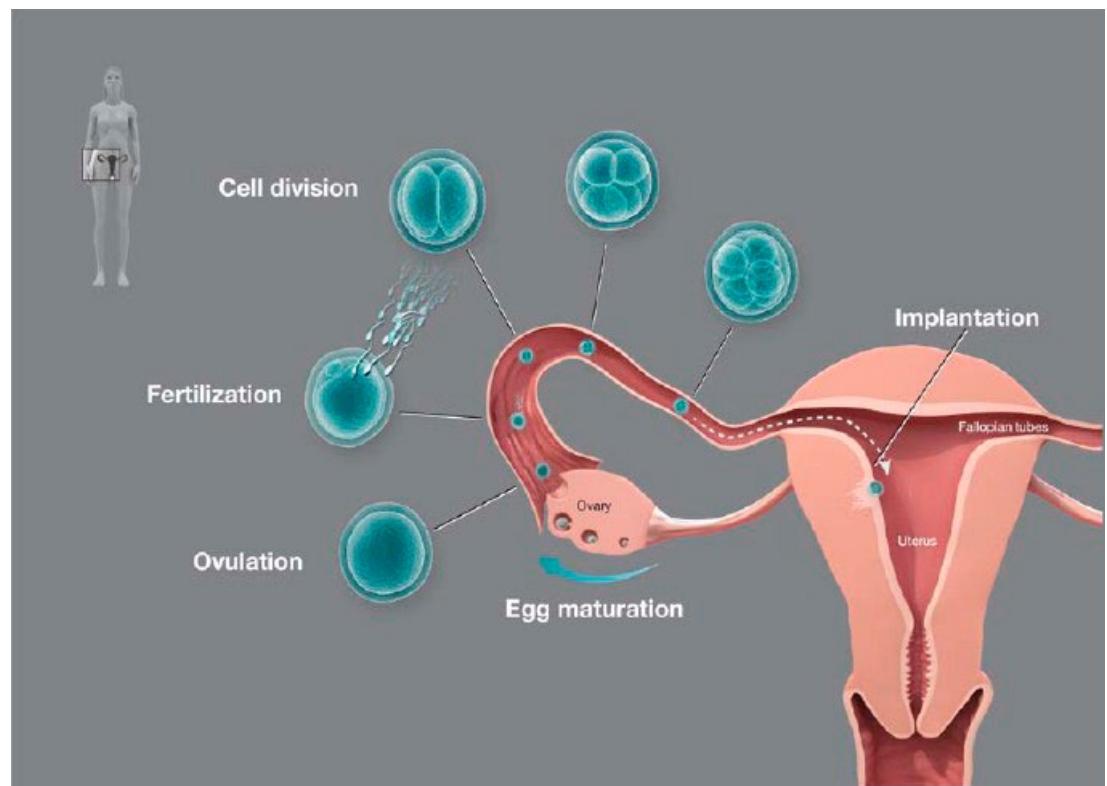
vor neun Jahren lang ihr Kinderwunsch unerfüllt geblieben. Nun hatten sie eine gesunde Tochter, die sie ohne Edwards' Vision und seine Hartnäckigkeit nie bekommen hätten. Beides – Vision und zielstrebige Umsetzung einer medizinischen Idee, die das Leid vieler Menschen lindern kann – machen Edwards zu einem verdienten alleinigen Preisträger, findet das Nobelkomitee.

Verlustreicher Weg

Edwards hatte in den 1950er Jahren als Postdoc an der University of Edinburgh begonnen, sich für die künstliche Befruchtung von Eizellen außerhalb des Körpers zu interessieren. An einer neuen Wirkungsstätte, dem National Institute for Medical Research in London, führte er dann bald erste Versuche durch, die einen Umweg um die Unfruchtbarkeit bieten sollten. Damals wie heute trifft sie rund zehn Prozent aller Paare mit Kinderwunsch. Vor Edwards lagen nun drei Jahrzehnte, in denen er nach und nach alle biologischen und medizinischen Klippen hartnäckig umschiffte.

Die erste Hürde stellten dabei schon die zu befruchtenden Eizellen: In den kritischen, befruchtungsfähigen Zustand der Reifeteilung, dem Metaphase-stadium der Meiose II, gelangen die – damals stets chirurgisch aus dem Ovar von unfruchtbaren Frauen herausoperierten – Zellen überhaupt erst, nachdem sie einem über 24 Stunden andauernden Reifeprozess ausgesetzt werden. Dann – und nur in einem geeigneten Puffergemisch – können voraktivierte Spermien sie befruchten, ergaben die Forschungsbemühungen schließlich.

Fatalerweise, so der Stand der Forschung Anfang der 1970er Jahre, sterben diese frühesten menschlichen Embryonen aber



© NOBEL WEB

schon nach der ersten Zellteilung. Dies sollte sich dank der Hilfe von Patrick Steptoe ändern, einem Pionier der Laparoskopie. Diese Operationsmethode erlaubte geschickten Medizinern, Eizellen unter visueller Kontrolle über Glasfaserkameras ohne schwerer wiegende chirurgische Eingriffe aus den Ovarien zu holen. Geschieht dies zum optimalen Zeitpunkt des weiblichen Zyklus von mit Hormonen behandelten Frauen, so erhält man befruchtungsfähige Eizellen, die sich länger teilen – und die vor allem mit einem Erfolg in die Gebärmutter zurück implantiert werden können.

Frühe Fehlschläge

Damit begann allerdings ein dunkles Kapitel in der Geschichte der künstlichen Befruchtung, denn mehr als einhundert künstlich herbeigeführte Schwangerschaften dauerten nur allzu kurz – of-

Befruchtung einer weiblichen Eizelle

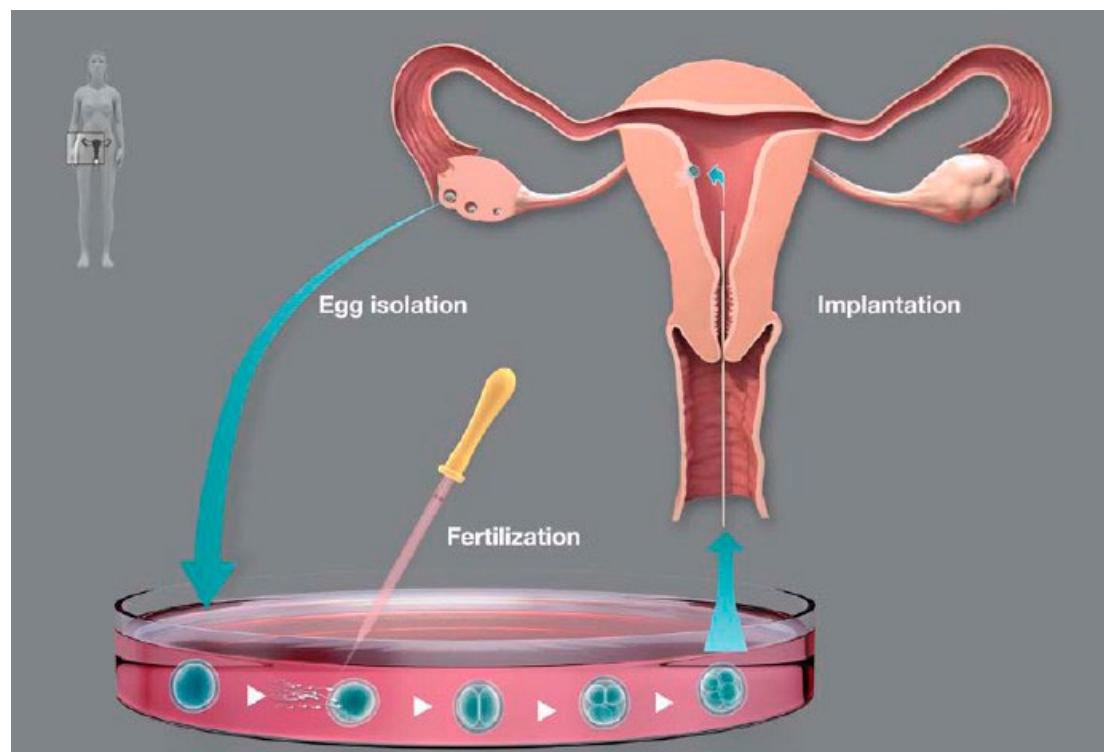
Die weiblichen Gameten sind in den Ovarien in separaten Follikeln gespeichert: Jeder Follikel enthält eine Keimzelle, die von einer oder mehreren Schichten granuloser Zellen umgeben ist. Wie andere Säugetiere werden auch Menschen mit einem vordefinierten Satz primordialer Oozyten geboren, die in einer bestimmten Phase der Reifeteilung, dem Diktyotan der Meiose I, arretiert sind. Nach der Pubertät sorgen hormonelle Signale während des Menstruationszyklus dafür, dass Monat für Monat einzelne primäre und sekundäre Follikel heranreifen. Schließlich wird eine Kaskade von Vorgängen eingeleitet, die das Wachstum der Oozyte und die Wiederaufnahme der Meiose anstößt. Die Reifeteilung läuft bis zur Metaphase der Meiose II ab und stoppt dann erneut – ein Paar von Chromosomen wird zuvor als Polkörperchen entsorgt. Nun folgt der Eisprung: Der Follikel reißt, und das Ei geht auf seine Reise durch den Eileiter. Nun muss ein einzelnes Spermium in die Eizelle eindringen, um sie zu befruchten.

fenbar verhinderte die Hormonbehandlung, der sich die Frauen unterziehen mussten, um zu Eizellenspenderinnen zu werden, die erfolgreiche Einnistung und Entwicklung der Embryos.

Schließlich lernten Steptoe und Edwards die natürlichen Schwankungen der weiblichen Hormone während des Zyklus zu interpretieren, um den optimalen Zeitpunkt zur Gewinnung der Oozyte nach dem Eisprung abzupassen. Die Implantation gelang mit so isolierten und befruchteten Eizellen viel besser – und führte dann endlich auch zu der glücklich endenden Schwangerschaft 1978 [1]. Louise Brown ist heute selbst Mutter und gesund – wie viele andere ehemalige »Retortenbabys«. Die Zeit habe gezeigt, dass aus künstlicher Befruchtung entstandene Kinder ihr Leben gesund leben können; dass die Technik also tatsächlich viel Leid lindern konnte – und damit sei nun auch überfällig, den Urheber zu ehren, fasst das Nobelpreiskomitee zusammen.

Fortschritte und Fragezeichen

Seit 1978 ist die In-vitro-Fertilisationstechnik in vieler Hinsicht weiterentwickelt worden; mittlerweile ist sie in den hoch

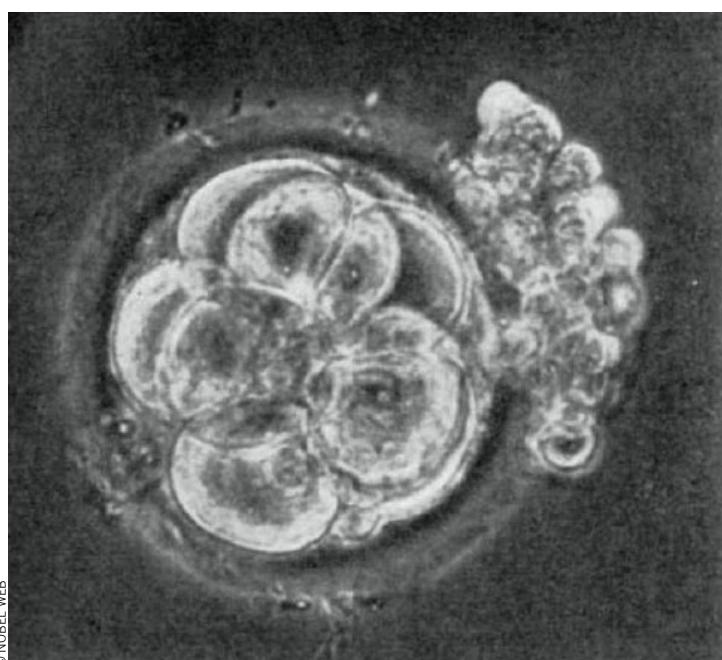


© NOBEL WEB

Die In-vitro-Fertilisationstechnik nach Edwards

Bei der IVF müssen zunächst Oozyten gewonnen werden, die sich in der kritischen, befruchtungsfähigen Metaphase der Meiose II befinden – früher erfolgte dies mit Hilfe der Laparoskopie. Die Oozyten werden dann in einer Petrischale mit Puffersubstanzen und Spermien gemischt – das Medium aktiviert die Samenzellen, eine Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Befruchtung. Ein eindringendes Spermium löst dann die Arretierung der Reifeteilung der

Eizelle. Einer der beiden haploiden Chromosomensätze der Eizelle verschmilzt nun mit dem haploiden Gegenpart des Spermiums, und schließlich beginnt sich die befruchtete, nun diploide Eizelle zu teilen. Der junge Embryo wird dann im Achtzellstadium mit einer dünnen Nadel in den Uterus der Mutter übertragen – etwa zweieinhalb Tage nach dem Beginn der Befruchtung. Hier wird sich der Embryo dann weiter bis zum Blastulastadium entwickeln und schließlich in die Gebärmutterhaut einnesten.



© NOBEL WEB

technisierten Industrieländern eine etablierte Methode zur Behandlung von Unfruchtbarkeit. Männer mit unbeweglichen Spermien profitieren heute von einer Technik, bei der man ihre Samenzellen in Oozyten injiziert. Statt der Laparoskopie setzt man heute ultraschallgesteuerte Oo-

zytentnahmetechniken ein, und längst kann man Oozyten aus hormonbehandelten Frauen auch schockgefrieren, lagern und später einsetzen.

Heute wie früher entzündet sich aber gerade am Verbrauch von menschlichen Eizellen, die dann nicht zur Befruchtung herangezogen werden, gut begründeter, ethisch motivierter Protest. Die erfolgreiche Arbeit des Laureaten hat die Bedeutung der Frage zudem ausgeweitet – Methoden, die etwa eine Selektion von brauchbaren und weniger brauchbaren befruchteten Eizellen erlauben, wären ohne die Erfolge der Reproduktionsmedizin nicht aufgekommen. Tatsächlich hat sich Edwards ethischen

Das Achtzellstadium: Ein sehr junger Mensch

Das Achtzellstadium einer künstlich befruchteten Eizelle. In diesem Stadium wird der Zellhaufen aus der Kulturschale in die Mutter überführt, damit es sich hier entwickelt. Die Abbildung stammt aus einer Originalpublikation des Nobelpreisträgers aus dem Jahr 1970.

Auseinandersetzungen weniger entzogen, als dass er sie selbst vorausschauend angestoßen hätte. Die reproduzierende Embryonenforschung müsse unbedingt strikten ethischen Richtlinien unterworfen bleiben, die von der Gesellschaft vorgegeben werden, schrieb er schon 1971 [2] – zu einem Zeitpunkt allerdings, wo er seine Forschung schon seit langer Zeit betrieben hatte, ohne dass die Gesellschaft für eine Formulierung solcher Richtlinien bereit gewesen wäre. Immerhin hatte sich der Forscher tatsächlich

bald und später immer wieder einer lauter werdenden Debatte gestellt. Das unterscheidet ihn übrigens vom aktuellen Nobelpreiskomitee. Das Gremium beantwortete Fragen nach ethischen Implikationen der preiswürdigen Arbeit stereotyp: Die Debatte sei in zurückliegenden Jahrzehnten geführt und abgeschlossen worden, nachdem sich der Segen der Technik gezeigt habe. Und: Man sei als Nobelpreiskomitee nur aufgerufen, den wissenschaftlichen Gehalt einer Forscherkarriere zu bewerten – und der rechtfertige

unbedingt eine Auszeichnung.

Viel lieber möchte das Komitee in den Vordergrund gestellt sehen, dass hier statt reiner Grundlagenforschung endlich wieder einmal öffentlichkeitsrelevante medizinische Forschung mit hohem Anwendungsbezug geehrt werde. Immerhin vier Millionen Leben seien womöglich nur durch die In-vitro-Fertilisationstechnik geboren worden, rechneten die Schweden aus. Viele Paare geben dem übrigens lautstark Recht, wie die Gratulationsseite des Karolinska-Instituts

beweist. Viele Stimmen machen hier aber auch deutlich, dass die Debatte über die Grenzen der medizinisch-menschlichen Kontrolle des Lebens alles andere als abgeschlossen ist – oder jemals sein sollte. <<

[1] Steptoe, P. C., Edwards, R. G.: Birth after the reimplantation of a human embryo. In: Lancet 2, S. 366, 1978.

[2] Edwards, R. G., Sharpe, D. J.: Social values and research in human embryology. In: Nature 231, S. 87-91, 1971.

FORTSETZUNG VON SEITE 1

Die (Wieder-)Entdeckung der Wunderfolie

der nur eine Monolage Graphit, dieses Mal aber in glatter Ausführung. Andre Geim und Konstantin Novoselov, derzeit beide an der University of Manchester, gelang es, diese zweidimensionale Form des Kohlenstoffs erstmals gezielt herzustellen und zu untersuchen. Durch die Publikation ihrer Ergebnisse weckten sie das Interesse zahlreicher Forschergruppen und trieben so die Entwicklung auf diesem Gebiet voran. Hierfür verleiht ihnen

die Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften nun, sechs Jahre später, den Physik-Nobelpreis.

Geduld und Geschick

Schon vorher hatten sich Forscher darin versucht, enorm dünne Graphitschichten herzustellen – wegen des einfachen Aufbaus von Graphen spekulierte man bereits auf interessante Eigenschaften. Theoretische Arbeiten bestätigten diese Vermutung seit mehr als 60



Jahren. Verschiedene Verfahren sollten auch in der Praxis zum Erfolg führen: So zog man beispielsweise mit gewöhnlichem Klebeband möglichst dünne Lagen von einem größeren Stück Graphit

ab. Kein leichtes Unterfangen, denn ein einziger Millimeter des Minerals besteht bereits aus rund drei Millionen aufeinandergestapelten, leicht gegeneinander versetzten Graphenschichten.

Geim und Novoselov perfektionierten, wohl nicht zuletzt mit viel Geduld, diese Technik und konnten tatsächlich einzelne, mikrometerdicke Graphitschichten isolieren. Um das fragile Gebilde zu erhalten, drückten sie den Klebestreifen auf eine dünne Lage aus Siliziumdioxid, aufgebracht auf einer Siliziumscheibe. Im nächsten Schritt zogen sie das



© UNIVERSITY OF MANCHESTER

Klebeband ab – und im Idealfall blieben winzige Graphenflocken im SiO₂ zurück.

Ob der Versuch geglückt war, prüften die beiden Physiker unter einem Mikroskop. Je nach Dicke der abgezogenen Graphitschicht und damit unterschiedlichen Weglängen für das einfallende Licht ergeben sich andere Interferenzfarben – ähnlich wie auf einer Seifenblase. Auf diese Weise ließ sich das Graphen schnell identifizieren und stand erstmals in ausreichenden Mengen für Analysen bereit. Viele Kritiker hatten das zuvor für unmöglich gehalten: Ihnen zufolge hätten sich die fragilen Kohlenstoffgebilde sofort aufrollen oder zerbrechen sollen.

Wunderfolie Graphen

Die beiden Physiker legten Elektroden an ihre Graphenproben an und stellten so die bemerkenswerten elektronischen Eigenschaften von Graphen, die bisher ja nur in der Theorie existierten, unter Beweis. Ausgelöst durch diese er-

sten Versuche folgte in den vergangenen Jahren eine wahre Flut an Studien, die immer mehr Besonderheiten der »Wunderfolie« zu Tage förderten. Während nur nanometerdicke Lagen des Materials noch halbleitende Eigenschaften aufweisen, leitet Graphen den elektrischen Strom auffallend gut – unter den richtigen Umständen sogar besser als Kupfer. Die Ladungsträger können sich nahezu ungestört bewegen: Bei Raumtemperatur legen sie Mikrometer zurück, ohne gestreut zu werden. Die freie Weglänge in Metallen ist tausendmal kürzer.

Darüber hinaus bewegen sich die Elektronen in Graphen auch viel schneller als in gewöhnlichen Leitern. Die Ladungsträger verhalten sich nahezu wie masselose Teilchen und bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von rund 0,3 Prozent der Lichtgeschwindigkeit (zirka eine Million Meter pro Sekunde). Aus diesem Grund lassen sie sich mit ähnlichen Gleichungen beschreiben wie relativi-

stische Quantenphänomene, die sonst nur im Weltall oder in riesigen Teilchenbeschleunigern und nicht in handlichen Experimenten zu finden sind.

Neben Strom leitet Graphen außerdem Wärme ausgesprochen gut. Aber damit nicht genug, denn auch mechanisch trumpft Graphen mit ausgezeichneten Qualitäten auf. Es ist das dünnteste und dafür härteste bislang bekannte Material – übertrifft sogar Stahl und Diamant. Es besitzt eine hohe Zugfestig- und Biegsamkeit: Das Netzwerk aus Kohlenstoffatomen lässt sich um 20 Prozent strecken, ohne Schaden zu nehmen. Und es ist fast durchsichtig, nur zwei Prozent des Lichts werden absorbiert, dennoch lässt es kein Gas durch.

Vielfältige Einsatzmöglichkeiten

Wissenschaftler erhoffen sich auf Grund dieser einzigartigen Eigenschaften eine Menge innovativer Anwendungen. Etwa

Transistoren, die kleiner und schneller sind als heutige Modelle aus Silizium – hier wurden bereits die ersten Erfolge verbucht. Auch könnte Graphen zu enorm empfindlichen Sensoren führen, die sogar einzelne Moleküle ausmachen. Dass das im Prinzip funktioniert, zeigten Novoselov und Kollegen 2007.

Da Graphen durchsichtig ist und gleichzeitig den elektrischen Strom leitet, würde es sich auch für transparente Touchscreens oder vielleicht sogar Solarzellen eignen. Erstere haben Wissenschaftler kürzlich in der Rohversion bereits vorgestellt. Kombiniert mit anderen Materialien, wie etwa Kunststoffen, könnte Graphen zudem zu neuen Verbundstoffen führen, die leichter und belastbarer sind als heutige. Die Liste an möglichen Anwendungen ist lang. Und trotz erster Fortschritte dürfte es der Weg zu praktisch nutzbaren Graphenprodukten wohl ebenfalls noch sein.

<<

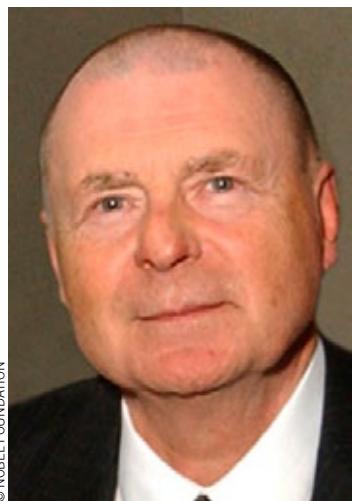
NOBELPREIS FÜR CHEMIE

Herzstück der modernen Chemie

Der Chemie-Nobelpreis geht an Richard Heck, Ei-ichi Negishi und Akira Suzuki

LARS FISCHER

**Kohlenstoffe muss verknüpfen, wer organische Verbindungen herstellen will.
Mit der palladiumkatalysierten Kreuzkupplung wurde das in großem Stil möglich.**



© NOBEL FOUNDATION

Richard F. Heck

Richard Heck, geboren 1931, entwickelte die nach ihm benannte Reaktion an der Universität Delaware. Heute ist er emeritiert.

Dreh- und Angelpunkt der modernen Chemie ist der Kohlenstoff und die Bindungen, die er mit sich selbst eingeht. Kohlenstoff-Einfachbindungen sind das Rückgrat der Naturstoffe – von den Aminosäuren über die langen Kohlenwasserstoffketten der Fette und Öle bis hin zu den komplizierten dreidimensionalen Strukturen von Naturstoffen wie Taxol. Die Knüpfung dieser Bindungen ist die eine zentrale Reaktion, ohne die fortgeschrittenen chemischen Synthesen nicht denkbar sind.

Aber gerade diese Klasse von Reaktionen ist vergleichsweise schwierig durchzuführen. Die Eigenschaften, die Kohlenstoffketten so stabil und vielseitig werden lassen, machen ihre Bestandteile so unzugänglich für chemische Reaktionen. Wo andere Elemente Wasserstoffionen abgeben oder aufnehmen und so geladene, chemisch erreichbare Zentren bilden, hält der Kohlenstoff das leichteste aller Elemente stoisch fest. Ihn davon abzubringen und statt des Wasserstoffs ein anderes Atom an der gewünschten Stelle anzubringen, das ist bis heute die hohe Kunst der organischen Chemie.

Das wichtigste Instrument dazu sind Katalysatoren auf Basis des Palladiums, die eine ganze Klasse ähnlicher Reaktionen beschleunigen, an deren Ende immer eine neue Einfachbindung zwischen zwei Kohlenstoffatomen steht. Palladiumbasierte Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungsknüpfungen sind so grundlegend für die moderne Chemie, dass, wie es ein Chemiker einmal in seinem Blog schrieb, zukünftige Studenten wahrscheinlich vergessen

werden, dass diese Reaktionen einmal erfunden werden mussten. Jetzt hat das Nobelkomitee mit dem Preis für Richard Heck, Ei-ichi Negishi und Akira Suzuki die Entdecker der wichtigsten Varianten dieses Reaktionstyps gewürdigt.

Im Jahr 1968 entdeckte Richard Heck, damals an der University of Delaware, dass Verbindungen, in der ein aromatischer Ring direkt an das Metall Palladium gebunden ist, spezifisch mit ungesättigten Kohlenwasserstoffen (Alkenen) reagieren: Das Palladium tauscht seine Position mit dem Reaktionspartner, so dass zwischen diesem und dem Aromaten eine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Einfachbindung entsteht. Vom Alken übernimmt das Metall das verdrängte Wasserstoffatom. Wegen dieses molekularen Bäumchen-wechsle-dich-Spiels bezeichnet man diese Sorte von Reaktion als Kreuzkupplung.

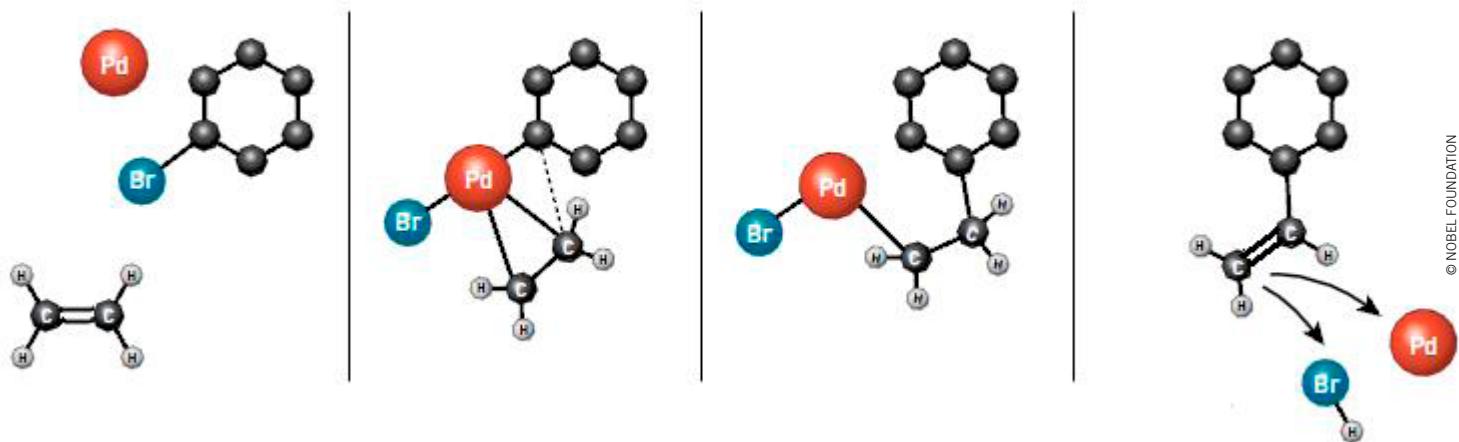
Mit dieser Reaktion hatte Heck etwas ganz Besonderes entdeckt. Seine beiden Reaktionspartner nämlich, die Aromaten einerseits und Alkene andererseits, gehören zu den wichtigsten Bausteinen komplizierter chemischer Verbindungen, doch noch nie zuvor war es Chemikern gelungen, sie direkt miteinander zu verknüpfen.

Hecks erste Reaktionen dieser Art waren noch nicht katalytisch, das Palladiumsalz wurde im Verlauf der Reaktion verbraucht – ein erheblicher Nachteil bei einem Metall, das sich in einer ähnlichen Preisklasse bewegt wie Gold. In späteren Versuchen regenerierte Heck das teure Metall erst mit Kupfer, bevor es ihm gelang, einen wirklichen Kataly-

sezzyklus zu erreichen. Bei dieser Reaktion, die heute als Heck-Reaktion jedem Chemiker geläufig ist, entsteht die Verbindung aus Aromat und Palladium während der Reaktion laufend neu, so dass verschwindend geringe Mengen des Katalysators ausreichen, um die Reaktion in Gang zu halten.

Der Japaner Ei-ichi Negishi arbeitete Mitte der 1970er Jahre an Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungsknüpfungen mit Hilfe von Organolithiumverbindungen und Grignard-Reagenzien. Bei diesen ist ein Magnesium- oder Lithiumatom direkt an einen aromatischen Ring gebunden. Dadurch ist das benachbarte Kohlenstoffatom stark negativ geladen und reagiert leicht mit positiv geladenen Zentren, vor allem von halogenierten Aromaten – schon seit Anfang der 1940er Jahre knüpften Chemiker mit diesen extrem reaktiven Reagenzien und einem Übergangsmetall als Katalysator Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen zwischen Aromaten. Doch diese Stoffe sind so aggressiv, dass ihr Nutzen begrenzt ist. Reaktionspartner, die Fremdatome wie Sauerstoff oder Stickstoff enthalten, bieten solchen Stoffen viel zu viele Angriffspunkte, so dass alle möglichen Produkte entstehen statt nur des gewünschten.

Deswegen suchte Negishi in den 1970er Jahren nach einem Metall, das auf die gleiche Weise an Aromaten bindet, aber ein sehr reaktionsträges Zwischenprodukt bildet, so dass nur die eine gewünschte Bindung geknüpft wird. Seine ersten Untersuchungen mit Zirkonium- und Aluminiumarylen in Gegenwart



© NOBEL FOUNDATION

von Palladium lieferten sehr viel versprechende Ergebnisse, so dass er immer weniger reaktive Metalle ausprobierter, um immer selektivere Reaktionen zu bekommen. Schließlich stieß er auf Organozinkverbindungen. Diese Stoffklasse lieferte die höchsten Ausbeuten, die beste Selektivität und toleriert – im krassen Gegensatz zu den meisten anderen bis dahin bekannten Organometallverbindungen – eine große Bandbreite an funktionellen Gruppen in beiden Reaktionspartnern. Deswegen ist diese heute als Negishi-Reaktion bekannte Technik für eine ungleich größere Gruppe von Zielverbindungen geeignet,

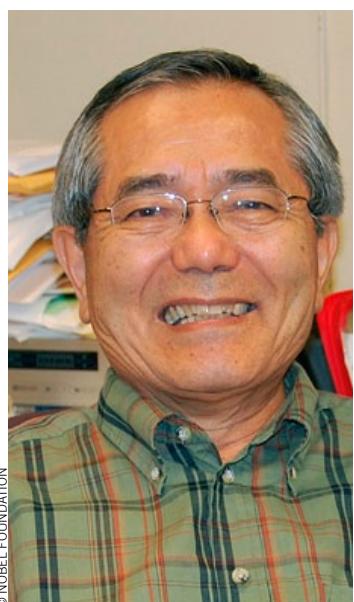
und erst dadurch wurden Organometallverbindungen von einer chemischen Kuriosität zu dem unverzichtbaren Werkzeug, das sie heute sind.

Kurioserweise stolperte Negishi bei seinen Versuchen auch über die Reaktion, die heute nach seinem ebenfalls geehrten Kollegen Akira Suzuki benannt ist – er stellte nämlich fest, dass eine Borverbindung in Gegenwart von Palladium in der gleichen Weise mit Halogenalkanen reagiert wie seine Zinkverbindungen, sofern eine Base vorhanden ist.

Dieser 1979 von Suzuki ausführlich untersuchte und beschriebene Prozess hat die

Heck-Reaktion

Schematischer Ablauf der Heck-Reaktion von Brombenzol mit Ethen. Im ersten Schritt schiebt sich das Palladium zwischen den Benzolring und das Brom. Diesen Schritt bezeichnet man als oxidative Addition, er ist allen palladiumkatalysierten Kreuzkupplungen gemein. Anschließend schiebt sich das Ethen in zwei Schritten zwischen Palladium und Kohlenstoff. Im letzten Schritt, der reduktiven Eliminierung, entstehen das gewünschte Produkt Styrol, Bromwasserstoff und das Palladium, das für den nächsten Zyklus bereit ist. Die Liganden am Plalladium sind nicht dargestellt.



© NOBEL FOUNDATION



Akira Suzuki

Akira Suzuki, geboren 1930, arbeitete an der Hokkaido University in Sapporo, Japan und ist heute emeritiert.

Ei-ichi Negishi

Der 1935 geborenen Ei-ichi Negishi forscht derzeit an der Purdue University in den USA.

gleichen Vorteile wie die Negishi-Reaktion: hohe Selektivität und eine große Bandbreite an Reaktionspartnern mit den verschiedensten Strukturen. Tatsächlich sind die Negishi-Reaktion und die Suzuki-Reaktion Fleisch von einem Fleische, ihnen liegt das gleiche Prinzip und der gleiche Mechanismus zu Grunde. Zusätzlich allerdings sind die Borverbindungen ungiftig, und die Reaktionsbedingungen können noch milder gehalten werden, um empfindlichere Produkte herzustellen. Durch diesen Umstand hat sich die Suzuki-Reaktion enorme praktische Bedeutung erworben.

Allen drei Reaktionen ist der erste, entscheidende Schritt ihres Katalyzyklus gemeinsam: Einer der Reaktionspartner reagiert mit dem Palladiumkatalysator zu einer Organopalladiumverbindung mit der Struktur R-Pd-X, bei dem sich das Palladium zwischen die organische Verbindung und eine funktionelle Gruppe wie Bromid oder Triflat geschoben hat. Anschließend folgt der

Austauschprozess, der dieser Reaktionsklasse ihren Namen gegeben hat. Bei der Heck-Reaktion schiebt sich der zweite Reaktionspartner direkt unter Bildung der neuen Bindung zwischen organische Verbindung und Palladium, während bei den beiden anderen Reaktionen erst einmal die beiden zu verknüpfenden Kohlenstoffatome nebeneinander ans Palladium gebunden sind. Im letzten Schritt trennen sich dann die Wege der neuen Verbindung und des Palladiums, das dann für einen neuen Zyklus zur Verfügung steht.

Die von Heck, Negishi und Suzuki entwickelten Syntheseverfahren haben die Welt so stark verändert wie kaum eine Entwicklung zuvor. Unzählige Stoffe sind erst durch sie in großen Mengen zugänglich geworden, darunter Morphin und Taxol, Farbstoffe, Fungizide und Antibiotika. Diese Reaktionen stehen im Zentrum der modernen Syntheseschemie und bilden das Fundament der technischen Zivilisation. <<

IGNOBEL-PREISE 2010

Mit Schleimpilzen schneller ans Ziel kommen

LARS FISCHER

An der Harvard University in Cambridge wurden wie jedes Jahr die IgNobel-Preise für besonders absurde Forschungsergebnisse verliehen.

In einem hierarchischen Unternehmen steigt jeder Mitarbeiter bis in die Position auf, für die er zu inkompotent ist – jeder kennt das Peter-Prinzip, doch ein Mittel dagegen war nicht bekannt. Bis jetzt jedenfalls. Italienische Wissenschaftler haben sich des Problems angenommen und im Juli 2009 eine elegante Lösung veröffentlicht – Alessandro Pluchino, Andrea Rapisarda und Cesare Garofalo von der Università di Catania empfehlen Managern, Mitarbeiter einfach nach dem Zufallsprinzip zu befördern.

Für diese immerhin mathematisch begründbare Empfehlung verlieh ihnen die dubiose, aber inzwischen weithin bekannte Organisation Improbable Research den diesjährigen IgNobel-Preis für Management, eine von zehn Auszeichnungen für Forscher, deren Arbeit einen – in den Worten des IgNobel-Komitees – »erst zum Lachen, dann zum Nachdenken« bringen soll.

Allerdings schreckt die Jury auch vor Sarkasmus nicht zurück. Der Wirtschaftspris ging dieses Jahr an die Führungskräfte von Goldman Sachs, Lehman Brothers und anderen Investmentbanking-Unternehmen für ihre Verdienste um neue Wege, bei maximalem Gewinn das finanzielle Risiko zu minimieren, zumindest für einen kleinen Teil der Weltwirtschaft. Die Geehrten sind nicht zur Preisverleihung erschienen.

Alle anderen kamen natürlich, abgesehen von Manuel S. Barbato, der die mikrobiellen Risiken durch bärige Wissenschaftler

erforscht hatte, aber aus gesundheitlichen Gründen die Reise in die Hallen von Harvard nicht antreten konnte und sich vertreten ließ. Die IgNobel-Preise werden traditionell, soweit möglich, von echten Nobelpreisträgern überreicht, dieses Jahr unter anderem Sheldon Glashow (Physik 1979), William Lipscomb (Chemie 1976), James Muller (Frieden 1985) und Roy Glauber (Physik 2005), der traditionell die Papierflieger aus dem Publikum von der Bühne fegt.

Die klassischen Nobelpreis-Kategorien sind natürlich auch beim IgNobel vertreten. Der Physik-Preis ging an neuseeländische Forscher, die in einer Studie nachweisen konnten, dass man auf vereisten Gehwegen seltener ausrutscht, wenn man Socken über seine Schuhe zieht. Dem Vernehmen nach ist der Effekt statistisch signifikant. In Chemie ehrt das Komitee Eric Adams (nicht der Sänger der Band Manowar, sondern Forscher am MIT), Scott Socolofsky, Stephen Masutani sowie das Unternehmen BP für die Erkenntnis, dass Öl und Wasser sich eben doch mischen, wenn man sie nur hinlänglich tief im Meer zusammenbringt. Die Wissenschaftler fanden das bei einem kontrollierten Freisetzungsexperiment heraus, BP nicht.

Der IgNobel-Preis für Medizin und Physiologie ging an ein holländisches Team, das die Wirkung von Achterbahnen auf die Gesundheit von Asthmakranken untersuchte und dabei entdeckte, dass eine Fahrt in so einem Gerät tatsächlich die Symptome lin-



© IMPROBABLE RESEARCH

Abseitige Wissenschaft

Alljährlich vergibt Improbable Research in den Hallen der Harvard University die IgNobel-Preise.

dert. Diese Forschung eröffnet zweifellos neuartige Perspektiven speziell für die Behandlung akuter Asthmaanfälle. Den Nutzen einer bekannten und verbreiteten Therapie wiesen dagegen britische Forscher nach, die zeigen konnten, dass intensives Fluchen akute Schmerzen lindert, zum Beispiel wenn man sich den Zeh verstaucht hat oder einer Regierungserklärung lauscht. Für diesen wissenschaftlichen Nachweis, dass Kinder sich aus medizinischen Gründen möglichst früh einen hinreichenden Fundus an Fäkalwörtern zulegen sollten, bekamen die Forscher den Friedens-IgNobel-Preis zugesprochen.

Natürlich kam auch die Tierforschung nicht zu kurz – Zoologen aus Großbritannien und Mexiko konstruierten im Dienste der Forschung einen Minihelikopter, der Walschnodder einsammelt, und tierische Körperflüssigkeiten anderer Natur waren bei der For-

schung einiger Mitarbeiter der University of Bristol involviert, die entdeckten, dass auch Flughunde Fellatio betreiben. Unklar ist allerdings, ob die Tiere selbst auf die Idee gekommen sind oder nur zu oft nachts durch irgendwelche Fenster geguckt haben.

Der Preis für Verkehrsplanung schließlich ging dieses Jahr an Wissenschaftler, die schon einmal geehrt wurden. Toshiyuki Nakagaki, Ryo Kobayashi und Atsushi Tero erhielten den Preis zum zweiten Mal seit 2008. Damals konnten sie zeigen, dass Schleimpilze Rätsel lösen können, dieses Jahr hatten sie demonstriert, dass die täuschend primitiv aussehenden Organismen sogar ein optimales Nahverkehrssystem für eine Großstadt entwerfen können. Vielleicht sollten gestresste Abteilungsleiter bei der nächsten Beförderungsrede einfach in vermoderndem Laub nach geeigneten Kandidaten suchen. <<

NOBELPREISE 2010

Literatur-Nobelpreis für Mario Vargas Llosa

Der Nobelpreisträger für Literatur des Jahres 2010 heißt Mario Vargas Llosa. Der Peruaner wird vom Stockholmer Nobelkomitee dafür geehrt, in seinem Werk »Strukturen der Macht kartografiert und messerscharfe Bilder von Widerstand, Auflehnung und Scheitern des Individuums gezeichnet zu haben«.



© ULLA MONTAN/NORDSTEDTS

Die Auszeichnung für den Südamerikaner war sowohl lang erwartet als auch etwas überraschend: Vargas Llosa wird seit Lan-

Mario Vargas Llosa: Nobelpreisträger für Literatur 2010

Der Nobelpreisträger für Literatur 2010, Mario Vargas Llosa, wurde am 28. März 1936 im peruanischen Arequipa geboren. Er wuchs in Bolivien und Lima auf. Im Jahr 1959 veröffentlichte er sein erstes Werk, die Erzählsammlung »Los jefes« (deutsch »Die Anführer«).

gem auf der Favoritenliste für den Nobelpreis gehandelt, in diesem Jahr hatten Buchmacher und viele Experten jedoch andere Gewinner prognostiziert.

Zu den bekanntesten Werken des am 28. März 1936 geborenen Schriftstellers zählt »Lob der Stiefmutter«; zuletzt war 2006 sein Roman »Das böse Mädchen« (»Travesuras de la niña mala«) auf Deutsch erschienen.

Der letzte Träger des Literatur-Nobelpreises aus Lateinamerika war Gabriel García Márquez im Jahr

1982. Vargas Llosa erhielt die Nachricht von der Auszeichnung in New York und äußerte sich »sehr gerührt und begeistert«.

Im vergangenen Jahr ging der berühmteste Literaturpreis der Welt an die Berliner Schriftstellerin Herta Müller. Die Auszeichnung ist mit umgerechnet 1,1 Millionen Euro (10 Millionen Kronen) dotiert und wird zusammen mit den wissenschaftlichen Nobelpreisen traditionsgemäß am 10. Dezember, dem Todestag des Stifters Alfred Nobel, in Stockholm überreicht. <<

PAPUA-NEUGUINEA

Erste Waldarbeiter schon vor 50 000 Jahren

Die Ackerbauern der Jungsteinzeit waren nicht die Ersten, die durch Eingriffe in die Natur ihre Nahrungsversorgung auf eine sichere Grundlage stellten. Im kühlen, unwirtlichen Hochland von Papua-Neuguinea fanden Wissenschaftler nun sogar entsprechende Hinweise aus der Zeit vor knapp 50 000 Jahren.

Glenn Summerhayes und Mitarbeiter entdeckten dort im 2000 Meter hoch gelegenen Ivane-Tal Steinäxte, die von ihren Besitzern offenbar kräftig abgenutzt wurden: Anscheinend rodeten bereits die ersten Kolonisten Neuguineas immer wieder kleinere Waldstücke, so die Forscher von der University of Otago im neuseeländischen Dunedin.

Vermutlich wollten die frühen Siedler so ihren Nahrungsangeboten einen Standortvorteil verschaffen, meinen Summerhayes und Kollegen. Besonders

die ananasähnlichen Samen und Fasern des Pandanus-Baums seien beliebt gewesen. Bei ihren Streifzügen in tiefer liegende Gebiete sammelten die Menschen wohl außerdem Yamswurzeln.

Nachdem sie die Meerenge überquert hatten, die das übrige Asien vom Neuguinea und Australien umfassenden Großkontinent Sahul trennte, besiedelten die Auswanderer zunächst Regenwaldzonen im Flachland. Den neuen Erkenntnissen zufolge eroberte Homo sapiens aber bereits früher als gedacht das klimatisch ungünstigere Bergland, wo er in kleinen und hochmobilen Jäger- und-Sammler-Gruppen lebte. Dass das Hochland dauerhaft bevölkert war, hält Summerhayes für unwahrscheinlich. (jd) <<

Summerhayes, G.R. et al.: Human Adaptation and Plant Use in Highland New Guinea 49,000 to 44,000 Years Ago. In: Science 330, S. 78-81, 2010.



Das Ivane-Tal im Morgendunst

Trotz der Nähe zum Äquator kann es in den Tälern des Hochlands von Papua-Neuguinea empfindlich kühl werden. Bodenfrost ist keine Seltenheit. Es sei unwahrscheinlich, dass sich die frühen Siedler hier dauerhaft aufhielten, meinen die Archäologen.

KLIMAGESCHICHTE

Lehren aus der letzten Warmzeit

Die letzte Warmzeit liegt nur 125 000 Jahre zurück, und die Temperaturen lagen damals im Schnitt um rund 1,5 Grad Celsius höher als heute. Einen mindestens genauso großen Anstieg der mittleren Temperaturen erwarten Forscher allerdings in den nächsten Jahrzehnten im Zuge des globalen Klimawandels – mit stärkeren Folgen für den Meeresspiegel als bislang erwartet, wie Christ Turney und Richard Jones von der University of Exeter nun prognostizieren.

Die beiden Geowissenschaftler hatten mehr als 260 Datensätze untersucht, die das so genannte Eem-Interglazial abdecken, und dabei bemerkenswerte Übereinstimmungen mit der heutigen Erwärmung bemerkt: So heizten sich die polaren Regionen damals um rund 5 Grad Celsius auf, während sich die Tropen nur mäßig erwärmten. Gegenwärtig beobachtet man ähnliche Trends mit starken Anstiegen in der Arktis und Teilen der Antarktis, während sich äquatornahe Tieflandregionen bislang wenig veränderten. Im weltweiten Mittel stiegen die Temperaturen um 1,9 Grad Celsius.

Dieser Wert liegt niedriger als die von Klimatologen und europäischen Politikern angestrebte Marke von zwei Grad Celsius, die im Zuge des anthropogenen Klimawandels nicht überschritten werden sollte, um die befürchteten gravierenden Folgen wenigstens zu dämpfen. Diese Grenzlinie könnte sich allerdings als trügerisch erweisen, befürchten die beiden Geowissenschaftler:

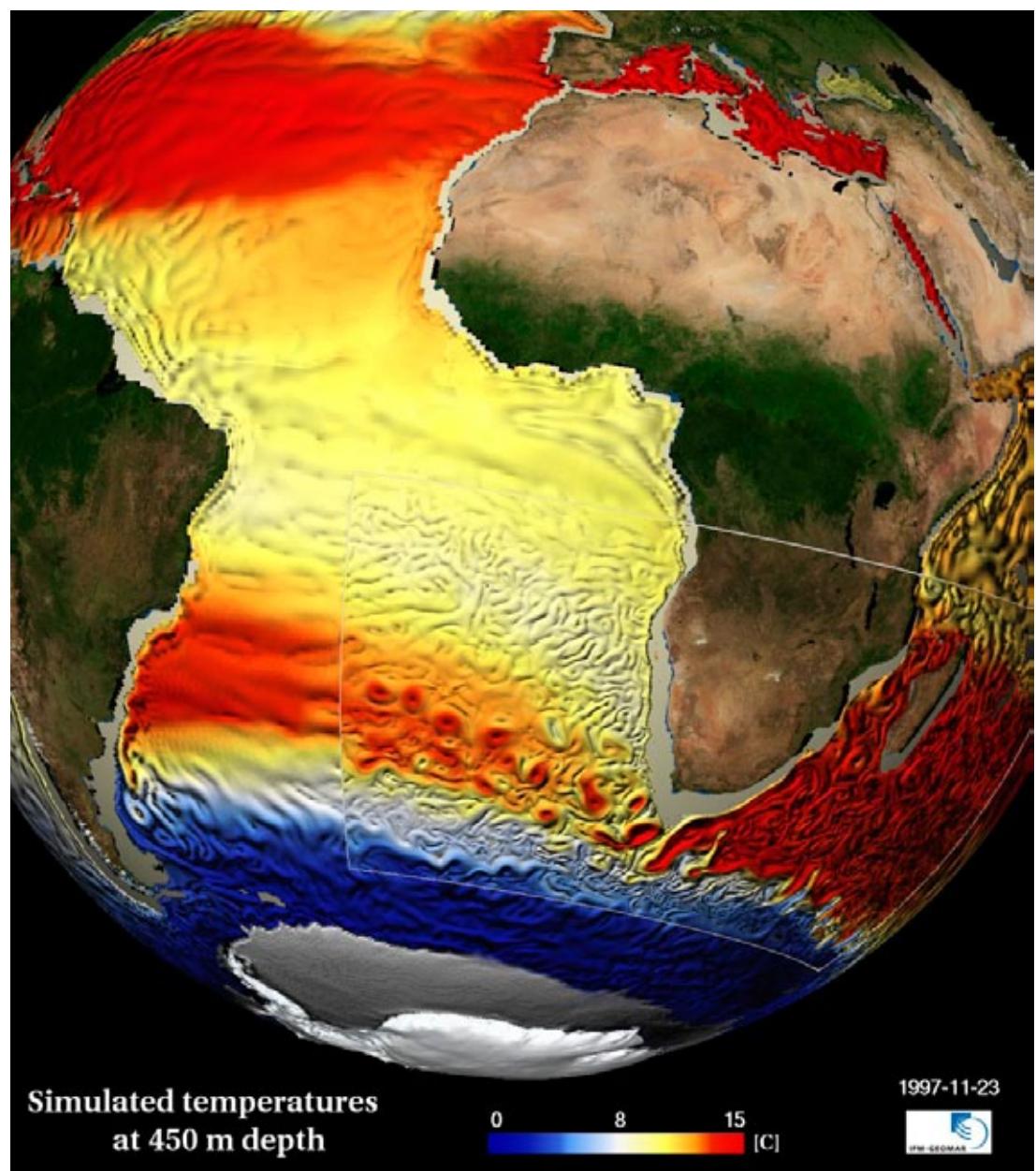
Ihre Daten deuten an, dass der Meeresspiegel einst wohl zwischen 6,6 und 9,4 Meter gestiegen ist. Das IPCC geht dagegen bis zum Ende des Jahrhunderts von einem Zuwachs um nur rund 60 Zentimeter aus, neuere Studien legen Werte bis zu zwei Meter nahe – ein Trend, der in den Augen von Turney und Jones zu optimistisch dargestellt ist.

»Die letzte Zwischeneiszeit deutet an, dass die Meere deutlich höher ansteigen könnten, als

momentan vorhergesagt wird«, meint Turney. Vor allem die Geschwindigkeit der anschwellenden Pegelstände gilt in ihren Augen als bedenklich: Mit 60 bis 90 Zentimetern pro Jahrzehnt verlief der Anstieg um einiges schneller als der gegenwärtige Zuwachs von 3 bis 4 Zentimetern pro Jahrzehnt. Die rasche und umfassende Erwärmung im Eem wurde nach Meinung der Forscher auch durch den Agulhasstrom angetrieben, der vermehrt

Warmwasserblasen aus dem Indischen Ozean in den Atlantik entlassen hat – ein Trend, der sich gegenwärtig wieder beobachten lässt. Während des Interglazials verstärkte sich dadurch die Zirkulation in den Weltmeeren, was letztlich die globale Aufheizung beschleunigte. (dl) <<

Turney, C., Jones, R.: Does the Agulhas Current amplify global temperatures during super-interglacials? In: Journal of Quaternary Science 25, S. 839-843, 2010.

**Agulhasringe**

An der Südwestspitze Afrikas schnüren sich regelmäßig Warmwasserwirbel aus dem Agulhasstrom ab, die nach Nordwesten driften und schließlich den Golfstrom mit antreiben.

IMMUNSYSTEM

Muttergeschenk schützt Hydra-Embryonen vor Bakterien

Nie wieder ist ein Lebewesen so schutzlos wie als unentwickelter Embryo, doch trotzdem verzichten einige Organismen schon in diesem Stadium auf den Schutz des mütterlichen Körpers oder auch nur einer Eihülle. Beim Süßwasserpolyphen *Hydra* befruchten die Samenzellen das außen am Muttertier hängende Ei, das sich dort zum Embryo entwickelt und von Anfang an potenziell schädlichen Bakterien ausgesetzt ist. Dennoch können Mikroorganismen dem Nachwuchs nichts anhaben – zwar wächst auf der Oberfläche des sich entwickelnden Tiers bald ein dünner Bakterienrasen, doch der besteht ausschließlich aus harmlosen, ja erwünschten Arten. Forscher aus Kiel und St. Petersburg haben jetzt herausgefunden, wie der einfache Organismus dieses Kunststück fertigbringt.

Auch die erwachsene *Hydra* besitzt keine feste Haut oder bewegliche Immunzellen, sie

schützt sich vor den allgegenwärtigen Mikroben mit antibakteriellen Peptiden, den Periculinen. Diese kurzen Proteine aus rund 150 Aminosäuren besitzen einen cysteinreichen Abschnitt, der sehr selektiv Bakterien tötet. Eines dieser Moleküle, das Periculin-1a, fand das Team um den Zoologen Thomas Bosch von der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel jedoch nur in einem einzigen Gewebetyp – dem Zwischengewebe, in dem die Eizellen heranreifen. Diese Zellen tragen das Protein in kleinen Membrabläschen mit sich und geben es, wenn sie später vom wachsenden Ei verschlungen werden, unverändert weiter: ein formidables Waffenarsenal für den späteren Embryo. Sofort nach der Befruchtung nämlich beginnen die Bläschen, mit der Membran der Eizelle zu verschmelzen und ihre Fracht nach außen abzugeben.

Wie die Forscher feststellten, ist das Peptid ein sehr effektiver

Schutz. Bei der ersten Zellteilung ist der Embryo mit einer lückenlosen Schicht der Verbindung bedeckt. Hier fanden sie nur einen Bruchteil der Bakterien, die später die werdende *Hydra* besiedelten, die zusätzlich nahezu alle zur Gattung *Polynucleobacter* gehörten. Erst nach einigen weiteren Teilungen, mit dem Entstehen eines Hohlraums im Embryo, beginnt die *Hydra* mit der Produktion der anderen Periculin-Peptide, und Periculin-1a verschwindet. Damit ändert sich auch die Bakterienpopulation auf dem Embryo dramatisch. Die Keimzahl schnellt bis zum Zehnfachen des vorherigen Werts hoch, und nun siedeln sich auch andere Bakterienarten an.

Anders als die anderen Periculine ist Periculin-1a jedoch nicht nur ein hochwirksames Gift, sondern reguliert auch aktiv die Zusammensetzung des Bakterienrasens auf dem frühen Embryo. Brachten die Forscher

nämlich erwachsene Polypen mit gentechnischen Mitteln dazu, das Peptid auf ihrer Haut auszuscheiden, ging nicht nur der Bewuchs rapide zurück, sondern seine Artenzusammensetzung veränderte sich drastisch – genauso wie es beim Übergang vom Periculin-1a zu den normalen Periculinen während der Embryonalentwicklung geschieht. Das Muttertier entlässt ihren Nachwuchs also keineswegs ungeschützt in die rauhe Welt. Vielmehr gibt sie ihm ein ausgeklügeltes Schuttpaket mit auf den Weg, das Bakterien nicht nur fernhält, sondern ganz gezielt bestimmte Mikroben gediehen lässt. Die Forscher vermuten, dass diese ersten Siedler auf noch unbekannte Weise zum Wohlergehen des frühen Embryos beitragen und dass auch in höheren Tieren mit Bakterien besiedelte Gewebe ihren Bewuchs aktiv kontrollieren. (lf) <<

PSYCHIATRIE

Tiefenhirnstimulation viel versprechend gegen Zwangsstörungen

Die Symptome psychiatischer Erkrankungen lassen sich abmildern, wenn man die aus dem Tritt geratenen Hirnareale dauerhaft elektrisch reizt – so etwa bei schweren Formen von Depression. Mit dieser so genannten Tiefenhirnstimulation konnten nun Forscher um Damaan Denys von der Universität Amsterdam auch Patienten Erleichterung verschaffen, die an einer therapiereistenten Zwangsstörung litten.

Dazu implantierten sie ihren 14 Probanden Dauerelektroden ins Gehirn und reizten eine wichtige Schaltstelle des neuronalen Belohnungssystems, den Nucleus accumbens. Frühere Versuche hatten sich auf andere Stellen konzentriert und eher wechselnden Erfolg gezeigt. Während Denys' knapp zweijähriger Studie begutachteten Psychologen anhand standardisierter Diagnosekriterien den Fortschritt der Freiwilligen. Bei neun Proban-

DOSSIER Hirnforschung



HIRNFORSCHUNG

Es ist ein Organ wie die Lunge, die Leber oder das Herz – und doch etwas Besonderes: unser Gehirn. Immer tiefer blicken Hirnforscher dank bildgebender Verfahren in die menschliche Denkfabrik hinein und lüften die Geheimnisse um den Sitz unserer Seele.

[spektrumdirekt.de/
hirnforschung](http://spektrumdirekt.de/hirnforschung)

den habe sich der Gesundheitszustand teils erheblich verbessert: Die typischen Symptome – krankhaftes Wiederholen immer gleicher Handlungen oder Gedanken – seien innerhalb der ersten Wochen kontinuierlich zurückgegangen.

Wegen der Schwierigkeiten, die mit dem operativen Eingriff verbunden sind, kommt die Tiefenhirnstimulation allerdings nur bei Patienten in Frage, die auf psychotherapeutische oder medikamentöse Hilfe nicht ansprechen. Schwer wiegende Nebenwirkungen hätten sich im Verlauf der Studie jedoch nicht gezeigt, so die Forscher. Das Verfahren ist bereits seit Längerem gegen die Parkinsonkrankheit in Gebrauch. Der »Hirnschrittmacher« verhindert hierbei das charakteristische Zittern der Gliedmaßen. (jd) <<



Denys, D. et al.: Deep Brain Stimulation of the Nucleus Accumbens for Treatment-Refractory Obsessive-Compulsive Disorder. In: Archives of General Psychiatry 67, S. 1061-1068, 2010.

Tiefenhirnstimulation im Nucleus accumbens

Zwei Elektroden stimulieren den paarweise angelegten Nucleus accumbens – ein wichtiges Hirnareal des Belohnungszentrums. Der eigentliche »Hirnschrittmacher« sitzt auf dem Brustumkel und ist über Kabel, die unter der Haut verlaufen, mit den Hirnelektroden verbunden. Die elektrische Erregung führt dazu, dass überaktive Nervenzellen im Nucleus accumbens ausgeschaltet werden.

OXYTOZIN

Ein Hormon für sämtliche Formen des Miteinanders

»Kuschelhormon« lautet der populärwissenschaftliche Name für Oxytozin: Denn der Stoff wird beim gegenseitigen Liebkosen ausgeschüttet und sorgt für wohliges Zusammengehörigkeitsgefühl der Partner. Dass es darüber hinaus womöglich sämtliche sozialen Verhaltensweisen zentral steuert, demonstrierten Forscher nun an Erdmännchen – mit Oxytozin ließen sich die Tiere regelrecht sozial dopen.

Die Wissenschaftler um Joah Madden von der University of Cambridge wählten Erdmännchen, weil diese ohnehin über ein ausgeprägtes Sozialleben verfügen. Beispielsweise kümmern

sich Kinderlose um fremden Nachwuchs, andere halten Wache oder graben gemeinschaftlich. Welche einzelnen Aspekte dieses Repertoires durch Oxytozin kontrolliert werden, testeten Madden und Team, indem sie Gruppenmitgliedern eine Extrapolition der Substanz injizierten. Überraschtstellten sie fest: Sämtliche sozialen und kooperativen Verhaltensweisen wurden durch die Injektion verstärkt, aggressives Verhalten nahm hingegen ab.

Dank der zentralen Steuerwirkung von Oxytozin hätten Tierarten gleich eine ganze Reihe sozialer Verhaltensmuster ausbilden können, ohne für jedes einzelne

einen gesonderten Evolutionspfad einschlagen zu müssen, meinen Madden und Kollegen. Gleichzeitig erschwere der Mechanismus egoistisches Trittbrettfahrertum: Wer diejenigen Gemeinschaftsdienste bevorzugt will, die ihm persönlichen Nutzen bringen, müsse zwangsläufig auch die Verhaltensweisen anstoßen, von denen eher die anderen profitieren.

Die Studie wurde eine Gruppe wild lebender südafrikanischer Erdmännchen (*Suricata suricatta*) an die Anwesenheit der Forscher gewöhnt. Dann markierten Madden und Kollegen erwachsene Tiere und injizierten ihnen per Blasrohr entweder Oxyto-

zin oder eine Salzlösung. Die Prozedur soll den Tieren nicht mehr ausgemacht haben als ein Ameisenbiss, schreiben die Wissenschaftler: Die Erdmännchen seien nach einem Schreck wieder ihrer ursprünglichen Beschäftigung nachgegangen. Anschließend protokollierten die Forscher das Verhalten, ohne zu wissen, ob ihr Versuchstier die wirkungslose Salzlösung oder das potente Sozialhormon erhalten hatte. (jd) <<

Madden, J.R., Clutton-Brock, T.H.: Experimental peripheral administration of oxytocin elevates a suite of cooperative behaviours in a wild social mammal. In: Proceedings of the Royal Society B 10.1098/rspb.2010.1676, 2010.

STRAHLUNGSHAUSHALT

Solare Überraschung

DOSSIER Klimawandel



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 noch in der Zukunft erwarten, bietet allerdings noch viel Stoff für Diskussionen.

spektrumdirekt.de/klima

Unser Zentralgestirn ist momentan wenig rege: Die Zahl der Sonnenflecken verharrt auf einem Minimum, obwohl ein neuer Zyklus begonnen hat; ein Ereignis, das eigentlich mit einer stärkeren Aktivität einhergehen sollte. Die Schwächephase unserer Sonne scheint also vorerst weiterzugehen – und birgt überraschende Veränderungen in der Strahlung, die unsere Erde erreicht, wie Joanna Haigh vom Imperial College in London und ihre Kollegen für die Jahre 2004 bis 2007 zeigen.

Ihre Daten belegen, dass während dieser Zeit die Menge an UV-Strahlung vier- bis sechsmal so stark zurückging, als allein auf Grund der nachlassenden Sonnenaktivität zu erwarten gewesen wäre – zumindest nach

bisherigen Modellen zum solaren Strahlungshaushalt. Auf der anderen Seite traf mehr Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich auf dem Planeten ein, was die Verluste im UV-Bereich etwas kompensierte.

Beides wirkt sich auf das Klima und die Zusammensetzung der Atmosphäre aus: Die rückläufige UV-Strahlung ließ beispielsweise den Ozongehalt in der Stratosphäre in Höhen bis zu 45 Kilometer über der Erdoberfläche schwinden, während er darüber zunahm. UV-Licht stimuliert eine Reihe fotochemischer Prozesse, an deren Ende Ozon entsteht, das letztlich die Erde vor diesen Wellenlängen schützt und zugleich diese Atmosphärenstockwerke aufheizt. Sichtbares Licht und Infrarotstrahlung wie-

derum erwärmen die Troposphäre, also den Bereich, in dem sich das Leben auf der Erde abspielt. (dl) <<

Haigh, J. et al.: An influence of solar spectral variations on radiative forcing of climate. In: Nature 467, S. 696-699, 2010.

RAUMWAHRNEHMUNG

Visuelle Hirnareale helfen Blinden, Töne zu lokalisieren

Die Aufgabe bleibt die gleiche, nur die Informationsquelle ändert sich: Wollen früh erblindete Menschen etwa einen Sprecher im Raum verorten, tun sie dies mit denselben Hirnarealen wie Sehende. Dass in beiden Fällen sogar die Aufgabenteilung innerhalb dieser Regionen dieselbe bleibt, haben nun Wissenschaftler mit einem Hirnscanner-Experiment entdeckt.

Bei Sehenden gelangen die Reize, die die Augen liefern, nach einer Vorverarbeitung in den mittleren Hinterhauptsplatten. Ab hier spaltet sich die Weiterverarbeitung in zwei parallele, grob voneinander getrennte Wege: die Was-Bahn, in der die Art der Gegenstände erkannt wird, und die

Wo-Bahn, in der ihre Position berechnet wird. Diese Aufteilung zeigte sich auch bei den blinden Versuchspersonen im Experiment der Forscher um Josef Rauschecker vom Georgetown University Medical Center in Washington.

»Der visuelle Kortex ist einer der größten und mächtigsten Teile des Gehirns«, so Rauschecker. Diese ansonsten brachliegende Hirnkapazität mitzubenutzen, könnte den Blinden einen Vorteil verschaffen und erklären, warum sie so außergewöhnliche Leistungen bei Wahrnehmungsaufgaben zeigen, vermutet der Forscher. Mit Hilfe der funktionellen Magnetresonanztomografie hatten er und sein Team beobachtet, wie blinde Versuchs-

teilnehmer angaben, von wo ein Geräusch stammte oder welchen ihrer Finger die Forscher mit vibrierenden Manschetten stimulierten.

Je besser ein Proband bei dieser Aufgabe abschnitt, desto ausgeprägter war seine Aktivierung in den fraglichen Arealen. Ob Hör- oder Tastsinn gereizt wurde, machte hingegen keinen Unterschied. Sehende erledigen die gleiche Aufgabe mit deutlich weniger komplexen Hirnregionen, die auf gehörte oder ertastete Reize spezialisiert sind. (jd) <<

Renier, L.A. et al.: Preserved Functional Specialization for Spatial Processing in the Middle Occipital Gyrus of the Early Blind. In: Neuron 68, S. 138-148, 2010.

KLIMAWANDEL

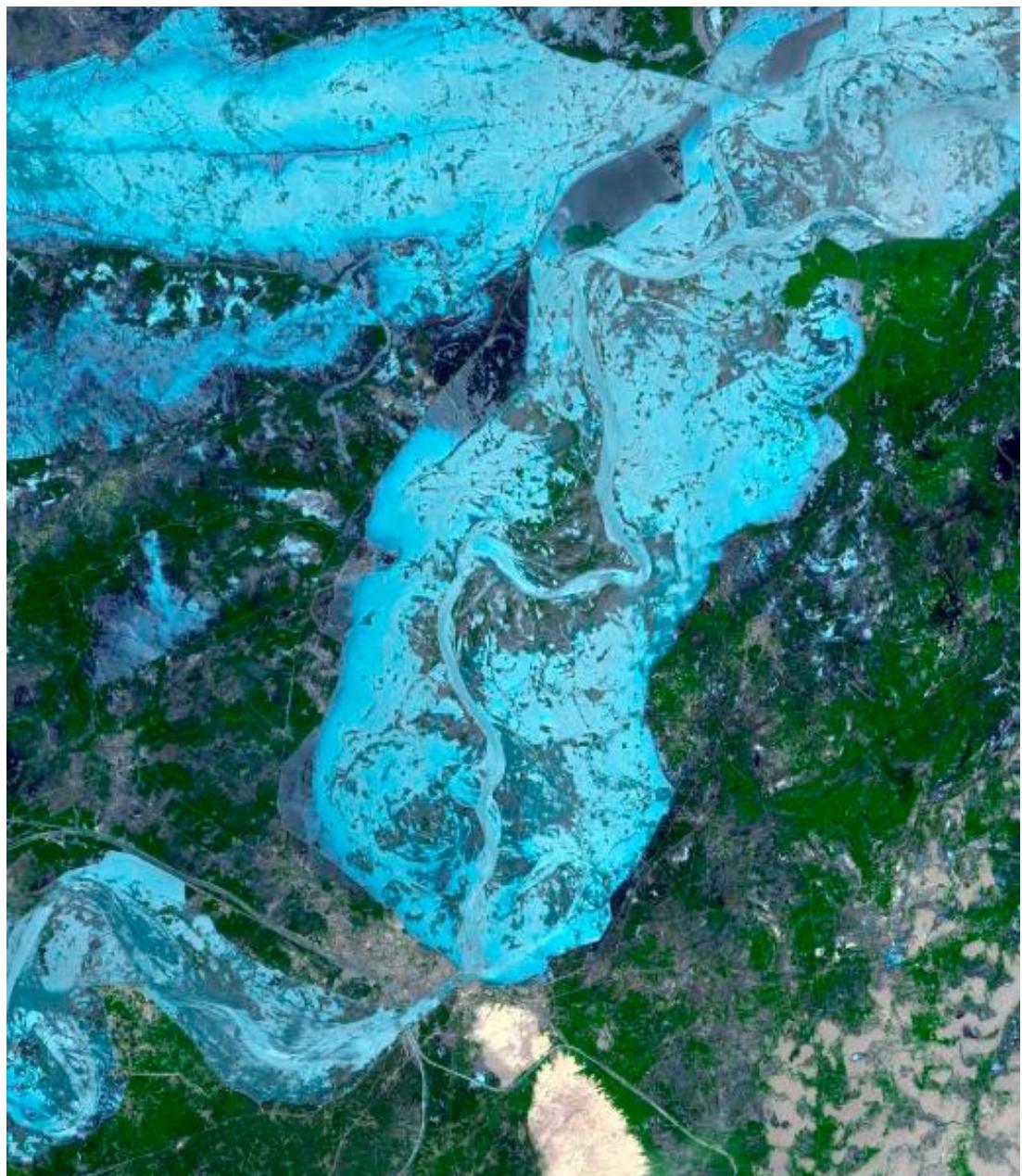
Wasserkreislauf verstärkt durch Erderwärmung

Das Klima treibt die Verdunstungsraten über den Ozeanen in die Höhe und verursacht Starkniederschläge sowie gesteigerte Wasserführung in den Flüssen. Dieser meteorologische Trend ist nun von Forschern mit Zahlen belegt.

Über einen Zeitraum von 13 Jahren sammelten Forscher um Jay Famiglietti von der University of California in Irvine Daten zum globalen Wasserkreislauf. Zwischen 1994 und 2006 ist demnach der globale Wasserfluss vom Land in die Meere um 18 Prozent gestiegen. Um dies zu ermitteln maßen die Forscher unter anderem die Veränderungen der gesamten Ozeanmasse, Verdunstungsraten und Niederschlagsmengen und errechneten daraus schließlich den monatlichen weltweiten Frischwasserabfluss.

Die Messungen basieren auf Bildern von Altimetern der NASA-Satelliten Topex/Poseidon und Jason-1, welche die Höhe der Land- und Eismassen ermitteln. Das Wasservorkommen der Erde konnte mit dem Doppelsatelliten GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) aufgenommen werden: Dieser erfasst über zwei Sonden Schwankungen im terrestrischen Schwerkraftfeld und zeigt auch Wassermengen an, die bei einfacher Fernerkundung mit Flugzeugaufnahmen unter dem Erdboden verborgen bleiben würden.

Vorherige Einschätzungen von Wissenschaftlern müssen mit dem hier neu berechneten Durchflusstrend von 540 Kubik-kilometern pro Quadratjahr um ein bis zwei Größenordnungen korrigiert werden. Es zeige sich überdies, dass die Flüsse und Eisschilde seit 1994 jährlich ein- bis einhalb Prozent mehr Wasser in die Ozeane entlassen, so Famiglietti. Was durchaus dramatisch sei, auch weil der Trend sich zu-



© NASA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS/JAXA/ASTER SCIENCE TEAM

künftig noch verschärfen könne. Denn die Klimaerwärmung führt zu erhöhter Verdunstung von Wasser aus den Meeren, was sich in heftigeren Regenfällen an Land niederschlägt. Über Flüsse und das Grundwasser gelangt die erhöhte Wassermenge dann zurück ins Meer, wo der beschriebene Kreislauf verstärkt beginnt.

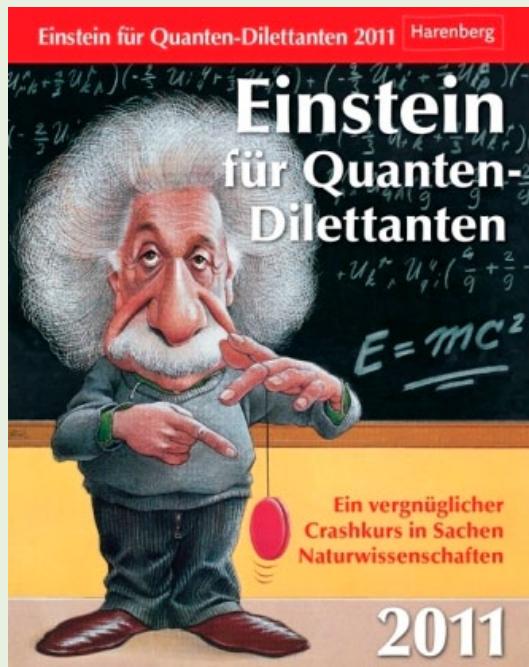
»Allgemein ist mehr Wasser gut«, bestätigt Famiglietti. »Wir beobachten allerdings genau das,

was die IPCC vorhergesagt hat – erhöhter Niederschlag in den Tropen und in den nördlichen Breiten. Gleichzeitig trifft Dürre die Trockengebiete dieser Erde, wo ein großer Teil der Menschheit lebt.« (sh) <<

Famiglietti, J.S. et al.: Satellite-based global-ocean mass balance estimates of interannual variability and emerging trends in continental freshwater discharge. In: Proceedings of the National Academy of Sciences 10.1073/pnas.1003292107, 2010.

Satellitenbilder der Überflutungen in Pakistan im Sommer 2010

Der Anstieg der Wassermassen durch den Klimawandel ist ein deutliches Beispiel für den globalen Trend.



Einstein für Quanten-Dilettanten,
Abreißkalender 2011
Harenberg
ISBN: 9783840000882

Dieses Buch können Sie im Science-Shop für 14,99 € (D),
14,99 € (A) kaufen:
<http://www.science-shop.de/artikel/1038861>

5 x 5-Bewertung	
Inhalt	■ ■ ■ ■ ■
Vermittlung	■ ■ ■ ■ □
Verständlichkeit	■ ■ ■ ■ ■
Lesespaß	■ ■ ■ ■ ■
Preis-Leistung	■ ■ ■ ■ ■
Expertenwertung	24

Jeden Tag ein bisschen schlauer

Warum Tukane so große Schnäbel haben, wieso uns Weisheitszähne wachsen und weshalb der trockenste Ort der Erde im ewigen Eis liegt – diese und über 300 weitere Fragen aus Natur, Alltag und Technik beantwortet der kleinformatige Kalender »Einstein für Quantendilettanten«, nach Aussage des Verlags »ein Crashkurs in Sachen Naturwissenschaften«.

Jedes Kalenderblatt zierte eine kuriose Frage (»Wie radioaktiv sind wir eigentlich?«), provokative Behauptung (»Blondinen sterben aus!«) oder todlichere Kneipenwette (»Wetten, dass Enten in den Stimmbruch kommen?«). Auf amüsante und gut verständliche Weise wird das angerissene Thema dann auf der Rückseite jedes Blatts erläutert, teils gibt es auch Tipps zum Weiterlesen oder kleine Infoboxen zu einem verwandten Sachgebiet.

Einige der Kuriositäten mögen dem naturwissenschaftlich vorbelasteten Leser bereits bekannt sein. Allerdings ist das Spektrum der behandelten Themen so breit, dass es für jeden noch genug Neues und Spannendes zu entdecken gibt (oder wussten Sie schon, dass eine schminkwütige Frau durchschnittlich vier Kilogramm Lippenstift im Laufe ihres Lebens verspeist?!).

Trotz eines wenig ansprechenden, eher simplen Layouts lockt der Kalender jeden Tag mit einer originellen Kleinigkeit, die einem das erste Schmunzeln des Tages entlocken kann. Und selbst, wenn es nur an jedem zweiten Tag so weit kommt, gibt es mehr als 150 gute Gründe, sich in die Reihe der Quantendilettanten einzufügen. <<

Lennart Pyritz

Der Rezensent ist Diplombiologe und Doktorand an der Universität Göttingen.