

PHYSIKALISCHE CHEMIE

Kälteste Temperatur flüssigen Wassers ermittelt

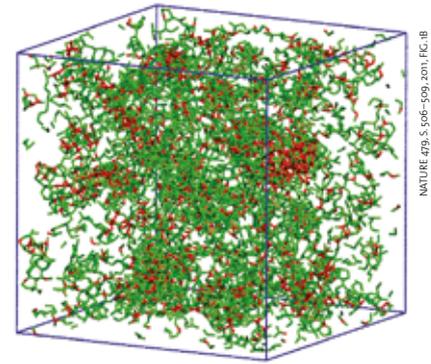
Wasser gefriert nicht zwangsläufig bei null Grad Celsius. Ohne größere Verunreinigungen, die als Kristallisationskeime dienen, kann es wesentlich weiter abkühlen, ohne zu erstarren. Die Chemikerinnen Valeria Molinero und Emily Moore von der University of Utah in Salt Lake City (USA) haben nun die Grenze entdeckt, unterhalb derer sich Wasser der Eisbildung nicht mehr entziehen kann: Bei minus 48 Grad Celsius verändert sich seine molekulare Struktur so, dass der Gefriervorgang zwangsläufig einsetzt.

Flüssiges Wasser ist ein Netzwerk aus H₂O-Molekülen, die lose über Wasserstoffbrücken miteinander verbunden sind. Beim Gefrieren bilden sich winzige Kerne aus kristallin angeordneten Molekülen. Sie können sich wieder auflösen, aber auch durch Anlagern weiterer H₂O-Gruppen wachsen. Überschreiten die kristallinen Strukturen eine bestimmte Größe, breiten

sie sich über das gesamte Volumen aus. Meist erleichtern Kristallisationskeime wie Staubpartikel oder Erschütterungen die Eisbildung.

Den Forscherinnen zufolge erstarrt völlig reines Wasser bei minus 48 Grad Celsius auch ohne diese Hilfestellung. Dann ordnen sich die Moleküle vermehrt zu Tetraedern an, in denen jede H₂O-Gruppe lose mit vier weiteren verbunden ist. Das führt dazu, dass entstehende Eiskerne von Molekülensembles umgeben sind, deren Struktur zwischen flüssig und fest liegt. Die Tetraeder stabilisieren die winzigen Eiskerne, wodurch das Wasser schneller kristallisiert und letztlich unausweichlich gefriert.

Um die Vorgänge auf molekularer Ebene genau verfolgen zu können, mussten Molinero und Moore aber auf Computermodelle zurückgreifen. Denn unterhalb von minus 41 Grad Celsius kristallisiert Wasser zu schnell, als dass



NATURE 479, S. 506–509, 2011, FIG. 1B

Wenn Wasser gefriert, nehmen große Molekülgruppen eine Struktur zwischen flüssig und fest ein (grün). Dazwischen liegen Kerne aus kristallinem Eis (rot).

sich die verbliebenen flüssigen Anteile noch experimentell untersuchen ließen. In aufwändigen Simulationen berechneten die Forscherinnen das Verhalten einiger tausend Moleküle.

Nature 479, S. 506–509, 2011

ARCHÄOLOGIE

Hochseefischerei vor 42 000 Jahren

Seit Urzeiten nutzt der Mensch Fische und Meeresfrüchte aus Küstennähe. Beweise dafür, dass er auch auf hoher See gefischt hat, gab es bislang nur aus den letzten 12 000 Jahren. Neue Funde auf der Insel Timor in Südostasien belegen nun aber, dass

Homo sapiens dort schon vor 42 000 Jahren Hochseefischerei betrieb.

Archäologen um Sue O'Connor von der Australian National University in Canberra (Australien) untersuchten die Kalksteinhöhle Jerimalai, die an der Ostküste Timors liegt. Sie entdeckten dort zahlreiche Gegenstände und Nahrungsreste, die wohl die Bewohner aus dem späten Pleistozän vor etwa 42 000 Jahren hinterlassen haben. Neben Feuersteinwerkzeugen und Muschelresten fanden sie zahlreiche Fischknochen, unter anderem von

Tunfisch. Da dieser sich normalerweise nicht in der Nähe der Küste aufhält, gehen die Forscher davon aus, dass die damaligen Menschen bereits weit aufs Meer hinausfuhren, um ihn zu fangen.

An der Fundstelle kam auch der älteste bekannte Angelhaken zu Tage, der auf 16 000 bis 23 000 Jahre datiert ist und aus dem Gehäuse einer Meeresschnecke gefertigt wurde. In jener Zeit standen oft Stachelmakrelen und Zackenbarsche auf der Speisekarte, wie die Überreste in der Höhle belegen. Diese Fische werden vorwiegend geangelt. Für Tunfische hingegen nutzten die Menschen wohl Netze, denn sie erbeuteten vorwiegend junge Tiere, die sich eher darin verfangen als ausgewachsene Exemplare.

Science 334, S. 1117–1121, 2011



SUSAN O'CONNOR, AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY

Dieser Angelhaken, gefunden im Osten Timors, stammt aus dem Pleistozän und wurde aus dem Gehäuse einer Meeresschnecke gefertigt. Gezeigt sind beide Seiten.

ASTRONOMIE

Schwarze Löcher mit Rekordmassen

Wohl alle großen Galaxien besitzen in ihrem Zentrum ein supermassereiches Schwarzes Loch. Es sorgt bei Quasaren, den Kernen von aktiven Galaxien, dafür, dass sie intensiv leuchten. Um die Helligkeit der lichtstärksten Quasare zu erklären, die Astronomen beobachtet haben, müssen deren Schwarze Löcher mindestens zehn Milliarden Sonnenmassen enthalten. Nicholas McConnell von der University of California in Berkeley (USA) und seine Kollegen sind nun erstmals auf zwei Objekte dieser Größenordnung gestoßen.

Das Team untersuchte die elliptischen Galaxien NGC 3842 im Sternbild Löwe und NGC 4889 im Sternbild Haar der Berenike. Beide sind rund 300 Millionen Lichtjahre von uns entfernt. Für das Schwarze Loch im Zentrum von NGC 3842 ermittelten die Forscher 9,7 Milliarden Sonnenmassen, für jenes im Zentrum von NGC 4889 kamen sie auf etwa 21 Milliarden Sonnenmassen.

Die Wissenschaftler vermuten, dass beide Monster aus einer Verschmelzung gasarmer Galaxien hervorgegangen sind. Dabei fusionierten, so die Theorie, die zentralen Schwarzen Löcher der Vorgängergalaxien, wobei sich ihre Massen addierten.

Nature 480, S. 215–218, 2011

NASA, JPL / CALTECH

Sowohl Galaxien mit Zentralverdickung (links oben) als auch solche ohne Zentralverdickung (rechts unten) können supermassereiche Schwarze Löcher beherbergen.

MEDIZIN

Dopamin gegen Tumoren

Die Blutgefäße von Tumoren sind häufig undicht, gewunden und ungewöhnlich geweitet. Dies beeinträchtigt den Blutfluss und führt zu Sauerstoffmangel in großen Teilen des Tumors, was die Krebszellen resistenter gegenüber Chemotherapien und Strahlenbehandlungen macht. Laut Forschern um Sujit Basu von der Ohio State University in Columbus (USA) kann die Substanz Dopamin, die man eigentlich eher vom Gehirn her kennt, wieder normale Verhältnisse in den Blutgefäßen herstellen.

Dopamin gehört zu den Neurotransmittern, jenen Botenstoffen, die Informationen zwischen Nervenzellen übermitteln. Es wird wegen seiner Wirkung im Gehirn häufig als Glückshormon bezeichnet. Daneben tritt es auch in anderen Geweben auf und

steuert dort wichtige Funktionen – unter anderem in Blutgefäßen.

Die Forscher um Basu pflanzten Mäusen menschliche Prostata- und Darmtumoren ein und beobachteten deren Wachstum. Zunächst stellten sie fest, dass sich in den Geschwulsten die bekannten missgestalteten Blutgefäße ausbildeten und ferner das Krebsgewebe keinerlei Dopamin enthielt. Bekamen die Tiere den Neurotransmitter jedoch sieben Tage lang regelmäßig verabreicht, normalisierte sich die Gefäßstruktur. Das förderte die Durchblutung, und der Sauerstoffgehalt im Krebsgewebe stieg an. Wie weitere Versuche zeigten, koppelt das Dopamin an spezielle Rezeptoren in den Gefäßzellen und aktiviert dadurch verschiedene Wachstums- und Transkriptionsfaktoren.

STOCKPHOTO / MARTIN MCCARTHY



Das Modell eines Dopaminmoleküls. Der Stoff kommt vor allem im Mittelhirn vor.

Für die Krebsmedizin könnte sich der Neurotransmitter gleich auf zweierlei Weise als nützlich erweisen. Indem er die Durchblutung verbessert, lässt er Krebsmedikamente leichter in den Tumor eindringen, so dass sie dort effizienter wirken. Außerdem erhöht die bessere Sauerstoffversorgung des entarteten Gewebes die Erfolgchancen einer Strahlentherapie.

PNAS 108, S. 20730–20735, 2011

VERHALTENSFORSCHUNG

Altruistische Ratten

Ratten zeigen so etwas wie Mitgefühl: Sie befreien gefangene Artgenossen aus einem Käfig, selbst wenn sie sich dadurch um eine größere Portion Schokolade bringen. Das haben Wissenschaftler um Inbal Ben-Ami Bartal von der University of Chicago (USA) beobachtet. Sie deuten das Verhalten der Tiere als Ausdruck von Empathie.

Je zwei Ratten waren an diesen Experimenten beteiligt. Das frei laufende Tier hatte die Möglichkeit, die Tür eines Käfigs zu öffnen und dadurch einen gefangenen Artgenossen frei zu lassen. Anfangs umkreisten die

freien Ratten den Käfig, attackierten ihn und nahmen Kontakt mit den darin Eingesperrten auf. Nach durchschnittlich sieben Tagen hatten sie gelernt, die Tür zu öffnen, und taten es von da an zielgerichtet.

War der Käfig jedoch leer oder enthielt er eine Spielzeugratte, beachteten die Tiere ihn nicht weiter. Und wurden sie vor die Wahl gestellt, ihren Artgenossen zu befreien oder einen Käfig zu öffnen, in dem Schokolade bereitlag, taten sie beides und teilten die Süßigkeit mit den ehemaligen Gefangenen.

Die Anwesenheit einer Ratte im Käfig erregt die Neugier eines Artgenossen (links). Mit der Zeit lernt die freie Ratte, die Käfigtür zu öffnen (rechts).



INBAL BEN-AMI BARTAL, UNIVERSITY OF CHICAGO



MEHR WISSEN BEI
Spektrum.de



Aktuelle Spektrogramme
finden Sie täglich unter

www.spektrum.de/spektrogramm

Dieses Verhalten lässt sich nicht damit begründen, dass die Ratten lediglich die Alarmrufe ihrer gefangenen Artgenossen abstellen wollten: Dazu kamen die Rufe zu selten. Reine Neugier scheidet als Motiv auch aus, da die Ratten mehr als einen Monat lang – bis zum Ende der Versuche – bei ihrem Verhalten blieben. Und dass die Tiere den Käfig zufällig geöffnet hatten, ist ebenso unwahrscheinlich, denn sie handelten im Lauf der Versuche immer schneller und zielgerichteter und zeigten sich immer weniger überrascht vom Ergebnis ihrer Aktion. Es war auch nicht die Aussicht auf sozialen Kontakt, die die Nager zur Befreiungsaktion veranlasste: Die Tiere erlösten ihre Gefährten selbst dann, wenn sie anschließend jedes Mal von ihnen getrennt wurden. Somit bleibt als plausible Erklärung nur, dass die Ratten mit ihrem Verhalten das Leid der Gefangenen beenden wollten.

Science 334, S. 1427–1430, 2011

GENETIK

»Sprachgen« hilft beim Lernen

Das Gen *FOXP2* hat großen Einfluss auf die Artikulationsfähigkeit: Funktioniert es nicht mehr, leiden die Betroffenen unter massiven Sprachproblemen. Zudem scheint zumindest seine menschliche Variante bestimmte Lernvorgänge zu fördern, wie Wissenschaftler vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig herausgefunden haben. Vielleicht half es unseren Vorfahren, sich die komplexen Muskelbewegungen anzueignen, die das Sprechen ermöglichen.

Die Forscher um Christiane Schreiweis pflanzten Mäusen die mensch-

liche *FOXP2*-Variante ein. Daraufhin lernten die Tiere deutlich leichter: Nach durchschnittlich acht Tagen Training konnten sie sich mit Hilfe von Schlüsselreizen zuverlässig in einem Labyrinth orientieren. Ihre Artgenossen, die nur die normale Mausvariante des Gens besaßen, brauchten dafür im Mittel zwölf Tage.

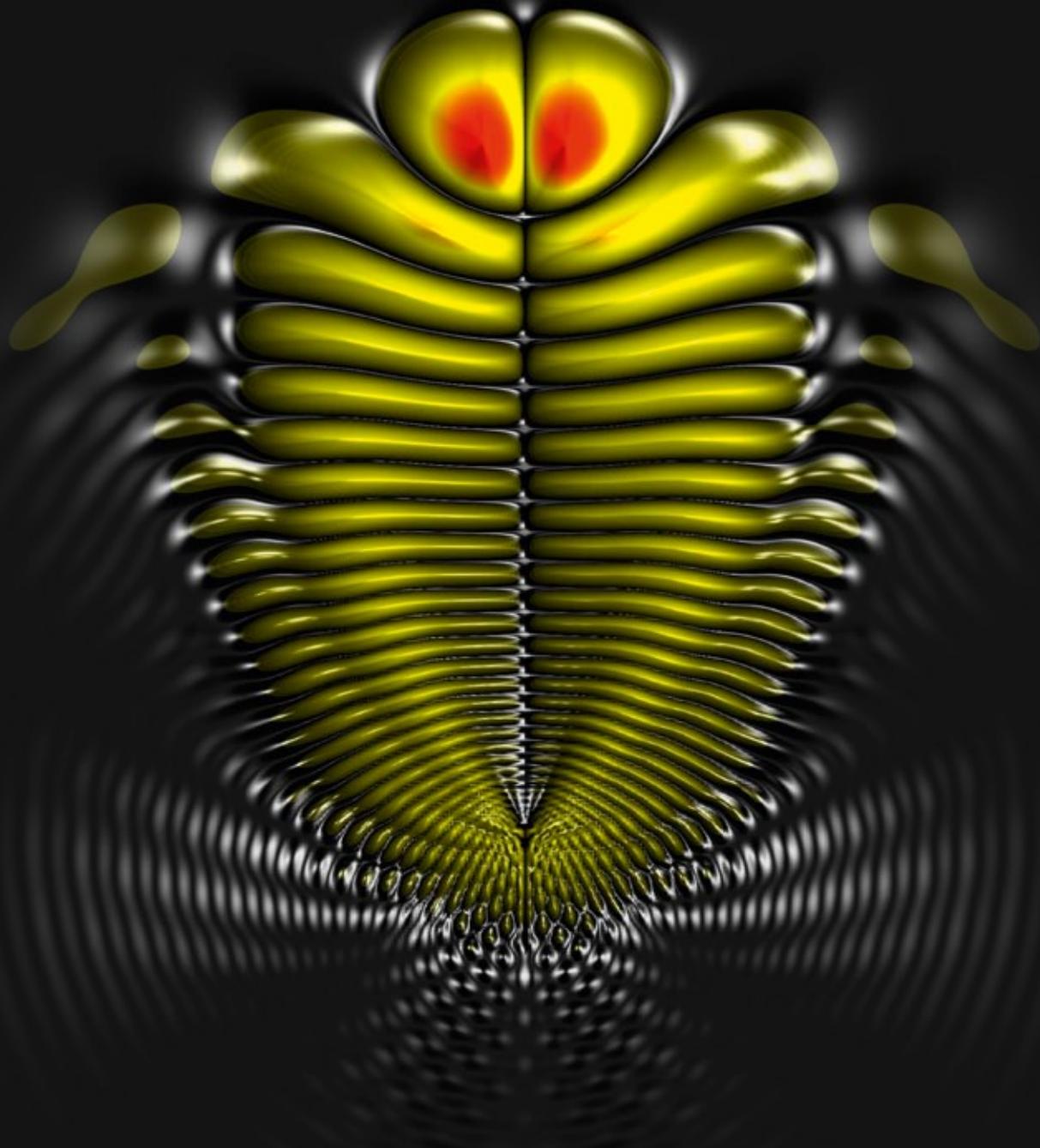
Frühere Versuche hatten bereits ergeben, dass Mäuse mit der menschlichen *FOXP2*-Version höhere Rufe ausstoßen als ihre wilden Artgenossen und sich von ihnen auch in der Verschaltung der Basalganglien unterscheiden – das sind Teile des Groß-

hirns, die unter anderem für Bewegungskontrolle und motorisches Lernen zuständig sind.

FOXP2 tritt bei den meisten Wirbeltieren in sehr ähnlicher Form auf. Es beeinflusst Hirnregionen, die am Einüben von Bewegungsabläufen mitwirken. Die menschliche Version des Gens unterscheidet sich geringfügig von der des Schimpansen, ist aber identisch mit der Neandertalervariante. Sie entstand demnach, bevor sich die Neandertalerlinie und die des *Homo sapiens* trennten – also vor mehr als 500 000 Jahren.

Nature 10.1038/nature.9395, 2011

ELEKTRONEN-ASSEL



UNIVERSITÄT STUTTGART

Normalerweise sollten bei einer Verbindung aus zwei gleichen Atomen die beteiligten Elektronen gleichmäßig zwischen ihnen verteilt sein. Denn die Anziehungskraft der beiden positiv geladenen Kerne wirkt symmetrisch auf die negativ geladenen Teilchen. Bei diesem Molekül aus zwei Rubidiumatomen beruht die Bindung jedoch auf einem einzigen hochangeregten Elektron eines der beiden Partner, dessen Kern sich im unteren Teil des gelben Bereichs befindet. Das verändert die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons, dargestellt durch die ring- und wurstförmigen Strukturen auf dem im Computer berech-

neten und eingefärbten Bild. Besonders hoch ist sie im Bereich der beiden roten Flecke, zwischen denen der andere Atomkern liegt.

Damit handelt es sich hierbei um den ersten Nachweis einer Ladungstrennung innerhalb einer Verbindung aus zwei gleichen Atomen: Der Bereich des im Bild oben liegenden Atoms ist negativ geladen, der des anderen positiv. Der eigentlich zu erwartende Ausgleich findet nicht statt, weil die Atome dafür viel zu weit voneinander entfernt sind – das Molekül ist so groß wie ein Virus.

Science 334, S. 1110–1114, 2011