

KLIMAFORSCHUNG

## Grönlands Gletscher trotzten Warmzeit

Die Eispanzer Grönlands sind offenbar stabiler als bisher vermutet. Während der letzten großen Eisschmelze in der Eem-Warmzeit (zirka 130 000 bis 115 000 Jahre vor heute) steuerten sie nur zwei zu den acht Metern bei, um die der Meeresspiegel damals weltweit stieg. Und das, obwohl die Temperaturen auf

Grönland zu jener Zeit deutlich höher waren als heute. Dies legen Messungen eines internationalen Teams um Dorthe Dahl-Jensen von der Universität Kopenhagen nahe.

In einem zweieinhalb Kilometer langen Bohrkern identifizierten die Forscher uraltes Eis, das noch aus der Eem-Warmzeit stammt. Es enthält

ungewöhnlich viele Sauerstoffisotope vom Typ  $^{18}\text{O}$ . Aus dessen Anteil lässt sich auf die damaligen Temperaturen an der Gletscheroberfläche rückschließen; sie lagen demnach um bis zu acht Grad Celsius höher als der Durchschnittswert der zurückliegenden 1000 Jahre. Untersuchungen von Luftblasen im Eis deuten darauf hin, dass der Eispanzer während des Eems etwa 400 Meter an Mächtigkeit verlor. Bisher war man von einem größeren Verlust ausgegangen.

Die Schichten aus dem Eem liegen etwa zwei Kilometer tief im grönländischen Eis. Sie sind durch Gletscherbewegungen stark gefaltet und schwer datierbar. Mit Hilfe von Georadar, Isotopenanalysen und chemischen Untersuchungen gelang den Wissenschaftlern nun erstmals eine lückenlose Altersbestimmung.

*Nature 493, S. 489–494, 2013*



Das Camp des Forschungsprojekts NEEM (North Greenland Eemian Ice Drilling Project) auf dem grönländischen Inlandeis. Hier wurde das Eis aus der Eem-Warmzeit geborgen. Die Aufnahme zeigt das Lager im Sommer 2009.

LARS MÖLLER, ALFRED WEGENER-INSTITUT

### Spektrum DER WISSENSCHAFT DIE WOCHE

Mehr aktuelle Studien und Analysen lesen Sie jeden Donnerstag in

### Spektrum DER WISSENSCHAFT DIE WOCHE

- **Unbekannte Tierarten:** Manchmal sieht man nur mit dem DNA-Test gut
- **Quantenphysik:** »Ich will die Natur verstehen«
- **Himmelskörper:** Kometen im Anflug

[www.spektrum.de/diewoche](http://www.spektrum.de/diewoche)

Deutschlands erstes wöchentliches Wissenschaftsmagazin!

KERNPHYSIK

## Wie groß ist das Proton?

Dem Pariser »Committee on Data for Science and Technology« zufolge beträgt der Ladungsradius des Protons 0,8775 Femtometer (billionstel Millimeter). Vor drei Jahren ermittelte ein internationales Forscherteam allerdings einen um vier Prozent kleineren Wert. Jetzt hat es das Ergebnis untermauert und zudem präzisiert.

Die Wissenschaftler um Aldo Antognini von der ETH Zürich nutzten myonischen Wasserstoff für ihre Messungen. In diesem exotischen Atom ist das Elektron durch ein Myon ersetzt, welches dieselbe negative Ladung trägt, jedoch rund 200-mal schwerer ist. Die Energieniveaus von myonischem Wasserstoff hängen stärker von der Protonengröße ab als die von herkömmlichem Wasserstoff. Das lässt sich nutzen, um den Protonenradius zu bestimmen.

Mit Hilfe von Laserpulsen mit präzise abgestimmter Wellenlänge ermittelten die Forscher Resonanzfrequenzen, bei denen myonischer Wasserstoff zwischen bestimmten Energieniveaus wechselt. Aus diesen Frequenzen errechneten sie den Unterschied zwischen den Niveaus und daraus wiederum indirekt den Ladungsradius des Protons. Das Ergebnis, 0,84087 Femtometer, stimmt gut mit dem 2010 erhaltenen Wert überein, ist jedoch wesentlich genauer.

Warum die Zahl so deutlich von den offiziellen Angaben abweicht, bleibt nach wie vor unklar. Um aus den Resonanzfrequenzen auf die Protonengröße schließen zu können, sind komplexe quantenelektrodynamische Berechnungen erforderlich – eine mögliche Fehlerquelle.

*Science 339, S. 417–420, 2013*

## Aufflackern eines sterbenden Sterns

Supernovae und ihre Überreste werden von Astronomen sehr häufig beobachtet, doch die Vorgeschichte solcher Sternexplosionen bleibt meist unbekannt. Nun hat ein Team um Eran Ofek vom Weizmann Institute of Science (Israel) neue Einblicke in die letzten Entwicklungsstadien gewonnen, die der Vorläuferstern einer Supernova durchlief. Die Daten zeigen, dass das rund 500 Millionen Lichtjahre entfernte Gestirn bereits vor der Explosion große Materiemengen ausstieß.

Die Forscher um Ofek untersuchten Aufnahmen einer Region im Sternbild Herkules. Im August 2010 hatte ein Roboterteleskop dort eine so genannte Typ-II<sub>n</sub>-Supernova registriert. Bei einem solchen Ereignis kollidieren die fortgeschleuderten Sternreste mit Material, welches das Gestirn zuvor ausgeworfen hat. Auf den Aufnahmen konnten die Wissenschaftler nun den Vorläuferstern der Supernova identifizieren. Knapp 40 Tage vor der finalen Explosion war es bei ihm zu einem Helligkeitsausbruch gekommen, der rund einen Monat andauerte. Der Stern, der möglicherweise einige Dutzend Sonnenmassen in sich vereinte, stieß dabei Material mit einem Hundertstel der Masse unserer Sonne aus. Es entfernte sich mit Geschwindigkeiten um 2000 Kilometer pro Sekunde, wurde aber kurz nach der Supernova von deren Explosionsfront eingeholt.

Besonders überraschend sei die kurze Zeit zwischen Ausbruch und Explosion, schreiben die Wissenschaftler.

KEN-JUNG CHEN, SCHOOL OF PHYSICS AND ASTRONOMY, UNIVERSITY OF MINNESOTA



Simulation eines Sterns vor der Explosion. Sie zeigt, wie ausgestoßenes Material unterschiedlicher Geschwindigkeit miteinander kollidiert.

Womöglich stünden beide Ereignisse in einem kausalen Zusammenhang, wie es auch eine Reihe theoretischer Modelle vorhersagt.

*Nature* 494, S. 65–67, 2013

## Maulwürfe riechen stereo

Der Ostamerikanische Maulwurf (*Scalopus aquaticus*) nimmt Gerüche mit beiden Nasenlöchern getrennt wahr. Das ermöglicht ihm, die Richtung einer Duftquelle zu erschnüffeln – ähnlich, wie wir mit Hilfe zweier Ohren ermitteln, woher ein Geräusch kommt, oder räumliche Tiefe mit Hilfe zweier Augen wahrnehmen. Die besondere Riechfähigkeit des Maulwurfs nutzt ihm beim Aufspüren von Nahrung, wie der Biologe Kenneth Catania von der Vanderbilt University (USA) in Experimenten herausgefunden hat.

Wenn Catania den Tieren ein Nasenloch verstopfte, brauchten sie erheblich länger, um einen Regenwurm zu finden. Sie orientierten sich dann nicht in Richtung des Wurms, sondern des freien Nasenlochs. Wurden ihre Naseneingänge mit feinen Kunststoffröhrchen überkreuzt, verfehlten sie den Leckerbissen sogar völlig.

Offenbar ist das Stereoriechen vor allem auf den letzten fünf Zentimetern zur Beute wichtig: Hier wirkte sich das Blockieren der Nasenlöcher am stärksten aus. Das Konzentrationsgefälle des Geruchsstoffs scheint so nahe an

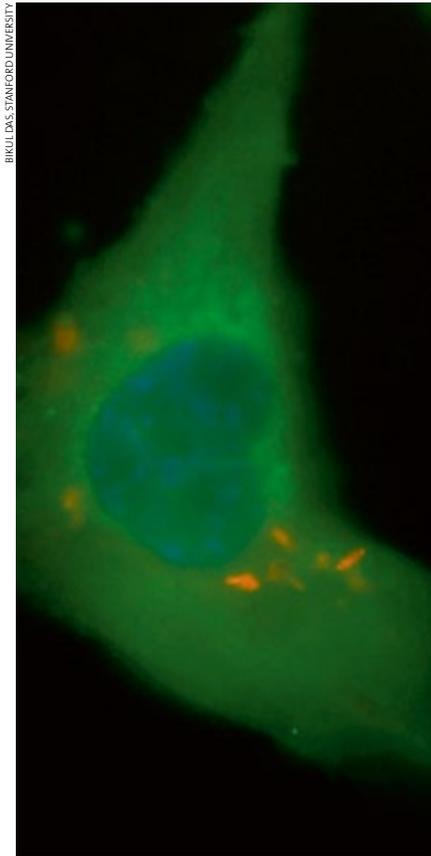
der Duftquelle groß genug zu sein, dass der Maulwurf es sogar mit seinen eng beieinander liegenden Naseneingängen wahrnehmen kann.

Ob auch andere Tiere räumlich riechen, ist umstritten. Experimente an Ratten hatten kürzlich gezeigt, dass die Nager einer Duftspur nur eingeschränkt folgen können, wenn ihre Nase einseitig verstopft ist. Auch beim Menschen gibt es Hinweise auf eine nach Nasenlöchern getrennte Geruchswahrnehmung.

*Nature Communications* 10.1038/ncomms2444, 2013

MEDIZIN

# Tuberkulosekeime verstecken sich im Knochenmark



Die Erreger der Infektionskrankheit Tuberkulose können sich in Knochenmarksstammzellen einnisten. Dort hören sie auf, sich zu vermehren, und sind dann für lange Zeit sowohl vor Immunreaktionen als auch vor Antibiotika geschützt.

Forscher um Dean Felsher von der Stanford University (USA) brachten menschliche Knochenmarksstammzellen mit dem Tuberkulosebakterium *Mycobacterium tuberculosis* in Kontakt. Anschließend behandelten sie die Zellkulturen mit einem Antibiotikum. Dennoch ließen sich nach der Prozedur lebensfähige Erreger in den Stammzellen nachweisen; sie hatten die Zellen offenbar infiziert und darin Schutz vor dem Giftstoff gefunden.

Innerhalb der Stammzellen vermehren sich die Bakterien nur wenige

Tage lang und stellen die Teilung dann ein, wie die Versuche zeigten. Die Zellen erleiden dadurch offenbar keinen Schaden. Der Erreger befällt vor allem mesenchymale Stammzellen des Knochenmarks, aus denen Stütz- und Bindegewebe entsteht, während er Vorläufer von Blutzellen eher meidet.

An infizierten Mäusen konnten die Forscher zeigen, dass Tuberkulosekeime auch in lebenden Organismen das Knochenmark besiedeln. Selbst aus Tieren, die monatelang symptomfrei gewesen waren, ließen sich infektiöse Bakterien isolieren. Ähnliches scheint für Menschen zu gelten: Bei acht von neun ehemaligen Tuberkulosepatienten, die eine erfolgreiche Behandlung hinter sich hatten, war der Erreger in den mesenchymalen Stammzellen des Knochenmarks nachweisbar. Dort kann er unter bestimmten Umständen reaktiviert werden und neue Krankheitsausbrüche verursachen.

*Science Translational Medicine* 5, 170ra13, 2012

Diese Knochenmarksstammzelle (grün) enthält mehrere Tuberkulosebakterien (rot).

TECHNIK

# Faser verfärbt sich unter Zugspannung

Britische Materialforscher haben eine Faser entwickelt, die mit wachsender Zugbelastung nacheinander alle Spektralfarben annimmt. Ihr Aufbau orientiert sich an den Oberflächenstrukturen der Früchte der tropischen Pflanze *Margaritaria nobilis*.

Die Zellen auf der Oberfläche der Margaritaria-Frucht enthalten Gebilde aus konzentrisch aufgerollten, nanometerdicken Schichten. Der regelmäßige Aufbau und die zylindrische Sym-

metrie dieser Strukturen führen dazu, dass das von ihnen zurückgeworfene Licht durch spezielle Beugungs- und Interferenzeffekte beeinflusst wird. Infolgedessen schimmert die Frucht der Pflanze intensiv blaugrün.

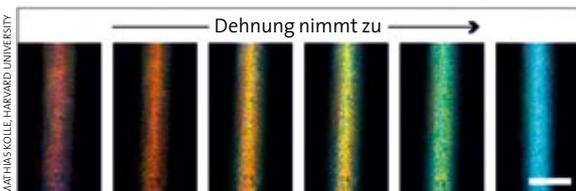
Um dieses Konstruktionsprinzip nachzubilden, erzeugten die Forscher um Peter Vukusic von der University of Exeter (England) dünne Kunststoff-Doppelschichten, die sie eng um einen Glasfaden herumwickelten. Anschlie-

ßend entfernten sie das Glas und erhielten so eine elastische Kunststofffaser mit zwiebelähnlichem Aufbau.

Wird die Faser in die Länge gezogen, verändert sich die Dicke der Kunststoffschichten und damit der Interferenzeffekt. Mit wachsender Zugspannung verfärbt sich die Faser deshalb kontinuierlich von rot nach blau.

Das Prinzip lässt sich unter anderem nutzen, um neue Belastungssensoren zu entwickeln, die auf Dehnung reagieren. Die Forscher gehen davon aus, dass sich die Eigenschaften der Fasern in einem weiten Bereich variieren lassen, indem man verschiedene Kunststoffe verwendet.

*Advanced Materials* 10.1002/adma.201203529, 2013



Das Auseinanderziehen der Faser verringert die Dicke ihrer Schichten, wodurch die Faser sich umfärbt. Balken: 50 Mikrometer.

## SCHARFE ZÄHNE



Seeigel sind in der Lage, Schlupfwinkel in Steine zu nagen. Ihre aus Kalkplättchen aufgebauten Zähne schärfen sich dabei selbst nach, indem an Sollbruchstellen immer neue Kanten entstehen. Diese nachträglich eingefärbte elektronenmikroskopische Aufnahme offenbart, dass die Kalzit-

kristalle ungewöhnlich vielgestaltig und ineinander verzahnt sind. Pupa Gilbert von der University of Wisconsin in Madison gewann mit dem Bild die International Science & Engineering Visualization Challenge 2012.

*Science* 339, S. 510–511, 2013