

KOSMOLOGIE

Reionisation des Weltalls verlief schneller als gedacht

Die ersten Sterne und Galaxien im Universum waren von einem Nebel aus elektrisch neutralem Wasserstoff umgeben. Er schluckte das ultraviolette Licht der Himmelskörper, wurde dabei aber in Ionen zerlegt und infolgedessen allmählich durchsichtig für UV-Licht. Astronomen um Laura Pentericci vom italienischen INAF Osservatorio Astronomico di Roma haben nun den Zeitablauf dieser so genannten Reionisation rekonstruiert und dazu einige sehr früh entstandene

Galaxien unter die Lupe genommen. Ergebnis: Der Prozess vollzog sich deutlich schneller als bisher vermutet.

Die Forscher nutzten das Very Large Telescope der Europäischen Südsternwarte (ESO) in Chile, um fünf sehr weit entfernte Galaxien zu beobachten. Von der Erde aus betrachtet erscheinen diese Sterninseln heute so, wie sie 780 bis 1000 Millionen Jahre nach dem Urknall ausgesehen haben. In dem Strahlungsspektrum der Galaxien untersuchten die Forscher vor allem

die Lyman-alpha-Linie, ein Leuchten im UV-Bereich, das von Wasserstoff erzeugt wird. Je weiter die Linie zum roten Ende des Spektrums hin verschoben ist, desto entfernter sind die Galaxien und damit zeitlich umso näher am Urknall. Und je schwächer das Leuchten, umso mehr wurde es auf dem Weg zur Erde von Wolken aus neutralem Wasserstoff verschluckt. Aus diesen Zusammenhängen ergab sich, dass das Universum in einem Alter von 780 Millionen Jahren noch viel neutralen Wasserstoff enthielt: Er erfüllte damals zwischen 10 und 50 Prozent des intergalaktischen Raums. Schon 200 Millionen Jahre später war seine Menge etwa auf das heutige Niveau abgesunken. Laut den neuen Messungen stammte das UV-Licht, das die Reionisation verursachte, wenigstens zum Teil von massereichen Sternen der ersten Generation, deren Existenz bislang nur theoretisch belegt ist.

The Astrophysical Journal, im Druck



Künstlerische Darstellung von Galaxien während der Zeit der Reionisation. Damals, weniger als eine Milliarde Jahre nach dem Urknall, enthielt das Universum noch viel neutralen Wasserstoff, der das UV-Licht der Sterne schluckte.

GENETIK

Das Erbgut des Schwarzen Tods ist entziffert

Millionen Menschen starben im 14. Jahrhundert am »Schwarzen Tod«. Jetzt haben Forscher um Johannes Krause von der Universität Tübingen und Hendrik Poinar von der McMaster University in Hamilton (Kanada) das Erbgut des mittelalterlichen Pestbakteriums *Yersinia pestis* entschlüsselt. Das genetische Material stammte aus fünf Zähnen von Londoner Pestopfern aus den Jahren 1348 bis 1350 (Video: www.spektrum.de/schwarzertod). Beim Vergleich mit heutigen Typen des Bakteriums, die den Menschen infizieren, zeigte sich, dass sie wohl alle von einem Erreger abstammen, der während des Schwarzen Tods verbreitet wurde – jenes Massensterbens, das zwischen 1347 und 1351 wütete und 30 bis 50 Prozent der europäischen Bevölkerung dahinraffte.

Der Analyse zufolge unterscheiden sich die Gene, von denen die Virulenz des Bakteriums abhängt, kaum bei den heutigen und den mittelalterlichen Pesterregern. Dass der Schwarze Tod so verheerend zuschlug, sei deshalb nicht allein auf besondere genetische Eigenschaften des Erregers zurückzuführen, folgern die Forscher. Vielmehr hätten auch Klimaverhältnisse, Übertragungswege, die Krankheitsanfälligkeit der damaligen Bevölkerung, soziale Bedingungen und die Wechselwirkung mit anderen Krankheiten eine bedeutende Rolle gespielt.

Erst wenige Monate zuvor hatten die Wissenschaftler in Zähnen und Knochen der Londoner Pestopfer ein Plasmid nachgewiesen, das für *Yersinia pestis* charakteristisch ist. Damit belegten sie, dass der Schwarze Tod



Londoner Pestopfer auf dem Friedhof East Smithfield

tatsächlich von diesem Erreger hervorgerufen wurde und nicht, wie von manchen vermutet, von einem anderen.

Nature 478, S. 506–510, 2011

ECHOORTUNG

Fledermäuse rufen mit superschnellen Muskeln

Spezielle Muskeln im Kehlkopf ermöglichen es Fledermäusen, ihre Beute akustisch zu orten. Sie erlauben eine extrem rasche Folge von Peillaute – allerdings nur bis zu etwa 200 pro Sekunde.

Wenn eine Fledermaus ein fliegendes Insekt jagt, stößt sie fortwährend Ultraschallrufe aus, um es zu lokalisieren. Je näher sie ihrer Beute kommt, desto häufiger ruft sie, um die Ortsinformation immer rascher zu aktualisieren. Wasserfledermäuse (*Myotis daubentonii*) feuern in der abschließenden »Buzz«-Phase, kurz bevor sie das Insekt erreichen und fangen, bis zu 190 Peillaute pro Sekunde in Richtung Beute ab.

Coen Elemans von der Universität von Süddänemark in Odense und seine Kollegen haben nun herausgefunden, was die Ruhhäufigkeit nach oben begrenzt: spezielle Muskeln im Kehlkopf der Tiere, die höchstens 200-mal pro Sekunde kontrahieren können. Solche »superschnellen« Muskeln kennt man bisher nur von einigen Reptilien-, Vogel- und Fischarten; mit den Fledermäusen wurden sie nun erstmals bei einem Säugetier entdeckt.

Die Schallgeschwindigkeit ist dagegen nicht der limitierende Faktor. Denkbar wäre es zwar – träfe das Echo eines Rufs erst während der folgenden Rufe oder nach ihnen ein, könnte das Tier die verschiedenen Echos nicht mehr eindeutig zuordnen und die Peilung würde ungenau.

LASE JAKOBSEN UND COEN ELEMANS, SÜDDÄNISCHE UNIVERSITÄT



Wasserfledermaus im Anflug auf ein Beutetier, mehrfach belichtet. Kurz bevor sie das Opfer ergreift, ortet sie dieses mit einer extrem raschen Folge von Peillaute.

Deshalb stoßen Fledermäuse den nächsten Laut immer erst aus, wenn das Echo des vorigen eingetroffen ist. Doch unter diesem Aspekt wären sogar 400 Rufe pro Sekunde möglich, fanden die Forscher heraus. Auch die neuronale Verarbeitung der Echoinformation im Gehirn der Fledermäuse erlaubt eine höhere Lautfolge während der Buzz-Phase, als die superschnellen Muskeln erzeugen können.

Science 333, S. 1885–1888, 2011

ATMOSPÄRENCHEMIE

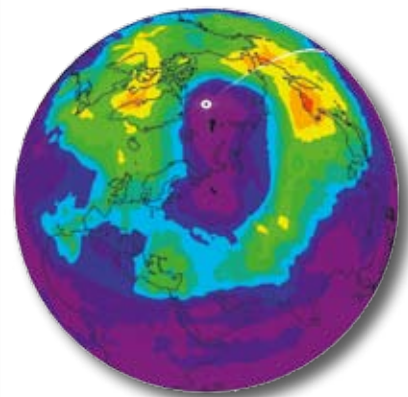
Arktisches Rekord-Ozonloch dank Klimawandel

Im Frühjahr 2011 erreichte das Ozonloch am Nordpol erstmals Ausmaße, wie sie Mitte der 1980er Jahre in der Antarktis gemessen wurden. Forscher um Markus Rex vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven haben jetzt die Gründe dafür analysiert.

Verantwortlich für den noch nie da gewesenen Ozonabbau war demnach ein ungewöhnlich lang anhaltender und stabiler Polarwirbel über der Arktis, der den Austausch mit wärmeren Luftmassen bis in den April hinein verhindert hatte. Hinzu kam, dass die Stratosphäre (die zweitunterste Atmosphärenschicht) über der Arktis im Winter 2010/2011 außerordentlich

stark abkühlte. Dadurch konnten sich mehr polare stratosphärische Wolken bilden, in denen mit dem Aufgehen der Sonne nach dem Polarwinter die Ozonzerstörung einsetzt.

Der Klimawandel hat zu diesen Phänomenen beigetragen. Denn die überdurchschnittliche Erwärmung der untersten Atmosphärenschicht (der Troposphäre) beruht darauf, dass hier Treibhausgase mehr Wärmestrahlung zurückhalten – wodurch weniger Wärme in die höheren Schichten gelangt. Zugleich strömt mehr Kohlendioxid in die Stratosphäre, wo es – anders als in der Troposphäre – nicht erwärmend, sondern abkühlend wirkt. Beides mindert die Temperaturen in



NIVR / FM/ OZONE MONITORING INSTRUMENT (OMI)

Das Ozonloch über der Arktis (violetter Bereich, Mitte), gemessen im April 2011

den höheren Atmosphärenschichten, was wiederum die Entstehung eines Ozonlochs fördert.

Nature 478, S. 469–475, 2011

ARCHÄOLOGIE

Farbspiele vor 100 000 Jahren

Steinzeitmenschen waren offenbar schon vor 100 000 Jahren geübt darin, Ocker zu farbigen Pasten zu verarbeiten. Hierfür benutzten sie Werkzeuge aus Stein und Knochen sowie Muschelschalen, wie Wissenschaftler um Christopher Henshilwood von der University of the Witwatersrand (Jo-

hannesburg, Südafrika) nachgewiesen haben. Das Team legte eine prähistorische Malwerkstatt in der südafrikanischen Blombos-Höhle frei, die mehrere zehntausend Jahre älter ist als zuvor bekannte, vergleichbare Fundstätten.

Bei den Grabungen kamen zwei steinzeitliche Werkzeugsätze zu Tage, die dazu dienten, Ocker zu verarbeiten und aufzubewahren. Sie enthielten Schalen von Seeohrschnecken (*Haliotis midae*), Ocker, Knochenstäbchen, Kohle, Schleif- und Hammersteine. Beide Werkzeugsätze waren mit Sandabla-

Einer der beiden steinzeitlichen Werkzeugsätze aus der Blombos-Höhle. Ein runder Quarzitstein, wahrscheinlich zum Zertrümmern und Zermahlen von Ocker, ruht in einer Muschelschale, in der Ockerpaste aufbewahrt wurde. Wie kräftig die Farbe dieser Mixtur war, lassen die Ockerreste links unten im Bild erahnen.



CHRISTOPHER HENSILWOOD / SCIENCE

Aktuelle Meldungen und
Hintergründe finden Sie auf
spektrumdirekt.de

gerungen bedeckt, deren Alter die Forscher mit optisch stimulierter Lumineszenz (OSL) und anderen Methoden auf rund 100 000 Jahre bestimmten.

Vermutlich haben die Steinzeitmenschen das färbende Gestein auf Quarzitplatten zerrieben und mit Steinen zertrümmert, um feines rotes Pulver zu gewinnen. Anschließend vermischten sie die Substanz mit gemahlenen Säugetierknochen, Kohle und Flüssigkeit und füllten sie zur Lagerung in die Muschelschalen. Ein Knochenstäbchen diente wohl dazu, die Mixtur umzurühren und aus der Muschel herauszubekommen. Wofür die Menschen damals die farbige Paste verwendeten, ist unbekannt. Möglicherweise, spekulieren die Forscher, bemalten sie damit Gegenstände oder sich selbst – sei es zu Schmuckzwecken, um ein Kunstwerk zu gestalten oder eine Schutzschicht aufzutragen.

Science 334, S. 219–222, 2011

ZELLBIOLOGIE

Hefezellen als Golfbälle

Japanische Wissenschaftler haben eine Art winzigen Golfschläger konstruiert, um damit Hefezellen von einer Oberfläche »abzuschlagen«. Die Technik erlaubt es festzustellen, ob einzelne Zellen tot oder lebendig sind.

Wie stark eine Zelle mittels Adhäsion auf dem Untergrund haftet, hängt von der Zahl chemischer Bindungsstellen auf ihrer Oberfläche ab – zumindest laut Theorie. Tote Zellen besitzen demnach weniger Bindungsstellen und haften schlechter. Die Forscher um Yajing Shen von der Nagoya University in Japan haben dies nun für Hefezellen bestätigt. Bei lebenden Zellen ermittelten sie eine Adhäsionskraft von rund 19 Mikronewton, während es bei toten etwa 6 Mikronewton waren. Auf verschiedenen Oberflächen – Wolfram, Gold und Indiumzinnoxid – variierte

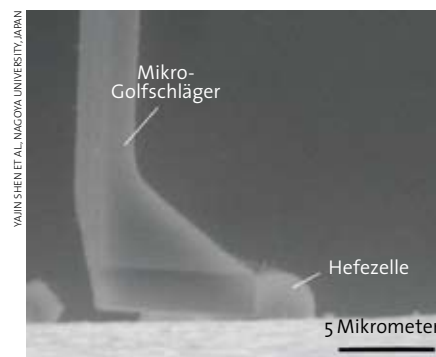
die Haftung nur um wenige Mikronewton und damit deutlich weniger als zwischen toten und lebenden Zellen.

Für ihre Experimente hatten die Wissenschaftler aus der Blattfeder (Cantilever) eines Rasterkraftmikroskops einen 240 Mikrometer langen biegsamen Hebel – den »Golfschläger« – hergestellt, an dessen Ende eine winzige Pyramide mit gekappter Spitze saß. Mit dieser als Schlägerkopf drückten sie seitlich gegen Zellen, die am Untergrund hafteten. Sie ermittelten, wie stark sich der Hebel verbog, und berechneten daraus die Kraft, die zum Ablösen jeder Zelle nötig war. Mit Hilfe des Farbstoffs Methylblau unterschieden sie dabei zwischen lebenden und toten Hefezellen.

Der Vorteil ihrer Methode, schreiben die Forscher, liege darin, dass der

Zustand einer einzelnen Zelle rasch, quantitativ und ohne die sonst üblichen aufwändigen Färbemethoden gemessen werden könne.

Measurement Science and Technology 22, 115802, 2011



Ein winziger »Golfschläger« drückt seitlich gegen eine Hefezelle, um sie vom Untergrund abzulösen.

KLEINER VERWANDTER DES TYRANNOSAURUS



MIT FRDL. GEN. VON HELMUT TISCHLINGER

Ein solcher Glücksfund gelingt selten: Dieser 151 Millionen Jahre alte Raub-saurier (Theropode) aus den Kalkschichten des Oberen Juras bei Kelheim ist beinahe vollständig erhalten und damit auch weltweit gesehen eine Rarität. Das 72 Zentimeter lange Skelett eines Jungtiers lässt sogar noch mineralisierte Reste von Haut und haarähnlichen Protofedern erkennen – Merkmale, die vor allem von Dinosaurierfossilien aus China bekannt sind. Aus anderen Fundstätten gibt es dafür bislang nur wenige Nachweise.