

ASTROPHYSIK

Schnelles Wachstum für Schwarze Löcher

In jungen Galaxien nehmen die zentralen Schwarzen Löcher vor allem dadurch an Masse zu, dass sie Gas verschlingen. Dieses wirbelt zunächst in einem flachen Ring, der Akkretionsscheibe, um das Zentralobjekt. Durch



Kreisen zwei Gasscheiben (blau) im 150-Grad-Winkel um ein Schwarzes Loch, bildet das nach innen stürzende Gas eine weitere sehr dichte Scheibe (weiß). So wächst das Schwarze Loch schneller.

innere Reibung verliert es seinen Drehimpuls, wodurch es dem Schlund immer näher kommt und schließlich darin verschwindet.

Allerdings ist dieser Prozess relativ langsam, was die Frage aufwirft, warum auch schon junge Galaxien extrem massereiche Schwarze Löcher enthalten. Diese Monster müssen sehr schnell gewachsen sein – wie, ist bislang unklar. Astronomen um Christopher Nixon von der University of Leicester (England) schlagen jetzt vor, dass um ein Schwarzes Loch nicht nur eine einzelne Akkretionsscheibe wirbeln kann. Gäbe es davon mehrere mit entgegengesetztem Drehsinn, würden sie sich gegenseitig bremsen und einen großen Teil ihres Drehimpulses verlieren, wodurch das Gas sehr viel rascher in den Schlund fliehe. Im chaotischen Zentrum junger Galaxien,

in das Gaswolken aus verschiedenen Richtungen einfallen, bilden sich solche gegensinnig rotierenden Scheiben vermutlich häufig.

Nixon und seine Kollegen erstellten Computersimulationen eines Schwarzen Lochs, das von zwei Akkretionsscheiben umgeben ist. Dabei variierten sie den anfänglichen Winkel zwischen den Scheiben in 30-Grad-Schritten. Laut den Berechnungen stürzt deutlich mehr Masse pro Zeiteinheit nach innen, wenn die Scheiben um mehr als 90 Grad gegeneinander verkippt sind. Beträgt der Winkel 150 Grad (Bild), wächst das Schwarze Loch mehr als 100-mal schneller als bei null Grad. Womöglich erklärt das, wie die zentralen Schwarzen Löcher in jungen Galaxien so schnell zu ihrer Größe kamen.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, im Druck

KLIMAFORSCHUNG

Fossile Regenmulden geben Hinweise auf Uratmosphäre

Mit einer ungewöhnlichen Methode haben Forscher um Sanjoy Som von der University of Washington (USA) Erkenntnisse über die frühe Erdatmosphäre gewonnen. Sie untersuchten 2,7 Milliarden Jahre alte »Einschlagkrater« von Regentropfen, die sich in Tuffstein erhalten haben. Das Material stammt aus der Nähe der Stadt Prieska in Südafrika.

Die Größe solcher Regenmulden hängt vom Durchmesser der Tropfen ab, aber auch vom Druck der Erdatmosphäre. Denn der Luftwiderstand begrenzt die Fallgeschwindigkeit des Regens, und zwar umso mehr, je dichter die Atmosphäre ist. Dank dieser Zusammenhänge konnten die Forscher aus den Abmessungen der versteinerten Krater herleiten, welche Luftdichte damals herrschte. Hierbei stützten sie sich auf experimentelle Vergleichsdaten, die sie ermittelt

hatten, indem sie verschiedenen große Wassertropfen auf Vulkanasche fallen ließen und jeweils die Größe der Einschläge dokumentierten.

Laut den Ergebnissen lag die bodennahe Luftdichte vor 2,7 Milliarden Jahren wahrscheinlich bei unter 1,3 Kilogramm pro Kubikmeter; der heutige Wert beträgt 1,2. Das ist wichtig für die Debatte, warum auf der Erde damals ein mildes Klima mit flüssigem Wasser herrschte, obwohl die Sonne um etwa 20 Prozent schwächer schien. Einige Forscher spekulieren, dass die Dichte der frühen Atmosphäre mehrfach höher gewesen sei als heute und der Treibhauseffekt entsprechend ausgeprägter. Die neuen Ergebnisse sprechen gegen diese Annahme.

Allerdings führen bei den Rechnungen bereits kleine Abweichungen der Tropfengröße zu großen Unterschieden beim ermittelten Luftdruck. Die



Uralte Regenspuren: Die Tropfen schlugen vor langer Zeit in lockeren vulkanischen Auswurf ein, der sich später verfestigte.

Ergebnisse seien deshalb mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet, geben die Studienautoren zu.

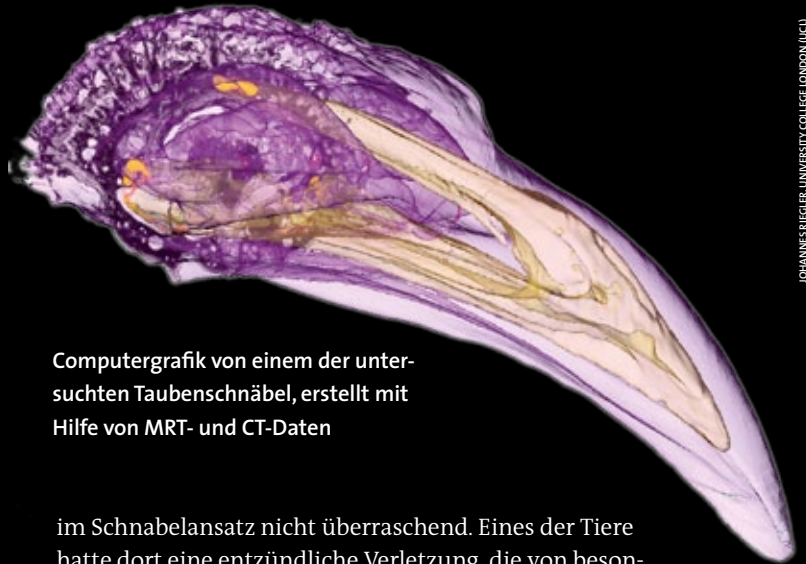
Nature 484, S. 359–362, 2012

Sitz des Magnetsinns bei Tauben bleibt rätselhaft

Felsentauben (*Columbia livia*) finden aus großer Entfernung zum heimatlichen Schlag zurück, wobei sie sich unter anderem am Erdmagnetfeld orientieren. Bisher nahmen Wissenschaftler an, dass ihr Magnetsinn im Ansatz des Oberschnabels sitzt – in Form eines Rezeptors aus eisenhaltigen Nervenzellen. David Keays vom Institut für Molekulare Pathologie in Wien und seine Kollegen haben diese Vermutung nun jedoch widerlegt.

Mittels Magnetresonanz- und Computertomografie (MRT und CT) untersuchte das Team die eisenhaltigen Zellen in der oberen Schnabelhälfte der Tiere. Ihre Anzahl und Verteilung unterschieden sich überraschend stark zwischen Individuen, was nicht zu einer Rolle als Magnetrezeptor passt. Färbetechniken und mikroskopische Untersuchungen belegten zudem, dass die Zellen typische Merkmale von Makrophagen aufweisen – spezialisierten weißen Blutkörperchen, die eine wichtige Rolle bei der Immunabwehr spielen. So besaßen die Zellen tentakelähnliche Fortsätze, eingelagerte Eisendepots und wasserunlösliche Komplexe aus Eisen und Proteinen.

Makrophagen helfen nicht nur, Infektionen zu bekämpfen, sie bauen auch überalterte rote Blutkörperchen ab, wobei sie Eisen aufnehmen. Da sie oft in der Schleimhaut von Atemwegen zu finden sind, erscheint ihr Vorkommen



Computergrafik von einem der untersuchten Taubenschnäbel, erstellt mit Hilfe von MRT- und CT-Daten

im Schnabelansatz nicht überraschend. Eines der Tiere hatte dort eine entzündliche Verletzung, die von besonders vielen eisenhaltigen Zellen umgeben war. Auch an anderen Stellen im Taubenkörper waren sie zu finden.

Mit Sinneswahrnehmung haben Makrophagen jedoch nichts zu tun. Die Forscher halten es daher für unwahrscheinlich, dass der Magnetsinn der Tauben im Ansatz des Oberschnabels sitzt. Womöglich sei er im Riechepithel der Nasenhöhle lokalisiert, das etwa bei der Regenbogenforelle als Ort des Magnetsinns in Betracht gezogen wird.

Nature 484, S. 367–370, 2012

Darmflora formt körpereigenes Abwehrsystem

Immer mehr Indizien deuten darauf hin, dass Asthma, Allergien und andere Autoimmunerkrankungen zunehmen, weil viele Menschen im Kindesalter nicht ausreichend mit Mikroben in Kontakt kommen. Zwei Studien an Mäusen untermauern diese These nun.

Torsten Olszak von der Harvard Medical School und seine Kollegen berichten, dass bei Mäusen, die in keimfreier Umgebung aufgewachsen sind, deutlich mehr so genannte natürliche Killerzellen (NK-Zellen) die Darmschleimhaut und das Lungengewebe besiedeln. Das geht einher mit überschießenden Immunreaktionen: Die Tiere reagieren sensibler auf

künstlich hervorgerufene Entzündungen und Asthma auslösende Stoffe.

Bekamen die keimfrei aufgezogenen Nager jedoch ihre natürlich vorkommenden Darmmikroben eingepflanzt, normalisierte sich sowohl ihre Immunreaktion als auch die Zahl ihrer NK-Zellen in Darm und Lunge. Allerdings funktionierte das nur bei jungen Tieren und nicht mehr im Erwachsenenalter. Offenbar, vermuten die Forscher, gibt es ein Zeitfenster während der Frühphase des Lebens, in dem der Organismus seine Abwehrkräfte auf die Mikroben abstimmt, mit denen er in Kontakt tritt.

Zu ähnlichen Schlüssen kommt ein Team um David Hill von der University

of Pennsylvania (USA). Die Forscher zerstörten die Darmflora junger Mäuse mit Antibiotika. Im Erwachsenenalter wiesen die Tiere daraufhin eine übertrieben empfindliche Körperabwehr auf, mit chronisch erhöhten Blutwerten von IgE-Antikörpern und so genannten basophilen Immunzellen, wie sie bei allergischen Reaktionen vorkommen.

Demnach sorgt die mikrobielle Besiedlung des Darms für ein ausbalanciertes Immunsystem. Beide Forschergruppen vermuten, dass ähnliche Zusammenhänge auch beim Menschen gelten.

Science 10.1126/science.1219328, 2012

Nature Medicine 18, S. 538–546, 2012

PHYSIK

Für Magnetfelder unsichtbar

Weltweit arbeiten Forscher an verschiedenen Arten von »Tarnkappen«, die Objekte vor sichtbarem Licht, vor Mikro- oder Schallwellen verbergen sollen. Ein Team um Fedor Gömöry von der Slowakischen Akademie der Wissenschaften in Bratislava erweitert nun das Spektrum um einen Entwurf, der vor der Detektion durch statische Magnetfelder schützt.

Es handelt sich um einen Hohlzylinder, der aus zwei konzentrischen

Der Ferromagnet (1) bündelt das Magnetfeld, der Supraleiter (2) verdrängt es. Kombiniert (3) ergeben sie eine Tarnkappe.

Schichten besteht. Die innere ist supraleitend, die äußere ferromagnetisch. Beide wirken gegensätzlich auf von außen angelegte Magnetfelder: Der Supraleiter verdrängt die Feldlinien aus seinem Innern, der Ferromagnet bündelt sie in sich. Werden diese Effekte geschickt aufeinander abgestimmt, lenkt der Hohlzylinder das Feld um sich herum, ohne es zu stören. Ein Gegenstand in seinem Innern ist dann durch Magnetfeldmessungen nicht nachweisbar.

Mit Hilfe der Maxwell-Gleichungen, die die Phänomene des Elektromagnetismus beschreiben, berechnete das Team, welche Eigenschaften die Schich-

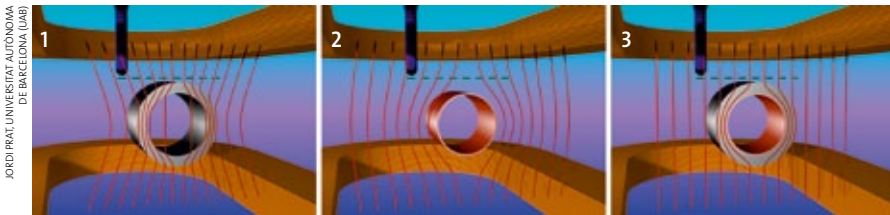
MEHR WISSEN BEI 
Spektrum.de

Aktuelle Spektrogramme finden Sie täglich unter
www.spektrum.de/spektrogramm

ten hierfür haben müssen. Für Praxis-tests konstruierten die Forscher einen Zylinder mit 12,5 Millimeter Innendurchmesser. Die Schichten wickelten sie aus dünnen Lagen eines Hochtemperatursupraleiters sowie einer Eisen-Nickel-Chrom-Legierung. Damit ließen sich gute Tarnergebnisse erzielen, auch bei relativ starken Feldern – im Versuch 40 Millitesla.

Der Zylinder lässt sich im Prinzip beliebig groß oder klein auslegen. Da er zudem nur aus handelsüblichen Materialien besteht und lediglich flüssigen Stickstoff zur Kühlung benötigt, ließe er sich laut den Autoren problemlos in technische Anwendungen einbinden. Denkbar wäre etwa die Abschirmung von Geräten, die auf Magnetfelder empfindlich reagieren.

Science 335, S. 1466–1468, 2012



ORDI TRAT UNIVERSITAT AUTONOMA DE BARCELONA (UAB)

ARCHÄOLOGIE

Lagerfeuer vor einer Million Jahren

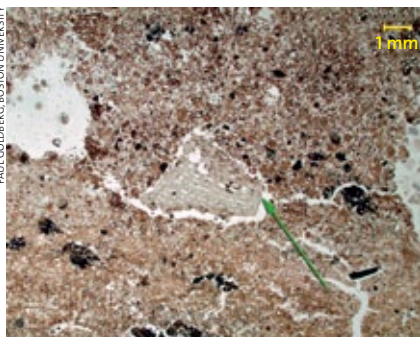
In der südafrikanischen Wonderwerk-Höhle sind Forscher auf Reste einer Feuerstelle gestoßen, die etwa eine Million Jahre alt sind. Zuvor waren in derselben Bodenschicht bereits Faustkeile und andere Steinartefakte gefunden worden. Damit handelt es sich um den bisher frühesten Nachweis für die gezielte Nutzung des Feuers durch den Menschen, hier durch *Homo erectus*.

Das Team um den Archäologen Francesco Berna von der Boston University (USA) legte 30 Meter hinter dem Höhleneingang eine dünne Sedimentlage mit Aschespuren, verbrannten Knochensplintern und Pflanzenresten frei. Die magnetische Orientierung dieser Schicht ordneten sie der Jaramillo-Umkehr des Erdmagnetfelds zu, die vor zirka einer Million Jahren stattfand. Mikroskopische und spektroskopische Untersuchungen ergaben, dass die Knochensplinter maximal 700 Grad Celsius ausgesetzt gewesen waren. Vermutlich seien an der Stelle Gras, Blätter und Reisig verbrannt, aber

keine großen Holzstücke, schreiben die Forscher. Reste von verkohlten Halmen waren in der entsprechenden Sedimentlage auch zu finden.

Da der Fundort tief im Höhleninneren liegt, schließen die Forscher natürliche Ursachen für den Brand aus. Allerdings fand sich kein Indiz dafür, dass die Frühmenschen die Flammen selbst entzündet hatten. Auch legten sie offenbar keine klar umgrenzten Feuerstellen an. Dennoch sprechen die Befunde dafür, dass *Homo erectus* schon vor einer Million Jahren kontrolliert Feuer nutzte. Bislang datierten die ältesten sicheren Beweise für anthropogenen Feuergebrauch auf weniger als 400 000 Jahre und wurden vor allem dem modernen Menschen sowie dem Neandertaler zugeschrieben.

PNAS 10.1073/pnas.1117620109, 2012



PAUL GOLDBERG, BOSTON UNIVERSITY

Kleine Knochensplinter (Pfeil) im Boden der Wonderwerk-Höhle zeigen Brandspuren, die rund eine Million Jahre alt sind.

SCHWAMM MIT VERGANGENHEIT



Im Ostchinesischen Meer stießen Forscher auf einen neuen Typ von Klimaarchiv: den Glasschwamm *Monoraphis chuni*. Der äußerst langlebige Tiefseebewohner bildet als Skelett einzigartige Nadeln aus Siliziumdioxid, die bis zu drei Meter lang und einen Zentimeter dick werden. Die lichtmikroskopische Aufnahme eines Querschnitts zeigt den Aufbau aus Schichten, die von innen nach außen gewachsen sind, ähnlich den Jahresringen bei Bäumen.

Insgesamt ist das untersuchte Skelett rund 11 000 Jahre alt, wobei das Bild nur einen kleinen Ausschnitt von 0,8 Millimeter Breite darstellt. Die unterschiedliche chemische Zusammensetzung der einzelnen Lamellen weist darauf hin, dass die Wassertemperatur in der Umgebung mehrfach stark schwankte – zwischen zwei und zehn Grad Celsius. Auslöser waren vermutlich Ausbrüche von Unterwasservulkanen. *Chemical Geology* 300–301 S. 143–151, 2012