ATOME IN REKORDAUFLÖSUNG

Einem Team um Zhen Chen von der Cornell University in Ithaca ist es gelungen, Atome in einer bislang noch nie da gewesenen Auflösung von weniger als 20 Pikometer (Billionstel Meter) abzubilden. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben damit ihren eigenen Rekord gebrochen, der ihnen erst 2018 einen Eintrag im »Guinness-Buch der Rekorde« beschert hatte.

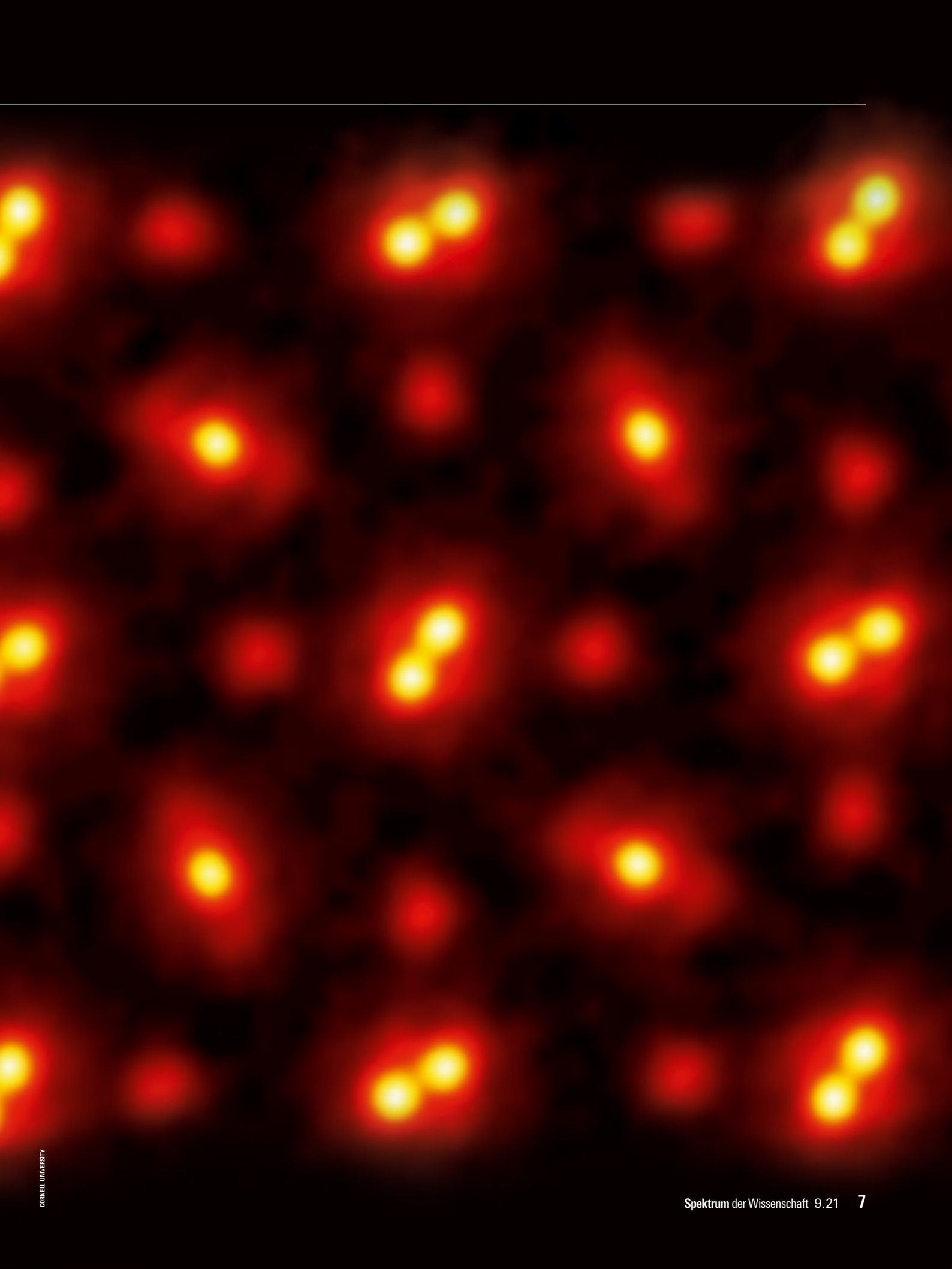
Für ihre Aufnahme nutzten Chen und seine Kollegen ein Verfahren namens Elektronen-Ptychografie. Dabei wird die zu untersuchende Probe mit einem Elektronenstrahl gescannt. Atome des Materials streuen die Elektronen, worauf ein Beugungsmuster entsteht, das Detektoren aufzeichnen. Der Strahl verändert seine Position viele Male, und aus den resultierenden Beugungsbildern errechnet ein Algorithmus ein Abbild der Probe. Die Forscher haben damit Atome des kristallinen Stoffs $PrScO_3$, der aus den Elementen Praseodym, Scandium und Sauerstoff besteht, 100-millionenfach vergrößert dargestellt. Je zwei Praseodym-Atome liegen im Kristallgefüge dicht beieinander, was sich auf den Bildern in Form von »Doppelkugeln« zeigt.

Wegen der thermischen Bewegung der Atome weist das Bild eine gewisse Unschärfe auf. Laut den Wissenschaftlern ließe sich die Auflösung unter anderem durch Abkühlen der Probe verbessern. Allerdings wäre der Gewinn dadurch voraussichtlich gering.

Bislang wurde die Elektronen-Ptychografie vor allem bei sehr dünnen Proben eingesetzt, die wenige Atomschichten mächtig waren. Denn je dicker ein Material, umso häufiger werden die Elektronen im Inneren gestreut, was die Auswertung der Beugungsmuster erschwert. Chen und seinen Kollegen gelang es nun aber, die Algorithmen so zu verbessern, dass sie auch Proben abbilden können, die einige hundert Atomschichten dick sind.

Science, 10.1126/science.abg2533, 2021

CORNELL UNIVERSITY



CORNELL UNIVERSITY

PALÄOBIOLOGIE

DINOS LEBTEN GANZJÄHRIG IN DER ARKTIS

Einige Dinosaurierarten siedelten offenbar dauerhaft in polaren Breiten und brachten dort ihren Nachwuchs zur Welt. Darauf deutet die Entdeckung fossiler Jungtiere im nördlichen Alaska hin. Der Fund belegt, dass zumindest manche Dinosaurier, die in der Arktis lebten, nicht wie heutige Zugvögel saisonal wanderten, um die kalte Jahreszeit zu überstehen.

Forscherinnen und Forscher um Patrick Druckenmiller vom University of Alaska Museum haben in der Prince-Creek-Formation (Alaska) hunderte Zähne und Knochen aus der späten Kreidezeit ausgegraben. Diese ordneten sie insgesamt sieben Dinosaurierspezies zu. Einige Tiere waren kurz nach dem Schlüpfen oder sogar noch im Ei gestorben. Die Region lag im fraglichen Zeitraum vor rund 70 Millionen Jahren auf etwa 80 Grad nördlicher Breite und somit zehn Breitengrade näher am Nordpol als heute. Um Gebiete südlich des Polarkreises zu erreichen, hätten die Dinosaurier mindestens 3000 Kilometer wandern müssen.

Das Team geht davon aus, dass die entsprechenden Spezies ganzjährig vor Ort blieben – auch während der langen Polarnacht. Die Zeit zwischen Eiablage und Schlüpfen betrug bei diesen Arten schätzungsweise fünf bis sechs Monate. Hätten sie die Eier im Frühjahr gelegt, dann hätten sich die Jungtiere erst im Herbst aus der Schale befreit: viel zu spät, um noch eine große Reise zu beginnen. Zudem ist kaum anzunehmen, dass die frisch zur Welt gekommenen Individuen einen tausende Kilometer langen Marsch überlebt hätten. Stattdessen könnten die Dinosaurier im Winter gebrütet haben, so dass der Nachwuchs die Chance hatte, über den Sommer hinweg genügend Reserven für die kalte Jahreszeit zu sammeln. Auch in dem Fall wäre eine jahreszeitliche Wanderung nicht möglich gewesen.

Der Nachweis von Dinosaurier-Überresten in der Prince-Creek-Formation ist der bislang nördlichste Fund dieser Art. Baumfossilien aus jener Zeit lassen vermuten, dass die Bedingungen in der Region damals nicht ganz so eisig waren wie heute. Dennoch mussten die Tiere dort die lange und kalte Polarnacht überstehen.

Current Biology, 10.1016/j.cub.2021.05.041, 2021

JAMES HAVENS

POLARBEWOHNER Nanuqsaurier waren Fleisch fressende Raubtiere und gehörten zu den Tyrannosauridae. Sie lebten während der späten Kreidezeit im Norden des heutigen Alaska. Einen Menschen hätten sie vermutlich knapp überragt.

PSYCHOLOGIE

MENSCHEN ERINNERN SICH HÄUFIG FALSCH

Im Jahr 1985 wurde der US-Amerikaner Ronald Cotton für ein Verbrechen verurteilt – und zehn Jahre später dank DNA-Analysen wieder freigesprochen. Das Opfer hatte ihn fälschlich als Täter identifiziert. Zudem hatte er sich selbst verdächtig gemacht, indem er ungewollt ein falsches Alibi angab: Er hatte den fraglichen Tag mit dem der Vorwoche verwechselt.

Dieser Fehler trete oft auf und könne, wie im Falle Cottons, drastische Konsequenzen haben, schreiben die Psychologin Elizabeth Laliberte und ihr Team von der University of Melbourne. Stimmten die Angaben eines Verdächtigen nicht mit den Fakten überein, gelte das oft als Indiz für seine Schuld. Er könnte sich aber schlicht geirrt haben, wie eine Feldstudie der Arbeitsgruppe nahelegt.

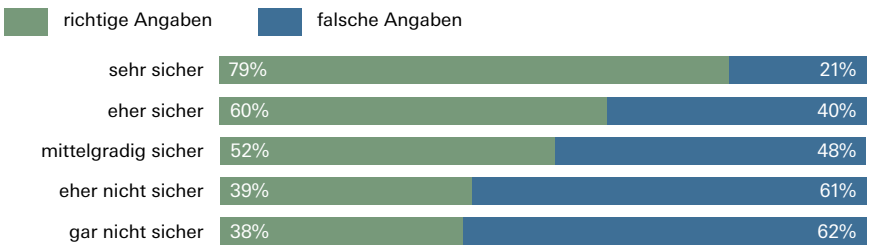
Das Team bat rund 50 Freiwillige, mittels einer Smartphone-App vier Wochen lang den eigenen Aufenthaltsort zu verfolgen und alle zehn Minuten Umgebungsgeräusche aufzeichnen zu lassen, um möglichst verlässliche Daten zu bekommen. Um die Privatsphäre zu respektieren, durften die Teilnehmer die App bei Bedarf ausschalten oder die Aufnahmen nachträglich löschen. Eine Woche nach dem Ende der Aufzeichnungen sollten die Versuchspersonen rückblickend angeben, wo sie sich zu 72 ausgewählten Zeitpunkten befunden hatten und wie sicher sie sich dessen waren. Hierfür bekamen sie auf Google Maps vier Orte einschließlich des richtigen angezeigt, von denen sie einen auswählen sollten.

Wie die Rekonstruktion mittels der aufgezeichneten Daten belegte, irrten sich die Befragten bei mehr als jeder dritten Antwort. Je sicherer sie zu sein glaubten, desto eher lagen sie auch tatsächlich richtig. Doch selbst, wenn sie sich »sehr sicher« wähnten, wählten sie im Schnitt bei jeder fünften Antwort einen falschen Ort.

Die Teilnehmer verwechselten besonders oft Ereignisse, die sich stark ähnelten – etwa Stopps an Tankstelle A mit solchen an Tankstelle B. Außerdem brachten sie Orte durcheinander, die sie zu verschiedenen Tageszeiten aufgesucht hatten. Auch Ronald Cottons Irrtum, sich versehentlich an einen Tag der Vorwoche zu erinnern, gehört zu einer verbreiteten Kategorie: Derartige Verwechslungen waren in der Studie für knapp jeden fünften Fehler verantwortlich.

Psychological Science, 10.1177/0956797620980752, 2021

WO WAREN SIE ZU DIESER ZEIT? Danach gefragt, irrten sich die Versuchsteilnehmer umso öfter, je weniger sicher sie sich ihrer Antwort waren.



SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT, NACH LALIBERTE, E. ET AL.: THE FALLACY OF AN ARTIFICIAL ALIBI: UNDERSTANDING HUMAN MEMORY FOR "WHERE" USING EXPERIENCE SAMPLING. PSYCHOLOGICAL SCIENCE 32, 2021

GEOCHEMIE

KLIMAWANDEL VERGRÖSSERT ARKTISCHES OZONLOCH

Der Klimawandel sorgt offenbar für einen verstärkten Ozonabbau über dem Nordpol, berichtet ein Team um Peter von der Gathen vom Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven. Demnach war bei der Arktisexpedition »Mosaic« im Frühjahr 2020 ein noch nie da gewesener Ozonverlust registriert worden. Der Effekt dürfte sich künftig verstärken – trotz des Verbots ozonschädigender Substanzen. Er könnte sich unter anderem auf Europa auswirken, etwa in Form erhöhter UV-Belastungen im Frühjahr.

Über der Arktis erstreckt sich der arktische Polarwirbel, ein stratosphärisches Tiefdruckgebiet in 15 bis 50 Kilometer Höhe, das jeweils zum Sommer hin schwächer wird. Die Dichte der Ozonschicht dort schwankt im Jahresverlauf und erreicht zu Frühlingsbeginn ein Minimum. Anfang 2020 trat ein Rekordverlust auf: Bis zu 95 Prozent des Ozons waren zerstört.

Zwar haben sich im Rahmen des Montreal-Protokolls zahlreiche Nationen verpflichtet, die Produktion ozonschädigender Chemikalien einzustellen. Doch die Substanzen sind nach wie vor reichlich in der Atmosphäre vorhanden, da sie nur langsam abgebaut werden. Je tiefer die stratosphärischen Temperaturen im Winter und Frühjahr fallen, umso mehr Stratosphärenwolken entstehen, in denen diese Stoffe mit Sonnenlicht reagieren, was schließlich zum Ozonverlust führt.

Im Zuge des Klimawandels sinken die saisonalen stratosphärischen Temperaturen über der Arktis, wie meteorologische Daten der zurückliegenden sechs Jahrzehnte zeigen. Laut Computermodellen wird sich jene Entwicklung verstärken, wenn die Menschheit weiterhin unvermindert Treibhausgase freisetzt. Denn dieselben klimawirksamen Gase, die an der Erdoberfläche zu einer Erwärmung führen, lassen die höheren Atmosphärenschichten auskühlen. Mit steigender Konzentration absorbieren diese Gase die vom Boden abgegebene Wärmestrahlung immer stärker und halten sie damit zunehmend in der unteren Atmosphäre zurück, weshalb jeweils weniger davon in den oberen Regionen ankommt. Falls die Menschheit ihre Emissionen nicht rasch und umfassend reduziert, könnte das arktische Ozonloch deshalb wachsen, statt wie allgemein erwartet zu schrumpfen.

Nature Communications, 10.1038/s41467-021-24089-6, 2021

ANTHROPOLOGIE
EIN KUNSTWERK VON NEANDERTALERN

GRAVIERUNG Diesen Zehenknochen haben Neandertaler wohl erst gekocht, um anschließend ein Kerbenmuster einzuritzen.

VOLKER MINKUS, NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR DENKMALPFLEGE

In der Einhornhöhle im Harz haben Forscher einen Riesenhirsch-Knochen entdeckt, den Neandertaler verzierten. Der Fund liefert einen weiteren Beleg dafür, dass der ausgestorbene Verwandte des *Homo sapiens* recht ähnliche kognitive Fähigkeiten besaß wie wir. Neandertaler haben bekanntermaßen Werkzeuge und Waffen hergestellt; zudem bestatteten sie ihre Toten wohl nach durchdachten Riten. Eindeutige Schmuckgegenstände, komplexe Höhlenmalereien oder kleine Figuren hat man allerdings in der alten Heimat der Neandertaler nahezu ausschließlich aus jüngerer Zeit entdeckt, als bereits der aus Afrika kommende moderne Mensch nach Europa vorstieß.

Der neue Fund hingegen ist laut Radiokohlenstoffdatierung mindestens 51000 Jahre alt. Es handelt sich um einen fast sechs Zentimeter langen, knapp vier Zentimeter breiten und etwa drei Zentimeter dicken Zehenknochen mit eingeritzten Winkelmustern aus sechs beziehungsweise vier Kerben. Eine Seite des Stücks sei zur Schauseite gemacht worden, sagt der Archäologe Thomas Terberger von der Universität Göttingen, einer der beteiligten Wissenschaftler. All dies deute darauf hin, dass schon Neandertaler ein ästhetisches Empfinden hatten und über Symbole kommunizierten.

»Es dürfte kein Zufall sein, dass der Neandertaler den Knochen eines eindrucksvollen Tieres mit riesigen Geweihschaufeln für seine Schnitzerei ausgewählt hat«, betont Antje Schwalb von der Technischen Universität Braunschweig, die ebenfalls an dem Projekt beteiligt ist. Das Geweih des Riesenhirschs hatte eine Spannweite von bis zu vier Metern.

Bislang sind nur wenige als Kunst erkennbare Relikte aus der Zeit des Neandertalers aufgetaucht: Einige Anhänger und Klauen als Schmuckobjekte in Frankreich sowie einfache abstrakte Motive an Höhlenwänden in Spanien. Der neue Fund aus der Einhornhöhle repräsentiere eine der komplexesten bisher bekannten künstlerischen Ausdrucksformen, kommentiert die Londoner Evolutionsforscherin Silvia Bello.

Die Wissenschaftler haben vergleichende Experimente mit Skelettteilen heutiger Rinder durchgeführt, um den Herstellungsprozess zu untersuchen. Dabei stellte sich heraus, dass der Knochen wohl zunächst gekocht wurde. Anschließend ließ sich das Muster mit Steingeräten in die aufgeweichte Knochenoberfläche schnitzen, was rund eineinhalb Stunden dauerte.

Nature Ecology & Evolution, 10.1038/s41559-021-01487-z, 2021

ASTRONOMIE
EIN KUGELSTERNHAUFEN VOLLER SCHWARZER LÖCHER

Der Kugelsternhaufen Palomar 5 im Sternbild Schlange enthält ungewöhnlich viele Schwarze Löcher und könnte irgendwann nur noch aus ihnen bestehen, wie eine neue Studie belegt. Das gilt vermutlich auch für andere Kugelsternhaufen. Palomar 5 ist rund 80000 Lichtjahre von der Erde entfernt und relativ lichtschwach. Unter den gut 150 bekannten Kugelsternhaufen der Milchstraße gehört er zu den eher massearmen Vertretern mit vergleichsweise wenigen Sonnen und niedriger Sternendichte. Allerdings begleiten ihn zwei lang gestreckte Sternströme: lose Ansammlungen von Sonnen, die einst aus ihm hinausgeworfen wurden. Wie Palomar 5 zu ihnen gekommen sein könnte, war bisher unklar.

Ein Team um Mark Gieles von der Universitat de Barcelona (Spanien) hat dies jetzt untersucht und dazu in Computersimulationen durchgespielt, wie sich der Kugelsternhaufen seit seiner Entstehung vor rund zehn Milliarden Jahren entwickelt haben könnte. Die derzeitigen Beobachtungen am besten erklären kann ein Szenario, laut dem Palomar 5 zunächst als relativ typischer Kugelsternhaufen begann, dann aber schneller Sterne als Schwarze Löcher verlor. Deren Anteil stieg folglich und liegt den Berechnungen zufolge bei aktuell 20 Prozent. Ihre gravitativen Einflüsse haben fortwährend weitere Sonnen aus dem Haufen hinausgeschleudert, wodurch seine Dichte stetig sank und die Sternströme entstanden.

Laut den Simulationen wird Palomar 5 in rund einer Milliarde Jahren alle Sterne verloren haben und dann nur noch aus einigen Dutzend Schwarzen Löchern bestehen. Wahrscheinlich sind auch andere Kugelsternhaufen mit lang gestreckten Sternströmen durch einen hohen Anteil Schwarzer Löcher erklärbar.

Nature Astronomy, 10.1038/s41550-021-01392-2, 2021

BOTANIK

PFLANZENBESTAND IN WÜSTEN SCHWINDET

Wüsten sind nicht immer monotone Sand- oder Geröllflächen: Die amerikanische Sonora etwa gehört zu den artenreichsten Ökosystemen der Erde und weist sogar eine relativ dichte Vegetation auf. Doch in den zurückliegenden Jahrzehnten ist der Bewuchs deutlich zurückgegangen, wie eine Studie von Stijn Hantson von der University of California in Irvine und seinem Team zeigt. Im Anza-Borrega Desert State Park in Kalifornien beispielsweise hat sich die Vegetation zwischen 1984 und 2017 um mehr als ein Drittel vermindert.

Stark betroffen sind die tief gelegenen Regionen Südkaliforniens, aber auch in den Hochlagen schrumpfte die Pflanzendecke um 13 Prozent. Das bestätigt Erkenntnisse aus älteren Studien, wonach Pflanzen in den Trockengebieten der USA und Mexikos zunehmend dürrebedingt absterben. Manche Arten sind regional komplett verschwunden, so dass sie dort als ausgestorben gelten. Besonders zu leiden haben immergrüne Arten wie der Kreosotbusch *(Larrea tridentata)*, Kakteen oder auch Mesquiten, die zu den Hülsenfrüchtlern zählen.

Auf 90 Prozent der untersuchten Flächen ließen sich entsprechende Rückgänge beobachten. Wacholder-, Kiefern- und Eichenwälder in den Hochlagen der Sonora zeigen sich dagegen weniger stark beeinträchtigt. Sie profitieren von den hier höheren Niederschlägen: Die Santa-Rosa-Berge etwa erhalten zehnmal mehr Regen oder Schnee als die Umgebung.

Seit 1950 sind die Durchschnittstemperaturen je nach Region um 0,5 bis 2,2 Grad Celsius gestiegen – vor allem in den Wintermonaten. Gleichzeitig nahmen die Niederschläge im Mittel ab und die Länge von Dürreperioden zu. »Die beobachteten Trends passen zur These, dass die Erwärmung vielerorts den Wassermangel verschärft«, schreiben die Wissenschaftler. Dies sei besonders im Tiefland spürbar, wo die Pflanzen zwar eine stark schwankende Wasserversorgung gewohnt seien. Die Bedingungen würden jedoch immer extremer für sie und überschritten mancherorts die Belastungsgrenze der Vegetation.

Neben Wassermangel und Dürre sorgen weitere Faktoren dafür, dass die Vegetation leidet und sich schlechter oder gar nicht mehr regeneriert. Dazu gehören häufigere Buschbrände, Überweidung durch Vieh oder Zerstörungen durch Offroad-Fahrten.

JGR Biogeosciences, doi.org/10.1029/2020JG005942, 2021

RON AND PATTY THOMAS / GETTY IMAGES / ISTOCK

KEINE EINÖDE Die amerikanische Sonora-Wüste ist sehr artenreich.

HIRNFORSCHUNG

NERVENSIGNALE VERSCHIEBEN SICH UNERWARTET

Wenn wir ein Auto wegfahren und kleiner werden sehen, bleibt es in unserer Vorstellung trotzdem gleich groß. Daraus könnte man schließen, dass es feste Neuronengruppen im Gehirn gibt, die für entsprechende Vorstellungen zuständig sind: Sie würden Objekte wie Autos repräsentieren und immer feuern, wenn wir eines sehen – egal, wie weit entfernt und aus welchem Winkel es sich uns darbietet. Ein Team um Carl Schoonover und Andrew Fink von der Columbia University in New York stellt diese Annahme allerdings in Frage.

Die Forscherinnen und Forscher beobachteten einen Monat lang die Aktivität einzelner Neurone im piriformen Kortex von Mäusen. Jenes Hirnareal erkennt Düfte und unterscheidet sie voneinander. Das Team implantierte Elektroden im Gehirn von sechs verschiedenen Mäusen und setzte den Tieren anschließend regelmäßig stets dieselben Duftproben vor. Dabei passierte etwas Unerwartetes: Auf bestimmte Gerüche sprachen nicht etwa spezifische, sondern über die Zeit hinweg immer wieder andere Zellen an. Mehr als 97 Prozent der untersuchten Neurone änderten solcherart ihr Antwortverhalten. Die Wissenschaftler bezeichnen das als »Repräsentationsdrift«.

Das Phänomen ist rätselhaft, weil der piriforme Kortex konsistente Signal liefern muss, um die Gerüche für andere Hirnregionen kenntlich zu machen. Wie funktioniert das, wenn sich die feuernden Nervenzellen ständig verändern, obwohl der Reiz derselbe bleibt? Das Team schlägt drei mögliche Erklärungen vor. Erstens könnte ein Duft von jenen drei Prozent der Neurone repräsentiert werden, deren Antwortverhalten gleich ausfällt. Warum feuern dann aber so viele andere Nervenzellen mit? Zweitens könnte in der Drift ein verborgenes Muster liegen, das Gerüche zu identifizieren erlaubt; die Forscher haben aber keines gefunden. Drittens könnte der piriforme Kortex – entgegen bisherigen Annahmen – nicht für die Dufterkennung verantwortlich sein.

Zwei weitere, bisher nicht begutachtete Studien haben entsprechende Drifts auch in der Sehrinde von Mäusen nachgewiesen. Das ist noch überraschender, denn die dortigen Neurone sind klar strukturiert: Ihre Anordnung spiegelt den Aufbau der Netzhaut. Eine Erklärung für das Phänomen steht aus.

Nature 10.1038/s41586-021-03628-7, 2021