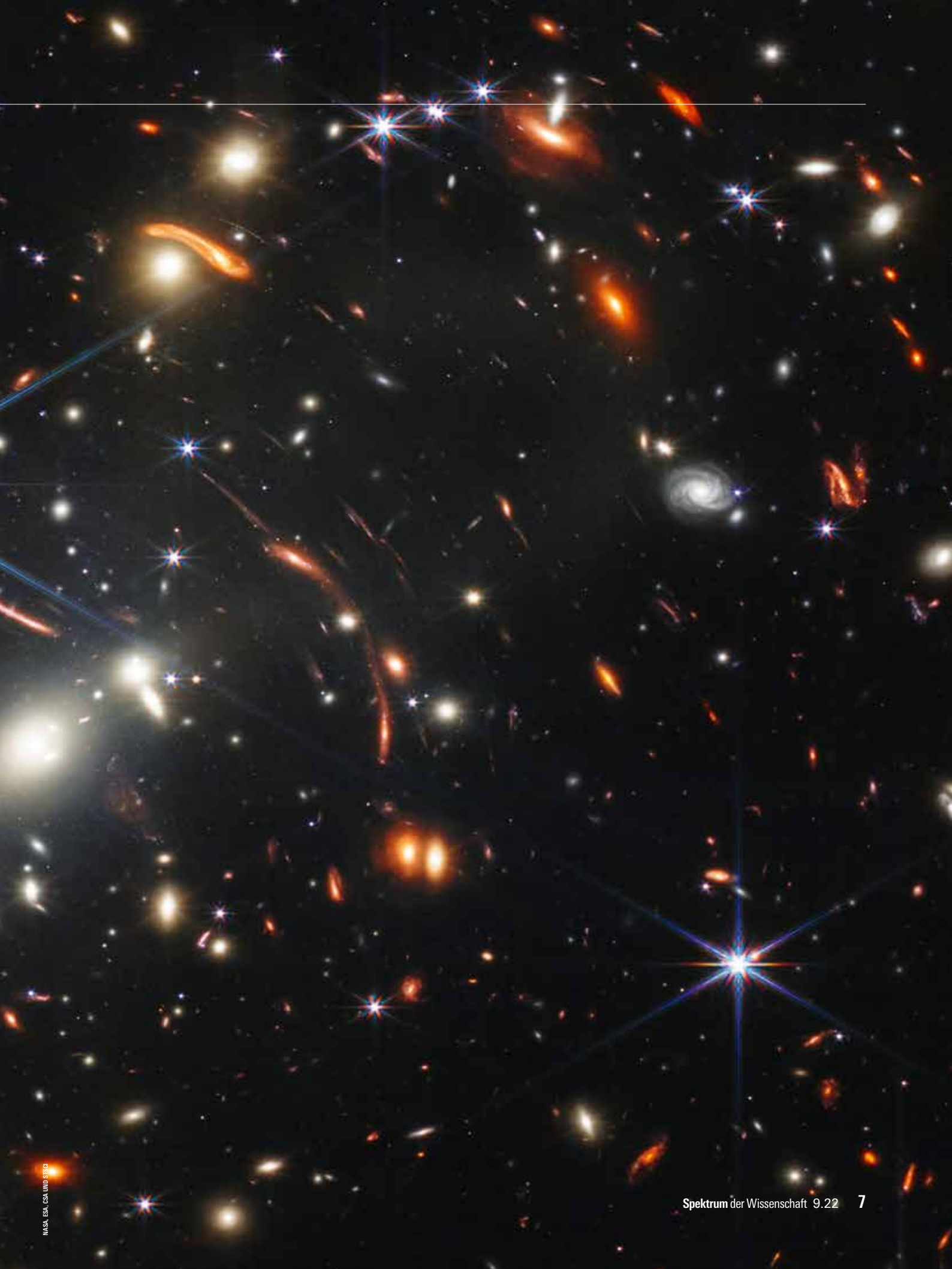
DIE ERSTEN AUFNAHMEN DES JAMES WEBB SPACE TELESCOPE

Gut 30 Jahre lang dauerte es von der ersten Idee bis zur Inbetriebnahme des Weltraumobservatoriums James Webb Space Telescope (JWST). Doch nun ist es endlich so weit. Am 12. Juli 2022 hat die Führungsriege der US-Raumfahrtbehörde NASA die ersten gestochen scharfen Aufnahmen des JWST veröffentlicht.

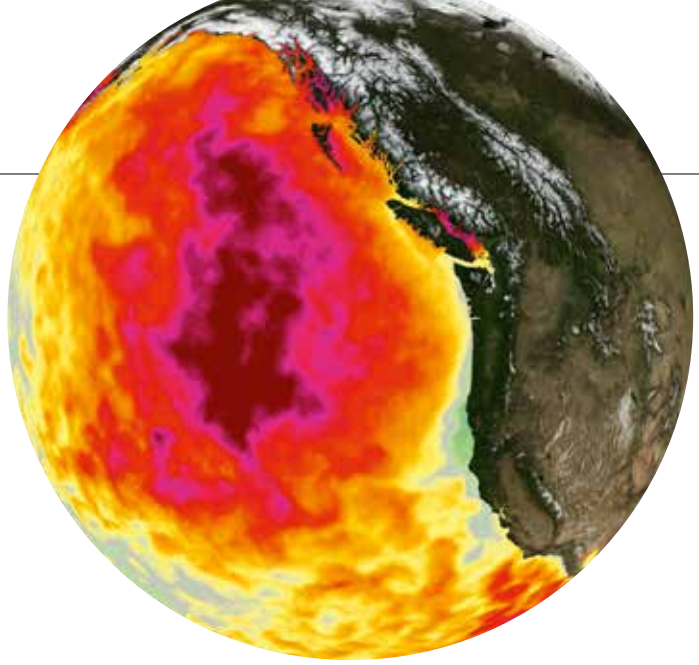
Eines der Bilder, bereits am 11. Juli präsentiert von US-Präsident Joe Biden, ist eine Deep-Field-Aufnahme des Galaxienhaufens SMACS 0723. Er erscheint umgeben von verzerrten Abbildern noch weiter entfernter, rötlicher Galaxien im Hintergrund. Sie gehören zu den fernsten und lichtschwächsten Objekten, die je im Infrarotbereich beobachtet wurden. Einige von ihnen existierten bereits, als das Universum gerade mal einige hundert Millionen Jahre alt war. Das Bild deckt einen Himmelsbereich ab, der von der Erde aus gesehen etwa so groß ist wie ein Sandkorn, das man mit ausgestrecktem Arm vor sich hält.

Pressemitteilung der NASA vom 12. Juli 2022

NASA, ESA, CSA UND STSCI



NASA, ESA, CSA UND STSCI



NASA PHYSICAL OCEANOGRAPHY DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER

AUFGEHEIZT Eine Warmwasserblase vor Amerika. Rottöne zeigen erhöhte Temperaturen.

ÖKOLOGIE
»BLOBS« BILDEN SICH DURCH MENSCHLICHEN EINFLUSS

Ein Team um Armineh Barkhordarian von der Universität Hamburg hat untersucht, warum die so genannten Blobs immer öfter auftreten. Das sind verheerende Hitzewellen im nordöstlichen Pazifik vor der amerikanischen Westküste, die sich seit der Jahrtausendwende auffällig häufen. Das bislang letzte Ereignis dieser Art dauerte von 2019 bis 2021 und kostete zehntausende Wale, Seevögel und Robben das Leben.

Blobs, die Meeresgebiete von bis zu drei Millionen Quadratkilometer Fläche betreffen können, seien zunehmend auf den menschengemachten Klimawandel zurückzuführen, schreibt die Arbeitsgruppe. Die klimatischen Veränderungen begünstigten extreme Hitzewellen in diesem Teil des Pazifiks, bei denen die Wassertemperaturen bis zu sechs Grad Celsius über dem langjährigen Mittel liegen. Für viele Tierarten sei das tödlich oder zwinge sie zur Abwanderung. Zudem fördere es giftige Algenblüten, die dem Wasser zusätzlich Sauerstoff entziehen, was sauerstoffarme »Todeszonen« hervorbringt.

Laut Studie liegt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Blob wie der zwischen 2019 und 2021 ohne menschlichen Einfluss stattgefunden hätte, bei weniger als einem Prozent. Mit 99-prozentiger Wahrscheinlichkeit seien die menschengemachten Treibhausgasemissionen und die dadurch ausgelöste Erwärmung verantwortlich.

Die Wassertemperaturen im nordöstlichen Pazifik stiegen während der zurückliegenden 25 Jahre durchschnittlich um 0,05 Grad Celsius pro Jahr. Zum einen kühlt die Region während der kalten Jahreszeit weniger ab, denn die winterlichen Hochdruckgebiete verstärken sich tendenziell. Das erschwert die Wolkenbildung und führt zu forcierter Erwärmung des Wassers durch Sonneneinstrahlung. Dieser Effekt überwiegt offenbar die ausbleibende Isolationswirkung der Wolken. Zum anderen hat sich der Jahresabschnitt, in dem sommerlichen Bedingungen herrschen, dort um 37 Tage verlängert.

Seit 2000 traten 31 Blobs in diesem Teil des Ozeans auf, während es zwischen 1982 und 1999 lediglich neunmal dazu kam. Ähnliche Warmwasserblasen bildeten sich in den zurückliegenden Jahren auch in anderen Meeresgebieten des Südpazifiks und Atlantiks.

Communications Earth&Environment 10.1038/s43247-022-00461-2, 2022

VERHALTENSFORSCHUNG
SCHIMPANSEN HABEN ÜBERRASCHEND KOMPLEXE SPRACHE

Die menschliche Sprache bietet unendlich viele Möglichkeiten, sich auszudrücken, obwohl sie nur aus einer begrenzten Zahl an Lauten besteht. Aus diesen jedoch formen wir hunderttausende Wörter und stellen sie nach grammatischen Regeln zu immer neuen Sätzen zusammen. Forscherinnen und Forscher vom Institut des Sciences Cognitives Marc Jeannerod in Lyon und vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig haben jetzt erstmals bei Schimpansen grammatikähnliche Strukturen nachgewiesen.

Das Team um den Anthropologen Cédric Girard-Buttoz untersuchte drei Merkmale, welche die Grundlage für einen unerschöpflichen Wortschatz bilden: Laute müssen beliebig kombinierbar sein; Lautsequenzen müssen aneinandergereiht werden können wie Wörter in einem Satz; und all das sollte nach Regeln erfolgen. Eine solche Konvention könnte etwa sein, dass ein bestimmter Laut üblicherweise den Anfang einer Botschaft bildet.

Die Wissenschaftler analysierten knapp 5000 Audioaufnahmen von 46 wild lebenden Schimpansen im Nationalpark Taï (Elfenbeinküste). Zum ersten Mal beobachteten sie dabei alle drei genannten Merkmale bei einem nichtmenschlichen Primaten. Manche Schimpansen reihten bis zu zehn Laute systematisch aneinander.

»Unsere Ergebnisse zeigen: Das verbale Kommunikationssystem der Schimpansen ist viel komplexer und strukturierter als bisher angenommen«, sagt Mitautorin Tatiana Bortolato. Theoretisch könnten die Primaten durch Kombinieren von zwölf verschiedenen Lauten hunderte verschiedene Bedeutungen ausdrücken. Ob sie dieses Potenzial tatsächlich ausschöpfen, ließ sich nicht ermitteln. Das möchte das Team nun in Folgestudien untersuchen.

Communications Biology 10.1038/s42003-022-03350-8, 2022

NEUROWISSENSCHAFT

IM GEHIRN WIRD ES MEHR ALS 40 GRAD HEISS

In einem gesunden Gehirn ist es ziemlich warm: Die mittlere Temperatur dort liegt mit 38,5 Grad Celsius mehr als zwei Grad höher als im Mund. Das berichtet eine Gruppe um Nina Rzechorzek vom MRC Laboratory for Molecular Biology in Cambridge. In tiefen Hirnregionen übersteigt die Temperatur häufig sogar 40 Grad Celsius – ein Wert, der anderswo im Körper als Fieber diagnostiziert würde.

Das Team rekrutierte 40 gesunde Freiwillige zwischen 20 und 40 Jahren und ermittelte morgens, nachmittags sowie abends per Magnetresonanzspektroskopie (MRS) die Temperatur verschiedener Hirnregionen. Bei allen Versuchspersonen schwankten die Werte im Tagesverlauf um fast ein Grad; die höchsten waren nachmittags zu verzeichnen. Den Rekord stellte eine Teilnehmerin auf mit 40,9 Grad Celsius im Thalamus, einem Teil des Zwischenhirns.

Bei Frauen lagen die Werte um durchschnittlich 0,4 Grad Celsius über denen der Männer. Das habe vermutlich mit dem Menstruationszyklus zu tun, so die Forscher. Nach dem Eisprung klettern die Temperaturen erwiesenermaßen, ebenso mit fortschreitendem Alter.

Die Arbeitsgruppe verglich die Ergebnisse zudem mit jenen von Intensivpatienten, die an einem Schädel-Hirn-Trauma litten. Bei diesen lagen die Hirntemperaturen um durchschnittlich ein Grad niedriger als bei Gesunden, zudem schwankten sie tagsüber stärker. Nur ein Viertel der Intensivpatienten wies einen Tagesverlauf der Hirntemperatur auf, wie er für Gesunde typisch ist. Fehlte dieser, stieg das Sterberisiko um den Faktor 20. Die Wissenschaftler gehen aber nicht davon aus, dass es sich hier um einen kausalen Zusammenhang handelt – vielmehr stelle die Hirntemperatur einen Risikomarker dar.

Brain 10.1093/brain/awab466, 2022

PHYSIK

DOCH KEINE NEUTRINO-SENSATION

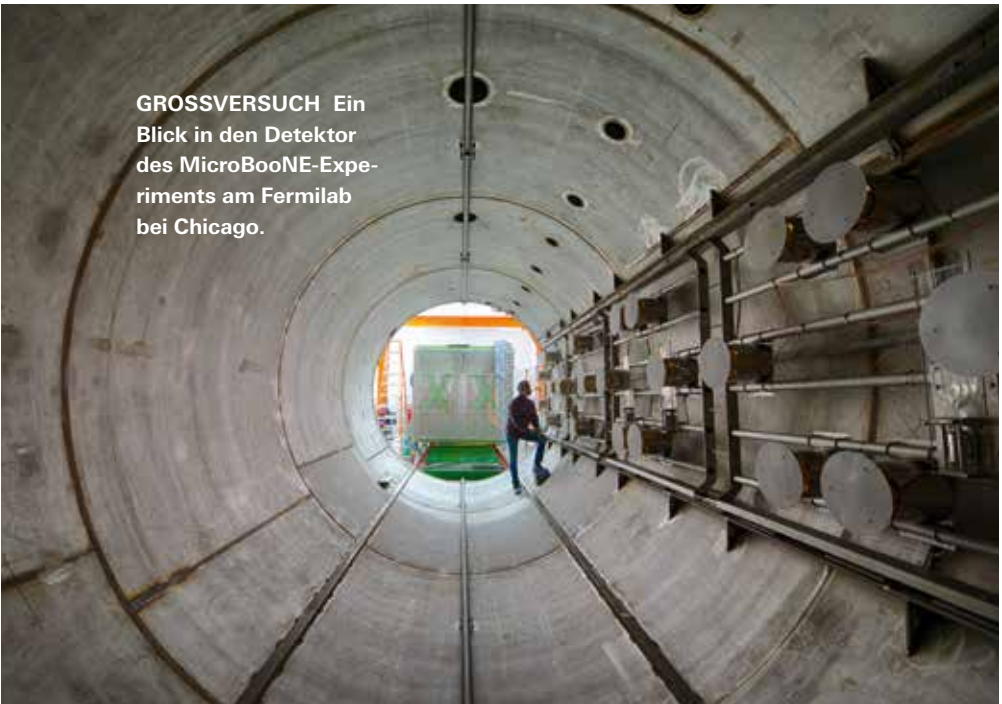
Fachleute handelten den Fund bereits als Sensation, sogar das Wort »nobelpreisverdächtig« fiel: Im Jahr 2018 präsentierten Wissenschaftler des Experiments MiniBooNE am Forschungslabor Fermilab bei Chicago einen rätselhaften Überschuss an Elektron-Neutrinos in ihren Messungen, der nicht zum klassischen Standardmodell der Elementarteilchen passte. Doch neue Daten aus dem Folgeexperiment MicroBooNE zeigen – nichts.

In solchen Studien untersuchen die Wissenschaftler die so genannte Neutrino-Oszillation, ein quantenmechanisches Phänomen, bei dem sich Neutrino-Sorten permanent ineinander umwandeln. Es beruht darauf, dass jedes Neutrino eine Überlagerung dreier verschiedener Typen darstellt, von denen mal der eine und mal der andere dominiert. Heutige Neutrino-Oszillationsexperimente messen dieses Verhalten sehr exakt. Fachleute hoffen, dabei Unregelmäßigkeiten zu finden, die auf einen vierten, exotischen Neutrino-Typ und somit auf bisher unbekannte physikalische Mechanismen hindeuten.

MiniBooNE hatte tatsächlich rund 400 Elektron-Neutrinos detektiert, die gemessen an der theoretischen Vorhersage überzählig schienen. Allerdings war das unter Experten umstritten. Viele bezweifelten, dass dies als Hinweis auf eine neue Physik jenseits des Standardmodells zu werten sei. Das Folgeexperiment MicroBooNE, ebenfalls am Fermilab, verstärkt die Zweifel jetzt. Seine Daten, die in vier Fachartikeln publiziert worden sind, zeigen keine Anzeichen für das Signal, das bei MiniBooNE beobachtet worden war.

Neutrinos selbst hinterlassen keine Signale in Messgeräten. Daher untersuchen Forscherinnen und Forscher ihre Eigenschaften, indem sie Teilchen beobachten, die bei Wechselwirkungen eines Neutrinos mit der Detektormaterie entstehen. MiniBooNE und MicroBooNE haben unterschiedliche Detektortypen verwendet, was möglicherweise ein Grund für die Diskrepanz in ihren Daten ist.

Physical Review Letters 10.1103/PhysRevLett.128.241801, 2022



GROSSVERSUCH Ein Blick in den Detektor des MicroBooNE-Experiments am Fermilab bei Chicago.

REIDAR HAHN / FERMILAB (VMS.FNAL.GOV/ASSET/DETAIL?RECID=1823515)

BIOPHYSIK
TUNNELEFFEKT SORGT FÜR MUTATIONEN

Quantenphysikalische Effekte könnten weit mehr Genmutationen hervorbringen als bisher angenommen. Das meldet eine Arbeitsgruppe um Louie Slocombe von der University of Surrey. Die Forscher haben die Wechselwirkungen des DNA-Basenpaars Cytosin-Guanin rechnerisch modelliert. Ihren Ergebnissen zufolge macht der quantenmechanische Tunneleffekt eine abgewandelte Gestalt dieses Duos deutlich wahrscheinlicher, die als »tautomer« bezeichnet wird und anders angeordnete Bindungen aufweist.

Dass DNA-Basenpaare tautomere Formen annehmen können, ist seit der Entschlüsselung der DNA-Struktur bekannt. Sie entstehen, wenn sich die Protonen verlagern, die an den Wasserstoffbrückenbindungen zur jeweils gegenüberliegenden Base in der Doppelhelix beteiligt sind. Der Zellapparat reagiert empfindlich darauf, wenn er die DNA im Vorfeld einer Zellteilung verdoppelt. Trifft er dann nämlich auf eine Tautomerform mit anders strukturierten Wasserstoffbrücken, kann es vorkommen, dass er beispielsweise Cytosin nicht mit Guanin paart, sondern mit der Base Adenin. Infolgedessen baut er in den neu entstehenden DNA-Strang ein falsches Nukleotid ein – es entsteht eine Mutation.

Theoretische Berechnungen hatten bereits zuvor belegt, dass der Tunneleffekt tautomere Basenpaare hervorbringen kann. Wegen der sehr geringen Lebensdauer der entsprechenden Quantenzustände galt es bisher aber als unwahrscheinlich, dass dies biologisch von Bedeutung ist. Fachleute gingen davon aus, die Tautomere würden zu rasch wieder in die Normalform zurückfallen, um eine DNA-Replikation zu beeinflussen.

Laut Slocombe und seinem Team sorgt aber gerade die Kurzlebigkeit der Quantenprozesse für biologisch beobachtbare Effekte. Ihrer Analyse zufolge fluktuieren DNA-Basenpaare dermaßen schnell, dass sich ein thermisches Gleichgewicht einstellt, in dem etwa eines von 5000 Basenpaaren als Tautomer vorliegt. Das liegt weit oberhalb der durchschnittlichen Mutationsrate des menschlichen Genoms, die sich von Generation zu Generation auf rund 25 Änderungen pro Milliarde Basenpaare beläuft. Möglicherweise spielen quantenphysikalische Effekte eine viel wichtigere Rolle im Mutationsgeschehen, als bislang bekannt war, folgern die Experten.

Communications Physics 10.1038/s42005-022-00881-8, 2022

ASTRONOMIE
LEBEN IM WASSERSTOFF-HELIUM-DUNST

Selbst auf Planeten, deren Atmosphäre ganz anders aufgebaut ist als unsere, können lebensfreundliche Bedingungen herrschen. Zu diesem Schluss kommt ein Forschungsteam von den Universitäten Bern und Zürich in einer Modellierungsstudie. Die Gruppe um Marit Mol Lous hat sich mit großen, extrasolaren Gesteinsplaneten befasst – so genannten Supererden –, deren Atmosphären von Wasserstoff und Helium dominiert werden. Per Computersimulation fanden die Forscherinnen und Forscher heraus, dass solche Supererden unter bestimmten Umständen bis zu acht Milliarden Jahre lang gemäßigte Temperaturen bieten und somit flüssiges Wasser beherbergen können.

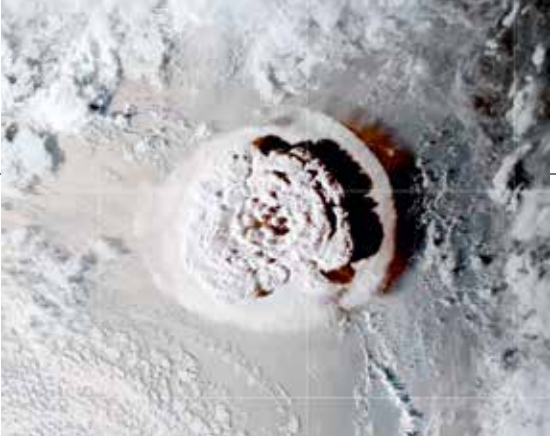
Unser Heimatplanet war nach seiner Entstehung ebenfalls von einer Gashülle aus Wasserstoff und Helium umgeben. Heute setzt sich seine Atmosphäre im Wesentlichen aus Stickstoff und Sauerstoff zusammen; Supererden außerhalb unseres Sonnensystems dagegen behalten mitunter ihre ursprüngliche Wasserstoff-Helium-Hülle. Ohne Treibhausgase wie Kohlenstoffdioxid sollte es auf diesen Welten sehr kalt sein. Wenn die Atmosphäre jedoch mächtig genug ist (etwa 100- bis 1000-mal massereicher als die irdische), wirkt auch Wasserstoff als Treibhausgas. Dann können dort gemäßigte Temperaturen herrschen und flüssiges Wasser existieren. Neben einer Energiequelle und dem Zugang zu Nährstoffen gilt dies als entscheidend für die Entstehung von Leben.

Die Organismen auf einem solchen Planeten würden sich aber sehr von den irdischen unterscheiden. Der Druck auf der Oberfläche des Himmelskörpers läge schätzungsweise bei 100 bis 1000 Bar. Das sind Bedingungen wie am Grund des elf Kilometer tiefen Marianengrabens, wo aber durchaus verschiedenste Lebensformen gedeihen. »Bei der Suche nach Leben auf extraterrestrischen Planeten ist zu berücksichtigen, dass es möglicherweise unter Bedingungen entstehen und gedeihen könnte, die auf der Erde als extrem gelten würden«, heißt es in dem Fachartikel.

Nature Astronomy 10.1038/s41550-022-01699-8, 2022

BLAUER PLANET Eine Supererde mit Wasserstoff-Helium-Hülle (Illustration).

DOTTEDHIPPO / GETTY IMAGES / ISTOCK



NASA EARTH OBSERVATORY, JOSHUA STEVENS, LAUREN DAUPHIN

DETONATION Der Ausbruch des Hunga Tonga (Satellitenbild).

GEOWISSENSCHAFTEN

TONGA-DETONATION WAR VERGLEICHBAR DER DES KRAKATAU

Mitte Januar 2022 brach der unterseeische Pazifik-Vulkan Hunga Tonga-Hunga Ha'apai in mehreren massiven Explosionen aus. Je mehr Details darüber bekannt werden, desto deutlicher zeigt sich, dass die Welt damals einer großen Katastrophe entgangen sein könnte. Die elfstündige Eruption verwüstete zwar große Teile des Tonga-Archipels, bedeckte mehrere Inseln mit Asche, vernichtete die Ernten dort und kostete mindestens drei Menschen das Leben. Doch es wäre wohl deutlich schlimmer gekommen, wenn sich der Ausbruch nicht unter Wasser abgespielt hätte. Mit welcher Wucht der Vulkan detonierte, hat eine Arbeitsgruppe um Corwin Wright von der University of Bath (Großbritannien) jetzt in einer Studie untersucht. Dafür analysierte sie Satellitendaten und die Werte von bodengestützten Messstationen.

Die Eruption trieb demnach nicht nur Aschewolken mehr als 50 Kilometer hoch bis in die Stratosphäre, sondern jagte auch Druckwellen rund um den Planeten, die ein bis dahin nicht gekanntes Tempo erreichten: Wright und seinem Team zufolge bis zu 1158 Kilometer pro Stunde. Werte, die in vergleichbarem Kontext noch nie zuvor gemessen wurden.

»Die Geschwindigkeit dieser Wellen lag sehr nahe am theoretischen Maximum«, sagt Wright. Die Eruption sei diesbezüglich vergleichbar gewesen mit der des Krakatau im Jahr 1883. Ohnehin gilt der Ausbruch des Hunga Tonga als stärkster seit 1991, als der Pinatubo auf den Philippinen explodierte.

Die Druckwellen umrundeten die Erde mindestens viermal. Sie lösten so genannte Meteotsunamis aus: durch Luftdruckschwankungen oder heftige Winde verursachte Wasserwellen, die unter anderem im Pazifik, Atlantik und im Mittelmeer auftraten. Diese blieben jedoch deutlich niedriger, als das bei echten Tsunamis üblicherweise der Fall ist. An der Kármán-Linie, die in 100 Kilometer Höhe die Grenze der Erdatmosphäre zum Weltall markiert, sorgten die Stoßwellen für kräftige Strömungen mit bis zu 730 Kilometer pro Stunde.

Nature 10.1038/s41586-022-05012-5, 2022

BIOLOGIE

REKORDBAKTERIUM MISST EINEN ZENTIMETER

Ein Bakterium aus den Mangrovensümpfen der Insel Guadeloupe ist rund einen Zentimeter lang – und damit 50-mal länger als das nächstgrößte bekannte Bakterium. Ein Team um Jean-Marie Volland vom Lawrence Berkeley National Laboratory hat den Organismus auf den Namen *Thiomargarita magnifica* getauft. Er bildet weiße Fäden, die etwa ein Zehntelmillimeter dick sind und mit einem Ende an versunkenen Mangrovenblättern festhängen. Wie das Team schreibt, besitzt *T. magnifica* mehrere Merkmale, die sein enormes Größenwachstum ermöglichen. So hat es nicht nur ein außerordentlich umfangreiches Genom, sondern enthält zudem rund eine halbe Million Kopien davon.

Dass der riesige Einzeller überhaupt existieren kann, erstaunt. Denn in einem derart lang gestreckten Gebilde benötigen Nährstoffe und Signalmoleküle sehr viel Zeit, um alle Orte der Zelle zu erreichen. *T. magnifica* löst dieses Problem mit mehreren Tricks. Zum einen ist sein Volumen kleiner, als es von außen scheint. Sein Inneres besteht fast komplett aus einem Membransack, der Nitrate enthält; das Bakterium nutzt sie zur Energiegewinnung. Das eigentliche Zellplasma ist nur zwei bis drei Mikrometer dünn und birgt überdies weitere Membranblasen, die mit Schwefel gefüllt sind und ebenfalls der Energiegewinnung dienen. Sie verringern die Plasmamenge, die versorgt werden muss, und verleihen dem Organismus seine leuchtend weiße Farbe. Von den zahlreichen Kopien des Zellgenoms befindet sich jede in einem eigenen membranumhüllten Raum; sie dienen als im ganzen Bakterium verteilte Proteinfabriken. Obendrein durchzieht *T. magnifica* ein Membrannetzwerk mit ATP-produzierenden Enzymen.

Unklar ist, mit welchem Kommunikationssystem der monströse Einzeller seine internen Abläufe koordiniert.

JEAN-MARIE VOLLAND, LBNL

ZELLKOLOSS *T. magnifica* ist rund einen Zentimeter lang.

Besonders interessant scheint, dass er eine sterile Oberfläche besitzt. Eigentlich müssten sich auf ihm Biofilme bilden, zumal hunderttausende normalgroße Bakterien auf sein Äußeres passen. Vermutlich scheidet *T. magnifica* diverse antibiotische Substanzen aus; etwa ein Viertel seines Erbguts ist für die Herstellung von Stoffen zuständig, die in anderen Organismen der chemischen Kriegführung dienen. Darunter könnten sich auch neue Arzneistoffkandidaten finden. Es gibt zudem Hinweise, wie sich der Gigant fortpflanzt: Er schnürt 0,2 Millimeter lange Segmente am losen Ende ab, die Fachleute als mögliche Tochterzellen interpretieren.

Science 10.1126/science.abb3634, 2022