

SPEKTROGRAMM

EINE EXISTENZ AM ABGRUND

Der 20000 Lichtjahre entfernte Stern AG Carinae ist einer der leuchtkräftigsten in der Milchstraße. Dafür zahlt er einen hohen Preis: Er steht am Rand der Selbstzerstörung. Der gigantische Himmelskörper ist schätzungsweise 70-mal so massereich wie unsere Sonne und eine Million Mal so leuchtstark. Er verbraucht seinen Brennstoff entsprechend schnell und wird fast von seinem eigenen Strahlungsdruck zerrissen.

AG Carinae gehört zur Klasse der »Leuchtkräftigen Blauen Veränderlichen«, deren Helligkeit stark pulsiert. Hin und wieder stößt er explosionsartig riesige Mengen Material ab. Vor rund 10000 Jahren hat eine solche Eruption die rötlich-bläuliche Struktur hervorgebracht, die den Stern heute umgibt. Es handelt sich um die Überreste seiner ehemals äußeren Schichten – eine Hülle aus Gas und Staub, die rasch expandiert, derzeit fünf Lichtjahre durchmisst und das Zehnfache der Masse unserer Sonne in sich vereint.

Obwohl er momentan in einem relativ ruhigen Stadium verharrt, gehen von AG Carinae starke Sternwinde aus. Sie sind erheblich schneller als die expandierende Gas- und Staubhülle, holen sie von innen ein, pflügen durch sie hindurch und formen sie dabei. Das hat die bläulichen, blasenähnlichen Strukturen hervorgebracht, die auf dem Bild zu sehen sind: Staubansammlungen, die im Licht des Sterns erstrahlen.

Das Bild, aufgenommen im sichtbaren und UV-Licht, stammt vom Weltraumteleskop Hubble. Es entstand anlässlich von dessen 31. Jahrestag: Hubble startete am 24. April 1990 ins All.

NASA Hubblesite, April 2021



MEDIZIN

VIEL MEHR KREBSKranKE IM MITTELALTER ALS GEDACHT

► Im Mittelalter litten deutlich mehr Menschen an Krebs als bisher angenommen. Zu diesem Ergebnis kommt ein Team um den Archäologen Piers Mitchell von der University of Cambridge. Es hat Skelette von mittelalterlichen Friedhöfen auf Anzeichen von Tumoren untersucht und die ermittelte Fallzahl hochgerechnet.

Eine Diagnose anhand des Skeletts ist möglich, wenn der Krebs in die

Knochen gestreut und sichtbare Schäden im Gebein hinterlassen hat. Mit Hilfe solcher Defekte haben Forscherinnen und Forscher schon früher abgeschätzt, wie häufig Tumorleiden in der Vergangenheit auftraten. Dabei inspizierten sie die Knochen meist von außen und kamen auf einen Anteil krebskranker Menschen an der mittelalterlichen Bevölkerung von etwa einem Prozent.

WIRBEL MIT METASTASEN Dieser Wirbel aus dem Skelett eines mittelalterlichen Menschen ist zum Teil von Krebsmetastasen zerstört (weißer Pfeil).



Mitchell und sein Team haben sich dieser Frage erneut angenommen und dabei mittelalterliche Skelette nicht bloß äußerlich begutachtet, sondern zusätzlich mit Röntgentechnik durchleuchtet. Zweidimensionale Röntgenaufnahmen und Computertomografie (CT) halfen ihnen, auch solche Knochenschäden zu erkennen, die an der Oberfläche nicht sichtbar sind. Insgesamt analysierten sie die Überreste von 143 Erwachsenen, die zwischen dem 6. und dem 16. Jahrhundert gelebt hatten: 96 Männer, 46 Frauen und eine Person unbekanntes Geschlechts, die auf sechs verschiedenen Friedhöfen rund um die englische Stadt Cambridge beigesetzt worden waren.

Fünf Individuen und damit 3,5 Prozent der Untersuchten zeigten tumortypische Skelettschäden – etwa Löcher im Gebein, wo einst Metastasen wucherten. Da CT-Verfahren nur drei von vier solchen Läsionen aufdecken und überdies nur jede zweite bis dritte tödliche Krebserkrankung in die Knochen streut, muss die wirkliche Zahl der Erkrankten höher gelegen haben. Mitchell und sein Team veranschlagten den Anteil auf 9 bis 14 Prozent. Das ist das 10- bis 15-Fache bisheriger Schätzungen und trotzdem eher noch zu wenig, denn die Forscher berücksichtigten lediglich Knochenschäden, bei denen kein Zweifel an der Krebsdiagnose bestand – und sie untersuchten nicht alle Skeletteile, sondern beschränkten sich jeweils auf Oberschenkelknochen, Becken und Wirbelsäule.

Zum Vergleich: In heutigen entwickelten Ländern wie Deutschland erkrankt jeder zweite bis dritte Mensch im Lauf seines Lebens an Krebs. Zu den wichtigsten Risikofaktoren zählen Tabak- und Alkoholkonsum, ungesunde Ernährung, Übergewicht, Bewegungsmangel, Luftverschmutzung und chronische Infektionen. Zudem wächst die Wahrscheinlichkeit, Krebs zu bekommen, mit zunehmendem Alter.

Cancer 10.1002/cncr.33615, 2021

ASTRONOMIE WASSER AUF EXOPLANET

► Auf der Tagseite eines fernen Exoplaneten haben Forscherinnen und Forscher jetzt Hydroxyl-Radikale entdeckt. Damit ist es erstmals gelungen, solche Moleküle auf einem Planeten außerhalb unseres Sonnensystems nachzuweisen.

Der Exoplanet mit der Bezeichnung WASP-33b kreist rund 400 Lichtjahre von uns entfernt um seinen Mutterstern. Er hat die zwei- bis dreifache Masse des Jupiters und bewegt sich sehr eng um seine Sonne: Nur etwa drei Millionen Kilometer, das ist ungefähr das Achtfache des Erde-Mond-Abstands, trennen ihn von dieser. WASP-33b zählt zur Klasse der »Heißen Jupiter« und weist eine Oberflächentemperatur von deutlich über 2000 Grad Celsius auf.

Hydroxyl-Radikale, auch als OH-Radikale oder HO \cdot bezeichnet, sind Moleküle aus einem Wasserstoff- und einem Sauerstoffatom. Sie besitzen ein einzelnes, ungepaartes Elektron und

GLUTHITZE

Der Exoplanet WASP-33b (rot) kreist sehr eng um seinen Mutterstern (Illustration).

sind somit sehr reaktionsfreudig. Ihr Nachweis in der Atmosphäre des Exoplaneten gelang mit einem Infrarot-Doppler-Spektrografen am Subaru-Teleskop des Mauna-Kea-Observatoriums auf Hawaii.

Das Forscherteam um Stevanus Nugroho vom National Astronomical Observatory of Japan nimmt an, dass die Hydroxyl-Radikale auf WASP-33b aus Wasserdampf entstehen, dessen Moleküle wegen der hohen Temperaturen laufend zerstört werden. Die

Entdeckung stellt somit einen indirekten Nachweis von Wasser dar. Tatsächlich hat das Team zusätzlich noch direkte, allerdings schwächere Emissionssignale von H₂O-Molekülen auf dem Himmelskörper empfangen. Die Studie ist ein weiterer Schritt auf dem Weg dahin, die chemischen Abläufe auf fernen Exoplaneten detailliert zu untersuchen und zu verstehen.

The Astrophysical Journal Letters
10.3847/2041-8213/abec71, 2021

NEUROPSYCHOLOGIE PLACEBO UND NOCEBO GRÜNDE IN UNTERSCHIEDLICHEN HIRNREGIONEN

► Der weithin bekannte Placeboeffekt vermag Schmerzen und andere Beschwerden allein dadurch zu lindern, dass der Patient persönliche Zuwendung erfährt, fest an den Behandlungserfolg glaubt beziehungsweise stark darauf vertraut, dass baldige Besserung eintritt. Sein dunkler Gegenspieler ist der Noceboeffekt, der – ebenfalls durch bloße Überzeugung oder Glaube – zu einer Verschlimmerung des Leidens führt. Ob den beiden ein gemeinsamer Mechanismus zu Grunde liegt, war bislang unklar. Ein internationales Forscherteam hat nun belegt, dass Placebo und Nocebo nicht einfach zwei Seiten derselben Medaille sind, sondern mittels unterschiedlicher neuronaler Vorgänge entstehen.

Die Gruppe um Junjun Fun von der South China Normal University in

Guangzhou analysierte 52 Studien, die insgesamt 1178 Versuchspersonen einschlossen. In diesen Untersuchungen hatten Wissenschaftler jeweils einen der beiden Effekte experimentell hervorgerufen, während ihre Probanden im Hirnscanner lagen. Junjun Fun und seine Kollegen berechneten anhand der Daten, in welchen Hirnregionen über alle Studien hinweg jeweils die größte Aktivität aufgetreten war. Die Ergebnisse glichen sie anschließend mit einer Datenbank ab, die Ergebnisse aus zehntausenden Hirnscans umfasst, um herauszufinden, zu welchen Netzwerken die aktivierten Areale gehören. Dabei zeigte sich, dass am Placeboeffekt hauptsächlich das Belohnungsnetzwerk mitwirkt, am Noceboeffekt hingegen vor allem das Aversionsnetzwerk, welches bei widrigen

Ereignissen wie Schmerzerfahrungen aktiv wird.

Placebo- und Noceboeffekt spielen in der Medizin eine große Rolle. Auch in der Psychotherapie kommen sie zum Tragen; ob die beiden Phänomene hier aber über ähnliche Hirnschaltkreise wirken, lässt sich aus der Untersuchung nicht ableiten. Denn das Team um Junjun Fun hat lediglich solche Studien analysiert, bei der die körperliche Schmerzempfindung manipuliert worden war. Die Forscher schlagen deshalb vor, die neuropsychologischen Grundlagen der beiden Gegenspieler auch bei Menschen mit psychischen Erkrankungen zu untersuchen. So ließe sich die Psychotherapie künftig möglicherweise verbessern.

NeuroImage 10.1016/j.neuroimage.
2021.117833, 2021

PALÄO BIOLOGIE FLUGSAURIER MIT ULTRALEICHTEN KNOCHEN

Die riesigen Flugsaurier des Erdmittelalters besaßen außergewöhnlich leichte Knochen. Ihre Halswirbel waren fast komplett hohl, dank knöcherner Innenstreben aber dennoch belastbar. Dieser Aufbau erlaubte es den Tieren, sich einen extrem langen Hals zu leisten, berichten Forscher um David Martill von der University of Portsmouth.

Zu den Flugsauriern (Pterosauriern) gehören die größten fliegenden Tiere, die je gelebt haben. Die gewaltigsten Exemplare erreichten Spannweiten bis zwölf Meter und damit die Abmessungen eines Kleinflugzeugs; sie wogen vermutlich rund 250 Kilogramm. Besonders markant war ihr Hals, der zweieinhalb Meter messen konnte und damit länger war als der von Giraffen. Obendrauf saß ein riesiger Schädel, der zusammen mit dem Hals oft drei Viertel der gesamten Körperlänge ausmachte. Forscher fragen sich schon seit Langem, wie dieser Körperbau biomechanisch möglich war – schließlich muss er enormen Hebelkräften ausgesetzt gewesen sein. Und wie blieben Pterosaurier trotz ihrer

gigantischen Ausmaße relativ leicht und flugfähig?

Martill und seine Kollegen haben jetzt einen fossilen Flugsaurier-Halswirbel untersucht, der aus dem marokkanisch-algerischen Grenzgebiet stammt. Das Fossil gehört wahrscheinlich zu einem Pterosaurier der Gattung *Alanqa* und ist so gut erhalten, dass die Forscher seine innere Struktur millimetergenau mit Computertomografie (CT) aufklären konnten. Dabei zeigte sich: Der Halswirbel war röhrenförmig gestreckt, hatte rund sechs Zentimeter Durchmesser und eine millimeterdünne Wand. Mitten durch ihn hindurch verlief eine zweite schmalwandige Knochenröhre, die das Rückenmark enthielt. Zarte Knochenbälkchen, kaum dicker als ein Millimeter und wie Fahrradspeichen angeordnet, verbanden die beiden Röhren miteinander.

Mit Computermodellen berechneten die Forscher, wie tragfähig das Ganze war. Demzufolge machten bereits rund 50 Knochenbälkchen pro Wirbelkörper die Struktur um 90 Prozent widerstandsfähiger gegen



LUFTIG CT-Bilder zeigen: Dieser Flugsaurier-Halswirbel bestand aus zwei dünnwandigen Röhren, verbunden durch zarte »Speichen«.

Knickbelastungen; weitere Bälkchen brachten kaum zusätzliche Stabilität. Die Berechnungen sagen auch, wie schwer Beutetiere maximal sein durften, damit der Flugsaurier sie packen und hochheben konnte, ohne sich den Hals zu brechen: etwa 13 Kilogramm. Allerdings ist dieser Wert unsicher, da er nur die Belastbarkeit des Knochens berücksichtigt. Über die Eigenschaften des unterstützenden Muskel- und Bindegewebes weiß man nichts, da sie nicht erhalten sind.

iScience 10.1016/j.isci.2021.102338, 2021

WILLIAMS, C. J. ET AL. HELICALLY ARRANGED CROSS-STRUTS IN A CHONDROID PTEROSAUR CERVICAL VERTEBRAE AND THEIR BIOMECHANICAL IMPLICATIONS. *iSCIENCE*. 10.1016/J.ISCI.2021.102338, 2021

GEOWISSENSCHAFTEN KLIMAWANDEL VERÄNDERT POLWANDERUNG

Die Erdachse verlagert sich um etwa zehn Zentimeter pro Jahr. Diesen Effekt, als »Polwanderung« bezeichnet, beeinflusst die Menschheit offenbar über den anthropogenen Klimawandel. Die menschengemachten klimatischen Änderungen sind der Hauptgrund dafür, dass unser Planet seit den 1990er Jahren in eine etwas andere Richtung kippt, berichtet eine Arbeitsgruppe um Shanshan Deng von der Chinesischen Akademie der Wissenschaften.

Deng und seine Kollegen haben mit einem mathematischen Modell die

allgemeine Drift der Erdachse untersucht. Diese wanderte lange Zeit um etwa zehn Zentimeter jährlich nach Südwesten. Doch Mitte der 1990er Jahre änderte sich das, die Driftbewegung verschob sich nach Osten. Die Analysen der Forscher deuten darauf hin, dass die schmelzenden Gletscher, insbesondere auf Grönland, den Hauptbeitrag dazu leisten.

Die genaue Position der Erdachse hängt von der Massenverteilung des Planeten ab. Im Jahresverlauf taumelt sie wegen seiner unregelmäßigen Form um mehrere Meter. Zusätzlich lassen langfristige Verlagerungen großer Massen die Erde auf längeren Zeitskalen kippen. Seit einigen Jahrtausenden wandert die Erdachse um etwa 3,3 Millibogensekunden pro Jahr, getrieben von Strömungen im Erdmantel und der langsamen Landhebung

nach dem Rückzug der kontinentalen Eiskappen.

Allerdings wandeln sich diese Einflüsse nicht schnell genug, um die veränderte Kipprichtung der zurückliegenden Jahrzehnte zu erklären. Fachleute vermuten deshalb, dass die Eisschmelze hier eine Rolle spielt. Die Wissenschaftler um Deng haben nun diverse Faktoren analysiert, die auf die Massenverteilung der Erde einwirken, und zwei Szenarien verglichen. Zum einen betrachteten sie die Kippbewegung der Erde bei unverändertem Inlandeis, zum anderen bei schrumpfenden Gletschern. Dabei zeigte sich, dass die Verlagerung der Erdachse die beobachtete östliche Verschiebung bekommt, sobald man das Abschmelzen der Eisschilde berücksichtigt.

Geophysical Research Letters 10.1029/2020GL092114, 2021

ASTROPHYSIK NEUTRINOS TREIBEN SUPERNOVA-SCHOCKWELLEN AN

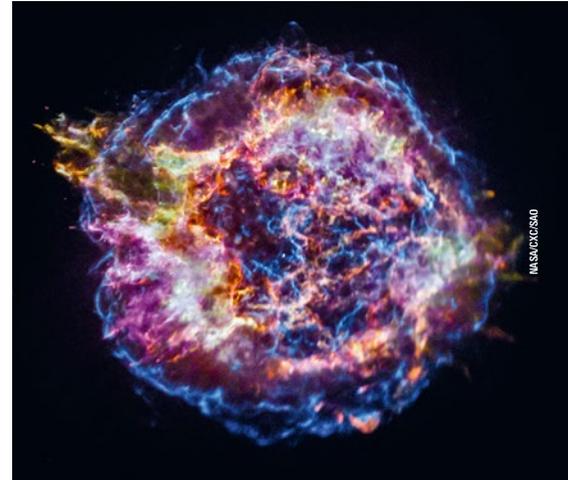
► Wenn ein Riesenstern am Ende seines Brennzyklus in sich zusammenfällt, dürfte er eigentlich nicht in eine Supernova münden: Zwar ballt sich im Inneren der Gaskugel rasch ein Neutronenstern zusammen, an dessen harter Oberfläche einfallende Materie abprallt. Aber da das Umfeld extrem dicht ist und immer weiter nach innen gezogen wird, sollte die nach außen rasende Schockwelle rasch erlahmen.

Dass Sterne an ihrem Lebensende dennoch spektakulär explodieren, führen Astrophysiker auf Neutrinos zurück. Die »Geisterteilchen« interagieren nur selten mit Materie und können daher durch das dichte Inferno des kollabierenden Sterns schlüpfen. Stoßen sie weiter außen mit Atomkernen zusammen, übertragen sie Impuls-

energie auf diese – und helfen so der Schockwelle dabei, sich auszubreiten.

Bisher waren es vor allem komplexe 3-D-Simulationen, die auf solche Abläufe hindeuteten. Nun präsentiert ein Team um Toshiki Sato vom japanischen Forschungszentrum RIKEN zusätzlich noch Beobachtungsdaten, die die Rolle von Neutrinos untermauern. Sie stammen vom Supernova-Überrest Cassiopeia A, an dessen Position vor rund 350 Jahren ein Stern explodiert ist.

Wie Bilder des Röntgenteleskops Chandra jetzt zeigen, enthält eine Randregion der sich ausbreitenden Wolke die Elemente Titan und Chrom. Sie entstehen in einer Supernova nur unter extremsten Bedingungen, wenn schwere Atomkerne massenweise mit



den leichten Heliumatomkernen verschmelzen. Weil dabei auch Neutrinos entstehen, gibt es aus Sicht der Forscher kaum noch Zweifel daran, dass die flüchtigen Teilchen die Schockwelle zeitweise mit Energie versorgen.

Nature 10.1038/s41586-021-03391-9, 2021

ZOOLOGIE ESEL GRABEN BRUNNEN

► Wer in der Wüste nach Wasser sucht, sollte einen Esel oder ein Pferd mitnehmen. Das lässt sich zumindest aus einer aktuellen Studie herauslesen, in der ein Team um Erick Lundgren von der dänischen Universität Aarhus untersuchte, wie größere Tiere die Wasserverfügbarkeit in Ökosystemen beeinflussen. Den Ergebnissen zufolge graben Equidae

(Vertreter aus der Familie der Pferde) in sehr trockenen Gegenden häufig nach Wasser und schaffen dabei kleine »Brunnen«, von denen nicht nur sie, sondern auch zahlreiche weitere Lebewesen profitieren.

In der Sonora-Wüste im US-Bundesstaat Arizona haben die Wissenschaftler ein solches Verhalten bei wilden Pferden und Eseln beobachtet.

Die Tiere hoben wiederholt bis zu zwei Meter tiefe Löcher aus, in denen sich anschließend das Nass sammelte, wie Aufnahmen von Kamerafallen belegen. Die Zahl der Wasserstellen erhöhte sich hierdurch deutlich, was vielen anderen Arten das Überleben erleichterte.

Von Eseln in Asien und Afrika ist das Verhalten ebenfalls bekannt. Dort buddeln auch Elefanten, Ziegen und Zebras nach Grundwasser, wenn es sein muss. Lundgren und sein Team bezeichnen dies als häufig übersehene Form der Landschaftspflege, die helfen könnte, Ökosysteme in Trockenperioden zu erhalten. Sie funktioniert allerdings nur, solange große Wildtiere präsent sind. In den zurückliegenden Jahrtausenden hat deren Zahl jedoch stark abgenommen – vor allem in Nord- und Südamerika und hauptsächlich durch menschlichen Einfluss.

MIT DEN HUFEN SCHAUFELN Ein Asiatischer Esel (*Equus hemionus*) scharrt ein Wasserloch.



PETRA KACZENSKY, LUNDGREN, E.J. ET AL.: EQUIDS ENGINEER DESERT WATER AVAILABILITY. SCIENCE 377, 2021, FIG. 1C

Science 10.1126/science.abd6775, 2021