

SPEKTROGRAMM





EIN NEBEL WIE IN FLAMMEN

► Im Sternbild Orion scheint es zu lodern – aber die Gaswolken dort brennen ganz sicher nicht. Das Bild im schräg stehenden Rechteck zeigt den etwa 1500 Lichtjahre entfernten Flam-

mennebel und rechts daneben den Reflexions- und Emissionsnebel NGC 2023, von der Erde aus betrachtet eine der leuchtstärksten Quellen angeregten molekularen Wasserstoffs. Astronominen und Astronomen der Europäischen Südsternwarte haben die Himmelsregion mit Hilfe des Radioteleskops APEX (Atacama Pathfinder Experiment) abgebildet. Die Farben zeigen, wie schnell sich das Gas bewegt. Als Ganzes entfernt sich die

Struktur von uns, wobei die rot eingefärbten Bereiche schneller zurückweichen als die gelben. Das dunkle Bild im Hintergrund ist ein Infrarotfoto desselben Gebiets, das die dortigen Objekte in anderen Farben darstellt als die APEX-Abbildung.

Im Flammennebel und seiner Umgebung entstehen zahlreiche neue Sterne und Planeten. In kosmischen Maßstäben betrachtet handelt es sich um eine stellare Kinderstube in unserer unmittelbaren Nachbarschaft.

Astronomy & Astrophysics 10.1051/0004-6361/201937034, 2022

PALÄOBIOLOGIE KOLOSS AUS DEM KARBON

► Forscher haben die Überreste des größten bislang bekannten Gliederfüßers entdeckt. Es handelt sich um das fossile Segment eines Lebewesens, das einem gigantischen Tausendfüßer ähnelte. Das Tier aus der Gattung *Arthropleura* dürfte bis zu 2,7 Meter lang und 50 Kilogramm schwer gewesen sein, berichten der Geologe Neil Davies von der University of Cambridge und sein Team. Hinsichtlich der Körpermaße übertrifft es selbst die prähistorischen Seeskorpionen, die bislang die größten bekannten Gliederfüßer darstellten. Zu Tage kam die Versteinerung im Jahr 2018, als

ein Sandsteinfelsen von einer Klippe in der englischen Grafschaft Northumberland abbrach und auf den Strand stürzte. Er zerbrach so perfekt, dass er das Fossil unzerstört frei gab. Einer der beteiligten Forscher fand es bei einem Spaziergang. Vier Menschen waren nötig, um es für die Untersuchung abzutransportieren.

Im Labor identifizierten Davies und seine Gruppe es als Überreste eines Gliederfüßers, der vor 326 Millionen Jahren lebte, also im Karbon. Zu jener Zeit lag das Gebiet in Äquatornähe. Viele der damaligen Wirbellosen und frühen Amphibien hielten sich in Gewässernähe auf, fraßen Pflanzen oder gingen auf die Jagd. Auch das jetzt gefundene *Arthropleura*-Segment endete einst in einem Flussarm,

wo es unter Sedimenten verschwand und später fossilisierte. Die Forscher nehmen an, dass der zugehörige Gliederfüßer zu dem Zeitpunkt nicht gestorben war, sondern sich gehäutet hatte und sein Exoskelett versteinerte.

Bislang kennt man nur zwei weitere *Arthropleura*-Fossilien. Beide sind in Deutschland aufgetaucht und deutlich kleiner. Der neue Fund wirft die Frage auf, wie die Tiere so groß werden konnten. Nach gängigen Annahmen existierten die gewaltigsten Wirbellosen zu jener Zeit, als der atmosphärische Sauerstoffgehalt am höchsten war. Doch der *Arthropleura*-Gigant lebte vorher. Zudem benötigte er wohl eine sehr gehaltvolle Nahrung. Vermutlich fraß er Pflanzenmaterial, vielleicht jagte er auch.

Die Gattung *Arthropleura* existierte rund 40 Millionen Jahre lang, bevor sie aus unbekannten Gründen im Perm ausstarb. Möglicherweise fiel sie einem Klimawandel zum Opfer oder musste den neu aufkommenden Reptilien weichen. Ihre Verwandten, die Tausendfüßer, haben bis heute überlebt.

Journal of the Geological Society 10.1144/jgs2021-115, 2021



NEIL DAVIES, UNIVERSITY OF CAMBRIDGE

URZEITRIESE Das neu entdeckte *Arthropleura*-Exemplar (unten: Fossil, oben: Rekonstruktion).



NEIL DAVIES, UNIVERSITY OF CAMBRIDGE

MEDIZIN PATIENT ERHÄLT SCHWEINEHERZ

Ein Ärzteteam in den USA hat nach eigenen Angaben erstmals einem menschlichen Patienten ein gentechnisch verändertes Schweineherz eingesetzt. Das Organ wurde am 7. Januar 2022 einem 57-Jährigen mit lebensgefährlichem Herzleiden in einer Klinik in Baltimore (Maryland) transplantiert, wie das Krankenhaus mitteilte. Die Operation dauerte US-Medien zufolge acht Stunden, das eingesetzte Herz habe die Arbeit aufgenommen, dem Patienten gehe es gut.

Zuvor hatten Forscherinnen und Forscher bei dem Spenderschwein drei Gene ausgeschaltet, die normalerweise für eine schnelle Abwehrreaktion des menschlichen Organismus gegen fremde Körperbestandteile sorgen. Eine weitere Erbanlage legten sie lahm, um das Wachstum des Herzgewebes einzudämmen. Weiterhin fügten sie sechs menschliche Gene hinzu, die es dem Immunsystem

erleichtern sollen, das eingepflanzte Organ zu akzeptieren.

Für den Patienten sei das Schweineherz die einzige Option gewesen, da er für die Transplantation eines menschlichen Herzens nicht geeignet gewesen sei, heißt es aus der Klinik. Er stand folglich vor der Wahl, sich entweder dem Experiment zu unterziehen oder zu sterben. Die US-Arzneimittelbehörde FDA erteilte eine Notfallgenehmigung für den Eingriff. Das ist möglich, wenn der Betroffene keine andere Chance mehr auf Rettung hat.

In den USA sind – wie anderswo auch – nicht genügend Spenderorgane verfügbar, um jedem, der eins braucht,

helfen zu können. Jedes Jahr sterben dort mehr als 6000 Patienten, während sie auf ein Organ warten. In Deutschland befinden sich derzeit mehr als 9000 Menschen auf einer entsprechenden Warteliste; dem gegenüber standen im Jahr 2020 bundesweit nur 913 Organspenderinnen und -spender.

Ob genmodifizierte Tierorgane den Ausweg aus diesem Dilemma weisen, bleibt abzuwarten. Auch bei dem Patienten aus Maryland wird erst die Zeit zeigen, ob sein Organismus sich langfristig mit dem Schweineherz arrangiert.

dpa / Pressemitteilung der University of Maryland vom 10. Januar 2022



PIONIERTAT Ärzte haben einem Totkranken ein Schweineherz eingesetzt.

UNIVERSITY OF MARYLAND MEDICAL CENTER (UMMC)

PHYSIK DEN DREIFACHEN LEIDENFROST GETANZT

Der »Leidenfrost-Effekt« sorgt dafür, dass Flüssigkeitstropfen auf heißen Oberflächen umherrschen: Die Unterseite des Tropfens verdampft, was ihn auf einem reibungsarmen Gaskissen schweben lässt. Dazu muss die Temperatur des Untergrunds deutlich über der Siedetemperatur der Flüssigkeit liegen. Ein Team um Felipe Pacheco-Vázquez von der Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Mexiko) beschreibt nun einen dreifachen Leidenfrost-Effekt. Der tritt auf, sobald Tropfen verschiedener Flüssigkeiten herumflitzen und in Kontakt kommen. Stoßen etwa Ethanol- und Wassertropfen auf einer 250 Grad Celsius warmen Heizplatte zusammen, mischen sie sich nicht, sondern prallen voneinander ab, wie die Forscher melden. Und das, obwohl sich Alkohol üblicherweise gut in Wasser löst.

Verantwortlich sind die unterschiedlichen Siedetemperaturen der Flüssigkeiten. Bei einer Kollision zweier Tropfen trifft eine wärmere Oberfläche (Wasser) auf eine kühlere (Ethanol). Das wirkt sich genauso aus wie der Kontakt zum heißen Untergrund: Es entsteht eine reibungsarme Gasschicht an der Grenze. Die Berührungen beider Flüssigkeiten untereinander sowie jeweils mit der Heizplatte ergeben somit einen dreifachen Leidenfrost-Effekt.

Freilich dauert die wilde Fahrt nicht ewig. Sobald die schneller verdampfende Flüssigkeit nur noch aus sehr kleinen Tröpfchen besteht, deren Abmessungen der so genannten Kapillarlänge nahekommen (einem Faktor, der Schwerkraft und Oberflächenspannung in Beziehung setzt), vermischt sie sich doch mit der lang-

samer verdampfenden. Polare Substanzen wie Ethanol und Wasser vereinen sich nun problemlos. Ein polarer und ein unpolare Stoff dagegen bilden Emulsionen, die – je nach Temperatur – ein Multiphasensystem aus gasförmigen und flüssigen Bestandteilen darstellen. Ist eine der beteiligten Substanzen sehr flüchtig, kann es die Emulsion explosiv auseinanderreißen, berichten die Wissenschaftler.

Derlei Forschung soll helfen, Vorgänge beim Erhitzen und Mischen von Substanzen besser zu verstehen, die bei diversen chemischen Reaktionen eine Rolle spielen. Beispielsweise ist noch nicht völlig geklärt, warum der Leidenfrost-Effekt manche Reaktionen beschleunigt.

Physical Review Letters 10.1103/PhysRevLett.127.204501, 2021

ARCHÄOLOGIE PHARAO-MUMIE UNTER DER LUPE

► Die Mumie von Pharao Amenophis I. (Regierungszeit 1525–1504 v. Chr.) ist seit rund 3000 Jahren nicht aus den Leinenbinden gewickelt worden und damit wohl eine Ausnahme unter den ägyptischen Königsmumien. Gleichwohl wurde sie einst von Grabräubern geplündert – und anschließend wieder zusammengeflocht. Sahar Saleem von der Universität Kairo und der ehemalige ägyptische Antikenminister Zahi Hawass haben den Leichnam jetzt per Computertomografie durchleuchtet und dabei einige bereits im Altertum restaurierte Schäden entdeckt.

Wie die CT-Scans zeigten, starb der Pharao im Alter von etwa 35 Jahren ohne erkennbare Erkrankungen. Er war 1,69 Meter groß und beschnitten. Die Todesursache ließ sich nicht ermitteln.

Die Einbalsamierer hatten weder Herz noch Gehirn entfernt, aber die Eingeweide entnommen und die Bauchhöhle danach mit Leinen ausgestopft. Auf und im Körper sowie zwischen den Leinenbinden entdeckten die Forscher 30 Amulette, die den Leichnam magisch schützen sollten. Um die Taille liegt ein Gürtel aus Goldperlen.

Die Mumie weist mehrere Defekte auf, die noch im Altertum behoben worden sind. So war der Kopf abgetrennt und mit einer harzgetränkten Binde wieder befestigt worden. Der linke Arm ist abgebrochen; spätere Restauratoren haben ihn neben den Oberkörper gelegt und mit Binden fixiert. Aus der noch weitgehend originalen Lage der rechten Extremität schließen die Forscher, dass die Arme einst über Kreuz auf dem Oberkörper lagen. Der rechte Fuß ist ebenfalls beschädigt worden; jemand hat ihn mit einem Holzbrett gestützt, beides umwickelt und das Brett mit den Bandagen vernagelt.



SAHAR A. SALEEM / ZAHY HAWASS: PRESERVED IN
SAHAR A. SALEEM, ZAHY HAWASS: DIGITAL UNWRAPPING OF
THE MUMMY OF KING AMENHOTEP I (1525–1504 BC)
USING CT. FRONTIERS IN MEDICINE 8, 2021, FIG. 2

DURCHLEUCHTET CT-Untersuchungen machen den Schädel im Inneren der Mumienmaske sichtbar.

Grabräuber hatten noch in altägyptischer Zeit die Ruhestätten im Tal der Könige beraubt. Dabei rissen sie die einbalsamierten Körper auf der Suche nach Amuletten auseinander. Wie Inschriften auf den Särgen verraten, ließen Priester im 11. Jahrhundert v. Chr. die Königsmumien einsammeln, restaurieren und in ein Grab der nahe gelegenen Nekropole Deir el-Bahari umbetten.

*Frontiers in Medicine 10.3389/
fmed.2021.778498, 2021*

EVOLUTION URAHN ALLER LEBEWESSEN ERNÄHRTE SICH VON WASSERSTOFF

► Alle heutigen Lebewesen stammen wahrscheinlich von einem gemeinsamen Vorfahren ab, der vor mindestens 3,5 Milliarden Jahren lebte. Dieser hypothetische Ahn namens LUCA (last universal common ancestor) war vermutlich ein zellähnliches Gebilde mit rudimentärem Stoffwechsel. Er kann noch nicht den komplexen Molekülapparat besessen haben, über den heutige Zellen verfügen – was die Frage aufwirft, ob die ersten zellulären Stoffwechselreaktionen spontan abliefen oder auf Energiezufuhr von außen angewiesen waren. Ein Team um Jessica Wimmer von der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf ist dem nachgegangen und kommt zum Schluss: LUCA bezog seine Energie maßgeblich aus Wasserstoff und betrieb damit einen selbstständigen Metabolismus, der keine externen Energiequellen benötigte.

Wimmer und ihre Kollegen identifizierten 402 biochemische Reaktionen,

die so etwas wie den Basisstoffwechsel heutiger Zellen darstellen. Sie funktionieren bei allen Mikroben weitgehend gleich und liefern Grundbestandteile der Zelle wie Aminosäuren, Nukleotide und Vitamine. Experimentelle Daten und theoretische Überlegungen deuten darauf hin, dass sich diese Reaktionen seit Beginn des Lebens nicht wesentlich verändert haben und bereits in LUCA stattgefunden haben könnten.

In Laborversuchen und Computersimulationen testete das Team für verschiedene Umweltbedingungen, welche Energiebilanz die Basisreaktionen haben. Dabei stellte sich heraus: Fast alle laufen freiwillig und Energie liefernd ab, wenn die Temperatur rund 90 Grad Celsius beträgt, der pH-Wert des umgebenden Wassers zwischen 7 und 10 liegt und bestimmte Ausgangsstoffe vorhanden sind – nämlich Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und

Phosphate. Solche Bedingungen sind in hydrothermalen Tiefseequellen erfüllt oder auch in wassergefüllten Spalten der Erdkruste. Diese Orte sehen Fachleute als mögliche Stätten der Entstehung des Lebens an.

»Bei genügend starker Hitze, hinreichend hohem pH-Wert und ausreichend Stoffnachschieb tendierte das System der Basis-Stoffwechselreaktionen dazu, sich selbst aufrechtzuerhalten, ohne dass Proteine oder Enzyme daran mitwirkten«, sagt Wimmer. LUCAs Metabolismus konnte sich demnach unter den richtigen Bedingungen spontan entfalten. Eine zusätzliche Energiezufuhr durch elektrische Entladungen, UV-Licht, Vulkanausbrüche oder Meteoriteneinschläge war nicht erforderlich. Angetrieben worden sei der Ur-Metabolismus letztlich von Wasserstoff, wie der Evolutionsbiologe William Martin betont, der das Team leitet.

*Frontiers in Microbiology 10.3389/
fmicb.2021.793664, 2021*

GEOWISSENSCHAFTEN

VULKANISCHE HOTSPOTS SIND KÜHLER ALS GEDACHT

► Riesige Ansammlungen geschmolzenen Gesteins speisen isolierte Vulkane auf Hawaii, Island oder auch den Yellowstone-Supervulkan. Doch wie sich nun herausstellte, weisen sie oft überraschend niedrige Temperaturen auf. Das stellt eine 50 Jahre alte Hypothese über ihren Ursprung in Frage. Wie eine Arbeitsgruppe um Xiyuan Bao von der University of California in Los Angeles nach seismischen Messungen berichtete, ist ungefähr jeder zweite Hotspot nicht heiß genug, um mittels Auftrieb aus dem tiefen Erdmantel aufzusteigen. Damit ist unklar, ob sie tatsächlich von der Grenze zwischen Erdkern und Mantel ausgehen wie üblicherweise angenommen.

Ein Hotspot besteht aus einem Kanal, durch den Material aus großer Tiefe aufsteigt. Es bildet unter der Erdkruste eine pilzartige Blase, aus der

sich darüberliegende Vulkane speisen. Die Arbeitsgruppe um Bao hat die Geschwindigkeit seismischer Wellen im Mantel unterhalb des Hotspot-Materials gemessen und daraus die dortige Temperatur berechnet, aus der sich wiederum schließen lässt, wie heiß der Hotspot selbst ist. Um schnell genug aus großen Tiefen aufzusteigen, muss die Schmelze mindestens 100 bis 300 Grad Celsius heißer sein als die der Mittelozeanischen Rücken.

Das ist aber nur bei 45 Prozent der Hotspots der Fall – wenn überhaupt. Laut dem Team reicht die bisherige Theorie über den Ursprung von Hotspots deshalb nicht aus, um Vulkane jenseits der Plattengrenzen zu erklären. Womöglich speise sich ein Teil der Hotspots aus ganz anderen Quellen als gedacht.

Befunde zur Zusammensetzung des Heliums in den Hotspot-Vulkanen

sprechen ebenfalls dafür. Die heißeren dieser Gebilde haben im Schnitt einen höheren Helium-3-Anteil, was für seit Jahrmilliarden kaum verändertes Material aus großen Tiefen spricht. Die Heliumsignatur kühlerer Hotspots weicht davon ab und ist näher an jener der Mittelozeanischen Rücken. Eine mögliche Erklärung dafür lautet, dass nur die heißesten Hotspots ihren Ursprung an der Kern-Mantel-Grenze haben. Die anderen könnten in geringeren Tiefen durch lokale Konvektion entstehen.

Denkbar scheint nach Ansicht der Forscher ebenso, dass klassische Hotspots auf dem Weg nach oben manchmal »stecken bleiben« und abkühlen oder die vermeintlich kühlen unter ihnen klein sind und ihre Temperatur deswegen unterschätzt wird.

Science 10.1126/science.abj8944, 2022

RAUMFAHRT

ERSTMALS DIE SONNE BERÜHRT

► Die NASA-Raumsonde »Parker Solar Probe« ist durch die äußere Atmosphäre der Sonne geflogen und hat damit laut der Behörde als erstes Raumschiff unseren Mutterstern berührt. Die Passage habe wenige Stunden gedauert und bereits am 28. April 2021 stattgefunden. Die Raumsonde habe dabei Partikel und Magnetfelder untersucht. Erste Ergebnisse des Vorbeiflugs hat das Missionsteam in der Fachzeitschrift »Physical Review Letters« publiziert.

Parker Solar Probe umrundet unser Zentralgestirn auf elliptischen Bahnen und wird sich ihm in den kommenden Jahren weiter annähern. Bei ihrem bislang letzten dichtesten Vorbeiflug (»Perihel«) am 21. November 2021 befand sich die Raumsonde rund 8,5 Millionen Kilometer über unserem

Mutterstern. Allerdings besitzt dieser keine feste Oberfläche. Die Bestandteile seiner Atmosphäre werden von Schwerkraft und magnetischen Einflüssen festgehalten, von Hitze und Strahlung hingegen weggedrückt. Ab einer bestimmten Entfernung zum Sonnenmittelpunkt sind Gravitation und Magnetfelder nicht mehr stark genug, um das Entkommen des Materials zu verhindern – es wird zu Sonnenwind, der ins All entschwindet. Die Grenze, ab der das geschieht, heißt Alfvén-Oberfläche und markiert das äußere Ende der Sonnenatmosphäre. Bei ihrem Vorbeiflug im vergangenen April passierte Parker Solar Probe mehrfach diese Grenze, die sich nicht kugelförmig um die Sonne erstreckt, sondern zahlreiche Ausbuchtungen aufweist.

Bereits wenige Monate nach ihrem Start im August 2018 war die Raumsonde so nahe an die Sonne herangekommen wie kein anderes Raumschiff zuvor: auf 42,7 Millionen Kilometer. Bis zum Ende ihrer Mission wird sie

sich dem Zentralgestirn auf 6,16 Millionen Kilometer nähern. Geschützt von einem fast zwölf Zentimeter dicken Panzer aus Kohlenstofffaser hält das Fluggerät, das eine Masse von zirka 680 Kilogramm besitzt und die Größe eines Kleinwagens hat, extreme Hitze und Strahlung aus.

Die NASA verspricht sich von der bis 2025 angesetzten Mission unter anderem Erkenntnisse darüber, warum die Sonnenkorona um ein Vielfaches heißer ist als die Oberfläche – und was sich daraus hinsichtlich der Funktionsweise von Sternen ableiten lässt.

Pressemitteilung der NASA vom 14. Dezember 2021

HEISSER RITT »Parker Solar Probe« über der Sonne (Illustration).

