

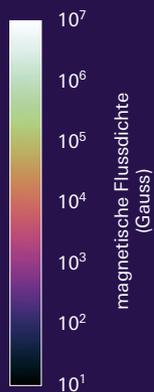
# SPEKTROGRAMM

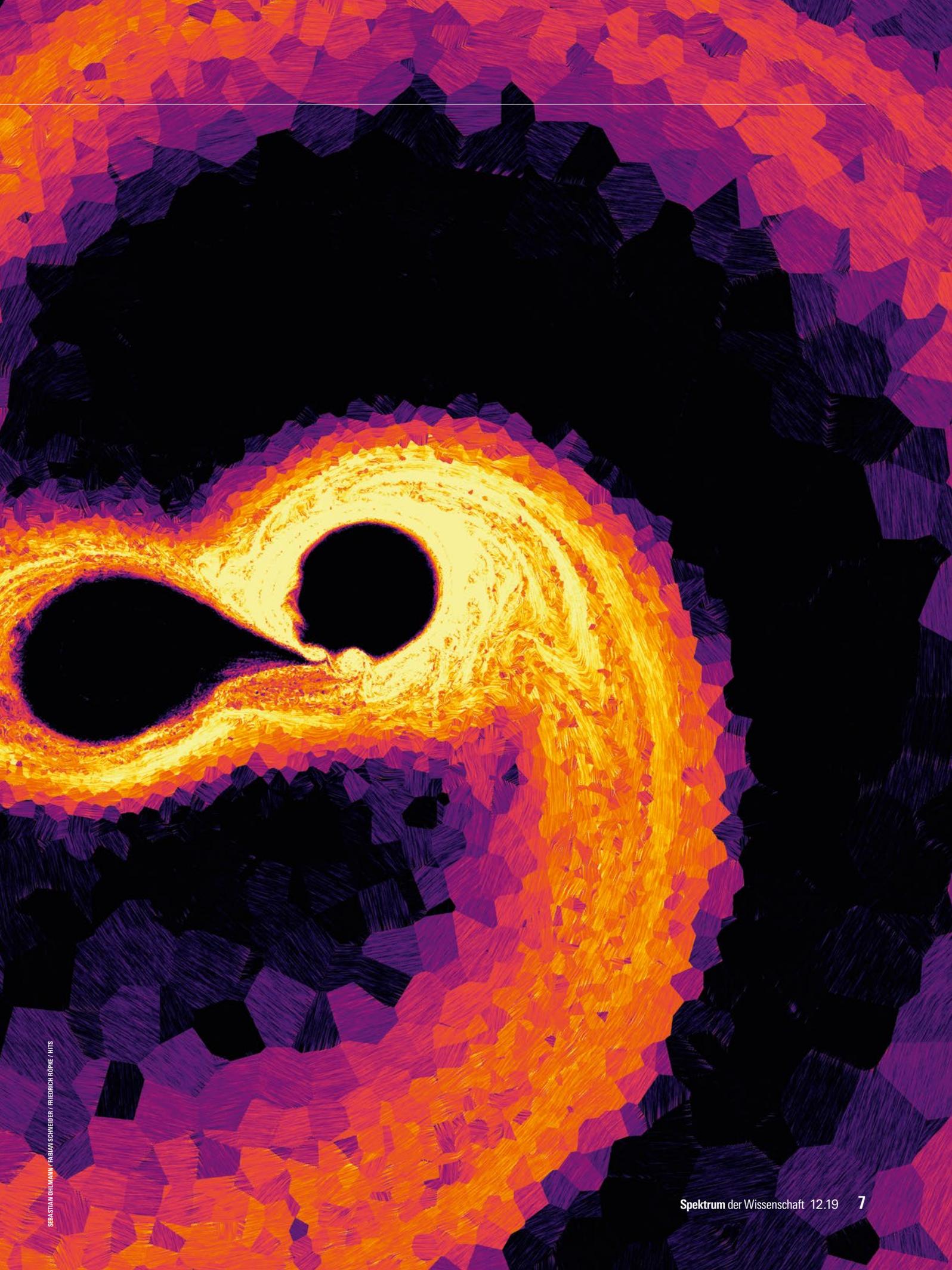
## ENTSTEHUNG EINES MAGNETSTERNS

Manche Sterne sind von ungewöhnlich starken Magnetfeldern umgeben, etwa Tau Scorpii im Sternbild Skorpion. Ein Team um Fabian Schneider vom Heidelberger Institut für Theoretische Studien hat nun mit einer aufwändigen Computersimulation nachvollzogen, wie der Riesenstern durch den Zusammenstoß zweier leichterer Sonnen entstanden ist. Demnach umkreisten sich die beiden Himmelskörper zunächst auf immer engeren Bahnen, was Materie wild durchs All schleuderte. Kurz vor der Verschmelzung strömte dann mehr und mehr Gas von einem Stern zum anderen und sammelte sich dort in einer Akkretionsscheibe. In ihr können turbulente Ladungsströme Magnetfelder enorm verstärken.

Wenn Tau Scorpii in ferner Zukunft in einer Supernova explodiert, bleibt vermutlich ein besonders stark magnetisierter Neutronenstern zurück, vermuten die Forscher. Bisher zählt es zu den offenen Fragen der Astrophysik, wie diese »Magnetare« entstehen können.

*Nature* 10.1038/s41586-019-1621-5, 2019





## BIOLOGIE LANDGENE VON MEERESSÄUGERN

Die Vorfahren von Walen und Delfinen lebten an Land – und zogen erst vor rund 50 Millionen Jahren ins Wasser um. Um die Herausforderungen im Meer zu meistern, mussten sich die Tiere stark verändern. Sie verloren Haare und Beine und entwickelten die Fähigkeit, Sauerstoff lange im Körper zu speichern. Forscher gehen davon aus, dass dies mit gravierenden genetischen Anpassungen einherging. An welchen Stellen sich das Erbgut verändert hat, ist allerdings nach wie vor unklar.

Ein Team um Matthias Huelsmann vom Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik hat nun in 19769 Genen von 62 heutigen Säugetierarten – darunter Wale, Delfine, Robben, Seekühe sowie viele an Land lebende Arten – nach Mutationen gesucht, die ein Gen abgeschaltet haben. Dabei stießen die Wissenschaftler auf 85 Varianten, die bei allen untersuchten Wal- und Delfinarten vorkommen, nicht aber im Familienstamm der Flusspferde, von dem sich die Meeressäuger vor ihrer Abwanderung in die Ozeane abspalteten.

## PHYSIK AXION ALS QUASITEILCHEN

Das Axion ist eine der großen Hoffnungen der Teilchenphysik: Das extrem leichte Elementarteilchen könnte der Stoff sein, aus dem die rätselhafte Dunkle Materie besteht. Forscher konnten bisher allerdings nicht nachweisen, dass Axionen in der Natur wirklich existieren (siehe **Spektrum** März 2019, S. 12).

Nun hat ein Team um Johannes Gooth vom Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe immerhin ein »Quasiteilchen« mit den Eigenschaften eines Axions aufgespürt. Quasiteilchen sind Mehr-Teilchen-Zustände in Festkörpern, die sich mathematisch wie ein einzelnes Teilchen



Für das Leben im Wasser benötigten Wale und Delfine viele Gene nicht mehr, weshalb sich ihr Erbgut veränderte.

CARL BUELL, COURTESY OF JOHN GRESEY, AMNH

Vermutlich handelt es sich um Veränderungen, mit denen die Tiere vor rund 50 Millionen Jahren auf ihre neue Lebensumgebung reagiert haben. Die Mutationen betreffen unterschiedliche Bereiche des Erbguts: So haben Meeressäuger unter anderem für ein Gen, das an der Speichelproduktion beteiligt ist, keine Verwendung mehr. Zudem wandelte sich ihr Erbgut in einer Weise, die sie vor Blutgerinnseln und Lungenschäden

schützt. Auch haben Wale und Delfine all jene Gene inaktiv geschaltet, die zur Produktion von Melatonin nötig sind. Es ist ein wichtiges Hormon für der Regulation des Schlafs im Tag-Nacht-Zyklus. Wale und Delfine schlafen aber ganz anders: Bei ihnen wechseln sich die beiden Hirnhälften mit dem Ausruhen ab.

*Science Advances* 10.1126/sciadv.aaw6671, 2019

beschreiben lassen. Ein bekanntes Beispiel ist das Phonon, das für die wellenartige Bewegung von Atomen in einem Festkörper steht.

Das nun entdeckte Axion-Quasiteilchen tritt in einem so genannten Weyl-Halbleiter auf, in dem sich Elektronen zu Weyl-Fermionen zusammenfinden. Bei ihnen handelt es sich ebenfalls um Quasiteilchen, die sich ausschließlich parallel zu ihrem Spin bewegen können. Die Forscher um Gooth kühlen ein Weyl-Halbleiter namens  $(\text{TaSe}_4)_2\text{I}$  auf minus 11 Grad Celsius ab, wodurch sich die Fermionen in einer Art Ladungswelle ansammelten. In Tests konnte das Team

zeigen, dass die Phase dieses Zustands genau so auf magnetische Felder reagiert, wie es Axionen gemäß den Gesetzen der Teilchenphysik in freier Natur tun sollten.

Dunkle-Materie-Jäger bringt das leider kaum weiter: Physiker haben in Festkörpern schon öfter Quasiteilchen nachgewiesen, deren Elementarteilchen-Variante heiß gesucht ist. Vor einigen Jahren gelang dies beispielsweise mit so genannten Majorana-Fermionen – einer anderen Hoffnung der Teilchenphysik, die sich bisher nicht realisiert hat.

*Nature* 10.1038/s41586-019-1630-4, 2019

## MEDIZIN

### DIAGNOSE PER KÜNSTLICHER INTELLIGENZ

► Stellt künstliche Intelligenz genauso gute Diagnosen wie Ärzte? Meldungen dieser Art häufen sich in den vergangenen Jahren. In den USA hat die für das Gesundheitssystem zuständige Behörde sogar schon mehr 30 KI-Algorithmen zugelassen. Jetzt hat ein Team um Alastair Denniston vom University Hospital Birmingham systematisch alle bisher erschienenen Studien in einer großen Metaanalyse ausgewertet. Tiefe neuronale Netze erkennen demnach Krankheiten wie Krebs tatsächlich so zuverlässig wie Fachleute. Allerdings ließen nur wenige Studien gesicherte Aussagen zu, da viele davon gegen grundlegende Qualitätskriterien guter wissenschaftlicher Praxis verstießen.

Die Forschenden sammelten zunächst alle Untersuchungen zwischen 2012 und Juni 2019, die zur Fragestellung passten. Sie fanden mehr als 20000, aber lediglich 69 lieferten genug Daten, um die Trefferquoten zu berechnen. Von diesen hatten bloß 25 ihre neuronalen Netze extern validiert, sie also an Fällen getestet, die nicht zuvor dem Training der KI dienten. Und nur 14 davon verglichen die Leistung des Deep-Learning-Modells mit denen der Ärzte an denselben Fällen.

Am häufigsten ging es darum, Augenerkrankungen zu erkennen, daneben stand unter anderem die Diagnose von Brust-, Lungen- und Hautkrebs sowie Herz- und Magen-Darm-Erkrankungen im Mittelpunkt.

Die Basis bildeten beispielsweise Röntgen- und CT-Aufnahmen oder Bilder des Augenhintergrunds. In den 14 genauer betrachteten Studien identifizierten KI-Modelle 87 Prozent der Kranken und 93 Prozent der Gesunden, medizinische Fachleute schlugen sich mit 86 Prozent beziehungsweise 91 Prozent ähnlich gut. Soweit ersichtlich, sei KI also weder besser noch schlechter darin, medizinische Aufnahmen auszuwerten, so das Team. Es brauche aber mehr aussagekräftige Studien, bis man sich auf die diagnostische Kompetenz von Deep Learning wirklich verlassen könne.

*The Lancet Digital Health 10.1016/S2589-7500(19)30123-2, 2019*

## MATHEMATIK

### WIE MAN DEN BESTEN PARKPLATZ FINDET

► Wer mit seinem Auto auf einen großen Parkplatz fährt, muss eine Abwägung treffen: Sollte man möglichst nah an den Eingang des angesteuerten Gebäudes heranfahren, in der Hoffnung, irgendwo eine gerade frei gewordene Lücke zu ergattern? Oder lieber auf Nummer sicher gehen und bewusst auf dem ersten verfügbaren Platz parken – auch wenn man von dort aus noch ein ganzes Stück laufen muss?

Paul Krapivsky von der Boston University und Sidney Redner vom Santa Fe Institute haben sich der Frage nun mit einem Computermodell genähert. Die Experten für statistische Physik untersuchten damit die leicht vereinfachte Situation, in der Autos nacheinander einen Parkplatz in einer langen, auf das Ziel zulaufenden Reihe finden müssen. Dabei folgten die simulierten Autos einer von drei Strategien: Ein Teil entschied sich gleich für den ersten Parkplatz neben dem am weitesten vom Ziel geparkten Auto. Die zweite Gruppe fuhr so nah

wie möglich ans Ziel heran, machte kehrt und suchte von dort aus den besten Parkplatz. Der Rest wählte stets die erste Lücke aus, die sie zwischen zwei geparkten Autos entdeckten, ging also pragmatisch vor.

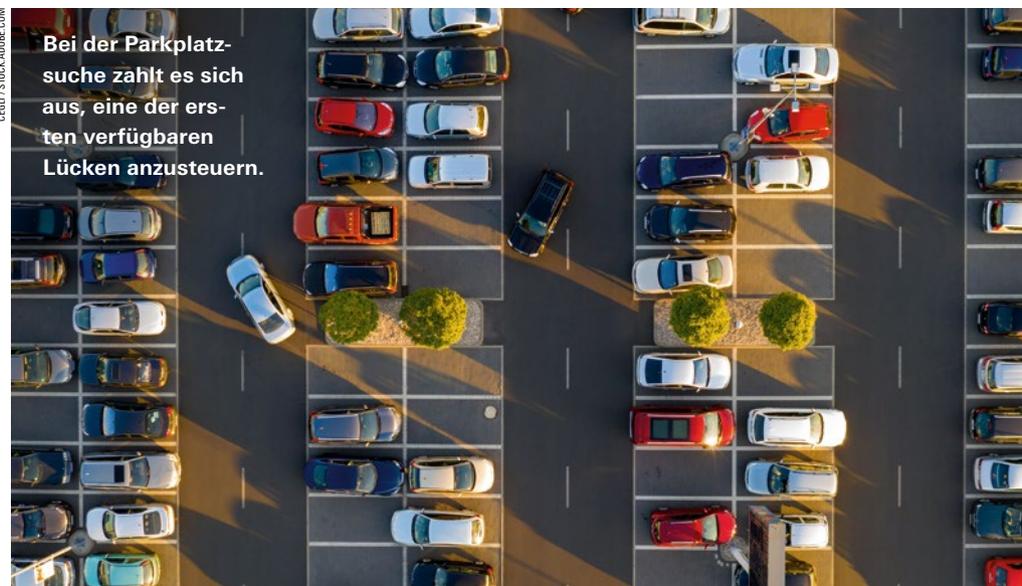
Der Simulation zufolge brachte diese Strategie im Durchschnitt den größten Zeitgewinn. Die pragmatische Gruppe schlug sich aber nur leicht besser als die optimistische Vorgehensweise der Lauffaulen, die den bestmöglichen Parkplatz suchten. Am meisten Zeit benötigten hingegen Fahrer, die ihr Auto möglichst weit abseits abstellten: Sie fanden zwar sofort einen Halteort, verloren

dann jedoch Zeit durch den langen Fußweg.

Das galt allerdings nur für die Fälle, in denen viele Fahrer dieser Strategie folgten und in denen viele Autos unterwegs waren. In einer Welt mit wenigen Pkws und vielen eifrigen Parkplatzjägern schneiden Fahrer, die keine Lust auf eine langwierige Suche haben, vermutlich etwas besser ab, so die Forscher. Immerhin tut die Gruppe wegen des längeren Fußwegs ihrer Gesundheit einen Gefallen – und womöglich auch ihrer Psyche.

*Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment 10.1088/1742-5468/ab3a2a, 2019*

CELU / ISTOCK.ADOBE.COM



## ASTRONOMIE NEUE SATURNMONDE

► Bisher waren die Kompetenzen bei den Gasplaneten klar verteilt: Während der kleinere Saturn als Herr der Ringe glänzt, war Jupiter der König der Monde. Nach aktuellem Kenntnisstand hat Letzterer 79 natürliche Trabanten, Saturn kam bisher auf lediglich 62 (siehe **Spektrum** September 2018, S. 11). Doch nun hat eine Arbeitsgruppe um Scott S. Sheppard von der Carnegie Institution for Science in Washington D. C. mit dem Subaru-Teleskop auf Hawaii 20 neue Saturnmonde entdeckt. Die Himmelskörper sind jeweils rund fünf Kilometer groß. Drei von

ihnen bewegen sich in der Richtung, in der Saturn um seine eigene Achse rotiert (prograd), 17 in Gegenrichtung (retrograd). Letztere benötigen jeweils etwa drei Jahre für eine Umrundung des Gasplaneten, die beiden näheren der prograden Dreiergruppe brauchen nur zwei.

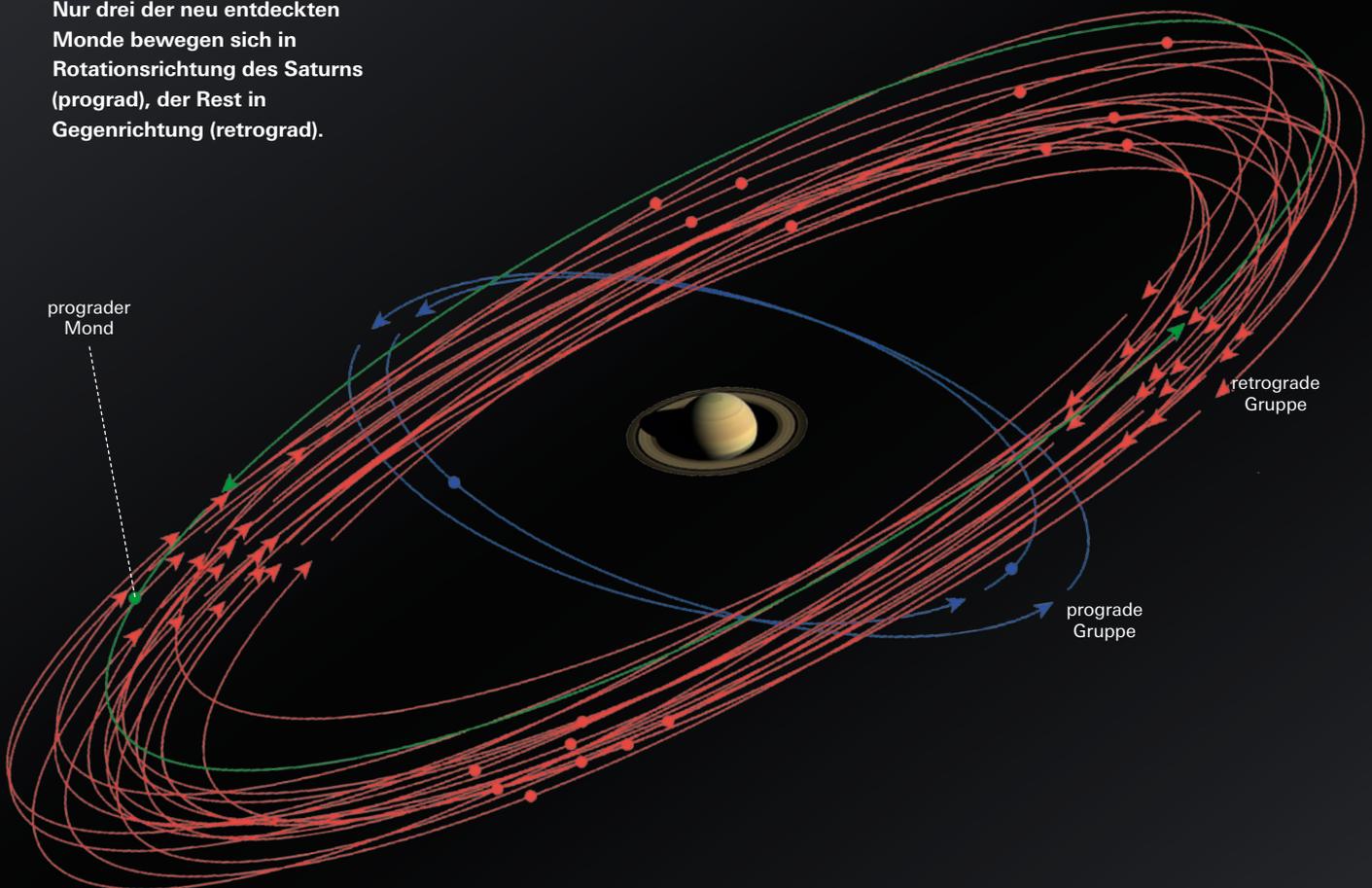
Die Bahnen dieses Duos sind um etwa 46 Grad gegen die Rotationsebene des Saturns gekippt (siehe Bild). Sie gehören damit zur so genannten Inuit-Gruppe, die wahrscheinlich bei einer Kollision größerer Monde in Saturns Kindertagen entstanden ist.

Auch die 17 retrograd wandernden Himmelskörper haben einen solchen Ursprung, vermuten die Forscher.

Um Jupiter gibt es ebenfalls entsprechende Gruppen von Monden. Das deutet darauf hin, dass Saturns Titel als neuer König der Monde keineswegs gesichert ist. Erst 2018 entdeckten Sheppard und sein Team die bislang letzten zwölf Jupitermonde. Noch ist unklar, ob die Liste damit wirklich vollständig ist.

*Pressemitteilung der Carnegie Institution, Oktober 2019*

Nur drei der neu entdeckten Monde bewegen sich in Rotationsrichtung des Saturns (prograd), der Rest in Gegenrichtung (retrograd).



## ARCHÄOLOGIE SOZIALSTRUKTUR IN DER BRONZEZEIT

► Vor vier Jahrtausenden bildeten offenbar reiche Bauernfamilien den Mittelpunkt der Gesellschaft, die ihren Besitz stets an die männlichen Nachkommen vererbten. Sie waren von einer Schar aus schlechter gestellten Arbeitskräften umgeben, die mit ihnen auf demselben Hof lebten – und auch dort bestattet wurden, allerdings ohne die bei Familienmitgliedern üblichen Grabbeigaben.

Das und mehr folgern Archäologen und Genetiker um Alissa Mittnik vom Max-Planck-Institut für Menschheitsgeschichte aus der Erforschung von 118 Toten aus Gräberfeldern im Lechtal südlich von Augsburg. Die ältesten Funde sind ungefähr 4500 Jahre alt, die jüngsten etwa 3800 Jahre. In diesem Zeitfenster war das Lechtal wegen seiner fruchtbaren Böden dicht besiedelt, Gehöfte zogen sich wie Perlen an einer Schnur am Rand einer kleinen Anhöhe entlang.

Sowohl die Frauen als auch die Männer der herrschenden Familien waren damals sehr mobil, wie Analy-



Ein in Kleinaitingen geborgenes Bronzezeit-skelett wurde mit reichen Grabbeigaben bestattet.

ARBEITSKREIS FÜR VOR- UND FRÜHGESCHICHTE IM HEIMATVEREIN FÜR DEN LANDKREIS AUGSBURG E.V. GRUPPE SÜD

sen von Knochen, Zähnen und Gendaten zeigen. Junge Männer scheinen damals eine Art Gesellenwanderung unternommen zu haben, nach der sie wieder an ihren Heimatort zurückkehrten. Ihre Bräute hingegen kamen oft von weither, beispielsweise aus dem heutigen Sachsen-Anhalt.

Die in den »Armengräbern« bestatteten Menschen haben das Lechtal hingegen nie verlassen. Ob es sich bei ihnen um unfreie Sklaven oder eher Knechte und Mägde handelte, ist unklar. Bislang haben sich Wissenschaftler den Aufbau der bronzezeitlichen Gesellschaft anders vorgestellt.

Im klassischen Bild steht ein kleines, aber mächtiges Herrschergeschlecht einer Schar von einfachen Bauern gegenüber.

Stattdessen scheint die grundlegende Organisationsform das bäuerliche Gehöft gewesen zu sein, in dem es große soziale Ungleichheit gab, so die Forscher. Eine Gesellschaftsstruktur, die nicht ohne historische Parallelen ist: Ganz ähnlich waren die »familia« und »oikos« bei den antiken Römern und Griechen aufgebaut.

*Science* 10.1126/science.aax6219, 2019

## CHEMIE BAKTERIUM ZERSTÖRT UMWELTCHEMIKALIEN

► Ein Bodenbakterium ist in der Lage, Fluoratome von einer extrem langlebigen und vermutlich gesundheitsschädlichen Klasse von Molekülen abzuspalten. Wie Shan Huang und Peter R. Jaffé von der Princeton University berichten, baut ein Stamm der Gattung *Acidimicrobium* binnen 100 Tagen Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) zu 60 Prozent ab.

PFOA und PFOS gehören zu einer Gruppe von Industriechemikalien, in denen Wasserstoffatome durch Fluor ersetzt wurden. Diese Veränderung gibt den Stoffen neue Eigenschaften. Davon profitieren zum Beispiel Antihaftbeschichtungen von Bratpfannen; es macht sie aber wegen der sehr stabilen Bindung von Fluor mit Koh-

lenstoff extrem schwer abbaubar. Gleichzeitig gelangen immer mehr solcher Stoffe in die Umwelt und reichern sich in der Nahrungskette an.

Fachleute sehen Indizien dafür, dass die Substanzen bei höheren Konzentrationen gesundheitsschädlich sind. Die Europäische Kommission hat den Gebrauch von PFOS deshalb bereits 2006 stark beschränkt, von 2020 an soll die Herstellung von PFOS und PFOA weltweit verboten werden. Für Spezialanwendungen wird es vermutlich eine Übergangsfrist von fünf Jahren geben.

Da die Stoffe jedoch nach wie vor über Gebrauchsgegenstände in die Umwelt gelangen, sind Strategien zur Entfernung gefragt. Huang und Jaffé

suchten deshalb einen Organismus, der diese stabile Atombindung knacken kann. Bei der Gattung *Acidimicrobium* wurden sie fündig: Das Bakterium gewinnt Energie, indem es mit Ammonium als Elektronenquelle Eisen reduziert.

In Gegenwart fluorierten Substanzen fließt ein Teil der Elektronen in die Produktion von Fluorid, einem harmlosen anorganischen Salz. Da der Eisen-Ammonium-Stoffwechsel weit verbreitet ist und abläuft, sobald ein Boden sauer und eisenreich ist, sehen die Forscher in ihrer Entdeckung eine gute Chance, fluorierte Chemikalien aus der Umwelt zu entfernen.

*Environmental Science and Technology* 10.1021/acs.est.9b04047, 2019