

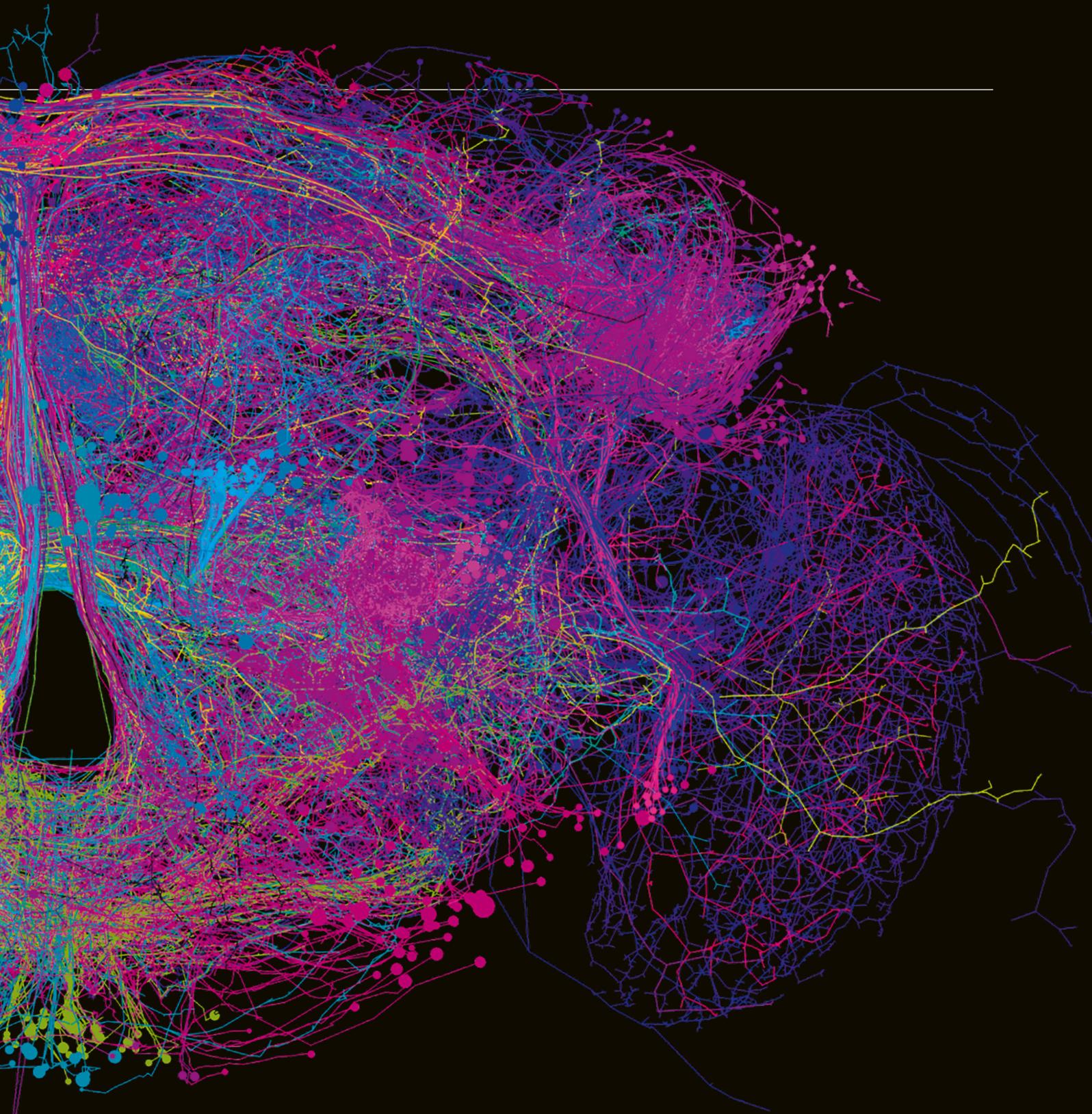
SPEKTROGRAMM



HOCH AUFGELÖSTES FLIEGENHIRN

▶ 100 000 Nervenzellen mit jeweils unzähligen Verbindungen zu anderen Neuronen: Diese 3-D-Rekonstruktion von Forschern des Howard Hughes Medical Institute in Ashburn (USA) zeigt das Gehirn der Taufliege *Drosophila melanogaster* als Geflecht aus verästelten Linien. Die Neurobiologen wollen anhand der Aufnahme lernen, wie bestimmte Strukturen das Verhalten des 2,5 Millimeter

großen Tiers beeinflussen. Dazu haben sie mit großem technischem Geschick erstmals einzelne Nervenzellen seines Gehirns dargestellt – ein Pixel der Aufnahme entspricht gerade einmal vier milliardstel Metern



3D RECONSTRUCTION OF DROSOPHILA NEURONS BY THE FULL ADULT FLY
PHILIPP SCHLEGEL, DROSOPHILA CONNECTOMICS GROUP, CAMBRIDGE

(Nanometern). Dadurch lassen sich Verbindungen, die im so genannten Pilzkörper des Zentralhirns starten, bis zu ihrem Endpunkt verfolgen.

Für die Aufnahme injizierte das Team eine kontrastverstärkende, metallhaltige Flüssigkeit in das konservierte Gehirn einer Fliege und schnitt es in 7062 je 40 Nanometer dicke Scheiben. Anschließend machten sie mit zwei

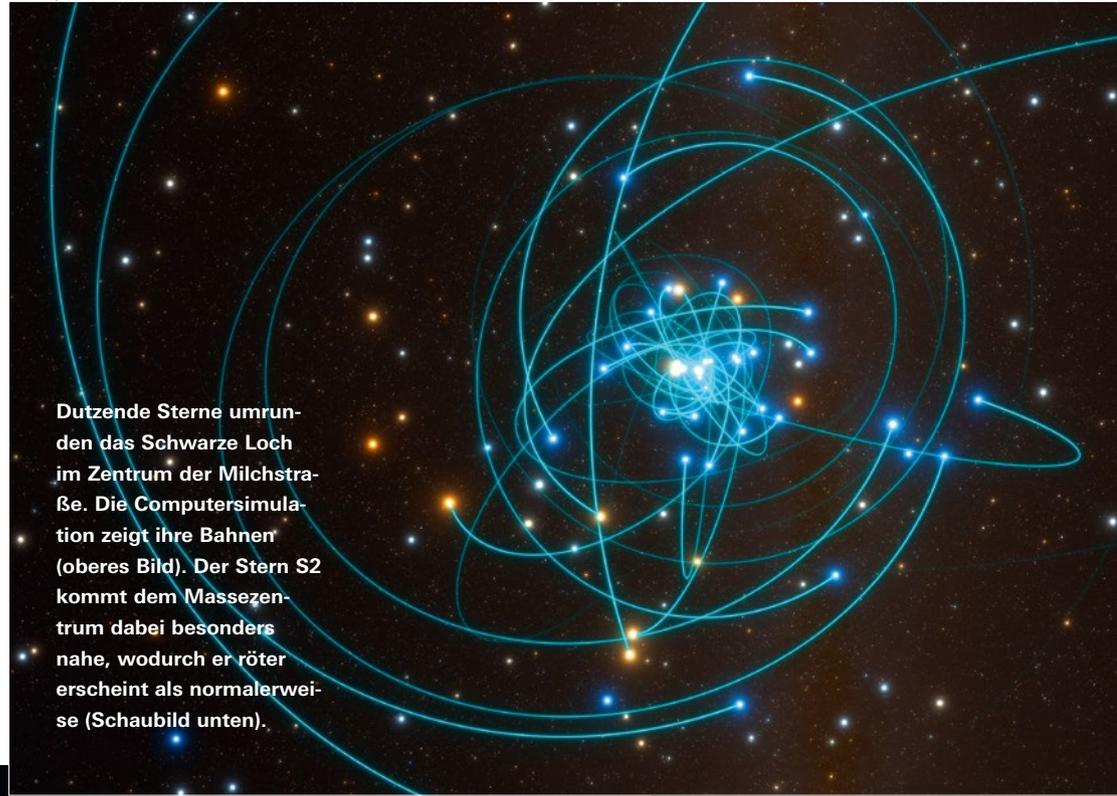
Elektronenmikroskopen insgesamt 21 Millionen Bilder, die sie am Computer zusammenfügten. Die Farben auf dem Bild veranschaulichen Nervenbahnen verschiedener Typen von Sensillen; das sind kleine Sinnesorgane von Gliederfüßern. Bei lila Linien ist hingegen unklar, zu welchem Wahrnehmungssystem die Neurone gehören.

Cell 10.1016/j.cell.2018.06.019, 2018

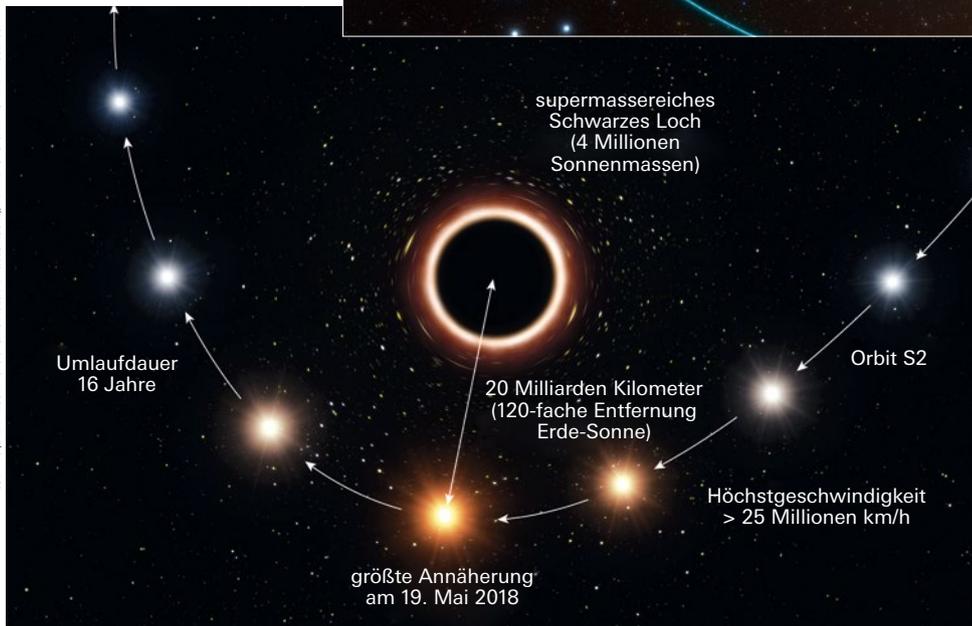
ASTRONOMIE SPEKTAKULÄRER TEST DER RELATIVITÄTS- THEORIE

► Astronomen der Europäischen Südsternwarte ESO haben in den vergangenen 26 Jahren immer wieder einen Stern namens »S2« beobachtet, der das supermassereiche Schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxie auf einer elliptischen Bahn umrundet. Dieses Gravitationsmonster bringt vier Millionen Mal so viel Masse auf die Waage wie unsere Sonne. Am Punkt der größten Annäherung trennen Stern und Schwarzes

ESO/L. CALÇADA/SPACEENGINE.ORG (WWW.ESO.ORG/PUBLIC/IMAGES/ESO18259/1) / CC BY 4.0 (CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/BY/4.0/LEGALCODE)



Dutzende Sterne umrunden das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße. Die Computersimulation zeigt ihre Bahnen (oberes Bild). Der Stern S2 kommt dem Massezentrum dabei besonders nahe, wodurch er rötler erscheint als normalerweise (Schaubild unten).



nachzuweisen: Das Licht von S2 wurde deutlich rötler, als die Wissenschaftler die jüngste Annäherung zwischen Stern und Schwarzem Loch im Mai 2018 mit einem Hochleistungsinterferometer namens Gravity am Very Large Telescope in Chile verfolgten.

Der Großteil der Rotverschiebung ging dabei auf den gewöhnlichen Dopplereffekt zurück, bei dem das Licht gestreckt wird, weil sich der Stern von uns fortbewegt. Aber die vollständige Wellenlängenänderung ließe sich nur erklären, wenn man auch den von der Relativitätstheorie vorhergesagten Sog des Schwarzen Lochs berücksichtigt, argumentieren die Forscher nach einer detaillierten Auswertung der Beobachtungsdaten.

Astronomy & Astrophysics 615, L15, 2018

Loch nur rund 20 Milliarden Kilometer, die 4,5-fache Distanz zwischen Sonne und Neptun.

Durch die enorme Schwereanziehung legt S2 in dieser Phase 7650 Kilometer pro Sekunde zurück, rund 2,5 Prozent der Lichtgeschwindigkeit. In solchen Extremsituationen treten Ef-

fekte aus Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie zu Tage. So verlieren Lichtteilchen etwas Energie, wenn sie aus einem starken Gravitationsfeld entkommen. Dadurch vergrößert sich ihre Wellenlänge, Physiker sprechen von »gravitativer Rotverschiebung«. Astronomen haben

das Phänomen im Lauf der vergangenen Jahrzehnte im Umfeld vieler Sterne beobachtet.

Nun ist es Wissenschaftlern um Reinhard Genzel vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching gelungen, den bizarren Effekt auch im Zentrum der Milchstraße

BIOLOGIE UNZUFRIEDENE FISCHE FRESSEN IHRE KINDER

► Bei einigen Fischen kümmern sich die Väter um den ungeschlüpften Nachwuchs. Zu dieser Gruppe gehört auch der Schleimfisch *Rhabdoblennius nitidus*. Nachdem das Männchen ein Weibchen durch intensive Balzbemühungen von sich überzeugt hat, darf es die abgelaichten Eier befruchten. Es übernimmt dann die Aufgabe, das Gelege zu umsorgen, bis die Larven schlüpfen.

Gelegentlich läuft in dieser Phase allerdings

einiges schief: Statt die Eier zu bewachen, frisst der Jungvater den Nachwuchs auf – wahrscheinlich aus Hunger, so die bisherige Theorie.

Stimmt nicht, meinen nun japanische Wissenschaftler. Den Forschern um Yukio Matsumoto von der Universität Nagasaki war aufgefallen, dass durchaus auch gut genährte Fischmännchen den ihnen anvertrauten Nachwuchs fraßen. Doch die Tiere verspeisten die Eier nicht immer, sondern schafften diese oft auch mit dem Maul aus dem Nest und spuckten sie einfach ins Abseits. Beide Verhaltensweisen kamen vor allem dann vor, wenn die

Zahl der Eier im Gelege recht klein war.

Ein wesentlicher Faktor für dieses Verhalten scheint der Hormonspiegel im Blut der Männchen zu sein, so das Forscherteam. In Gegenwart von befruchteten Fischeiern sank der Testosteronwert der Tiere auf einen extrem niedrigen Wert. Dies gewährleistet, dass die Männchen in die Brutpflege einsteigen, beendet aber auch alle weiteren Balzbemühungen. Bei einer unbefriedigend niedrigen Zahl von Eiern scheinen die Fische dann einen drastischen Ausweg aus dem hormonellen Dilemma zu suchen: Sie entfernen die Eier, die ihren Hormonspiegel

senken, um erneut, womöglich mit größerem Erfolg, ins Paarungsverhalten einzusteigen.

Das Schleimfischverhalten stellt somit keinen Kannibalismus zur optimierten Energiegewinnung dar, sondern eine besondere Variante des Infantizids, bei dem Männchen Kinder ihrer Partnerinnen töten, um dadurch eine für die Weitergabe ihres Erbguts günstigere weitere Paarung zu forcieren. Derartige Kindstötungen kommen ebenfalls bei anderen Fischen vor, aber auch bei vielen Säugetieren wie etwa Schimpansen und anderen Affen.

Curr. Biol. 10.1016/j.cub.2018.06.056, 2018

GEOLOGIE NATÜRLICHER KERNREAKTOR UMMANTELTE ATOMMÜLL

► In ferner Vergangenheit enthielten Uranvorkommen noch deutlich mehr radioaktives Uran-235 als heute. Das Isotop hat eine Halbwertszeit von 700 Millionen Jahren und zerfällt damit viel schneller als das weit häufigere Uran-238. Heutiges Natururan enthält nur noch 0,7 Prozent Uran-235. Für den Einsatz in Kernkraftwerken muss das Spaltmaterial daher angereichert werden.

Vor zwei Milliarden Jahren wäre das nicht nötig gewesen, und auf dem Gebiet des zentralafrikanischen Staats Gabun kamen sogar natürliche Kernreaktionen in Gang, wie Wissenschaftler schon seit den 1970er Jahren wissen. In dieser Oklo-Region sickerte Grundwasser in Uranvorkommen ein und bremste die beim Zerfall von Uran-235 frei werdenden Neutronen

hinreichend ab. Diese konnten dadurch andere Atomkerne des Isotops spalten. Letztlich bildeten sich immer wieder nukleare Kettenreaktionen aus. Schätzungen zufolge wurden so im Lauf zehntausender Jahre mehrere Tonnen Plutonium erbrütet sowie große Mengen radioaktiven Zäsiums hergestellt (siehe **Spektrum** Juni 2006, S. 84). Die radioaktiven Stoffe sind heute längst zerfallen, wobei sich das Zäsium größtenteils in stabile Bariumisotope umgewandelt hat.

Nun hat ein Team um Evan E. Groopman vom US Naval Research Laboratory in Washington D. C. eine Oklo-Gesteinsprobe mit einem speziellen Massenspektrometer genauer als bisher analysiert. Dabei stießen die Forscher auf Barium-Hotspots, die wenige Jahre

nach Erliegen der Kettenreaktion von Ruthenium ummantelt wurden – dafür sprechen jedenfalls Datierungen des Materials und eine genaue Analyse der Isotopenhäufigkeit.

Das reaktionsträge Ruthenium, das ebenfalls bei der Kernspaltung entsteht, hat die radioaktiven Reaktionsprodukte offenbar rasch an sich gebunden. Auch hat es das Zäsium und Barium sehr effektiv von der Umgebung isoliert, die im Lauf der Zeit immer wieder von vulkanischer Aktivität erschüttert wurde. Möglicherweise könne man mit Ruthenium auch das Zäsium aus Kernkraftwerken besser verwahren, spekulieren die Autoren. Offen ist allerdings, ob das in Anbetracht des hohen Rutheniumpreises wirklich realistisch ist.

PNAS 10.1073/pnas.1807267115, 2018

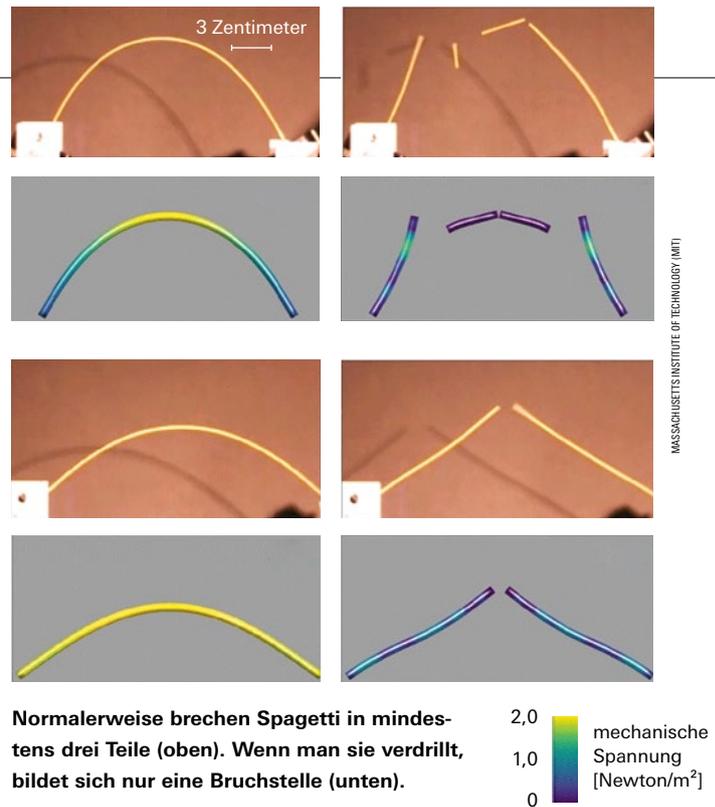
PHYSIK LÖSUNG EINES LEGENDÄREN SPAGETTI-RÄTSELS

► Angeblich soll sich schon die Physikerlegende Richard Feynman darüber gewundert haben: Wenn man eine einzelne Spagetti biegt, bricht sie nicht etwa in zwei Teile, sondern zersplittert meist in mindestens drei Segmente. Das Verhalten ist von vielen anderen elastischen Stäben bekannt, beispielsweise von Knochen und Bäumen – oder von Hochsprungstäben, wie ein missglückter Sprung des Kubaners Lazaro Borges bei den Olympischen Spielen 2012 in London zeigte.

Nun hat ein US-amerikanisches Forscherteam eine detaillierte Erklärung für das Phänomen erarbeitet. Demnach steigt bei der Dehnung einer trockenen Spagetti mit rundem Querschnitt zunächst die me-

chanische Spannung. Sobald die Teigware an einer Stelle bricht, wandelt sich die Spannung schlagartig in Schwingungsenergie um. In Folge rasen starke Vibrationen durch den länglichen Körper und schütteln ihn an mehreren Stellen so heftig hin und her, dass sich weitere Bruchstellen bilden.

Lässt sich das verhindern? Die Ingenieure um Ronald H. Heisser vom Massachusetts Institute of Technology haben 240 Testläufe gemacht und glauben eine Lösung gefunden zu haben: Wenn man beide Enden einer dünnen Nudel in Klemmen einspannt und diese um knapp 360 Grad gegeneinander verdrillt, bildet sich beim Biegen häufig nur eine Bruchstelle. Die Erklärung: Die Verdre-



Normalerweise brechen Spagetti in mindestens drei Teile (oben). Wenn man sie verdrillt, bildet sich nur eine Bruchstelle (unten).

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT)

hung der Spagetti federt die zerstörerischen Vibrationen nach dem Bruch ab, die normalerweise zu weiteren Frakturen führen. Bei der verdrillten Teigware entlädt sich ein Teil der freigesetzten Spannungsenergie

zunächst in das Geradedrehen, wodurch die lateralen Schwingungen nicht mehr genügend Kraft aufbringen, die Nudel erneut zu brechen.

PNAS doi.org/10.1073/pnas.1802831115, 2018

ERNÄHRUNG DIE DUNKLE SEITE DER PROBIOTIKA

► Um ihrer Darmgesundheit und ihrem Körper etwas Gutes zu tun, schlucken viele Menschen probiotische Nahrungsmittel. Doch das könnte unerwünschte Nebenwirkungen haben, warnt eine Gruppe von Wissenschaftlern um Satish Rao von der Augusta University in Georgia. Die Mediziner haben 30 Personen untersucht, die unter Verwirrtheit und Konzentrationschwierigkeiten in Kombination mit geblähtem Bauch, Magenschmerzen sowie Flatulenzen leiden.

Dabei stießen sie auf riesige Kolonien an *Lactobacillus*-Bakterien im Dünndarm der Betroffenen, die große Mengen an D-Milchsäure produzierten. Bei acht Vergleichspersonen ohne mentale Symptome war das nicht der Fall.

Manche der Probanden wiesen zwei- bis dreimal so viel D-Milchsäure im Blut auf wie bei gesunden Menschen üblich. Die Bewusstseinsstrübung trat bei ihnen rasch nach einem Essen auf und dauerte eine halbe bis hin zu mehreren Stunden an. Einer Befragung zufolge nahmen die Personen regelmäßig Probiotika zu sich – teilweise in exzessiven Mengen.

Im Gegensatz zum Dickdarm leben im Dünndarm normalerweise nur wenige Bakterien. Gerät das Gleichgewicht der Darmflora durch Probiotika durcheinander, setzen die zugeführten *Lactobacillus*-Bakterien Zucker aus der Nahrung um und erzeugen dabei D-Milchsäure. Die Substanz dringt durch die Darmwand ins Blut ein und gelangt darüber auch ins Gehirn, vermuten die Forscher. Hier wirkt D-Milchsäure toxisch auf Neurone und beeinflusst dadurch Gedächtnis, Zeitgefühl und grundlegende Denkprozesse. Bei Probanden, die anschließend Antibiotika einnahmen und auf einen

weiteren Probiotikakonsum verzichteten, ließen die Beschwerden schließlich nach.

Probiotika sollten als Arznei betrachtet werden, nicht als Nahrungsergänzungsmittel, betont Studienautor Rao. Viele Menschen konsumieren die damit angereicherten Lebensmittel, weil sie sich davon eine bessere Verdauung und prinzipiell einen gesünderen Körper versprechen. Die Mittel seien nützlich, um die Darmflora nach einer Antibiotikabehandlung neu aufzubauen, doch sollte der Konsum sonst eher zurückhaltend stattfinden.

Clin. Transl. Gastroenterol. 9, 162, 2018

MATERIAL- WISSENSCHAFT NEGATIV GEKRÜMMTER KOHLENSTOFF

► Eine internationale Arbeitsgruppe um Efreem Braun von der University of California in Berkeley hat erstmals negativ gekrümmte Kohlenstoffgitter aufgespürt. Bei diesen »Schwarziten« handelt es sich um dreidimensionale Strukturen, deren Außenflächen aus einlagigem Graphen bestehen, das aber an jedem Punkt der Oberfläche sattelförmig nach innen gewölbt ist. Bisher waren nur Kohlenstoffvarianten bekannt, die entweder positiv, also nach außen gekrümmt sind (Fullerene und Kohlenstoffnanoröhren) oder die keinerlei Krümmung aufweisen.

Materialwissenschaftler gehen schon länger davon aus, dass es negativ gekrümmte Kohlenstoffstrukturen geben müsste. Darauf deutet unter anderem die Theorie der »Minimalflächen« hin, die der deutsche Mathematiker Hermann Schwarz (1843–1921) bereits im 19. Jahrhundert entwickelte.

Von sich aus bilden sich Schwarzite allerdings nicht. Braun und seine Kollegen haben nun jedoch einen

Weg gefunden, wie man sie gezielt herstellen kann. Der Schlüssel sind so genannte Zeolithe. Die Atomgitter der mineralischen Stoffe bilden ein regelmäßiges Netzwerk aus Tunneln, Zeolithe weisen also eine große innere Oberfläche auf.

Die Wissenschaftler simulierten am Computer, was passiert, wenn man die Kristalle einem kohlenstoffhaltigen Gas aussetzt, das in die Struktur eindringt und sich dort zersetzt. Dabei scheint sich bei manchen Zeolithen eine Graphenschicht auf der Innenseite der Tunnel abzulagern. Die einlagige Kohlenstoffschicht folgt dabei nicht exakt der Oberfläche, sondern bildet eine gekrümmte topologische Minimalfläche, die an eine Seifenhaut erinnert.

Das Zeolith-Gerüst lässt sich anschließend entfernen, so dass nur das negativ gekrümmte Kohlenstoffgitter übrig bleibt. Von den rund 200 bekannten Zeolithen eignen sich wohl 15 dazu, Schwarzite herzustellen. Bei dreien ist die Synthese bereits gelungen. Die Experten hoffen, dass die neue Kohlenstoffart einzigartige Eigenschaften aufweist und beispielsweise große Mengen elektrischer Ladung aufnehmen kann.

PNAS 10.1073/pnas.1805062115, 2018

Zeolith (rot-gelb) dient als Gerüst für Schwarzit (schwarz).

PALÄOANTHROPOLOGIE HALB NEANDERTALER, HALB DENISOVNER

► Bis vor etwa 40 000 Jahren bevölkerten zwei nahe Verwandte des heutigen Menschen den eurasischen Kontinent: die Neandertaler im Westen und die Denisovaner im Osten. Schon länger ist bekannt, dass die beiden Gruppen zumindest vereinzelt Nachwuchs zeugten. Nun haben Forscher um Viviane Slon vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig möglicherweise erstmals Überreste solch eines Neandertaler-Denisovaner-Kindes aufgespürt.

Darauf deutet ein mehr als 50 000 Jahre altes Knochenfragment namens »Denisova 11« hin, das russische Archäologen bereits 2012 in der Denisova-Höhle 550 Kilometer südöstlich von Novosibirsk entdeckt haben. Die Knochenstruktur des Splitters lässt darauf schließen, dass er wohl zu einem mindestens 13 Jahre alten Mädchen gehörte.

Die nur mütterlich übertragene mitochondriale DNA des Knochens hatten britische Forscher 2016 analysiert. Ergebnis: Die Mutter der Jugendlichen war eine Neandertalerin. Nun gelang es dem Leipziger Team, auch Teile des in den Chromosomen gespeicherten Erbguts mit anderen Homininen zu vergleichen. Hierbei passten etwa 40 Prozent der DNA-Fragmente zu Neandertaler-DNA, ein etwa gleich großer Anteil aber zum Erbgut von Denisova-Menschen. Als Vater



THOMAS HIGGINS, UNIVERSITY OF OXFORD; BEARBEITUNG: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT

Das Knochenfragment »Denisova 11« aus verschiedenen Blickwinkeln.

kristallisierte sich somit ein Denisovaner heraus. Der Erbgutvergleich zeigte außerdem, dass hier nicht die erste Vermischung der beiden Menschengruppen vorliegt: Einer der Vorfahren des Denisovaner-Vaters war ebenfalls Neandertaler.

Zur Überraschung der Forscher stimmt die von der Mutter übermittelte DNA besser mit den 55 000 Jahre alten Knochenfunden aus Kroatien überein als mit den Überresten von Neandertalern, die schon vor 120 000 Jahren in der Denisova-Höhle lebten. Offenbar sind Neandertaler aus Europa immer wieder in den Osten des eurasischen Kontinents eingewandert. Die deutlichen Unterschiede im Erbgut beider Homininen sprechen jedoch dafür, dass Begegnungen mit Denisova-Menschen eher selten stattfanden.

Nature 10.1038/s41586-018-0455-x, 2018

