

ASTRONOMIE BOJE IM ALL?

Der Astrophysiker Avi Loeb spekuliert, welche Bewandnis es mit dem interstellaren Himmelskörper Oumuamua auf sich haben könnte.

► Seltsamer Besuch stellte sich 2017 in unserem Sonnensystem ein.

Er entsprach so gar nicht dem, was Astronomen bisher bekannt war.

Durch ihre Teleskope entdeckten ihn aufmerksame Beobachter auf Hawaii als Erste und gaben ihm den Namen »Oumuamua«, was so viel bedeutet wie »Bote aus der fernen Vergangenheit«. Seitdem rätseln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, worum es sich bei diesem seltsamen Himmelskörper handeln könnte.

Oumuamua war ungewöhnlich hell, viel heller als herkömmliche Asteroiden, schien eine extrem lang gezogene Form zu haben und zudem flach zu sein. Das typische Erscheinungsbild von Kometen war auch nicht zu erkennen: Es fehlten die Ausgasungen am hinteren Ende des Körpers. Fieberhaft begann die Suche nach einer schlüssigen naturwissenschaftlichen Einordnung.

Avi Loeb bringt dabei eine außergewöhnliche, kontrovers diskutierte Hypothese ins Spiel. Der renommierte Astrophysiker von der Harvard University scheut es nicht, unkonventionelle Arbeiten in seinem Bereich zu veröf-

fentlichen. Über Oumuamua stellt er im Buch »Außerirdisch« nun ganz eigene Überlegungen an: Das Objekt könnte von einer fernen Zivilisation stammen, entweder deren Weltraumschrott oder ein kleines Raumschiff sein, wie es die Menschheit mit den Voyager-Sonden ebenfalls schon ausgesendet hat.

Avi Loeb ist kein Fantast. Seine wissenschaftlichen Arbeiten sind fundiert und seine Argumentationen nachvollziehbar. Er ist Professor und Vorsitzender des Beratungskomitees für die »Breakthrough Starshot Initiative«, deren Ziel es ist, ultraleichte, segelförmige Miniraumschiffe mit Hilfe von Laserlicht in das nächstgelegene Sonnensystem zu schicken. In diese Richtung zielen viele seiner Spekulationen bezüglich Oumuamua. So könnte die sonderbare Flugbahn auf das Licht der Sonne zurückzuführen sein, das Druck auf den künstlich hergestellten Himmelskörper ausübt. Das ist fraglos

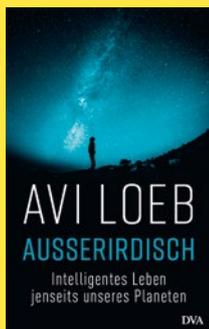
eine exotische Hypothese, jedoch nicht abwegiger als viele andere Vermutungen, welche die seltsamen Flugeigenschaften zu erklären versuchen – findet zumindest Loeb.

Die zweite These des Astrophysikers geht in eine andere Richtung: Oumuamua könnte vor langer Zeit eine außerirdische technische Ausrüstung gewesen sein, die zu einem bestimmten Zweck konstruiert wurde. Zum Beispiel eine Art Boje. Loeb's Theorie: Die Boje befindet sich in Ruhe, und unser Sonnensystem rast daran vorbei. Aber warum würden sich Aliens die Mühe machen, ein solches Objekt zu bauen? Vielleicht war es eine Art Leuchtturm, ein Alarmsystem oder eine Navigationsmarkierung, vermutet der Verfasser und erläutert weiter, bei diesen Erklärungen müsse man anneh-



ESA/Hubble, NASA, ESO, M. Kornmesser (www.eso.org/public/germany/images/101820a/) / CC BY 4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Avi Loeb
AUSSERIRDISCH
Intelligentes
Leben jenseits
unseres Planeten
DVA, München
2021
272 S., € 22,-



OUMUAMUA Aufmerksame Beobachter
auf Hawaii entdeckten 2017 den un-
gewöhnlichen Himmelskörper.

men, Oumuamua sei außerirdischen Ursprungs – wir wären demnach nicht die einzige Intelligenz im Weltraum.

Mit dieser Schlussfolgerung befasst sich Loeb ausgiebig. Er ist überzeugt, dass es Leben in den Weiten des Universums gibt, und plädiert für einen neuen wissenschaftlichen Zweig: die Weltraumarchäologie. Ähnlich wie Archäologen sollten Astronomen nach technischen Zivilisationen suchen, indem sie im Weltraum »graben«.

In diesem Zusammenhang kritisiert der Autor die festgefahrenen Strukturen im astrophysikalischen Wissenschaftsbetrieb, denn solche Gedankenspiele würden meist nur belächelt. Das bekämen vor allem junge Forscher zu spüren. Spezialisierten sie sich auf exotische oder hochspekulative Themen wie die Suche nach außerirdischem Leben, schmälere das ihre Karrierechancen beträchtlich, kritisiert Loeb. Die meisten blieben daher lieber auf ausgetretenen Pfaden. Doch für den Astrophysiker ist es unerlässlich, diese Pfade in Zukunft zu verlassen und unkonventionell zu denken, wenn die Menschheit, in ihrem Bestreben, das Universum zu erkunden, vorankommen möchte.

Das Buch ist auf Basis solider astronomischer Erkenntnisse geschrieben, stößt wegen seiner spekulativen Hypothese bei vielen anderen Astronomen jedoch auf Ablehnung. Es erzählt die Entdeckungsgeschichte von Oumuamua und beschreibt sachlich die Beobachtungen der Wissenschaftler. Im Rahmen seines Werks nutzt Loeb die Gelegenheit, sich ungezwungen spekulativ, kontrovers und visionär zu äußern – wobei er jedoch stets eine plausible Argumentationskette vorlegt.

Einen guten Rat gibt uns der Astrophysiker am Ende der Lektüre mit: Falls wir tatsächlich auf überlegene Zivilisationen im All stoßen, sollten wir uns demütig zeigen. Denn eine solche Gesellschaft könnte Antworten auf sehr viele spannende Fragen haben, an deren Lösung wir bisher scheiterten.

Thorsten Naeser ist Diplomgeograf und arbeitet am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in München.

BIOLOGIE ZWISCHEN EVOLUTIONS- THEORIE UND GENETIK

Der Paläontologe Neil Shubin nimmt den Leser mit auf eine Reise durch die »Geschichte des Lebens«.

► Die Evolution ist ein kontinuierlicher Prozess, bei dem sich Lebewesen verändern und entwickeln. In den vergangenen vier Milliarden Jahren entstanden auf diese Weise ungeheuer komplexe Organismen und differenzierte anatomische Gebilde. Man denke allein an die Fähigkeit, Luft mit Lungen zu atmen, an die Umwandlung von Flossen zu Kiemen oder an das Entstehen der Wirbelsäule.

Der Paläontologe Neil Shubin, Experte für Fische und Amphibien, nimmt den Leser mit auf diese Reise des Lebens und erzählt Geschichten von seinen Kollegen, Biologen und Genetikern sowie aus dem Forschungsgeschehen.

Das Buch ist keine klassische Einführung in die Evolutionslehre, Shubin setzt ein darüber hinausgehendes Grundwissen voraus. Ebenso wenig handelt es sich um eine fossilenbezogene Darstellung der Stammesgeschichte. Vielmehr erklärt er anhand paläontologischer, historischer und biologischer Beispiele die fundamentale Rolle der Genetik bei der Evolution des Lebens. In einfachen Worten beschreibt Shubin, welche in Anatomie und Fossilien beobachteten Phänomene und Entwicklungen sich mit welchen genetischen Hintergründen erklären lassen. Der englische Untertitel »Decoding four billion years

of life, from ancient fossils to DNA« wird dem tatsächlichen Inhalt des Buchs wesentlich gerechter als der deutsche.

Der Aufbau des Werks »Die Geschichte des Lebens« gleicht dem einer DNA-Doppelhelix: Gekonnt gelingt es dem Autor, verschiedene spannende Erzählstränge miteinander zu verknüpfen. Eingebettet in seine eigene Lebensgeschichte, von frühen Kindheitstagen über Schule und Studium bis zur Postdoc-Zeit, gibt er Einblicke in forschungsgeschichtliche Aspekte der Evolutionstheorie und der Genetik – was dem Buch eine persönliche Note verleiht. Natürlich dürfen hierbei der berühmte Archäopteryx, der als Urvogel gilt, und die Kreuzungsversuche von Thomas Hunt Morgan mit Taufiegen nicht fehlen.

Der zweite Erzählstrang ist eine verständliche Einführung in die Evolutionsgenetik, die erklärt, mit welchen Mechanismen Gene die Evolution voranbringen – mit bisweilen fundamentalen Änderungen in den anatomischen Bauplänen. Doch weil sich diese nur schwer im Fossilfund ausmachen lassen, sucht der Biologe valide Vergleiche in der Genetik: Wie prägen Mutationen die Physis? Durch welche Transformationen lassen sich komplette Gensequenzen aktivieren oder deaktivieren? Welche Codes steuern die individuelle Evolution von Organismen – von der ersten Zelle bis zum adulten Lebewesen?

Durch paläontologische Vergleiche mit Experimenten, die die Funktion und das Wirken von Genen erforschten, erzählt Shubin die Entwicklung des Lebens in Teilen nach. Dadurch gelingt es ihm, evolutive Sprünge zu erklären. So muss die Lebensgeschichte nicht in kleinen, graduellen Schritten ablaufen, sondern kann genetische Abkürzungen nehmen, wie es beim Entstehen bestimmter Zellorganellen, der Ausbildung der Wirbelsäule und Kiemen oder der Umwandlung von Flossen zu Beinen der Fall war.

Dem Autor gelingt es, den Leser zu fesseln und mit einfacher Sprache äußerst komplexe Zusammenhänge darzulegen. Sein Augenmerk liegt

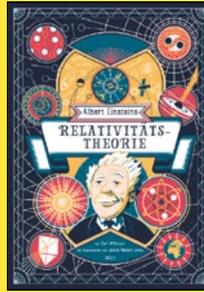


dabei immer auf der verständlichen Anwendung und der Forschungsarbeit: Wie bestätigen genetische Labore die Theorien? Indem er sich an wissenschaftlichen Entdeckungen entlanghangelt, porträtiert Shubin zugleich die beteiligten, vorrangig US-amerikanischen Forscher und Forscherinnen. Dabei weist er explizit auf die wichtigen Arbeiten vieler Frauen hin, die es in dem männerdominierten Fach mitunter schwer hatten, für ihre Erkenntnisse Anerkennung zu finden.

Ein paar wenige Schönheitsfehler seien dennoch erwähnt: Die Legende der Zeichnungen und Bilder ist an manchen Stellen unübersetzt stehen geblieben. In einigen Fällen wurden zudem bestimmte Fachbegriffe wie Krankheitsnamen oder Tierbezeichnungen nicht korrekt ins Deutsche übertragen.

Robin Gerst ist Archäologe und wirkte an der Konzeption des Besucherzentrums »Paläon« in Niedersachsen mit.

Carl Wilkinson
ALBERT EINSTEINS RELATIVITÄTSTHEORIE
Insel, Berlin 2021
63 S., € 29,90



PHYSIK EIN WOLF IM SCHAFSPELZ

Was wie ein liebevoll illustriertes Jugendbuch zu Einsteins Theorien aussieht, geht sehr in Tiefe.

► Albert Einstein (1879–1955) war ein Phänomen. Nach seinem Studium arbeitete er im Berner Patentamt – dort schrieb er neben seiner eigentlichen Arbeit bahnbrechende wissen-

schaftliche Abhandlungen. Darunter die über den photoelektrischen Effekt und die Quantennatur des Lichts, die ihm den Nobelpreis bescherte. Weltberühmt wurde der Ausnahmephysiker aber mit der Relativitätstheorie. Auf den ersten Blick macht sie scheinbar absurde Aussagen, da sich ihr zufolge Raum und Zeit anders verhalten, als man es intuitiv gewohnt ist. Nicht jeder kann seiner Theorie folgen, und entsprechend viele Versuche gibt es in der populärwissenschaftlichen Literatur, sie verständlich zu machen.

Carl Wilkinson steuert ein ungewöhnliches Buch zu dieser Reihe bei: großformatig in der Aufmachung eines Jugendsachbuchs. Jede Doppelseite zeigt eine stimmungsvolle, leicht dramatisch anmutende Illustration, passend zum jeweiligen Thema. Der Text ist in kleinen Häppchen in Kästen verteilt, in denen die üblichen erklärenden Skizzen zu finden sind. Doch der Leser sollte sich von der lockeren Gestaltung nicht täuschen lassen: Das

12. Juni 2021
Zürich

Spektrum LIVE
Veranstaltungen des Verlags
Spektrum der Wissenschaft

SPEKTRUM LIVE VERANSTALTUNG

Flug im Space- oder Flugsimulator & Vortrag Risk Management im Cockpit

Seien Sie einmal selbst Pilotin oder Pilot bzw. Astronautin oder Astronaut und fliegen Sie im B777-Flugsimulator, und/oder erforschen Sie im Space-Simulator Galaxien, Sternennebel und Planeten. Genießen Sie einen spannenden Vortrag zum Thema »Risk Management im Cockpit« sowie ein Apéro Catering, nehmen Sie an einem Wettbewerb teil und tauschen Sie sich mit einem aktiven B777-Kapitän in fachkundigen Gesprächen aus.

Spektrum-Live-Veranstaltung in Kooperation mit
Fly & Race Simulations GmbH

Infos und Anmeldung:

Spektrum.de/live

Werk stellt nicht nur Einstein vor, sondern zielt auch darauf ab, wirklich darzulegen, was die Relativitätstheorie bedeutet und warum sie entgegen aller Intuition logisch ist. Das macht das Buch ziemlich anspruchsvoll, aber gleichzeitig auch spannend.

Die ersten Kapitel beschreiben die Grundvorstellungen der Physik des 19. Jahrhunderts: Was sind Schwerkraft, Zeit, Raum und Licht? Ebenso stellt Wilkinson hier schon das Relativitätsprinzip vor – denn es fußt auf Galileo Galilei (1564–1642). Daran anschließend wird der Leser in die spezielle Relativitätstheorie eingeführt und begegnet bekannten Effekten wie der Zeitdilatation, der Längenkontraktion oder dem Zwillingsparadoxon. Auch der berühmten Formel $E = mc^2$ widmet der Autor eine Doppelseite, bevor er sich an die allgemeine Relativitätstheorie wagt. Lichtablenkung, Schwarze Löcher, Gravitationsrotverschiebung und Gravitationswellen erklärt er souverän. Zudem erwähnt er, wo uns Einsteins Theorien im heutigen Alltag begegnen – etwa in Lasern oder GPS-Geräten.

Für die Einführung der gekrümmten Raumzeit wählt Wilkinson das lehrreiche Beispiel einer rotierenden Scheibe: Für einen mitbewegten Beobachter treten Beschleunigungskräfte auf. Folgt man den Effekten der speziellen Relativitätstheorie, kann die Geometrie auf der Scheibe nicht mehr euklidisch sein. Zwar taucht diese Erklärung in manchen Lehrbüchern auf, in populärwissenschaftlichen Werken hingegen selten. Ein anderes schönes Beispiel, das die thematische Tiefe des Werks belegt, ist ein Zug, der mit fast Lichtgeschwindigkeit durch einen Tunnel rast. In Ruhe sind Zug und Tunnel gleich lang, durch die Längenkontraktion passt der Zug aber komplett hinein.

Nicht so gut gelungen ist hingegen die Doppelseite zur Relativität der Gleichzeitigkeit. Hier fehlen leider hilfreiche Skizzen, die darstellen, dass zwei Ereignisse für einen ruhenden und einen bewegten Beobachter nicht zeitgleich stattfinden können.

Das Design des Buchs lockert bewusst die Lesereihenfolge auf, wodurch man an manchen Stellen

jedoch gedanklich springen muss. Außerdem stößt man ab und zu auf Textblöcke, die etwas zusammenhanglos wirken – etwa über Glasfaserkabel, bei denen sich nicht direkt eine Verbindung zu Einstein ausmachen lässt.

Neben der Relativitätstheorie stellt Wilkinson auch die Persönlichkeit des Physikers vor, was das Buch allerdings etwas überfrachtet. Echtes Verständnis erwirbt der Leser dadurch nicht. Trotzdem lässt sich eine klare Kaufempfehlung für das schön gestaltete Werk aussprechen – und das nicht nur für Jugendliche. Hinter der lockeren Aufmachung warten viele gedanklich anspruchsvolle Abenteuer.

Stefan Gillessen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik.



ERNÄHRUNG VOM MANGEL ZUM ÜBERFLUSS

Jagd, Viehzucht, Massentierhaltung: Der Fleischverzehr hat die Menschheit während ihrer gesamten Geschichte begleitet. Das Buch zeichnet nach, wie Mensch und Tier miteinander verflochten sind – und endet provokant.

► Es gibt Bücher, bei denen man sich fragt, ob der Autor bei der Wahl des Titels ein Mitspracherecht hatte. »Fleisch – Wie es die Gesellschaft spaltet« ist eines davon. Denn anders als die Überschrift vermuten lässt, handelt es sich um eine kurze Geschichte der menschlichen Ernährung, die der österreichische Militärgeschichtler Ilja Steffelbauer fachkundig und gut

lesbar zusammengetragen hat. Die verkaufsfördernde »Spaltung« der Gesellschaft findet sich erst im letzten Drittel des Werks.

Auf rund 90 Seiten räumt Steffelbauer zunächst mit veralteten Ansichten der Anthropologie auf und präsentiert die Rolle des Tiers als Nahrungsquelle, angefangen bei unseren frühen Verwandten, den Menschenaffen, gefolgt von Jäger- und Sammler-Gesellschaften über Nomadenhirten bis zu den sesshaften Ackerbauern. Strukturiert, verständlich und gelegentlich humorvoll erklärt der Autor, dass Fleisch in all der Zeit eine qualitativ wichtige, quantitativ aber untergeordnete Rolle für die menschliche Ernährung spielte.

Umso deutlicher stellt der Historiker die soziale Bedeutung der Jagd und später generell des Fleischkonsums heraus. So berichtet er über Schimpansen: »Die erfolgreichen Jäger (teilten) ihre Beute mit nicht an der Jagd beteiligten Mitgliedern der Gruppe.« Das steigert nämlich die Chancen auf Sex. Zugleich behalten die Affen gesammelte Nahrung meist für sich, denn diese ist weniger von Teamarbeit und Jagdglück abhängig.

Weiterhin erfährt man, weshalb Milchvieh wertvoller ist als Fleischvieh: Es liefert 2,5-mal so viel Energie auf Grundlage der gleichen Grasfläche. So wird früh im Buch deutlich, dass der Autor dafür plädiert, auch heute Fleisch einen Raum in der Ernährung einzuräumen: »Vieh wandelt Gras, das Menschen nicht essen können, in Milch und Fleisch um, das Menschen essen können.« Es ist dieser undogmatische, wissenschaftlich fundierte Blick, der die Lektüre nicht nur informativ, sondern auch angenehm macht. Ackerbau funktioniert nun einmal nicht auf allen Böden, und nicht jede Viehhaltung ist Quälerei und eine ökologische Katastrophe.

Steffelbauer findet fast immer leicht nachvollziehbare Herleitungen, weshalb diese oder jene Form des Fleischkonsums in einer bestimmten Situation der menschlichen Geschichte eine gewisse Funktion erfüllte. Das schlüsselt er im Mittelteil des Buchs für die einzelnen Nutztierarten noch einmal näher auf. Beispielsweise erläutert der

Historiker, wie die moderne Fleisch-industrie die Rolle des Schweins pervertiert: Ursprünglich ein Tier, das alle möglichen Abfälle in hochwertiges Fleisch verwandelte, benötigt man heute große Ackerflächen, um es mit Futter zu versorgen. Gerade anthropologischen Laien erschließt sich im Buch umfassend, wie der Konsum tierischer Produkte und die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft einander bedingt haben. Nicht zuletzt versteht man »die emotionale Nähe, die wir Menschen zu unseren Nutztieren entwickelt haben«, die zur Kritik vieler an der modernen Fleischwirtschaft führt.

Im letzten Drittel des Werks schildert der Autor zunächst, wie die Weltreligionen Konsumverbote bestimmter Fleischarten nutzen, um sich von Andersgläubigen abzugrenzen und »den Verzicht auf etwas, was man ohnehin nicht wirklich hätte haben können, als spirituelle Leistung erscheinen [zu] lassen«. Dabei überzeugen nicht alle Passagen. Ist es tatsächlich unplausibel, dass Menschen der

Antike das Schwein als unrein erschien, wenn es sich in Schlamm und Fäkalien wälzte?

Doch auch hier finden sich spannende Fakten, etwa, dass die »heilige Kuh« in Indien weniger als Milchvieh oder Fleischquelle, sondern als Pflüger bedeuksam ist, dessen Fladen als Brennstoff dienen – und welche Probleme das Schlachtverbot bis heute erzeugt. So sinke die Milchproduktion dort seit Jahren, weil Kleinbauern es sich nicht leisten können, zusätzlich zu den alternden Tieren jüngere und produktivere zu halten. Das führt einerseits zu steigenden Milchpreisen, die für eine ganze gesellschaftliche Schicht kaum noch erschwinglich sind. Andererseits werden Alttiere in die Natur ausgesetzt, wo sie dann umliegende Felder und Weiden abgrasen, von denen sich eigentlich andere Tiere ernähren sollten.

Das insgesamt sehr positive Bild des Werks wird ganz am Ende leicht getrübt, wenn Steffelbauer auf den Veganismus der Gegenwart zu sprechen kommt. In seiner berechtigten

Kritik an der Ideologie mancher Vertreter provoziert er mit psychologischen Interpretationen, die im Einzelfall vielleicht zutreffend sein mögen, in dieser Pauschalisierung aber enttäuschen. Dass der Eindruck entsteht, auch Vegetarier werden mit über diesen Kamm geschoren, ist schade. Denn Tierschutz, Artenvielfalt, Klimawandel und manche Kritik am modernen Fleischkonsum – die sicher die meisten Vegetarier stärker motivieren als das Ringen um die eigene gesellschaftliche Bedeutung – führt der Autor auch selbst an.

Teilen kann man in jedem Fall seinen Aufruf zu Toleranz und differenzierten Sichtweisen: »Es ist nicht das Fleischessen an sich, das nicht nachhaltig und schlecht für das Klima ist, sondern die kapitalistische, industrielle Viehwirtschaft und der exzessive Fleischkonsum, den sie den Menschen in den Industrieländern anerzogen hat, um ihrem Primärziel dienen zu können.«

Björn Lohmann ist Wissenschaftsjournalist mit den Schwerpunkten Lebens- und Umweltwissenschaften.

Spektrum der Wissenschaft

Chefredaktion: Dr. Daniel Lingenhöhl (v.i.S.d.P.)

Redaktionsleitung: Dr. Hartwig Hanser

Redaktion: Mike Beckers (stellv. Redaktionsleiter), Manon Bischoff, Janosch Deeg, Robert Gast, Dr. Andreas Jahn, Karin Schlott, Dr. Frank Schubert, Verena Tang;

E-Mail: redaktion@spektrum.de

Art Direction: Karsten Kramarczik

Layout: Claus Schäfer, Oliver Gabriel,

Anke Heintelmann, Natalie Schäfer

Schlussredaktion: Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle

Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe

Redaktionsassistent: Andrea Roth

Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 104840, 69038 Heidelberg, Hausanschrift: Tiergartenstraße 15–17, 69121 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Mannheim, HRB 338114

Geschäftsleitung: Markus Bossle

Herstellung: Natalie Schäfer

Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.),

Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: service@spektrum.de

Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744

Leser- und Bestellservice: Helga Emmerich, Sabine Häusser, Ilona Keith, Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 810680, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigt: Uwe Bronn

Bezugspreise: Einzelheft € 8,90 (D/A/L), CHF 14,-; im Abonnement (12 Ausgaben inkl. Versandkosten Inland) € 93,-; für Schüler und Studenten gegen Nachweis € 72,-, PDF-Abonnement € 63,-, ermäßigt € 48,-.

Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: Postbank Stuttgart, IBAN: DE52 6001 0070 0022 7067 08, BIC: PBNKDEFF

Die Mitglieder von ABSOLVENTUM MANNHEIM e. V., des Verbands Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio), des VCBG und von Mensa e. V. erhalten Spektrum der Wissenschaft zum Vorzugspreis.

Ein Teil dieser Ausgabe beinhaltet eine Beilage des »Synergie«-Magazins der DZG.

Anzeigen: E-Mail: anzeigen@spektrum.de, Tel.: 06221 9126-600

Druckunterlagen an: Natalie Schäfer, E-Mail: schaefer@spektrum.de

Anzeigenpreise: Gültig ist die Preisliste Nr. 42 vom 1.1.2021.

Gesamtherstellung: L. N. Schaffrath Druckmedifdggcng GmbH & Co. KG, Marktweg 42–50, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft

mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks ohne die Quellenangabe in der nachstehenden Form berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2021 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg.

Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen. Auslassungen in Zitaten werden generell nicht kenntlich gemacht.

ISSN 0170-2971

SCIENTIFIC AMERICAN

1 New York Plaza, Suite 4500, New York, NY 10004-1562

Editor in Chief: Laura Helmut

Executive Vice President: Michael Florek

Vice President Magazines: Stephen Pincock



Erhältlich im Zeitschriften- und Bahnhofsbuchhandel und beim Pressefachhändler mit diesem Zeichen.

