

Spektrum

der Wissenschaft

An der Grenze zum Leben

Wenn Biologie
und Technik
verschmelzen

QUANTENMECHANIK Die Jagd nach dem Suprafestkörper
RENATURIERUNG Aufforstung im Meer
GEOENGINEERING Lässt sich arktisches Meereis wieder einfrieren?

(D) 9,80 EUR · (A/L) 9,80 EUR · (CH) 14,80 CHF
D6179E · Deutsche Ausgabe des SCIENTIFIC AMERICAN



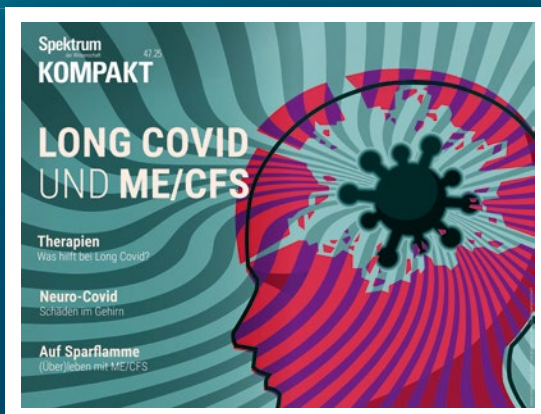
Spektrum der Wissenschaft **KOMPAKT**



Ob A wie Astronomie oder Z wie Zellbiologie: Unsere **Spektrum** KOMPAKT-Digitalpublikationen stellen Ihnen alle wichtigen Fakten zu ausgesuchten Themen als PDF-Download, optimiert für Tablets, zur Verfügung. Wählen Sie unter mehr als 400 verschiedenen Ausgaben und Themen.



Ausgewählte **Spektrum** KOMPAKT gibt es auch im Printformat!



Hier bestellen:
E-Mail: service@spektrum.de
[Spektrum.de/aktion/kompakt](https://www.spektrum.de/aktion/kompakt)



Verena Tang
Redakteurin

Grenzen auflösen

Im Jahr 2020 hat die Menschheit eine symbolische Grenze überschritten. Die Masse an künstlich produziertem Material entsprach am Ende jenes Jahres erstmals der Masse aller lebenden Organismen auf der Erde, schrieb ein Team um Ron Milo am Weizmann Institute of Science in der Zeitschrift »Nature«. Seither leben wir in einer Welt, in der die menschengemachte Materie mehr auf die Waage bringt als die der Lebewesen.

Bei einem Blick nach draußen fällt es nicht schwer, sich das vorzustellen. Wir sind umgeben von dieser

gebauten Welt: Wir wohnen in Häusern, fahren mit Fahrzeugen, bewegen uns in Städten. Und wir nutzen jeden Tag etliche verschiedene technisch erzeugte Substanzen, sei es in Form von Kleidung, Geschirr, Werkzeug, dem Smartphone oder auch diesem Heft. Mark Miodownik vom University College London sagt deshalb sogar: Materialien sind für uns Menschen essenzieller als Sprache. Ich fand diese These, als ich sie zum ersten Mal las, ziemlich steil. Doch nach der Lektüre des Interviews, das mein Kollege Lars Fischer mit dem Materialforscher geführt hat, muss ich ihm teilweise Recht geben.

Besonders, weil Materialien zunehmend spezialisiertere Aufgaben für uns übernehmen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler rund um die Welt wollen sogar weg von den passiven Werkstoffen hin zu solchen, die sich mehr oder weniger selbstständig verändern: Sie sprechen von »lebenden« Materialien.

An der Universität Heidelberg nehmen solche Ideen derzeit Gestalt an, wie Lars Fischer und ich bei einem Besuch vor Ort erfahren haben. Dort will die Chemikerin Eva Blasco Stoffe dazu bringen, sich auf einen Reiz hin zu verändern – so wie es Zellen in Lebewesen tun. Mit hochpräzisen 4D-Druckmethoden erschafft sie Werkstoffe auf der

Mikrometerskala, die auf Knopfdruck wachsen, schrumpfen oder ganz bestimmte Veränderungen durchlaufen. Eines Tages könnten daraus selbstheilende Materialien entstehen oder solche, die im menschlichen Körper bestimmte Funktionen übernehmen. Die Physikerin Christine Selhuber-Unkel hingegen will in Heidelberg erreichen, dass unbelebte und belebte Materie zusammenarbeiten. Was nach Mini-Cyborgs klingt, ist zunächst vielversprechend für die medizinische Grundlagenforschung. In Zukunft könnten künstliche Materialien, die mit Stammzellen, Knochen oder anderem Gewebe interagieren, durchaus selbst Funktionen im Körper steuern oder gar übernehmen.

Wird man dann noch eine starre Grenze ziehen können zwischen künstlichen Materialien und lebenden Organismen?

Eine horizonterweiternde Lektüre wünscht Ihnen

In dieser Ausgabe

Aufforstung unter Wasser? Das klingt ungewöhnlich. Doch für das Projekt SeaStore, von dem Thorsten Reusch, Professor für Marine Ökologie am GEOMAR in Kiel, in dieser Ausgabe berichtet, tauchen die Beteiligten tatsächlich ab: Sie versuchen, in der Ostsee Seegraswiesen anzupflanzen. Diese einzigartigen Ökosysteme sind nicht nur biologisch wertvoll und schützen das Sediment, sie sind auch wichtige Kohlenstoffspeicher in Zeiten des Klimawandels.



GEOMAR

3 EDITORIAL

6 SPEKTROGRAMM

TITELTHEMA

12 An der Grenze zum Leben

Aktive Materialien sollen die Grenze zwischen Technologie und Biologie verschwimmen lassen.

Von Verena Tang und Lars Fischer

22 »Materialien sind fundamentaler als Sprache«

Materialien wie Stahl oder Textilien machen uns überhaupt erst zu Menschen, erklärt der Materialforscher Mark Miodownik im Interview.

Von Lars Fischer

FORSCHUNG AKTUELL

26 Was wissen wir über 3I/ATLAS?

Erst im Juli 2025 entdeckt, sorgt der interstellare Komet 3I/ATLAS für Furore. Inzwischen ist mehr über ihn bekannt.

29 Warum die »Endurance« wirklich sank

Eine aktuelle Analyse zeigt, wie schwach Shackletons berühmtes Schiff tatsächlich war.

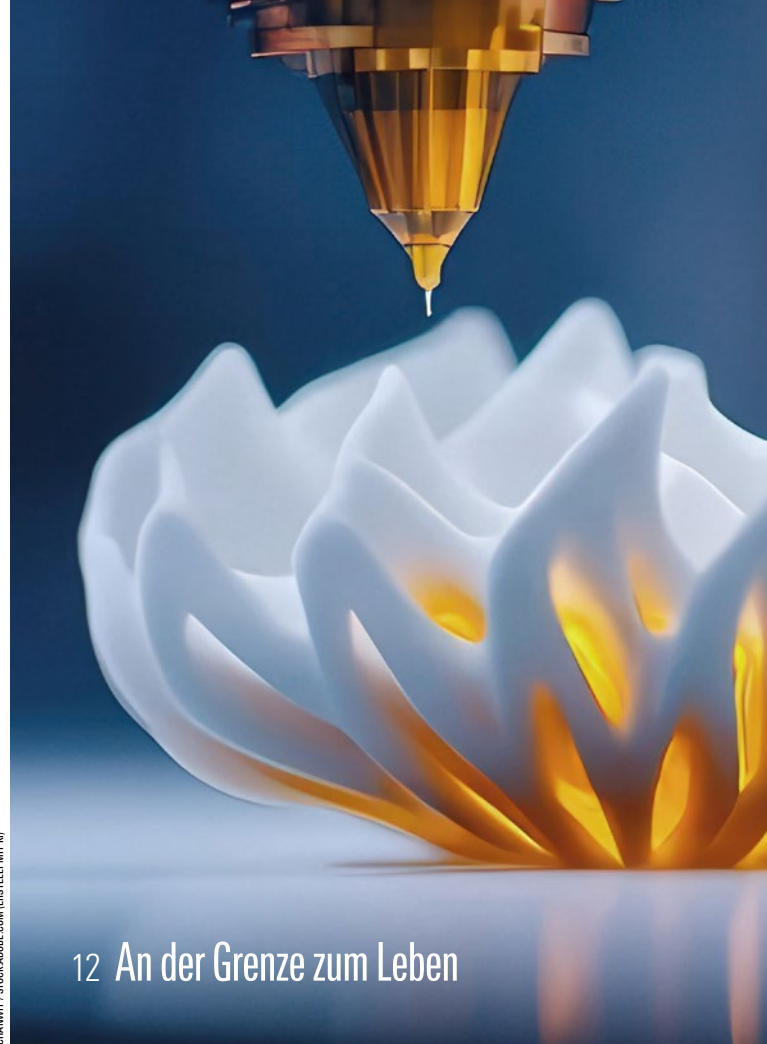
31 Lief der Urknall anders ab?

Vielleicht war der Kosmos anfangs nicht leer, sondern enthielt bereits Elementarteilchen.

34 Frostkur für arktisches Eis



TAYLOR RAOUES



CHANNIT / STOCK.ADOBE.COM (ERSTELLT MIT KI)

12 An der Grenze zum Leben

Springers Einwüfe

33 Wie rechnet sich die künstliche Intelligenz?

GEOENGINEERING

34 Frostkur für arktisches Eis

Forscher wollen das Meereis oberhalb des Polarkreises wiederherstellen, damit es die wärmenden Sonnenstrahlen reflektieren kann.

Von Alec Luhn

Schlichting!

46 Schneeflocken in Licht und Schatten

Fallende Schneeflocken erzeugen faszinierende Spiele von Hell und Dunkel, etwa wenn ihre Schatten im Lichtkegel einer Laterne laufen.

QUANTENMECHANIK

48 Die Jagd nach dem Suprafestkörper

Ein vermeintlich unmögliches Material, das zugleich ein starrer Kristall und flüssig ist, offenbarte sich nach langer Vorarbeit endlich in Experimenten.

Von Lauriane Chomaz

Eine Prise Chemie

58 Die dunkle Seite des Toasts

Schön krosser Toast enthält Chlorpropanole und Glycidol – ob die Mengen schädlich sind, hängt stark von der Personengruppe ab.

Von Verena Tang

Freistetters Formelwelt

61 Mathematik enthüllt die Gestalt von Sternen

PFLANZENZUCHT

62 Gene verändern ohne Gentechnik

SERIE: NUTZPFLANZEN DER ZUKUNFT Die Pflanzenzucht-Methode TILLING kombiniert zufällige Mutationen mit gezielter Suche nach passenden Veränderungen im Erbgut.

Von Stefan Parsch

67 IMPRESSUM

ÖKOLOGIE

68 Aufforstung im Meer

Meeresforscher pflanzen in der Ostsee Seegraswiesen wieder an.

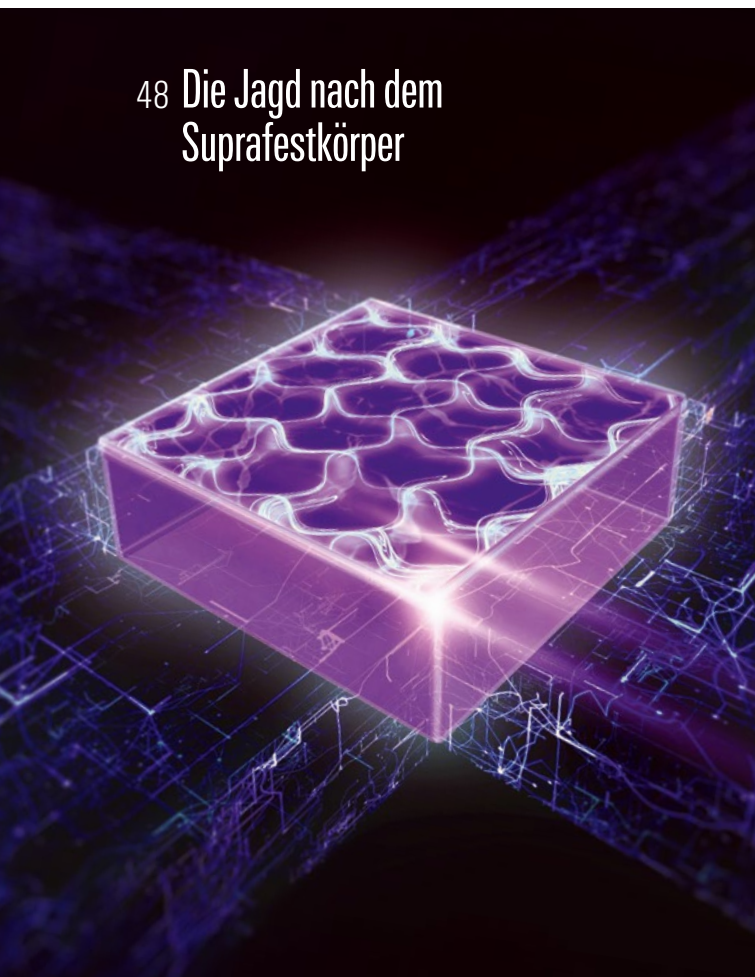
Von Thorsten Reusch



PEKKA TUURI: MIT FROL GEN. VON THORSTEN REUSCH

68 Aufforstung im Meer

48 Die Jagd nach dem Suprafestkörper



IOOUI INNSBRUCK / HARALD RITSCH: BEARBEITUNG: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT

76 REZENSIONEN

80 Futur III

82 VORSCHAU

TITELBILD:
ONIRAMA / STOCK.ADOBE.COM (ERSTELLT MIT KI);
BEARBEITUNG: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT

Alle Artikel auch digital
auf [Spektrum.de](https://www.spektrum.de)

Auf »Spektrum.de« berichtet unsere
Redaktion täglich aus der Wissenschaft:
fundiert, aktuell, exklusiv.

Tiefseekoralle mit ungewöhnlichem Wohnsitz

Eine neu entdeckte Steinkorallenart hat ganz spezielle Vorlieben bei der Wahl ihres Lebensraums: Die winzigen Tiere siedeln unter extremen Bedingungen direkt auf Manganknollen. *Deltocyathus zoemetallicus* (von zoe = Leben und metallicus = Metall) lebt in mehr als 4000 Metern Tiefe in der Clarion-Clipperton-Zone zwischen Hawaii und Mexiko. Während mehrerer Expeditionen hatte eine Forschungsgruppe um Nadia Santodomingo vom Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt sowohl die Knollen als auch Exemplare der Steinkoralle gesammelt. *D. zoemetallicus* ernährt sich von treibenden Partikeln im Wasser. Einige Exemplare stammen nach Forscherangaben aus Tiefen, in denen sich Kalziumkarbonat, das das harte Skelett der Steinkorallen bildet, bereits aufzulösen beginnt. Dies deutet auf eine besondere Anpassung an die schwierigen Bedingungen hin. Die besiedelten, etwa kartoffelgroßen Aggregate aus Mangan, Nickel, Kobalt und anderen Metallen entstehen sehr langsam über Millionen Jahre hinweg, indem sich Metallionen aus dem Meerwasser an einem Muschelsplitter oder einem Haifischzahn ablagern. Die darin enthaltenen Rohstoffe sind begehrt, da sie zum Beispiel für die Herstellung von Batterien benötigt werden. Die Bergung der Knollen durch Tiefseebergbau würde nicht nur den Lebensraum der Korallen zerstören, sondern auch jede Möglichkeit zur Wiederbesiedlung verhindern: Man riskiere die Auslöschung einer gerade erst entdeckten Art, mahnt Santodomingo in einer Pressemitteilung.



PRESSBILD ZU BRIBESIA-CONTREMS, G. ET AL.:
HIDDEN GEMS OF THE ABYSS: FIRST SPECIES OF
POLYMETALLIC CORALS FROM THE CLARION-CLIPPERTON
ZONE. *ISOTHERMAL DETERMINATION OF THE
POLYMETALLIC MODULES IN THE EASTERN PACIFIC
OCEAN*. <https://doi.org/10.1093/zoolinn/znz017>
ZLAF1461, ZOOLOGICAL JOURNAL OF THE LINNEAN
SOCIETY 2025, 2025, FIG. 2A-B



PRESERBIO DI BRIBIESCA-CONTRENAS, G. ET AL.:
HUBBY GEMS OF THE ADYAS: FIRST SPECIES OF
POLYMETALLIC MODULES IN THE EASTERN PACIFIC
OCEAN. <https://doi.org/10.1093/zoolinnic/zlzf1461>, ZOOLOGICAL JOURNAL OF THE LINNEAN
SOCIETY 205, 2025, FIG. 2B