

Dezember 2024

D € 8,20 | A € 8,20 | CH CHF 14,50
übrige Euroländer € 8,90 | E 2164 E

bild der WISSENSCHAFT

bild der
wissenschaft

WISSENSBUCH
des Jahres **2024**

Rentiere:
Eine Geschichte
der Domestizierung

Generation 6G:
Mobilfunk für Mensch
und Maschine

Gesunde Berührung:
Die Wirkung von
Streichelneuronen

Wie einfach ist unser Universum?

Riesenstrukturen und seltsame Ströme im All
gefährden das Standardmodell der Kosmologie



bild der Wissenschaft

PODCAST



NEUE FOLGE
**Monsterwellen
durch Vulkane**

Wissenschaftsjournalist Tim Schröder im Gespräch mit Expertinnen und Experten aus Forschung und Entwicklung zu Themen, die uns bewegen.

Rutscht die Flanke eines Vulkans ins Meer, kann das zu einer riesigen Welle führen. Morelia Urlaub vom GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung untersucht Küstenvulkane. Welche Warnsignale gibt es und wie lassen sich Menschen künftig besser vor Tsunamis schützen?



hier.pro/Podcast

Überall, wo es Podcasts gibt:

YouTube Music, Deezer, Apple Podcasts,
Amazon Music/Audible, Spotify, uvm.

Liebe Leserinnen und Leser,

es steht eine 12 auf der Titelseite, wir berichten über Rentiere (ab Seite 40), stellen die Wissensbücher des Jahres vor (ab Seite 32) und erklären, wie wohl-tuend Berührungen sind (ab Seite 88). Ja, da kommt sie wieder, die Winter-Weihnachts-Kuschel-Zeit. Ich lebe gern in einer Erd-region mit vier Jahreszei-ten. Sie bilden einen gu-ten Rahmen fürs eigene Leben. Vielleicht fällt es mir als Mitteleuropäerin gerade deshalb so schwer, einfach mal nur im Hier und Jetzt zu leben, weil ich immer weiß, dass der nächste Winter kommen wird. Seit Generationen haben die Men-schen hier die Erfahrung: Ohne Vorsor-ge gibt es im Winter nichts zu essen und kein warmes Plätzchen. Der Unter-schied fiel mir auf einer Kubareise auf.



In Havanna waren die Häuser marode. Den Fenstern fehlte das Glas, Dächer waren löchrig. Und dann kam ein Ge-witter. Wir flüchteten ins Hotel und sa-hen gerade noch, wie einige Mitarbeiter völlig gelassen Eimer aufstellten, um den eindringenden Regen aufzufangen. Nach kurzer Zeit war alles vorbei und schnell wieder trocken. In Kubas tropischem Klima kann man auch so überleben. Doch hier geht es im Win-ter nicht ohne festes Dach und warme Heizung. Wer es hat, kann die Tage genießen. Ich würde mich freuen, wenn diese Ausgabe dafür ein guter Begleiter wird und wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

Andrea Stegemann
Chefredakteurin

 **bdw** auf Instagram
/bilderwissenschaft *folgen & liken*

Für unser Titelthema haben wir auf dem Cover und für die Überschrift des dritten Teils auf Seite 28 eine Frage gewählt. Im Zeitalter von Effekthascherei, unwahr-haftigen Einseitigkeiten und Wichtigtu-ern hätte man dieselben Texte auch mit „Revolution!“ im Titel „verkaufen“ können. Und vielleicht ereig-net sich gerade wirklich ein Umbruch in unserem Weltverständnis. Doch ein der Orientierung ver-pflichtetes Magazin wie bild der wissenschaft kann von spannenden Forschungsfronten auch ohne aufgeschreckte Ausrufe-zeichen seriös berichten. Jim Peebles, der 2019 den Physik-Nobel-preis bekam, hat es so auf den Punkt gebracht: „Mir missfällt die Tendenz in den Medien sowie in unserer Fachlitera-tur, offene Fragen gleich als Krisen oder gar Misserfolge darzustellen. Das erregt zwar Aufmerksamkeit und Internet-



Klicks. Aber in der Kosmologie mit ihrer solide überprüften empirischen Grundlage, die wahrscheinlich nicht verschwinden wird, bieten offene Fra-gen sehr viel eher Gelegenheiten, mehr zu lernen über die Natur der physikali-schen Realität.“ Die Physikerin Jenny Wagner, die im Interview auf Seite 31 zu Wort kommt, sagt Ähnliches: „Einige Wissenschaftler sehen in der aktuellen Daten-lage eine Krise der Kos-mologie, weil sie hoff-ten, dass das einfache Standardmodell die Mess-daten weiterhin gut beschrei-ben würde. Doch des einen Krise ist des anderen Fortschritt. Wir können die Diskrepanzen daher ebenso als Hin-weis darauf interpretieren, dass unsere Messungen nun genau genug sind, um neue Details zu erkennen.“ Ad astra!

Rüdiger Vaas
Redakteur für Astronomie und Physik



Foto: © Götz Schleser

Vor hundert Jahren entstand eine neue Wissenschaft: die Quantenphysik. Eine fesselnde Geschichte über die Freude am Denken, über Glanz und Abgründe der zwanziger Jahre und den Tanz auf dem Atom.

Titelthema

Wie einfach ist unser Universum?

- 14 Das Kosmologische Prinzip**
Die Grundlage unseres Weltbilds
- 20 Die größten Strukturen im Weltraum**
Sie überbrücken Milliarden Lichtjahre
- 28 Ein asymmetrisches All?**
Seltsame Ströme und rätselhafte Richtungen
- 31 „Das Standardmodell der Kosmologie muss korrigiert werden“**
Interview mit der Physikerin Jenny Wagner

- 32 Mensch und Natur**
Die Wissensbücher des Jahres 2024



- 40 Eine eiskalte Gemeinschaft**
Archäologen liefern neue Erkenntnisse über die Entwicklung der Beziehung zwischen Menschen und domestizierten Rentieren.
- 46 Die Forschperspektive**
Aus Alt mach Neu
- 48 20 Jahre nach dem Tsunami**
Forscher entwickeln Frühwarnsysteme, um weitere Katastrophen zu verhindern.

- 60 Vom Laserblitz zum Teilchenstrahl**
Neue Röntgenquellen auf der Basis von Laserlicht könnten Grundlagenforschung und saubere Stromerzeugung beflügeln.
- 66 Der Funk für übermorgen**
Mit dem nächsten Mobilfunkstandard soll eine reibungslose Kommunikation von Menschen und Maschinen möglich werden.



40 Kältekünstler im hohen Norden: Indigene Völker und ihre Rentiere leben unter teils widrigen Bedingungen.



66

Kaum ist die fünfte Mobilfunkgeneration gestartet, feilen die Wissenschaftler weltweit bereits an einem Nachfolger. Was wird 6G künftig leisten können?



12

Das Universum ist im Kleinen komplex (hier ein Infrarotfoto von der Spiralgalaxie PGC 32620), aber im Großen vielleicht ganz einfach – oder doch nicht?

70 Sabine Hossenfelders Stichproben

Wozu ein neuer Super-Teilchenbeschleuniger?

72 Alte Kleider für neue Mode

Das Recycling von Textilien stellt Forscher und Ingenieure vor eine schwierige Aufgabe.

LEBEN ↔ MENSCH

80 Wirklich wahr?

Die Frage nach der Wahrheit ist ein Klassiker der Wissenschaftsphilosophie.

85 „Der Begriff Wahrheit wird missbraucht“

Interview mit Mojib Latif

86 Die Science Busters

Reden wir über Gott und das Ende der Welt

88 Gesunde Berührung

Hautkontakt wirkt sich positiv auf Schmerzleiden und Depressionen aus.

Standards

3 Editorial

6 Das Bild der Wissenschaft

8 Magazin

54 Das glaube ich nicht: Dunkle Dimensionen

58 Deutschland-Karte: Imkereie

78 Leserforum

79 Phänomenal: Rothaarige sind anders

94 Cogito: Das Rätsel für Clevere

96 Statistik: So tickt die Jugend

97 Vorschau und Impressum

98 Update: Was gegen Migräne hilft

bild der wissenschaft Studienreisen

50 „Der Anblick in den Höhlen ist fesselnd“ Archäologe Ingmar M. Braun im Interview

52 Bildhöhlen in Nordspanien – eine bdw-Reise



/bildderwissenschaft



@bdwredaktion



/bildderwissenschaft

Unser Portal: [wissenschaft.de](https://www.wissenschaft.de)

Newsletter abonnieren: [wissenschaft.de/newsletter](https://www.wissenschaft.de/newsletter)



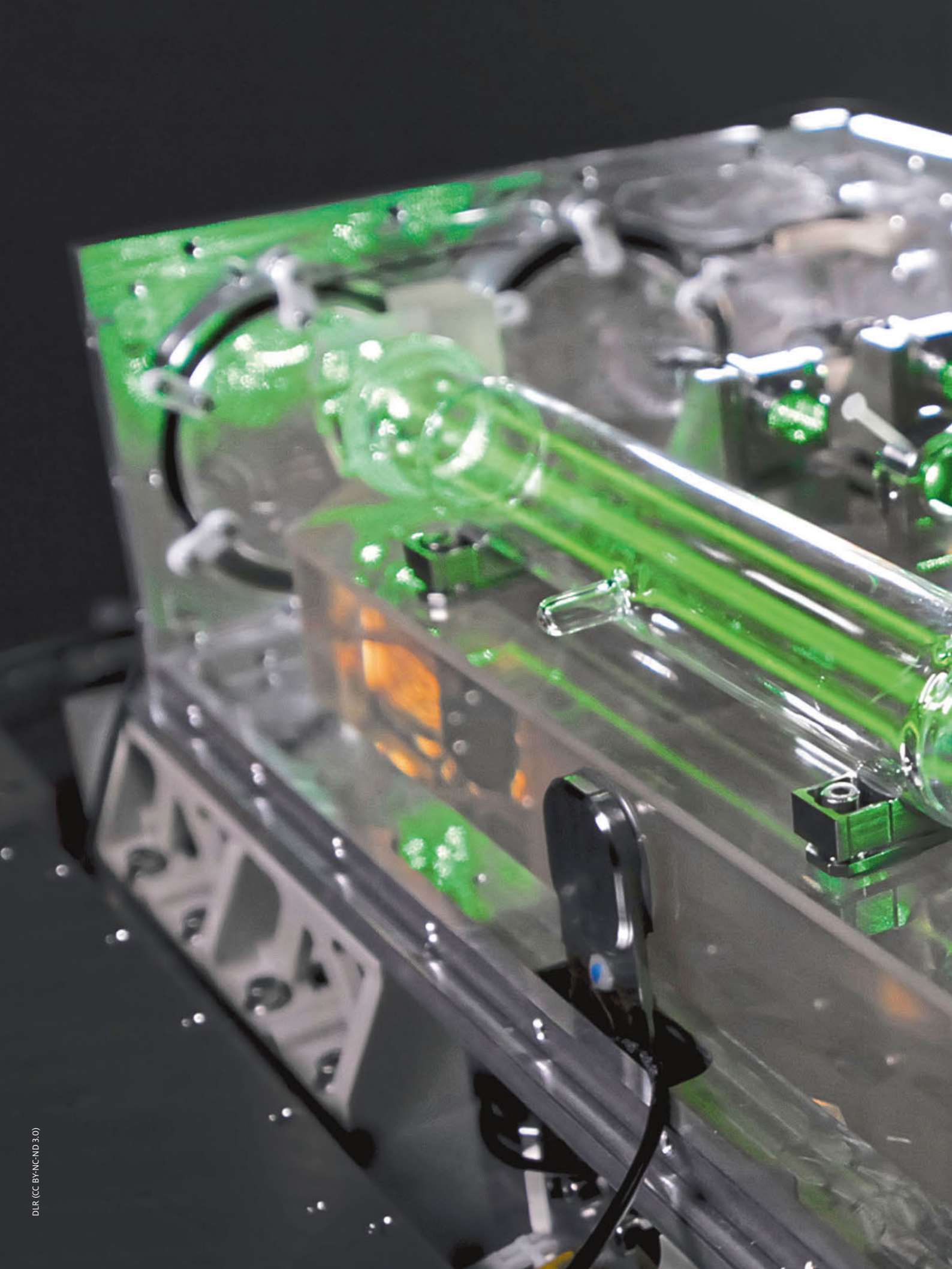
80

In Zeiten von Wissenschaftsskepsis und Verschwörungserzählungen hat die Frage nach der Wahrheit eine besonders große Bedeutung.



88

Berührungen am Kopf dämpfen Ängste stärker, als wenn beispielsweise nur der Arm touchiert wird.





Das Bild der Wissenschaft

Eine Uhr aus Gas und Licht

So sieht ein strahlender Rekordhalter aus. Mit einer neuen Laseruhr haben Ulmer Forscher einen neuen Spitzenwert bei der Genauigkeit von optischen Uhren erreicht. Das Chronometer, das ein Team um den Physiker und Feinwerkingenieur Claus Braxmaier am Institut für Quantentechnologien des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelt hat, weicht in 30 Millionen Jahren bloß eine Sekunde von der sogenannten Weltzeit ab.

Das Herzstück der Uhr ist eine mit gasförmigem Jod gefüllte Zelle. Sie wird mit grünem Laserlicht beleuchtet, dessen Wellenlänge exakt auf eine bestimmte Schwingung der Atomkerne in den Jod-Molekülen abgestimmt ist. Der Takt dieser Vibration hängt ausschließlich von Quanteneigenschaften ab und bietet damit eine fundamentale physikalische Referenz für eine hochpräzise Messung der Zeit. Um in der Gaszelle ein standardisiertes Zeitsignal zu erzeugen, werden mit dem grünen Laserstrahl Lichtblitze eines zweiten Lasers überlagert. Das Farbspektrum dieser Laserpulse wirkt wie ein Kamm, mit dem sich die Frequenz des auf die Jod-Schwingungen fixierten Lichts präzise messen lässt.

Eine künftige Anwendung für solche optischen Uhren sehen die Forscher in Satelliten, wo eine exakte zeitliche Synchronisation etwa bei der Navigation oder Kommunikation von entscheidender Bedeutung ist. Uhren, die bislang in der Satellitentechnik zum Einsatz kommen, besitzen nur etwa ein Hundertstel der Genauigkeit einer Laseruhr. Atomuhren, die noch genauer sind, wären für einen Einsatz im Orbit zu groß und zu schwer.