

DER SUPER-SHERPA

Wie ein junger Nepalese den Alpinismus stürmt

ZUG DER RENTIERE

Mit 6000 Tieren durch Kanadas arktische Wildnis

NATIONAL GEOGRAPHIC

Winter verschlafen

Viele Tiere können es. **Menschen bald auch?** Antworten aus der Forschung

PROJEKT KERNFUSION

GRENZENLOSE ENERGIE

Am Forschungsreaktor ITER tüfteln 33 Nationen an einer Menschheitsfrage: **Wie bändigen wir den Energieprozess der Sonne?**

NATIONALGEOGRAPHIC.DE

DEUTSCHLAND € 7,50 | ÖSTERREICH € 8,30 | SCHWEIZ CHF 12,00
BENELUX € 8,70 | FRANKREICH, ITALIEN, SPANIEN, PORTUGAL (CONT.) € 10,20 | GRIECHENLAND € 10,80



7 Flüge. 750 Meter Höhe. 159 Salzseen. One Moment

Tom Hegen, The Salt Series I
Für den Moment, der bleibt. WhiteWall Fotodruck:
Ihr Bild, unsere Leidenschaft.



Ausgezeichnet mit dem TIPA World Award „Best Photolab.“
Galerie-Qualität printed by WhiteWall.com



Fotoabzug hinter Acrylglas
Holzrahmen Hamburg Nussbaum

 WHITE WALL



EDITORIAL

CLAUDIA EILERS

DIE HERAUSFORDERUNGEN, vor denen Physiker, Ingenieure, Techniker bei der Frage der Kernfusion stehen, scheinen ungeheuer. Nebeneinander den kältesten und den heißesten Ort des Universums zu kreieren: nur eine der Aufgaben auf der Baustelle des internationalen Versuchsreaktors ITER in Frankreich. „Absurd“, den Begriff verwendet unser Autor Michael Finkel mehrfach in seiner Reportage (ab S. 20). Sehr vertraut: Kostenexplosionen, Schönfärberei, Gezänk. Trotzdem: „Fusionskraft wird kommen, das lässt sich nicht mehr aufhalten“, sagt Thomas Klinger. Er leitet in Greifswald das Projekt Wendelstein 7-X, ein alternatives Modell zum Plasmaeinschluss, mit dem Energie durch Kernfusion erzeugt werden soll.

Dass wir Menschen es den Bären gleichtun und die kalt-grauen Monate im Winterschlaf verbringen, davon träumen wohl viele. Erscheint auch absurd? Die Wissenschaft forscht daran und löst die damit verbundenen Rätsel – wie bei der Kernfusion: Schritt für Schritt (ab S. 64).

Danke, dass Sie NATIONAL GEOGRAPHIC lesen!

Claudia Eilers

world insight®



LEBE
DEINEN
TRAUM

z.B. 22 Tage
Sri Lanka
ab **2.699 €**
inkl. Flug

Weitere Erlebnisreisen in mehr als 90 Ländern:

Namibia & Botswana	21 Tage ab 3.499 €
Albanien	16 Tage ab 1.799 €
Costa Rica	20 Tage ab 3.350 €
Marokko	15 Tage ab 1.899 €
Vietnam & Kambodscha	24 Tage ab 2.999 €

Alle Preise inkl. Flug, Rundreise, Eintrittsgeldern, deutschsprachiger Reiseleitung, R&F-Fahrkarte.

Echtes Reisen in kleiner Gruppe.
Zum besten Preis.

WORLD INSIGHT Erlebnisreisen GmbH
Alter Deutzer Postweg 99 | 51149 Köln
Telefon 02203 9255-700 | www.world-insight.de

INHALT

3 **EDITORIAL** / 6 **IM FOKUS**

UNSERE THEMEN

14

FORSCHUNG & FAKTEN

Soziale Hautpflege bei Walen und neue Wege zur Entfeuchtung der Raumluft.

16

GENIAL GEDACHT

Diese Firma stellt Kunststoffalternativen aus Getreideresten her.

56

VON DER SAVANNE AUF S EIS

In Kenia gibt es nur eine kleine Eisbahn - aber dafür ein junges Eishockeyteam, das bereits von den Olympischen Spielen träumt. Wie die Ice Lions von Nairobi aus die Sportwelt in Ostafrika revolutionieren.

84

GIFTIGER GARTEN

Schierling und Tollkirsche, Käfige und Schutzanzüge: Das englische Anwesen Alnwick Castle beherbergt über hundert giftige Pflanzenarten. Zu Besuch in der wohl tödlichsten Pflanzensammlung der Welt.

106

PHOTO ARK

Der Goldschakal ist listig und zählt zu den erfolgreichsten Räubern.

108

PROOF

Ein japanischer Fotograf eröffnet eine völlig neue Sicht auf die faszinierende Welt der Insekten.



56 Olympiahoffnung: Kenias junges Eishockeyteam Ice Lions.

106 Mit Scharfblick: der Goldschakal.



136 **TRAVELER** / 142 **NATGEO-WELT** / 144 **IMPRESSUM** / 146 **VORSCHAU**

UNSER COVER Künstlerische Darstellung des ITER-Reaktorbehälters, in dem bei 150 Millionen Grad Plasma für die Kernfusion entstehen soll.
Art Concept DAVID PARKER/SCIENCE PHOTO LIBRARY



20 Baustelle der Superlative: Modul des ITER-Fusionsreaktors in der Montagehalle.

REPORTAGEN

20

MIT DER KRAFT DER STERNE

Wie das Rennen um die Kernfusion unbegrenzte saubere Energie in Aussicht stellt.

50

IM INTERVIEW
Prof. Thomas Klinger über Fusion in Greifswald.

64

MENSCHEN IM WINTERSCHLAF

Bisher nur aus Science-Fiction-Erzählungen bekannt: Das Versetzen von Menschen in den Winterschlaf könnte Medizin und Raumfahrt revolutionieren – vielleicht sogar früher als gedacht.

90

KANADAS LETZTE RENTIERE

Die Rentiere in der kanadischen Arktis bilden Kanadas einzige frei laufende Herde. Vor hundert Jahren wurde die domestizierte Art aus Skandinavien importiert. Heute hüten die Inuvialuit die Tiere.

116

AUFSTIEG EINES SHERPAS

Der Nepalese Nima Rinji Sherpa war der jüngste Bergsteiger, der alle 14 höchsten Gipfel der Welt erklommen hat. Jetzt will er beweisen, dass Sherpas weit mehr sind als nur Träger und Guides.

IM FOKUS

NEUE BILDER UNSERER FOTOGRAFEN



WILDTIERE

„Ihre orangen FEDERN machen Bergfinke zur Zielscheibe von Raubvögeln. Auf einem Feld wie diesem sind sie für ihre Feinde *unsichtbar*.“

MATEUSZ PIESIAK, *Fotograf*

Ein Bergfink lässt sich auf einem winterlichen Feld bei Breslau Sonnenblumenkerne schmecken. Wegen Überschwemmungen war das Feld nicht gemäht worden.

MYTHOS & MAGIE

ALLES ÜBER DIE WELT DER HEXEN

NR. 23

SPECIAL



NATIONAL
GEOGRAPHIC

SPECIAL

GÖTTLICHE WURZELN

Die schillernde Rolle der Zauberinnen und Walküren

ZWISCHEN DEN WELTEN

Wie Schamanen und weise Frauen die Natur bewegen

BUND MIT DEM TEUFEL

Warum die „böse Hexe“ unser Denken beherrscht

VON KIRKE
BIS RASPUTIN:

Legendäre Hexen
und Magier
im Porträt

JETZT
AM
KIOSK!

GESCHICHTE
DER

HEXEN

Vom antiken Mythos bis zum
Wahn der Hexenprozesse

„Der magische Kreis“,
John William Waterhouse, 1886



ODER 2 AUSGABEN
MIT 50% ERSPARNIS TESTEN UNTER
shop.nationalgeographic.de/special-testen



LANDSCHAFT

„Wo die NATUR *ausgelöscht* worden war, sah ich sie
lächeln. Für sie fühlte es sich nach SPASS an.“

MITHAIL AFRIGE CHOWDHURY, *Fotograf*

In Bangladeschs Hauptstadt Dhaka gibt es aufgrund der rasanten Urbanisierung kaum Grünflächen. Doch Zarah Jin Nurain (r.) hatte in der Schule die Aufgabe bekommen, Zeit in der Natur zu verbringen. Ihre Mutter Nasrine Rahman arrangierte daher kurzerhand dieses Picknick auf dem Dach.



MONGOLEI

2000 Jahre Kunst und Geschichte
24.10.25–22.2.26

Unterstützt von

PARROTIA-STIFTUNG Vontobel Stiftung

In Zusammenarbeit mit



Medienpartner

NZZ LE TEMPS arte WELTKUNST TRANSHELVETICA pöly





MEERE

„Meerechsen erinnern mich daran, wie die EVOLUTION die Lebewesen so formt, dass sie den Anforderungen ihrer *Umwelt* gewachsen sind.“

CRISTINA MITTERMEIER,
*Fotografin und
National Geographic Explorer*

Meerechsen gibt es nur auf den Galapagosinseln. Weltweit sind es die einzigen Echsen, die sich fast ausschließlich von Algen aus dem Meer ernähren.



LEBENSUNTERHALT

„Ich wollte das *Ring* zwischen Mann und Agave einfangen. Wie er die Pflanze regelrecht **BEZWINGT**, um ihren Saft zu gewinnen – fast wie ein *Kampf*.“

RODRIGO ESTEVA, *Fotograf und National Geographic Explorer*

In Tlaxcala, Mexiko, bearbeitet Margarito García Roldán mit einem Spezialwerkzeug die stacheligen Blätter einer etwa 15 Jahre alten Agave. Er fermentiert ihren Saft, um das milchig-säuerliche alkoholische Getränk Pulque herzustellen.

ES GIBT VIEL ZU ENTDECKEN!



ODER 2 AUSGABEN MIT
50% ERSPARNIS TESTEN UNTER
shop.nationalgeographic.de/traveler-miniabo

TIERE

SPA FÜR WALE



→ **ORCAS** unterstützen einander bei der Körperpflege, wie Forscher im renommierten Fachmagazin *Current Biology* berichten. Sie beobachteten, wie die Meeressäuger die meterlangen, schlauchartigen Stiele der Bullentang-Braunalge *Nereocystis luetkeana* in kleinere Stücke teilten und diese zwischen sich und einem weiteren Orca platzierten. „Die beiden Wale bewegten sich so, dass der Stiel zwischen ihnen blieb, während sie ihn über ihre Körper rollten“, erklärt Verhaltensbiologe Michael Weiss vom Center for Whale Research. Fiel der Stiel hinunter, nahm der hintere Wal ihn oft wieder auf und begann von Neuem. „Wir glauben nicht, dass die Wale spielen, sondern dass dieses ‚Allokelping‘ der Hautpflege dient“, sagt Weiss. Vermutlich versuchen die Tiere so, sich von abgestorbenen Hautschuppen zu befreien. Die Braunalgen besitzen antibakterielle und entzündungshemmende Eigenschaften. „Wie das Lausen der Affen dient die Hautpflege wahrscheinlich auch der Stärkung sozialer Beziehungen“, glaubt Weiss. Besonders oft beobachteten die Forscher das Verhalten zwischen nahen Verwandten und Walen ähnlichen Alters. Das Team hofft, mit den neuen Erkenntnissen auch zum Erhalt der Tangwälder beizutragen, die durch steigende Meerestemperaturen schrumpfen. „Wir brauchen Bullentang, um diese einzigartige Werkzeugkultur der Orcas zu bewahren“, so Weiss.

RAUMKLIMA

Wand schluckt Wasser

Im Herbst wird die Luft in Innenräumen dick. Fenster bleiben öfters zu, die Luftfeuchtigkeit steigt, im schlimmsten Fall macht sich Schimmel breit. Wissenschaftler der ETH Zürich haben nun eine nachhaltige Lösung für feuchte Räume entwickelt: einen klimafreundlichen Belag für Wände und Decken, der Feuchtigkeit zwischenspeichert und später, wenn der Raum gelüftet wird, wieder abgibt. „Die Elemente bestehen aus fein vermahlenden Abfällen aus Marmor-Steinbrüchen und werden mit 3-D-Druck hergestellt“, erklärt Guillaume Habert, Projektleiter und Professor für Nachhaltiges Bauen. Sie könnten zukünftig etwa in Bibliotheken, Museen, Büro- und Warteräumen zum Einsatz kommen. „Unsere Wand- und Deckenelemente verursachen über einen 30-jährigen Lebenszyklus deutlich weniger Treibhausgasemissionen als eine Lüftungsanlage, die die Luftqualität im gleichen Ausmaß entfeuchtet“, sagt Habert.



TEXTE: SIMONE EINZMANN, FOTOS: GETTY IMAGES (2), MAGDA POSANI

MEDIZIN

ANSTECKENDE AVATARE

→ **UNSER IMMUNSYSTEM** reagiert blitzschnell – selbst wenn die Gefahr nur in einer virtuellen Realität existiert. Immunologen der Universität Lausanne konfrontierten knapp 250 Menschen über ein VR-Headset mit gesund und krank aussehenden Avataren. Zugleich maßen die Forscher die Gehirnaktivität der Probanden und entnahmen Blutproben. Teilnehmer, denen sich „kranke“ Avatare genähert hatten, zeigten eine veränderte Hirnaktivität sowie eine erhöhte Aktivität bestimmter Immunzellen. Die Forscher vermuten, dass das Gehirn das Immunsystem auf Krankheitserreger vorbereitet, schon bevor diese in den Körper eindringen.



KLIMAPUFFER WALD

11%

mehr Biomasse erzeugen Wälder, bei denen die Baumarten zufällig durchmischt sind, hat das Deutsche Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung herausgefunden. Daher sollte man Bäume beim Aufforsten durch-einander oder in Reihen mit wechselnden Arten anpflanzen.

National Geographic, In der Bruckmann-Verlag GmbH, Infanteriestraße 11a, 80797 München
© stock.adobe.com – Bernultius

MOMENTE DER WELT

NEU

Packende Momentaufnahmen und mitreißende Erzählungen

Exklusive Making-Of-Einblicke und Tricks für eigene Fotos

Mit einem persönlichen Vorwort des Sängers Clueso



208 SEITEN · € (D) 34,99
€ (D) 27,99* ABONNENTEN-VORZUGSPREIS*

Hier mehr erfahren!



JETZT ÜBERALL, WO ES BÜCHER GIBT
UND AUF NATIONALGEOGRAPHIC-BUCH.DE



*Vorzugspreis für Abonnenten der Magazine von National Geographic: Geben Sie auf nationalgeographic-buch.de beim Kauf Ihre Kundennummer an.

VÖLLIG AUFGELÖST

Das Hamburger Unternehmen Traceless produziert eine Kunststoffalternative aus Getreideresten. Das Material ist biologisch abbaubar und hinterlässt keine Spuren von Mikroplastik.

Text CHRISTOPH WÖHRLE *Foto* HEINRICH HOLTGREVE

→ **EINE NEUE ART** von Kunststoff, hergestellt aus Spreu, Halmen und kleinen Körnern: Das war die Vision von Anne Lamp, die als Studentin der Verfahrenstechnik in Hamburg an innovativen Kunststoffen forschte. Vor fünf Jahren gründete sie ihr eigenes Unternehmen, Traceless („Spurlos“). Der von ihr entwickelte Stoff basiert auf natürlichen Polymeren, die aus pflanzlichen Resten stammen, etwa aus der Getreideverarbeitung.

Mithilfe eines neuartigen Verfahrens entsteht ein Material, „das viele Eigenschaften von Kunststoffen aufweist“, sagt Lamp, heute 34 Jahre alt. Man könne sich die Naturpolymere vorstellen wie ein Wollknäuel, bei dem es viele Möglichkeiten gibt, die Fäden anzuordnen. „Daraus resultieren unterschiedliche Festigkeiten, die sich für verschiedene Anwendungen eignen.“ Die Innovation sei, bewusst keine chemische Veränderung des Ausgangsmaterials zuzulassen.

Traceless steckt in den Folienverpackungen eines großen Versandhauses, in Kleiderbügeln und Pappbeschichtungen. „Unser Material kann erdölbasierte Kunststoffe ersetzen, gerade bei schwer recycelbaren Verpackungen oder Einwegprodukten“, sagt Lamp. So ließe sich der CO₂-Ausstoß um

über 90 Prozent verringern. Der Name ist bei Traceless Programm, das Material verschwindet tatsächlich spurlos: „Es baut sich in bis zu zwölf Wochen durch Mikroorganismen ab.“

Plastik aus Erdöl braucht für diesen Prozess Hunderte Jahre und zerfällt dabei lediglich in Mikroplastikteile, die sich über die Nahrungskette wieder im menschlichen Körper anreichern können. Ihr Produkt sei „vollständig unbedenklich für Mensch und Umwelt“, sagt Lamp. Man könne es theoretisch sogar essen. Wegen begrenzter Produktionskapazitäten ist der natürliche Ersatz von Kunststoffen und Biokunststoffen aktuell noch bis zu fünfmal teurer als herkömmliche Kunststoffe auf Erdölbasis. Doch Traceless punktet im Vergleich zu anderen Alternativen: „Viele Biokunststoffe basieren auf Stärke und Zucker und stehen damit in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion“, sagt Anne Lamp. „Wir arbeiten dagegen mit Reststoffen.“ Traceless kompostiere sich zudem bereits unter natürlichen Bedingungen und nicht erst in industriellen Anlagen.

Gerade ist die Firma auf fast 100 Mitarbeiter angewachsen. Sie könnte dazu beitragen, eines der größten Umweltprobleme unseres Planeten zu lösen. □

GUT VERPACKT
Hamburg

In diesem Jahr stellt Anne Lamps Firma Traceless auf 4000 Quadratmetern die erste industrielle Produktionsanlage in Hamburg-Harburg fertig, mit mehreren Tausend Tonnen Jahresproduktion.





INSIDE MELBOURNE AIRPORT

Alltag am Mega-Flughafen



NEUE SERIE

SAMSTAGS 20:15

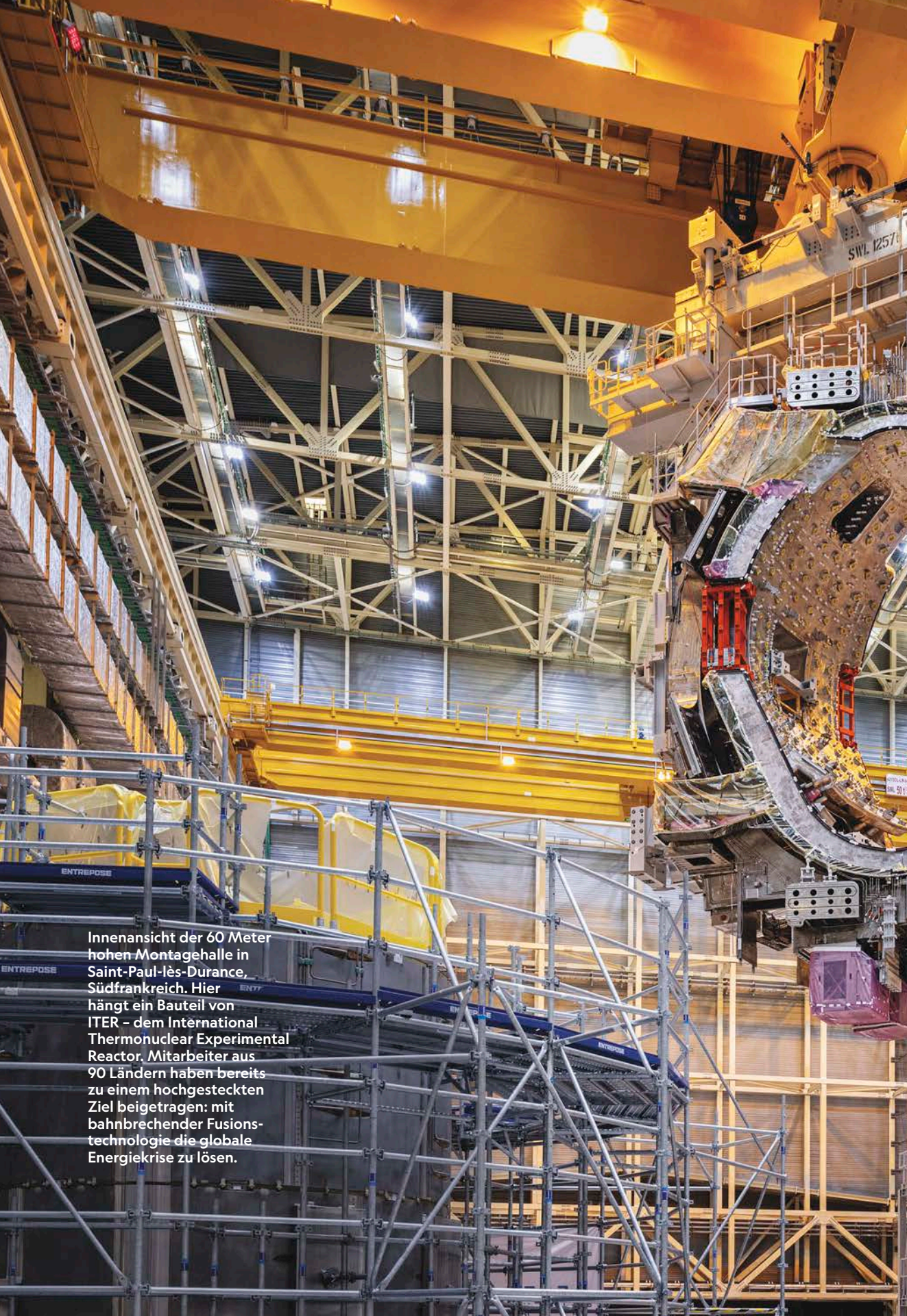
 **NATIONAL
GEOGRAPHIC**

Im TV und auf Abruf. Mehr Infos auf: www.NatGeoTV.com/de



ARKTISCHE REISE
Bei minus 30 Grad ziehen die Rentiere der indigenen Inuvialuit ihren Kalbungsgebieten entgegen. Die domestizierte Art wurde 1929 eingeführt, um die Bestände wilder Karibus zu ergänzen.





Innenansicht der 60 Meter hohen Montagehalle in Saint-Paul-lès-Durance, Südfrankreich. Hier hängt ein Bauteil von ITER - dem International Thermonuclear Experimental Reactor. Mitarbeiter aus 90 Ländern haben bereits zu einem hochgesteckten Ziel beigetragen: mit bahnbrechender Fusions-technologie die globale Energiekrise zu lösen.



WIE MAN
AUF DER
ERDE
EINEN
STERN
ERSCHAFFT

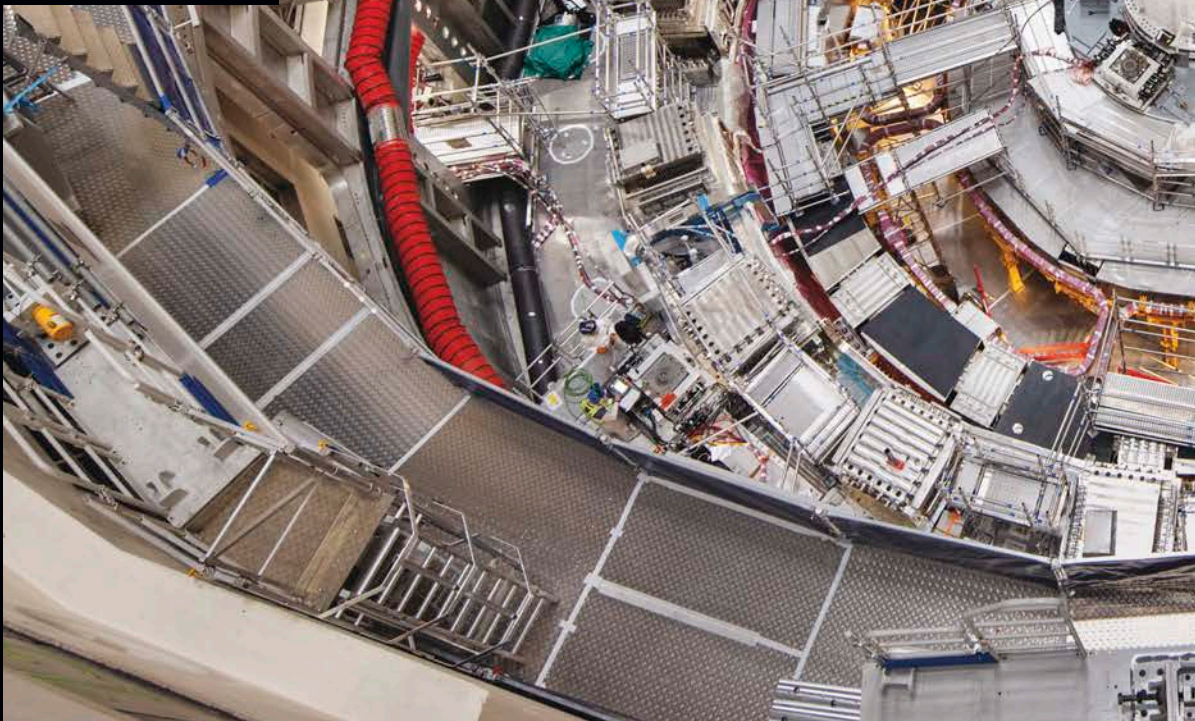
Weltweit läuft das Rennen, die nahezu unendliche Energie der Kernfusion nutzbar zu machen. In einer kleinen Stadt im Süden Frankreichs nähert sich ein wissenschaftliches Megaprojekt mit gigantischem Ausmaß der Lösung unseres globalen Energiebedarfs - Schritt für Schritt.

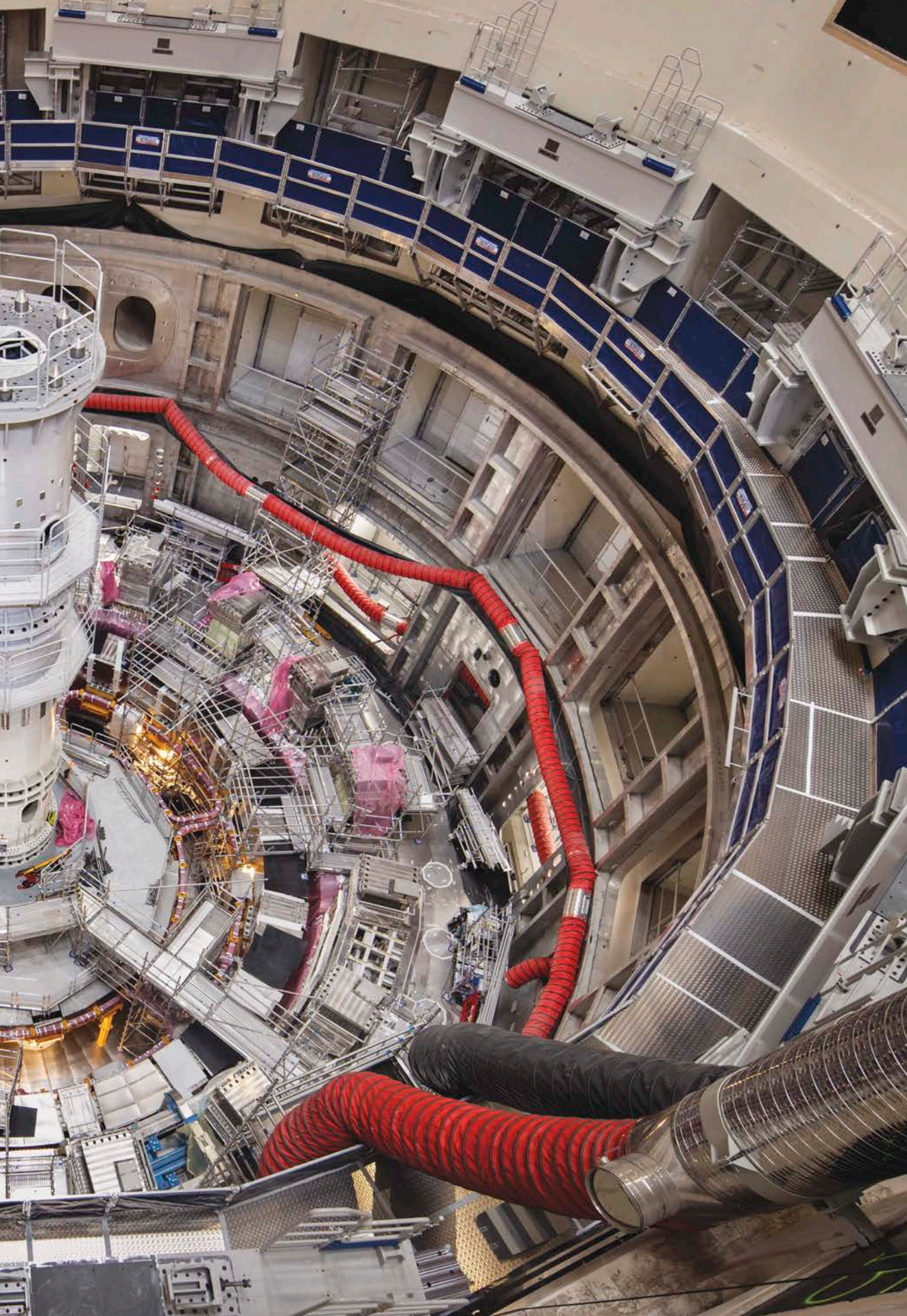
TEXT
MICHAEL FINKEL

FOTOS
PAOLO VERZONE



In der Sonne kommt es zur Kernfusion, weil Wasserstoffkerne unter extremer Hitze und Druck so stark zusammengedrückt werden, dass sie trotz ihrer gegenseitigen Abstoßung miteinander verschmelzen und Helium bilden. Dabei wird Energie frei. ITER soll eine ähnliche Reaktion im Tokamak, einem vakuumdichten Behälter, kontrollieren (Foto).



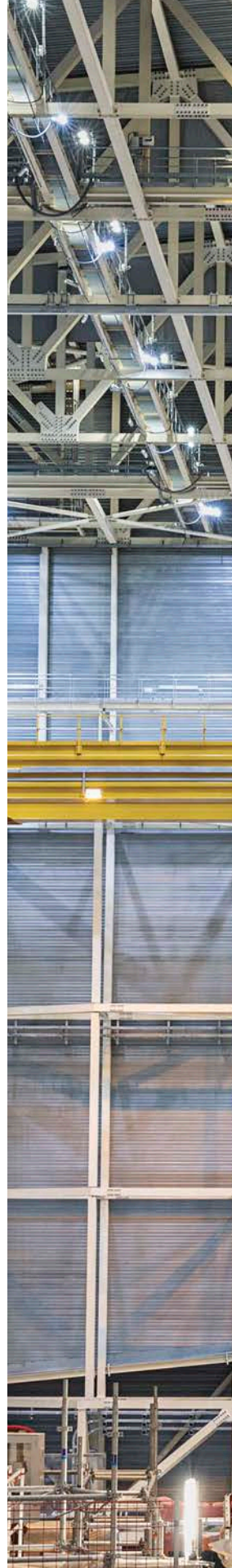


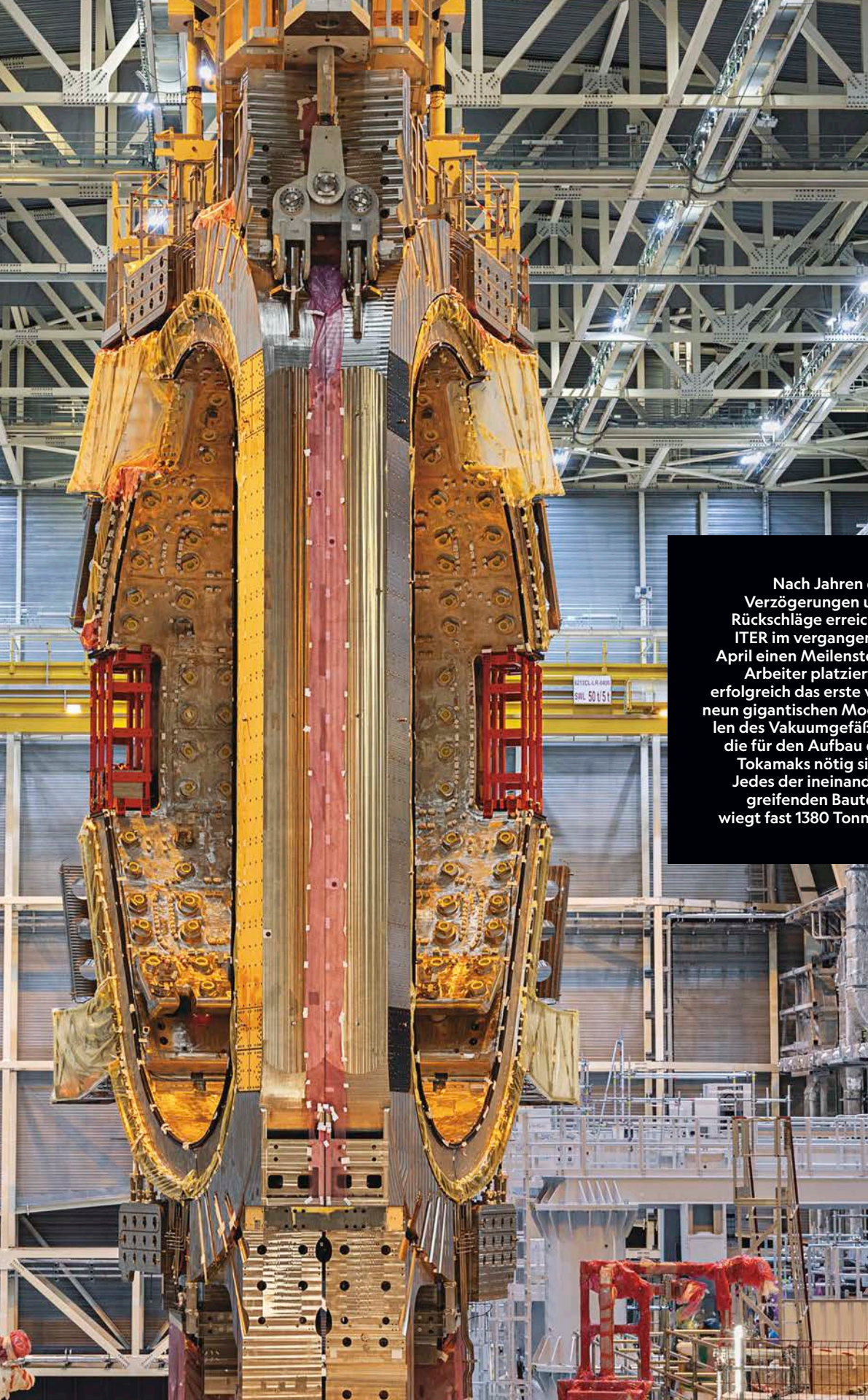


ECHESTE STERNE, DRAUSSEN IM ALL, SIND EINFACH GESTRICKT.

Vor rund 4,6 Milliarden Jahren entstand unsere Sonne aus einer Wolke, die im Wesentlichen aus einer Zutat bestand: Wasserstoff, dem einfachsten und häufigsten Element des Universums. Die Gravitationskraft knetete diese Wolke zu einer riesigen, rotierenden Kugel und presste sie immer weiter zusammen. Schließlich herrschte im Kern eine Temperatur von etwa 15 Millionen Grad.

Bei diesen hohen Temperaturen bewegen sich Atomkerne und Elektronen unabhängig voneinander in einem brodelnden Durcheinander, Plasma genannt. Neben fest, flüssig und gasförmig ist es der vierte Aggregatzustand. Plasma kommt auf der Erde außerhalb von Blitzen, Polarlichtern und Neonreklamen selten vor. Doch es





Nach Jahren der Verzögerungen und Rückschläge erreichte ITER im vergangenen April einen Meilenstein. Arbeiter platzierten erfolgreich das erste von neun gigantischen Modulen des Vakuumgefäßes, die für den Aufbau des Tokamaks nötig sind. Jedes der ineinandergreifenden Bauteile wiegt fast 1380 Tonnen.



macht mehr als 99 Prozent der Masse unseres Sonnensystems aus; der Großteil findet sich in hoch erregtem Zustand in der Sonne. In dieser Sonnensuppe verschmelzen vier Wasserstoffatome schrittweise zu Helium, in jedem Augenblick Billionen Mal. Helium, dessen Fusionspunkt deutlich höher liegt, treibt ruhig im Chaos der Sonne, unbeeindruckt von 15 Millionen Grad. Es gibt genug Wasserstoff in der Sonne, um noch weitere fünf Milliarden Jahre lang Helium zu erzeugen.

Bei jeder dieser Fusionsreaktionen geschieht noch etwas anderes: Ein Heliumatom ist nur einen Hauch leichter als vier Wasserstoffatome; die verbleibenden Materiereste peitschen, frei und energetisch, durch das Plasma, bahnen sich allmählich ihren Weg zur Sonnenoberfläche und strömen ins All. Diejenigen, die in die richtige Richtung unterwegs sind, liefern der Erde kleine Portionen von Wärme und Licht.

N Die gemeinnützige **National Geographic Society** fördert die Erforschung und den Schutz der Wunder unserer Erde. Sie finanzierte die Arbeit des National Geographic Explorers und Fotografen Paolo Verzzone.



So gewaltig ist die Kraft unserer Sonne: Die Gesamtenergie, die sie in jeder Sekunde erzeugt, würde genügen, um die gesamte Erde über Hunderttausende von Jahren mehr als üppig zu versorgen. Der Prozess, der im Stern abläuft, erscheint frappierend einfach. Was wäre, wenn wir auf der Erde eine kleinere Sonne erschaffen und ihre Energie anzapfen könnten? Theoretisch hätten wir dann eine nahezu unbegrenzte Quelle sauberer und preiswerter Energie. Sie



Bauleiterin Claire Laugier zählt zu den mehr als 2000 aktuellen Mitarbeitern auf dem 42 Hektar großen ITER-Gelände. Es liegt rund 50 Kilometer entfernt vom Mittelmeer in der Landschaft Südfrankreichs. Die Mitarbeiter decken ein breites Spektrum an Fachrichtungen ab, von Physikern bis zu Mauern und Schweißern.

würde kein Kohlendioxid ausstoßen. Dies könnte vielleicht die globale Erwärmung und den ökologischen Kollaps stoppen. Die Welt wäre gerettet. Klingt utopisch? Ein solches Unterfangen läuft seit mehr als 20 Jahren auf einer riesigen Baustelle im Süden Frankreichs. Nicht nur die Forschung, auch die hierfür nötige menschliche Zusammenarbeit ist beispiellos und unvorhersehbar. Nimmt hier der Traum von einer besseren Zukunft Gestalt an?

DER KÜNSTLICHE STERN HEISST ITER, Lateinisch für „Weg“ und zugleich das Kurzwort für International Thermonuclear Experimental Reactor. Das Arbeitsgelände, 42 Hektar groß und flach wie ein Pfannkuchen, liegt eine Autostunde von der Mittelmeerküste entfernt, zwischen Pinienwäldern und Weinbergen.

An jedem Wochentag treffen dort mehr als 2000 Menschen ein, vom Physiker bis zum Schweißer. Kleinere Teams arbeiten nachts.

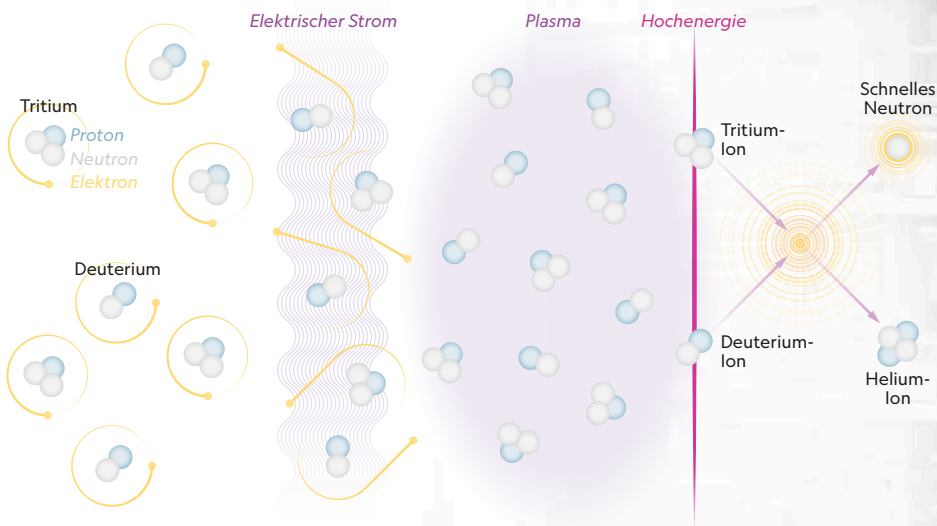
SO FUNKTIONIERT KERNFUSION

Kernfusion verspricht nahezu unbegrenzte, emissionsfreie Energie. Der Haken: Man muss herausfinden, wie sich die Energie eines Sterns auf der Erde erzeugen und nutzbar machen lässt, mit Temperaturen von mindestens 150 Millionen Grad. Ist ITER erst voll in Betrieb, könnte die Anlage zum Modell für die Energiegewinnung der Zukunft werden.

Illustration TOMÁŠ MULLER

GRUNDLAGEN DER KERNFUSION

Um die bei der Fusion frei werdende Energie zu nutzen, muss ein Reaktor Plasma einschließen – das ionisierte Gas entsteht, wenn Atome ihrer Elektronen beraubt werden. Fusionsanlagen sind so konstruiert, dass sie diese Reaktion möglichst lange kanalisieren und kontrollieren. Sie beginnt mit einem mehrstufigen Prozess, der zu einer selbsttragenden Energieerzeugung führt.



Grundelemente kombinieren

Unterschiedliche Materialien können als Brennstoff dienen. Am gebräuchlichsten sind die schweren Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium. Sie werden als Gas in eine Einschlusskammer eingeführt.

Plasma erzeugen

Elektrischer Strom, Mikrowellen und schnelle Teilchen trennen die Elektronen von den Atomkernen. Es entsteht ein Plasma, das durch ein Magnetfeld eingeschlossen wird.

Atome verschmelzen

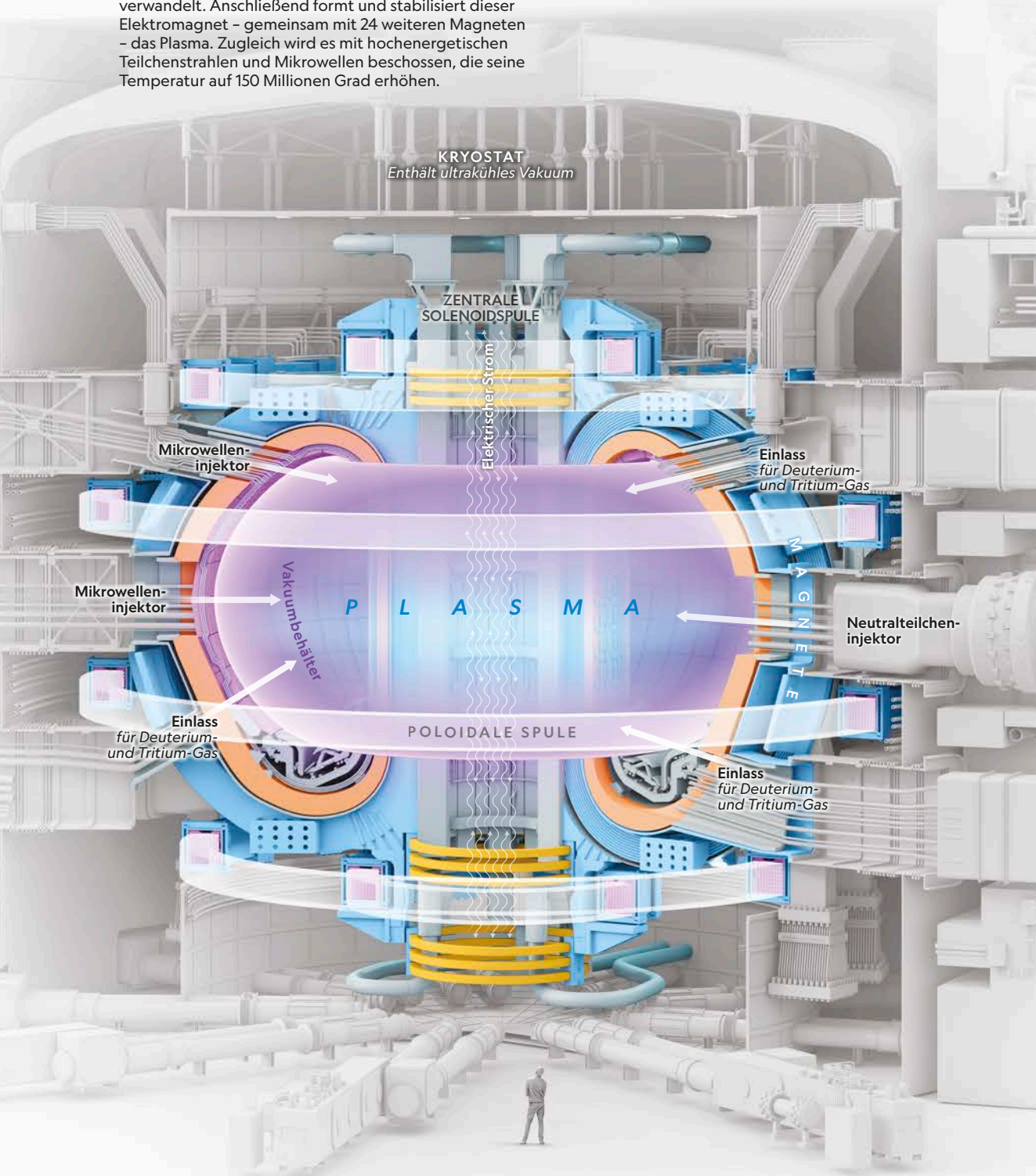
Die aufgeheizten Deuterium- und Tritiumkerne kollidieren und fusionieren. Das setzt hochenergetische Neutronen frei, die die Materialien erhitzen und so die Energiegewinnung ermöglichen.

MAGNETISCHER EINSCHLUSS

Um die Fusion einzuleiten, setzt ITER auf den Tokamak, eine riesige Maschine in Form eines Reifens (u.). Eine Zylinderspule in der Mitte erzeugt elektrischen Strom, der das Deuterium- und Tritiumgas in ionisiertes Plasma verwandelt. Anschließend formt und stabilisiert dieser Elektromagnet – gemeinsam mit 24 weiteren Magneten – das Plasma. Zugleich wird es mit hochenergetischen Teilchenstrahlen und Mikrowellen beschossen, die seine Temperatur auf 150 Millionen Grad erhöhen.

ITER

Saint-Paul-lès-Durance, Frankreich
Treibstoff: Deuterium und Tritium



33 Nationen sind offizielle ITER-Mitglieder; zusammen repräsentieren sie die Hälfte der Weltbevölkerung. Bis heute wirkten am Aufbau Arbeiter aus 90 Ländern mit – ein Netz von verschiedenen Kulturen, das sich um ein einzigartiges Projekt spinnt. In der Mitte des Geländes erhebt sich ein fensterloser Betonbau wie ein Vulkan.

Um in diesen Bau zu gelangen, betritt man zunächst einen Umkleideraum, tauscht dort das eigene Schuhwerk gegen weiße Reinarbeitschuhe, befreit die Sohlen mit dem elektrischen Schuhputzer von Schmutz und Fremdpartikeln und marschiert schließlich auf einer Klebmatte auf der Stelle, um selbst allerletzte Reste zu entfernen. Die Maschine im Bau muss akribisch sauber gehalten werden. Schon eine heruntergefallene Stiftkappe oder ein Fingerabdruck könnte Schaden anrichten. Pflicht sind außerdem ein Labor Kittel, Haarnetz, Schutzhelm, Schutzbrille und weiße Handschuhe.

Dann geht es durch einen Vorhang aus Kunststoffstreifen. Man öffnet einen Durchgang mit Reißverschluss und schließt ihn hinter sich wieder. Ein enger, grell erleuchteter Korridor folgt, Wände, Boden und Decke im gleichen strahlenden Weiß wie die Schuhe. Die Luft steht, stickig und schwer.

Am Ende des Ganges: erneut Reißverschluss auf und zu, ein zweiter weißer Korridor, dann hinauf durch ein Geflecht von Gerüsten und durch eine weitere Reißverschlussöffnung. Das Ganze wirkt klaustrophobisch, wie ein Labyrinth. Noch ein weißer Gang, eine weitere Tür – und man steht im riesigen Maschinenraum.

Leitungen, Rohre und Metallplatten bilden eine industrielle Landschaft von so gewaltigen Dimensionen, dass jede Orientierung schwerfällt. Erst wenn man die weiß gekleideten Arbeiter erblickt, angeseilt am Gerüst, emsig wie Ameisen am Hügel, erschließt sich die Dimension. Die Konstruktion füllt ein etwa 60 Meter hohes Gebäude, die Höhe eines 20-stöckigen Hauses. Am Ende soll sie zehn Millionen Teile enthalten

↓

**DIE KONSTRUKTION
FÜLLT EINEN
RAUM VON
DER HÖHE EINES
20-STÖCKIGEN
HOCHHAUSES.
ES IST
VERMUTLICH DIE
KOMPLEXESTE
MASCHINE, DIE
DIE MENSCHHEIT
JE ZU BAUEN
VERSUCHT HAT.**

↑

und zusammen mit den Befestigungen rund 400 000 Tonnen schwer sein. ITER ist vermutlich die komplexeste Maschine, die Menschen je zu bauen versucht haben.

Viele Metallteile glänzen poliert. Etliche Stücke sind versilbert, denn Silber ist ein ideales Material, um Hitze von empfindlichen Komponenten abzuleiten. Rohre verlaufen parallel und winden sich durch das Werk. Das Herzstück der Maschine hat die Form eines gewaltigen Balls, in dem ein ringförmiger Hohlraum liegt. Darin soll eines Tages das Plasma herumwirbeln. Das Gerät heißt Tokamak. Ein Tokamak hat kaum scharfe Kanten; die massiven Bauteile der Maschinerie sind in eleganten Kurven geformt.

ITER ist öffentlich finanziert. Dutzende Regierungen schultern Milliarden von Dollar, ohne Gewinnabsicht oder militärischen Nutzen. „Wir leisten einen Beitrag

zum Weltfrieden“, sagt Kijung Jung, Leiter der südkoreanischen Projektabteilung. Das Ziel ist bewundernswert, wenn auch konkurrenziert durch Jahrzehnte internationaler Zankereien. Wenn ITER wie geplant funktioniert, kann jedes Land und jedes Unternehmen kostenlos auf das geistige Eigentum zugreifen. Aber das wird nicht so bald geschehen. Der Versuch, einen mechanischen Stern zu bauen, läuft seit einem Jahrhundert – und wird noch Jahre brauchen.

Doch in einer Welt, die sich oft uneinig und zerstritten zeigt, erscheint ITER wie ein unglaublich ehrgeiziges Langzeitprojekt, gegründet auf Optimismus und Kooperation. „Es wird kommende Generationen retten“, verspricht der niederländische Physiker Akko Maas, seit 25 Jahren bei ITER. Von seinem Büro aus überblickt er das geschäftige Baugelände. Manche Wissenschaftler vergleichen ITER mit dem Bau ägyptischer Pyramiden oder gotischer Kathedralen. Manche Besucher, die die Maschine sehen durften, waren zu Tränen gerührt. Allein ihre Existenz erscheint wie ein Wunder.

ANDERE BEOBACHTER, darunter einige der einflussreichsten Köpfe der Wissenschaft, sind ITERs Charme nicht erlegen. Drei Physiknobelpreisträger – Pierre-Gilles de Gennes und Georges Charpak aus Frankreich sowie Masatoshi Koshiha aus Japan – erklärten unabhängig voneinander, Versuche zum Bau einer Minisonne zur Energiegewinnung seien Geld- und Zeitverschwendung, zum Scheitern verurteilt und potenziell gefährlich.

Trotz aller Kritik: Würde eine Anlage wie ITER fertiggestellt und ans Stromnetz angeschlossen, wäre sie vermutlich sicherer, sauberer und leistungsfähiger als jedes derzeit betriebene Kernkraftwerk. Denn die weltweit über 400 Reaktoren in rund 30 Ländern beruhen allesamt auf Kernspaltung. Fusion und Spaltung bezeichnen beide Energiegewinnung aus überschüssiger Materie im

Zuge atomarer Reaktionen. Davon abgesehen sind sie völlig gegensätzlich. In einem Fusionsreaktor werden leichte Atome mit Hitze zur Fusion gebracht; Wasserstoff hat nur ein Elektron, ein Proton sowie null, ein oder zwei Neutronen. Bei der Spaltung hingegen werden schwere Elemente wie Uran oder Plutonium mit ihren insgesamt über 300 Elektronen, Protonen und Neutronen auseinandergerissen.

Der große Vorteil der Spaltung: Die Reaktion ist leicht in Gang zu setzen. Ein kräftiger Stoß genügt, und Teilchen fallen aus den großen Atomen wie Früchte vom Baum. Doch Spaltung ist schmutzig. Ein Teil des radioaktiven Abfalls bleibt für Zehntausende Jahre hochgefährlich für Menschen. Fusion erzeugt zwar auch radioaktive Nebenprodukte, doch in keinem annähernd vergleichbaren Ausmaß. Zudem könnte spaltbares Material wie Uran binnen eines Jahrhunderts erschöpft sein; schwerer Wasserstoff, der sich für Fusion bestens eignet, kommt nahezu unbegrenzt im Meerwasser vor.

Die Kernspaltung blickt außerdem auf eine Geschichte seltener, aber dramatischer Katastrophen zurück: 1979 auf Three Mile Island (Pennsylvania), 1986 in Tschernobyl (heutige Ukraine, damals UdSSR), 2011 in Fukushima (Japan). Werden Spaltungsreaktionen nicht sorgfältig kontrolliert, können sie explosiv werden; bei der Kernfusion sind Kettenreaktionen oder Kernschmelzen unmöglich. Jeder Unfall, jedes Systemversagen, bereits eine kleine Instabilität im Plasma schwächt die Reaktion sofort und lässt sie erlöschen.

Mit der gleichen Brennstoffmenge setzt Fusion viermal so viel Energie frei wie Spaltung. Sie ist etwa vier Millionen Mal energetischer und weit sauberer als chemische Reaktionen beim Verbrennen von Öl oder Kohle. Erneuerbare Energien wie Geothermie, Solar- und Windkraft sind, ähnlich wie Kernkraft, weitgehend CO₂-frei; doch bisher scheint keine dieser Quellen ausreichend skalierbar, um den globalen Bedarf zu decken.

Die Kernfusion wäre die perfekte Lösung – wäre sie nicht so schwer zu starten und noch schwerer aufrechtzuerhalten. Atomkerne stoßen einander von Natur aus ab, daher ist gewaltige Energie nötig, um sie zum Verschmelzen zu bringen. Selbst dann bleibt Plasma launisch und fragil, es will sich ständig verflüchtigen. Die größte Explosion der Geschichte, der Urknall, hielt die Fusion nur drei Minuten lang aufrecht, ehe sie erlosch. Anschließend fand hundert Millionen Jahre lang keine Fusion statt, bis die Gravitation genügend Wasserstoff angesammelt hatte, um die ersten Sterne zu entzünden. Nahezu jedes Fusionsexperiment im Labor hat bislang mehr Energie verbraucht, als es erzeugte – das Gegenteil vom Ziel eines Kraftwerks.

Manche Experten sind seit Jahrzehnten überzeugt, dass das Beherrschen der Fusion jenseits menschlicher Möglichkeiten liegt.

Daniel Jassby war 25 Jahre lang am Princeton Plasma Physics Lab tätig. Nach seiner Pensionierung schrieb er, ein Fusionskraftwerk sei zu komplex, erfordere endlose Wartung und werde „mehr Probleme schaffen, als es löst“. Der inzwischen verstorbene Lawrence Lidsky, stellvertretender Direktor des Fusionszentrums am MIT und Gründungsherausgeber des *Journal of Fusion Energy*, bezeichnete Fusionsenergie nach seiner langen Karriere als Fantasie – das weithin „schwierigste wissenschaftlich-technische Problem, das je angegangen wurde“. Walter Marshall, ehemaliger Vorsitzender der Atomenergiebehörde des Vereinigten Königreichs, soll gesagt haben: „Fusion ist eine Idee mit unendlichen Möglichkeiten und null Erfolgchancen.“

Dabei mangelt es ITER auch nicht an Unterstützern. Stephen Hawking erklärte einmal, Fusion sei die Idee mit dem größten Potenzial, die Menschheit voranzubringen. Doch Skeptiker betonen fast alle dasselbe: ITERs Komplexität wirkt absurd.

Die Idee ist zweifellos gewagt, vielleicht führt sie ins Leere. Doch gerade das macht ITER für viele, die diesem Projekt ihre gesamte Karriere gewidmet haben, so ver-



lockend. Woher wüssten wir, wo unsere Grenzen liegen, wenn wir nicht alles daran setzen, sie zu überschreiten?

EINE DER ABSURDITÄTEN ist die Hitze. Von den drei Fusionsbedingungen – Plasmaeinschlusszeit, Dichte und Temperatur – sind wir auf der Erde beim Druck am meisten eingeschränkt. In der Sonne könnten eine Million Erden




Der Rohrschlosser Zeljko Slunjski inspiziert einen Wärmeschild. Er ist eines von mehreren Bauteilen der Tokamak-Module, die in den letzten Jahren repariert oder neu eingebaut werden mussten. Mehrfach sah sich ITER Kritik ausgesetzt: Die Kosten stiegen, gravierende Baufehler traten auf. Manche Physiknobelpreisträger erklärten das Ziel für unerreichbar.

Platz finden. Dieser Größenunterschied ist unüberbrückbar: Die Dichte im Zentrum der Sonne ist 13-mal höher als die des Schwermetalls Blei. So etwas lässt sich auf der Erde nicht herstellen.

Also braucht es extreme Hitze. Die Hauptquelle von ITERs Heizkraft sind zwei gigantische Teilchenkanonen, sogenannte Neutralteilchen-Injektoren. Jeder ist 23 Meter lang – so groß wie zwei aneinander geparkte Stadtbusse; ihre Läufe weisen in

den Tokamak. Sie sollen eine Stunde lang ununterbrochen Partikelstrahlen mit einer Million Volt abfeuern. Um diese Kanonen und die übrigen Komponenten zu versorgen, wurde für ITER eine vier Hektar große Umspannanlage errichtet, die so viel Energie aus dem französischen Stromnetz ziehen kann wie eine Stadt mit einer Million Einwohnern. Doch sobald die Maschine läuft, soll sie beweisen, dass sich diese Schuld mindestens zehnfach zurückzahlen lässt.



Bauarbeiter Zhang Yue neben Paletten mit riesigen Bauteilen. Brückenkräne werden sie in die Tokamak-Grube heben. Viele dieser Teile werden später zu noch größeren Baugruppen kombiniert. Der Maßstab der Apparatur ist so gewaltig, dass Menschen neben ihren Werkzeugen und Gerüsten oft winzig wirken.





Feuern diese „Kanonen“, wird Wasserstoffgas durch den ringförmigen Hohlraum des Tokamak wirbeln, mit steigender Temperatur immer schneller. Die Atome werden schneller als der Schall, dann noch schneller, bis die Temperatur das Niveau im Sonnenkern von 15 Millionen Grad übertrifft. Dann 50, 100, 125 Millionen Grad. Die Energie der beschleunigten Teilchen im Tokamak wird jener von zwei gleichzeitig startenden Space Shuttles gleichen. Erst bei 150 Millionen Grad – zehnmal so heiß wie im Sonnenkern – werden die Wasserstoffatome in ITER kollidieren, ihre Elektronen verlieren und zu Helium verschmelzen.

Wie hält man etwas so Heißes im Zaum? Kein bekanntes Material könnte das aushalten. Ein Tokamak aus purem Diamant würde augenblicklich verdampfen. Doch hier hilft die Natur des Plasmas: Die Teilchensuppe besteht aus positiv geladenen Protonen und negativ geladenen Elektronen. Diese reagieren auf Magnetfelder. So wird der Behälter für ITERs Plasma aus elektromagnetischen Feldern bestehen.

Wie so vieles bei ITER basiert auch dieses Magnetsystem auf jahrzehntelanger Forschung weltweit; oft hatte sie gar nichts mit Fusion zu tun. ITERs Magnetapparat, ebenso absurd, beginnt mit einer zentralen Zylinderspule in der Mitte des hohlen Rings, dem 18 Meter hohen Solenoid. Diese Spule soll das Rückgrat des stärksten Magnetfeldsystems der Welt bilden und Kräfte entwickeln, die einen Flugzeugträger aus dem Wasser heben könnten. Um die Maschine herum werden sechs riesige Poloid-Magnetspulen wie Hula-Hoop-Reifen kreisen, hinzu kommen 18 D-förmige Toroidalfeldmagnete von über 15 Meter Höhe, die das Plasma einschließen. Zusammen wiegen die Magnete rund 10 000 Tonnen. Sie müssen mit extremer Präzision gefertigt werden – die Toleranz für Abweichungen ist geringer als die Dicke eines Blatts Papier. „Um so etwas zu bauen“, sagt ein ITER-Arbeiter, „muss man schon ein bisschen verrückt sein.“

↓

**„WIR SPIELEN
MIT DEN
KRÄFTEN VON
MUTTER NATUR“,
SAGT ALBERTO
LOARTE, LEITER
DER ITER-
WISSENSCHAFTS-
ABTEILUNG.
„ICH KANN
DIE
SCHWIERIGKEITEN
NICHT
VORAUSSAGEN.“**

↓

Alle Magnete sind supraleitend – das heißt, sie können starke Ströme ohne Widerstand führen und damit extrem starke Felder erzeugen, die ITERs Plasma bändigen sollen. Damit Supraleitung funktioniert, müssen die Magnete extrem kalt sein. ITER hat dafür eine Kälteanlage gebaut, die groß genug ist, um ein Fußballfeld darauf unterzubringen. „Der komplizierteste Kühlschrank der Welt“, wie ein Kryoingenieur sagt. Sie wird flüssiges Helium durch die Magnete zirkulieren lassen.

Die Magnete müssen auf minus 269 Grad gekühlt werden – nur knapp über dem absoluten Nullpunkt, bei dem die Bewegungsenergie der Atome ihr Minimum erreicht. Vielleicht ist dies die größte Absurdität von ITER: Die Anlage soll, kaum eine Körper-

länge voneinander entfernt, einen der heißesten und einen der kältesten Orte im Universum beherbergen. „Wir spielen mit den Kräften von Mutter Natur“, sagt Alberto Loarte, Leiter der ITER-Forschungsabteilung. Dabei schreibt er ein Blatt mit Berechnungen voll, um zu zeigen, wie groß diese Kräfte sind. „Ich kann die Schwierigkeiten nicht voraussagen. Vielleicht finden wir heraus, dass wir gar nichts verstehen.“

S O SOLL ES FUNKTIONIEREN: Im ringförmigen Innenraum des Tokamak wird ein Vakuum geschaffen – jegliche Restmoleküle könnten das Plasma verunreinigen. Die Magnete werden heruntergekühlt und eingeschaltet, dann wird Wasserstoffgas injiziert, etwa ein halbes Gramm pro Sekunde. Dieses Gas ist schwerer als normaler Wasserstoff. ITERs Rezept sieht eine Mischung aus zwei Wasserstoffisotopen vor: Deuterium und Tritium, mit einem bzw. zwei zusätzlichen Neutronen pro Atomkern.

Ohne diese Isotope müsste man den Tokamak Hunderte Millionen Grad höher erhitzen. Doch diese Effizienz bringt Komplikationen mit sich: Deuterium ist zwar selten, lässt sich aber aus Meerwasser gewinnen – unsere Ozeane sichern eine Versorgung für viele Millionen Jahre. Tritium dagegen kommt in der Natur nicht vor und ist schwach radioaktiv. ITER will daher erstmals neuartige Komponenten erproben, mit denen – so die Hoffnung – die Maschine ihr eigenes Tritium sicher erzeugen könnte.

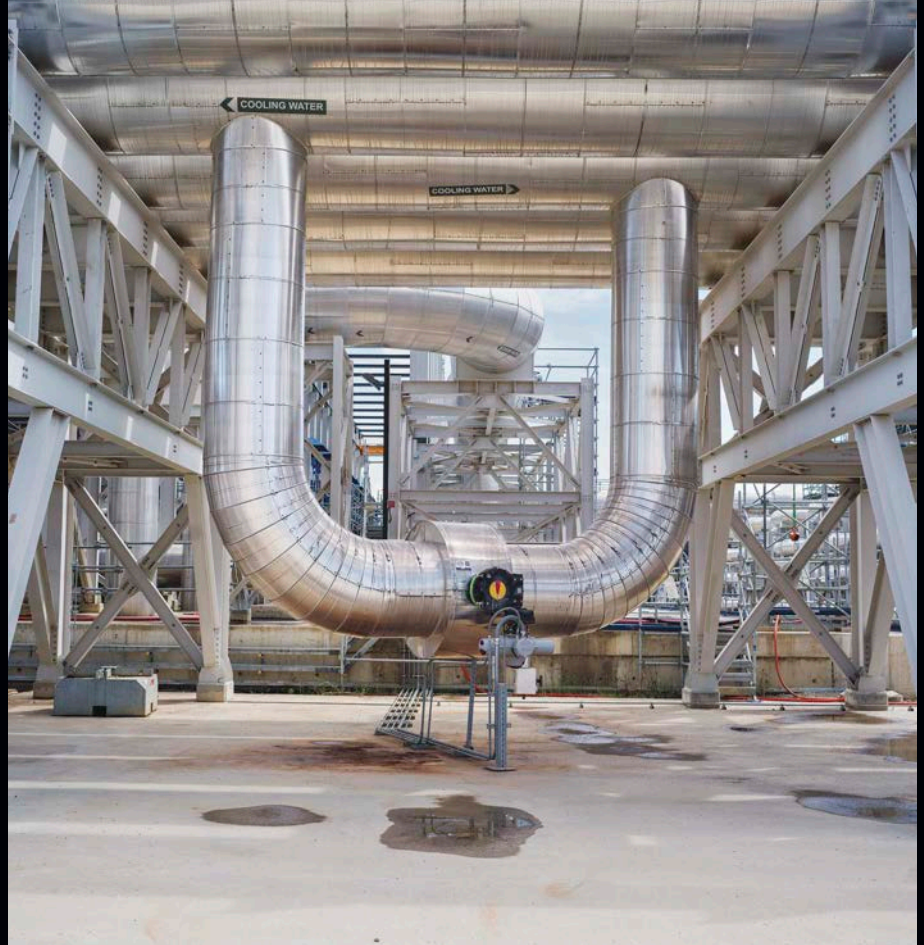
Haben die Heizsysteme das Gas auf 150 Millionen Grad erhitzt, wird das entstandene Plasma schwach rot glimmen – ähnlich wie Polarlichter, die ebenfalls Plasmen sind. Es werde klingen, sagt ein ITER-Physiker, wie das Kreischen einer Katze. Neu gebildete Heliumatome werden als eine Art Asche aus dem Plasma sinken und sich im Divertor sammeln, einer riesigen Schale am Boden des Tokamak. Schwerer Wasserstoff wird stetig dazugegeben, um das Plasma

nachzufüttern. Ein weiterer Vorteil von Deuterium und Tritium: Etwa die Hälfte der Fusionsprodukte sind Neutronen. Wie ihr Name sagt, haben sie keine elektrische Ladung und werden von Magnetfeldern nicht beeinflusst. Freie Neutronen schießen in alle Richtungen durch das Plasma und prallen gegen die Tokamak-Wand, das sogenannte Blanket.

ITERs Blanket enthält unter anderem Blöcke von Wolfram, Stahl und Bronze. Es soll den Neutronenhagel – Hunderte Billionen pro Sekunde – absorbieren und die kinetische Energie als Wärme nach außen leiten. In einem künftigen Kraftwerk würde diese Wärme Wasser verdampfen, Turbinen antreiben und Strom erzeugen.

Zur seltsamen Wahrheit von ITER gehört jedoch, dass die Maschine niemals Elektrizität produzieren wird. Sie ist ein reines Experiment, das nur zeigen soll, dass alle Schritte machbar sind. Künftige Fusionskraftwerke sollen Dampfturbinen nutzen, eine alte und bestens bekannte Technik. Dieser Schritt dürfte noch über 50 Jahre in der Zukunft liegen. „Der Zeitrahmen passt nicht zu unserer Sofortkultur“, sagt Tim Luce, ehemaliger Leiter der ITER-Forschungsabteilung. ITER wird zwar nicht die Ausstattung eines Kraftwerks besitzen, aber eine Vielzahl diagnostischer Instrumente, um die Effektivität jedes Testdurchlaufs zu bewerten. Und während künftige Anlagen fast durchgehend laufen müssten, lautet ITERs Ziel: ein brennendes, energiereiches Plasma für 400 Sekunden aufrechterhalten – knapp sieben Minuten.

M EHR ALS 100 JAHRE Geld und Mühe würden in diesen wenigen Minuten stecken. Über die Wände des fünfstöckigen ITER-Hauptgebäudes, Sitz von Verwaltung und wissenschaftlichen Thinktanks, verläuft eine Zeitleiste mit Meilensteinen der Kernfusion. Sie beginnt 1919, als der französische Physiker Jean Perrin die Hypothese aufstellte, Sterne erzeugten ihre



Oben: Um die Temperaturen während der Fusion zu regulieren, wird gekühltes Wasser durch ein System von Rohren geleitet, die sich rund um die ITER-Anlage erstrecken.

Unten: Das Wasser wird in eine von zehn Kühleinheiten gepumpt. Durch Rohre strömt Luft über das Kühlbecken, um die Temperatur zu senken und den Kreislauf neu zu starten.





Oben: Das Sonnenlicht blitzt auf der reflektierenden Verkleidung, die an der Außenseite des temperaturgeregelten Reaktorgebäudes von ITER angebracht ist.



Unten: Die Kühleinheiten der Anlage sind entscheidend für das Zustandekommen von Kernfusion, da Wasserstoff auf mindestens 150 Millionen Grad erhitzt werden muss.

Energie durch Fusion. Der endgültige Beweis folgte in den 1930er-Jahren. Und kaum hatte man das Potenzial der Fusion verstanden, versuchten Wissenschaftler, sie zum Töten von Menschen einzusetzen.

Die Bomben, die im August 1945 auf Hiroshima und Nagasaki fielen, beruhten allein auf Kernspaltung. Nach dem Zweiten Weltkrieg verschärfte sich das Wettrüsten, und die USA starteten ein Projekt zur Waffenentwicklung mit Kernfusion. Am 1. November 1952 löschte die erste Wasserstoffbombe, Ivy Mike genannt, eine der Marshallinseln im Pazifik vollständig aus; ihr zweistufiger Sprengsatz kombinierte Spaltung und Fusion. Die Sprengkraft entsprach 700 Hiroshima-Bomben. Dies war nur der Anfang. Forscher erkannten schnell, dass sich hybride Atombomben exponentiell verstärken ließen. Die Gefahr, den Planeten mit einer einzigen Waffe zu zerstören, war real.

Die Weltmächte versuchten, diesen Kurs zu ändern. 1953 hielt US-Präsident Dwight Eisenhower vor den Vereinten Nationen in New York seine berühmte „Atoms for Peace“-Rede. Darin forderte er „die gesamte Gemeinschaft der Wissenschaftler und Ingenieure der Welt“ auf, die militärische Nutzung atomarer Reaktionen aufzugeben und ihre Studien stattdessen „den Künsten des Friedens“ zu widmen.

Die meisten Forscher konzentrierten sich auf Spaltung. Doch einige wenige – von vielen Kollegen damals als Träumer oder Scharlatane abgetan – erkannten Kernfusion als ultimatives Ziel, das die Welt verändern könnte. Sie machten sich daran, die Nutzung zu erproben. Die erste Generation von Fusionsmaschinen nutzte Spiegel, Laser oder elektrischen Strom. Sie scheiterten kläglich. Manche funktionierten einfach nicht oder entpuppten sich als Betrug, andere erzeugten Plasma, das nur für einen Sekundenbruchteil existierte, ehe es kollabierte.

Physiker lernten: Plasma ist eine tückische Substanz. Es einzuschließen gleicht dem Versuch, Wackelpudding mit Gummi-

↓

**WENN FUSION
DEN LAUF DER
ZIVILISATION
VERÄNDERT,
WIRD DER REAKTOR
EINST ALS
SCHNÄPPCHEN
GELTEN. ABER ES
WIRD BEI WEITEM
DAS TEUERSTE
WISSENSCHAFTLICHE
INSTRUMENT
AUF ERDEN SEIN.**

↑

bändern zu unwickeln. Sie fanden immer neue Arten von Instabilitäten im Plasma – Ereignisse, welche die Reaktion abwürgen können. Die Liste umfasst über 50 Varianten. Als 1958 in Genf die zweite UN-Konferenz über die friedliche Nutzung der Atomenergie stattfand, war man sich weitgehend einig, dass die Nuklearforschung aller Nationen freigegeben und geteilt werden sollte. Auch die Sowjetunion stimmte zu – und präsentierte einen Durchbruch: die Toroidalkammer mit Magnetspule. Später wurde das Modell nach einer Abkürzung der russischen Bezeichnung benannt: Tokamak.

Der Tokamak erwies sich als elegantes Design, das heißere Plasmen und längere Einschlusszeiten als alle vorherigen Modelle erreichte. Keine Fusionsmaschine war jemals vielversprechender gewesen.

Forscher errechneten, dass größere Tokamaks das nötige Volumen bieten würden, um Plasma stabil und energiereich zu halten. Ende der 1970er-Jahre entstanden gleich drei Riesen-Tokamaks: in Princeton (USA), in Oxfordshire (England) und in Naka (Japan). Hunderte Millionen Dollar flossen jeweils hinein, der Optimismus war riesig. Doch die Jahre vergingen, ohne dass eine der Maschinen auch nur annähernd bewies, dass Fusion wirtschaftlich machbar war. Ein beliebter Witz lautet: Fusion ist nur noch 20 Jahre entfernt – und wird es immer bleiben.

An einem Punkt, an dem man das Fusionsprojekt leicht hätte aufgeben können, wurde die Idee überraschend wiederbelebt. 1985 trafen sich der sowjetische Generalsekretär Michail Gorbatschow und US-Präsident Ronald Reagan in Genf zu ihrem ersten Gipfel. In ihrer Vereinbarung erklärten beide, gemeinsam – und mit allen anderen interessierten Nationen – einen Fusionsreaktor bauen zu wollen, „zum Wohl der gesamten Menschheit“. So wurde aus dem letzten Akt des Kalten Krieges ITER geboren.

STREIT UND INTRIGEN begannen sofort. ITER ist übermenschlich in seinen Maßen – heiß, kalt, gigantisch, subatomar – und zugleich überaus menschlich, aufgebläht durch Geopolitik, Bürokratie und Hybris. Zwei Dutzend europäische Staaten und Japan traten dem Bündnis bald bei. Da kein Land eine Mehrheit im Gremium besaß, begannen endlose Feilschereien über ITERs technisches Design und die Kosten. Das Gezänk zog sich über Jahre, durch die Auflösung der Sowjetunion 1991 hindurch. Russland blieb dabei. Der bürokratische Prozess schleppte sich weiter bis 1998, als die USA ausstiegen – nach Ausgaben in Höhe von 345 Millionen Dollar, für die man keinen Gegenwert sah.

Die übrigen Mitglieder hielten durch und vollendeten die Konstruktionspläne – ITERs Maschine sollte fünfmal so groß sein wie der

bisher größte Tokamak. 2003 traten die USA auf Druck amerikanischer Wissenschaftler wieder bei. Im selben Jahr schlossen sich China und Südkorea an, wenig später Indien. ITER war zu einer Art Vereinte Nationen der Wissenschaft geworden, ein Zuhause „der besten Köpfe der Welt“, wie eine ITER-Führungskraft schwärmte. In der Realität hieß das: Es gab eine bunte Mischung von Kulturen, aber keine klare Steuerung. Die Folge war, dass ITER sich chronisch verspätete und sein Budget sprengte.

Der Streit um den Standort verschlang weitere Jahre. Am Ende blieben Frankreich und Japan übrig. Der Kompromiss: ein japanischer Generaldirektor, aber ein französischer Standort. Im Januar 2007, 21 Jahre nach der Gorbatschow-Reagan-Vereinbarung, erfolgte der erste Spatenstich.

Es folgten sieben Jahre Vorbereitung: Räumen und Planieren des Geländes, dann der Bau eines aufwendigen Fundaments mit Stoßdämpfern gegen mögliche Erdbeben. Vor gut zehn Jahren, 2014, begann schließlich der Bau des monumentalen Tokamak-Gehäuses, Herzstück der 39 Gebäude und technischen Bereiche des ITER-Campus. Spezialisten aus Dutzenden Disziplinen – von Plasmaphysik über Elektromagnetik bis Betonverarbeitung – wurden angeworben. Das ITER-Gelände hat ein eigenes Bussystem auf Ringstraßen. Im Innern wimmeln Gabelstapler, Kipper und Bagger, Trupps von Arbeitern mit Schutzhelmen marschieren dazwischen. Ende 2018 wurde das erste von zehn Millionen Bauteilen platziert.

Die Teile werden in den Mitgliedsländern gefertigt und nach Frankreich verschickt. Hauptbeitrag der USA ist die zentrale Zylinderspule. Russland liefert weitere Magnete und supraleitende Materialien. Europa fertigt große Teile der Tokamak-Hardware – deutsche Firmen liefern etwa spezielle, nicht magnetisierbare Stähle. Indien steuert Kühlsysteme bei, Japan Heizstrukturen. Rund 5000 Unternehmen weltweit waren bisher beteiligt.

Einige Bauteile, die im Ausland hergestellt werden, sind so groß wie ein Basketballfeld und schwerer als ein Passagierjet. Viele werden dick verpackt und in Schutzrahmen gekleidet, ehe sie aufs Schiff verladen werden. Von Asien aus dauert die Reise nach Frankreich mehr als einen Monat. Die Fracht passiert per Binnenschiff Kanäle und Seen. Die letzten 104 Kilometer führen über Straßen, die extra verbreitert und verstärkt wurden. Nur so kann eine 352-rädrige Transportplattform mit einem Tempo von fünf Stundenkilometern binnen drei oder vier Nächten ihrem Ziel entgegenkriechen.

Was wird all das am Ende kosten? Genau weiß es niemand, da es keine offizielle globale Buchführung gibt. Das ITER-Abkommen von 2006 schätzte die Gesamtkosten – einschließlich des Werts der von den Mitgliedern gelieferten Teile – auf rund sechs Milliarden Dollar. Laut US-Energieministerium ist diese Zahl inzwischen auf 65 Milliarden angewachsen, mehr als das Zehnfache. Befürworter meinen: Wenn Fusion den Lauf der Zivilisation verändert, werde das einst als Schnäppchen gelten – selbst diese Summe entspreche weniger als drei Tagen der aktuellen Energieausgaben weltweit. Fakt ist: ITER wird mit Abstand das teuerste wissenschaftliche Instrument auf Erden sein.

Viele der Verzögerungen und Kostensteigerungen sind hausgemacht – eine interne Auswertung listet teure Designänderungen und Verwaltungsblockaden. Hinzu kamen Fälle höherer Gewalt: Stürme auf See, Piraten im Suezkanal. Das Erdbeben und der Tsunami in Japan 2011 stoppten dort die Produktion für ein Jahr; für zwei weitere bremste die Covid-19-Pandemie die Welt aus. Doch ITER schritt unbeirrt voran.

Dann ein Durchbruch. ITER gleicht dem größten Puzzle der Welt, doch das zentrale Element, der Tokamak samt Anbauten, wurde auf neun riesige Segmente reduziert: die Vakuumgefäß-Module. Sie sollen sich zusammenfügen wie die Scheiben einer



Orange. Jedes Modul wiegt 1360 Tonnen. Für den Transport musste ITER neue Hebegeräte erfinden, Arbeiter erprobten die Schritte. Am 12. Mai 2022 wurde das erste Modul, zusammengesetzt aus Bauteilen fast aller ITER-Partner, präzise eingesetzt.

Dieser Moment, Jahrzehnte vorbereitet, war ein Triumph. Ein Modul saß, die acht übrigen würden folgen. Trotz aller Hindernisse würde die Maschine gebaut und eingeschaltet werden. Licht am Ende des Tunnels.



2006 schätzte man die Kosten von ITER auf sechs Milliarden Dollar; heute liegt die Prognose bei 65 Milliarden – nicht zuletzt aufgrund von Verzögerungen und Fehlern. Kevin Bhadaniya, Experte für thermische Abschirmung, steht neben einem Panel des Vakuumgefäßes; kürzlich musste ein Teil des Panels ersetzt werden.

Und dann stand das Projekt kurz davor, sich selbst zu zerstören.

ITER HÄNGT VOLLSTÄNDIG von der Finanzierung durch Staatsregierungen ab – eine launische Geldquelle. Politiker wollen von Erfolgen und Dynamik hören. Ein interner ITER-Bericht beschreibt eine andere Realität: Missmanagement und technische Hürden, die sich als größer

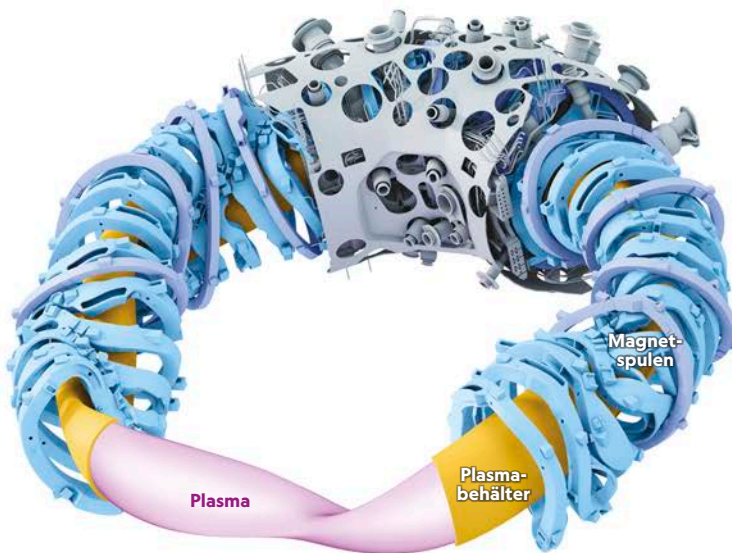
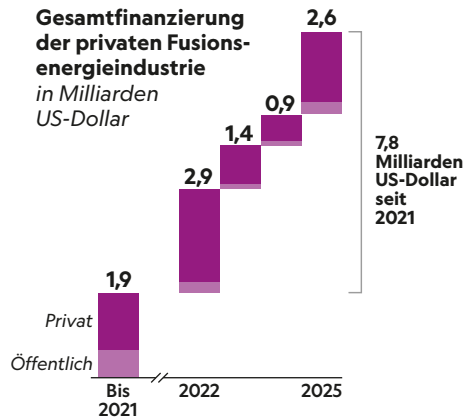
erweisen als erwartet. Ein gewisses Maß an Schönfärberei durch die Leitung gehört dazu. 2015 erwogen die USA laut Berichten zum zweiten Mal den Ausstieg und mussten überzeugt werden, dass es Fortschritte gab. Doch bei ITER schien Selbstdarstellung die Ehrlichkeit auszustechen. Bei einem Projekt mit solch anspruchsvoller und revolutionärer Forschung ist das ein Rezept für Desaster.

Die Montage des Vakuumgefäß-Moduls im Mai 2022 brachte spektakuläre Schlagzeilen.

RENNEN UM DIE KERNFUSION

ITER ist bei Weitem das größte Fusionsprojekt, aber keineswegs das einzige. Staatlich geförderte Einrichtungen wie das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik oder das Lawrence Livermore National Laboratory sowie private Unternehmen wie Zap Energy und TAE Technologies erproben verschiedene Methoden, um Fusion zu erreichen. In den vergangenen vier Jahren hat sich die Finanzierung der privaten Branche nahezu vervierfacht.

Illustration TOMÁŠ MULLER



STELLARATOR

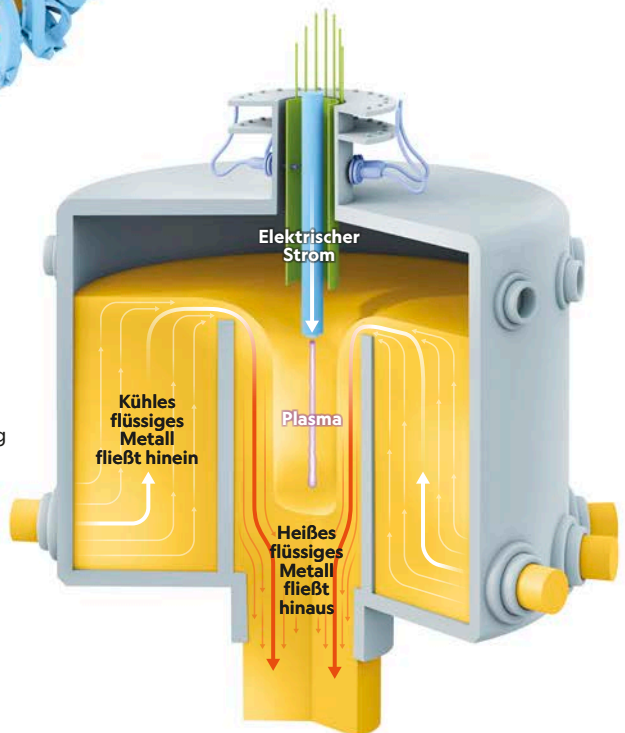
Der Stellarator, 1951 erfunden, schließt das Plasma in einem Magnetfeld ein, ähnlich dem ITER-Tokamak. Das verdrehte Design (links: Wendelstein 7-X), ist weit komplexer und erfordert höchste Präzision, könnte aber stabileres Plasma hervorbringen – mehr ab Seite 50.

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
Greifswald, Deutschland

Z-PINCH

Inspiziert von Blitzschlägen, nutzt der Z-Pinch-Prozess elektrische Ströme, um Magnetfelder zu erzeugen. Diese komprimieren das Plasma rasch und schließen es ein. So entstehen Fusionsreaktionen, die Energie freisetzen. Zap Energy setzt darauf, dass das kompakte, modulare Design seiner Anlage die Kommerzialisierung vergleichsweise einfach macht.

Zap Energy
Seattle, Washington, USA

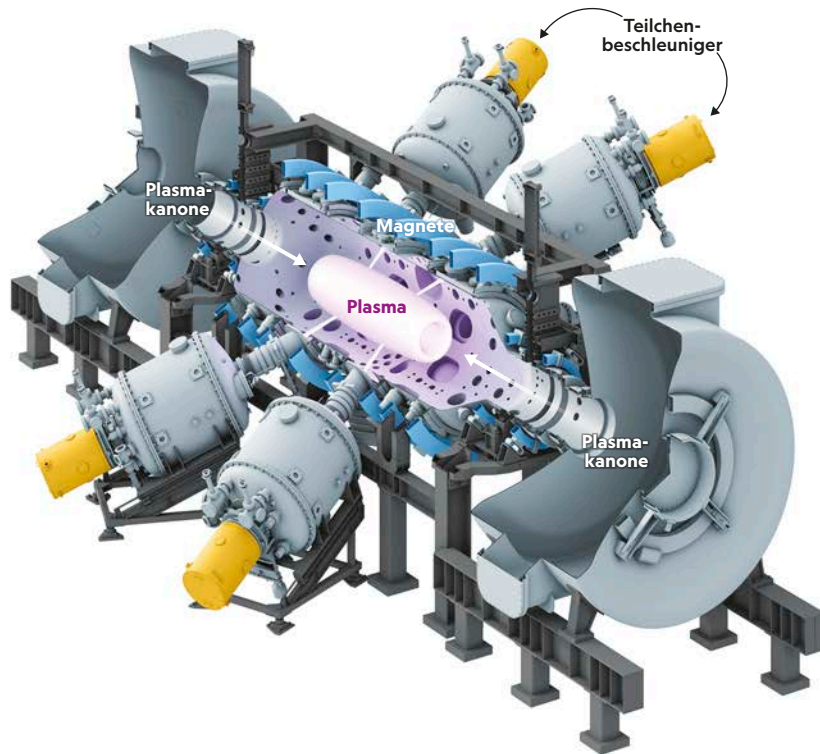
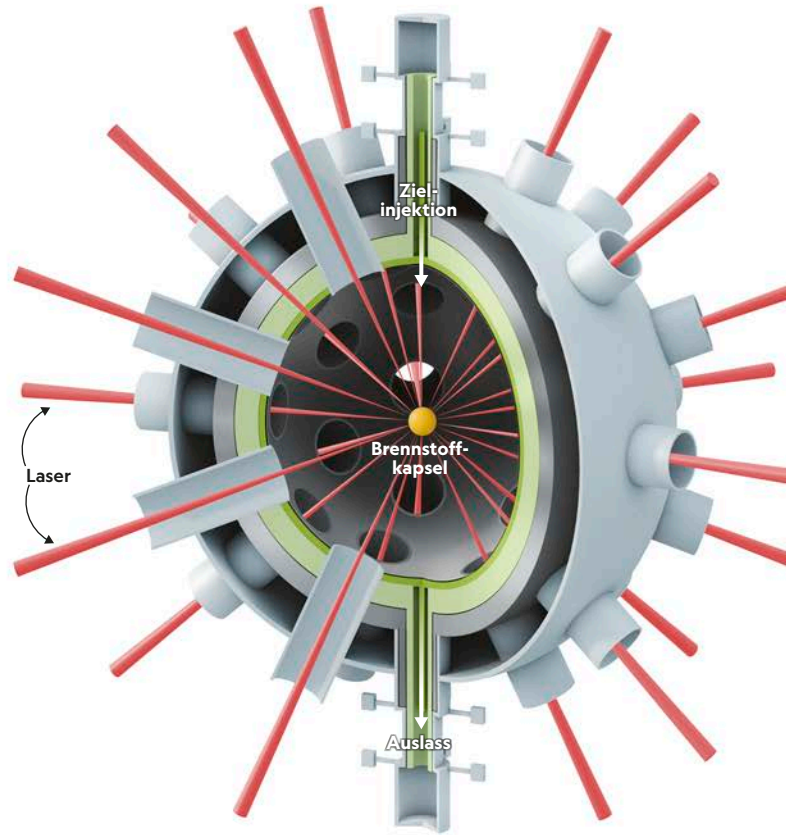


TRÄGHEITSEINSCHLUSS

In einer kugelförmigen Kammer komprimieren Hochleistungslaser eine winzige Brennstoffkapsel, gefüllt mit Deuterium und Tritium. So erzeugen sie eine Fusionsreaktion. Die staatlich finanzierte National Ignition Facility war das erste Fusionsexperiment, das Energieüberschuss erzeugte. Es bildet die Grundlage für künftige Trägheitseinschluss-Designs.

National Ignition Facility (NIF)

Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, Kalifornien, USA



FIELD-REVERSED CONFIGURATION (FRC)

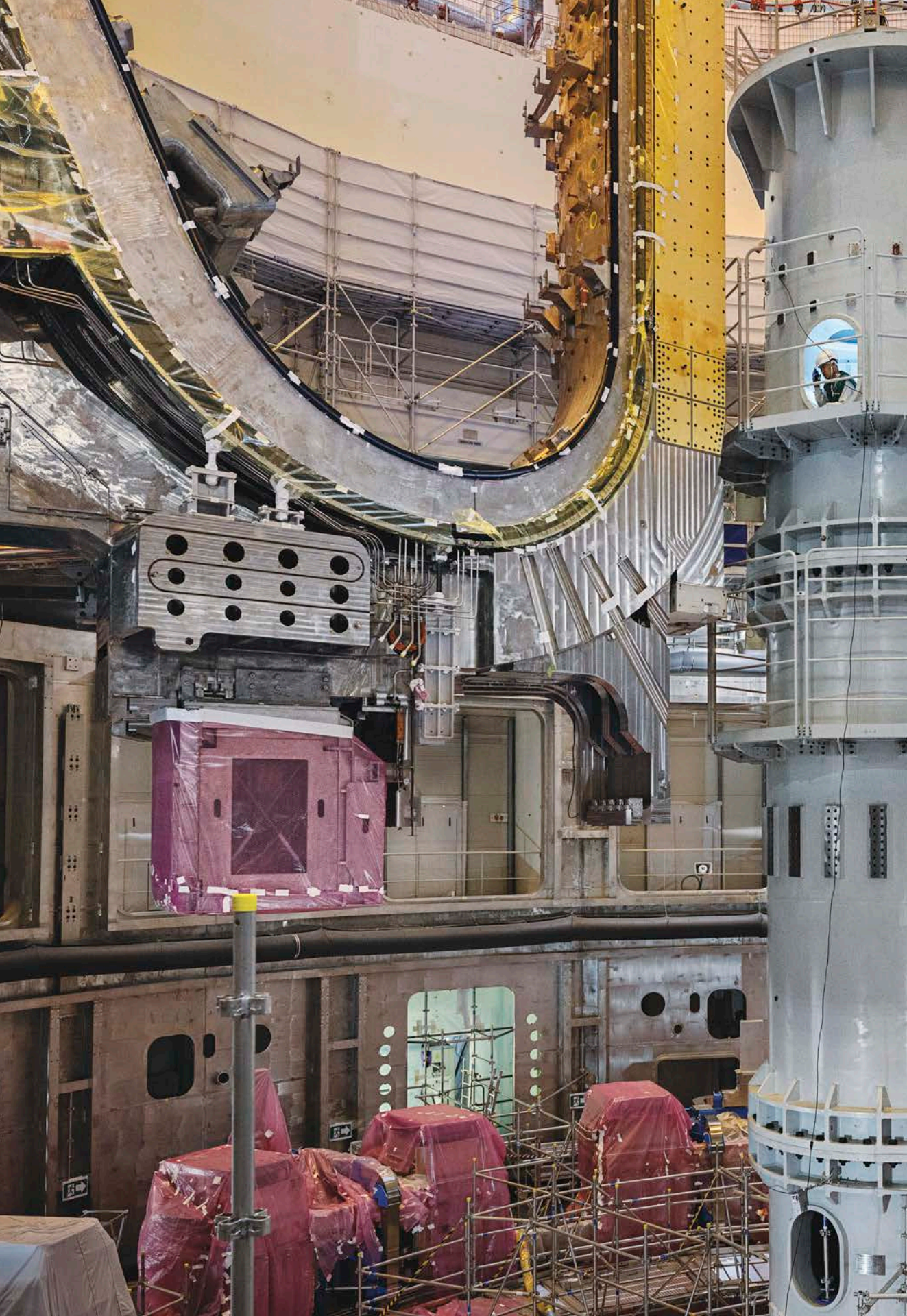
Neutrale Teilchenstrahlen erhitzen Plasma in einer rauchringähnlichen Formation. Sie treiben elektrische Ströme an, die interne Magnetfelder erzeugen. Dies macht externe Magnetfelder weitgehend überflüssig. Alternative Brennstoffe wie Wasserstoff-Bor, den das Unternehmen TAE nutzt, erzeugen weder Neutronen noch radioaktiven Abfall, sondern ausschließlich Helium.

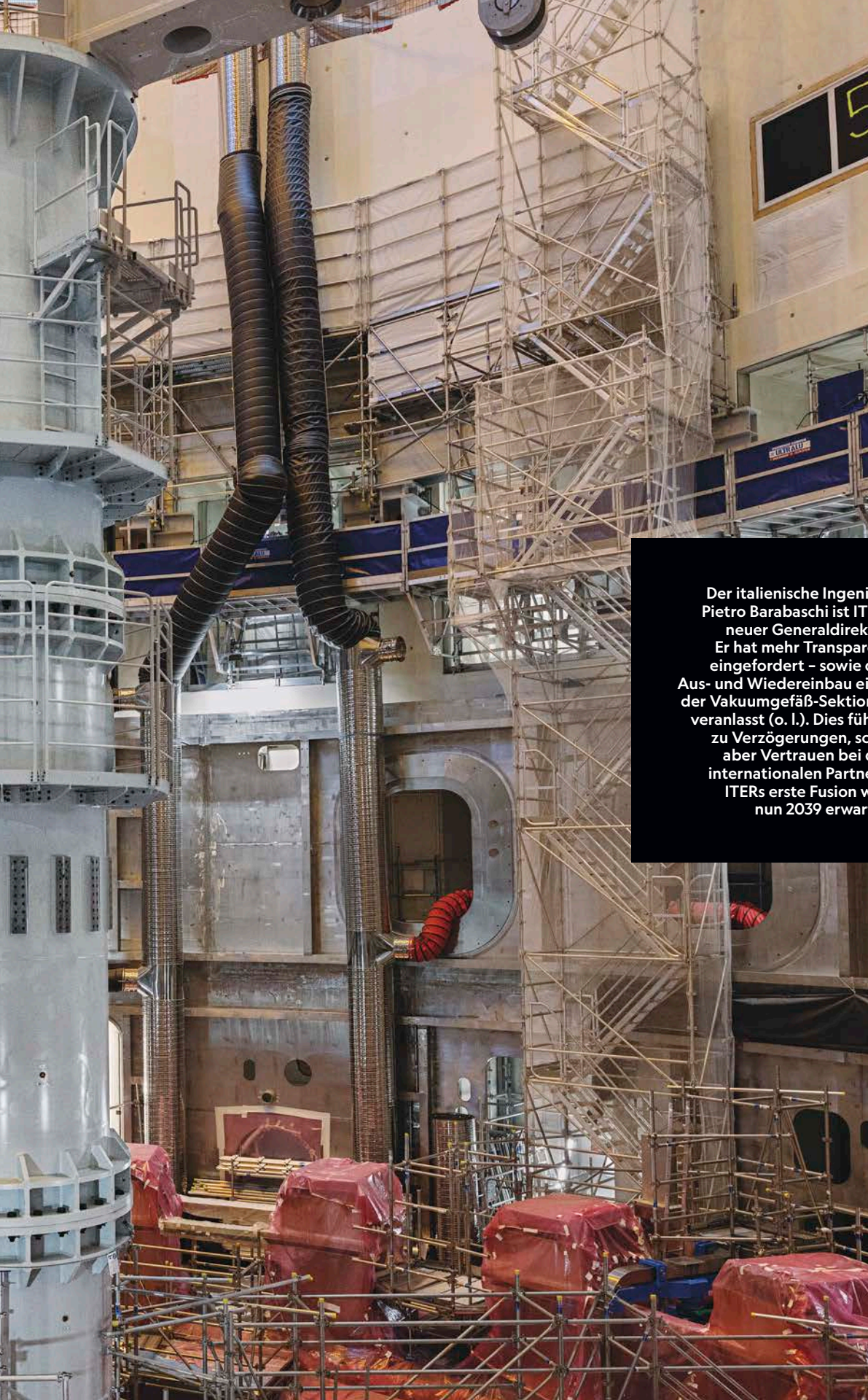
TAE Technologies

Foothill Ranch, Kalifornien, USA

DIE ILLUSTRATIONEN BASIEREN AUF LAUFENDEN EXPERIMENTEN.

GRAFIK: JASON TREAT UND ALEXANDER STEGMAIER, NG.
QUELLEN: FUSION INDUSTRY ASSOCIATION; MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK;
LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY; ZAP ENERGY; TAE TECHNOLOGIES





Der italienische Ingenieur Pietro Barabaschi ist ITERs neuer Generaldirektor. Er hat mehr Transparenz eingefordert – sowie den Aus- und Wiedereinbau einer der Vakuumgefäß-Sektionen veranlasst (o. l.). Dies führte zu Verzögerungen, schuf aber Vertrauen bei den internationalen Partnern. ITERs erste Fusion wird nun 2039 erwartet.

Doch die Eile hatte wohl zu Nachlässigkeit geführt. Prüfungen zeigten winzige Risse und Lecks – der Tokamak war beschädigt. Das eingekeilte Modul ließ sich vor Ort nicht reparieren; die Montage war nicht rückgängig zu machen, ohne die Maschine teilweise wieder zu zerlegen. Die Arbeiter wussten nicht weiter, der Bau kam zum Stillstand.

Gerade in diesem Krisenmoment fehlte es an Führung: Zwei Tage nach der Modulinstallation verstarb ITERs Generaldirektor, der französische Physiker Bernard Bigot, im Alter von 72 Jahren. Bigot war bereits der dritte Chef nach den Japanern Kaname Ikeda und Osamu Motojima. Alle drei schienen in einem gewissen Maß dem „Großprojekt-Syndrom“ erlegen zu sein. Ein Lagerhaus von ITER ist voll mit Teilen, von denen niemand weiß, wer sie bestellt hat oder warum. Michel Claessens, Kommunikationschef vor Bigots Amtszeit, gab später zu, dass ITERs öffentliche Mitteilungen oft „Lügen, Propaganda und Desinformation“ enthielten. Dies hatte zur überstürzten und riskanten Installation des Moduls geführt.

Zum Nachfolger ernannte der ITER-Rat den italienischen Elektroingenieur Pietro Barabaschi, einen erfahrenen Fusionsfachmann, zugänglich, energisch, unprätentiös – häufig tritt er in Jeans und Turnschuhen auf, alle nennen ihn Pietro. Er wirkt souverän inmitten des Chaos. Pietro ist 59 Jahre alt, groß und schlaksig, spricht fließend Italienisch, Englisch und Deutsch sowie passabel Französisch. Fusion zu bändigen sei, als würde die Menschheit zum zweiten Mal lernen, das Feuer zu zähmen, sagt er. Sich an Fehlern zu verbrennen sei unvermeidbar. Er versprach Transparenz und veröffentlichte sogar in der Fachzeitschrift *Nature Review Physics* einen Artikel mit dem Titel „The Importance of Documenting Failure“. Seine erste große Entscheidung: Das Vakuumgefäß-Modul sollte wieder entfernt werden – mit ungeheuren Kosten und jahrelanger Verzögerung als Folge. Entweder werde das Projekt richtig umgesetzt oder gar nicht.

↓

**DER BAU
EINER RIESIGEN
FUSIONS-
MASCHINE SEI
„ZUGLEICH
SPRINT UND
MARATHON“,
SAGT PIETRO
BARABASCHI,
NEUER ITER-
DIREKTOR. „AN
JEDER ECKE
WARTEN ÜBER-
RASCHUNGEN.“**

↑

Unter den ITER-Mitarbeitern herrschte das Gefühl, Pietro habe klar das Richtige getan – und damit vielleicht das gesamte Projekt beerdigt. „Ich dachte, es ist gelaufen, das Ende von ITER“, sagt Sabina Griffith, Kommunikationsbeauftragte seit fast 20 Jahren. Baukoordinatorin Lola Zedet beschreibt die Nachricht vom Ausbau des Moduls als ebenso nachvollziehbar wie schockierend. Nach dem irrsinnigen Kraftakt des Einbaus stand die Welt nun auf dem Kopf. „Die Arbeiter kamen und gingen in Schichten, sie starrten sich nur gegenseitig an und taten nichts“, sagt Zedet. „Es war fast surreal.“ Es brauchte Zeit. Doch nachdem sich die Teams mental auf die neue Situation eingestellt hatten, nahmen sie die Arbeit wieder auf und begannen mit dem Rückbau.

VIELE FUSIONSEXPERTEN GLAUBEN, Erfolg sei eher von einer agilen Privatfirma mit Gewinnabsicht zu erwarten als von einem aufgeblähten öffentlichen Projekt wie ITER. Weltweit konkurrieren derzeit über hundert private Initiativen um den potenziellen Jackpot der Energieerzeugung.

ITER gibt sich onkelhaft: Es gehe nicht um Konkurrenz, das Ziel sei Fusionsenergie für die ganze Welt. Je mehr verschiedene Versuche, desto höher die Chance auf Erfolg. Private Unternehmen können das Gelände besuchen, um zu lernen, was funktioniert hat und was nicht – und so von den mühsam erarbeiteten Erkenntnissen profitieren. Die umfangreichen Diagnosen und Materialtests von ITER sind frei zugänglich; damit sparen andere Unternehmen nicht nur Zeit und Geld, sondern treiben auch ihre Forschung voran. Es erscheint unwahrscheinlich, dass eine Privatfirma dieses öffentliche Unterfangen überflüssig machen wird.

Von außen gesehen schien es bis Ende 2024, als laufe ITER rückwärts: Die Maschine wurde abgebaut, das Vakuumgefäß-Modul herausgehoben und zerlegt, Tests für Reparaturen durchgeführt. Doch auf dem riesigen Campus hatte sich die Arbeitskultur gewandelt; es herrschte Fortschrittsgeist. Pietro verglich das Projekt mit einer wissenschaftlichen Expedition nach dem Vorbild von Lewis und Clark: Man habe sich im Niemandsland verirrt. Doch nun sei die Verwaltung umstrukturiert und gestrafft worden, bald sei man zurück auf dem richtigen Pfad. Für jedes Problem gebe es eine vernünftige Lösung. Die staatlichen Gelder versiegten während dieser Neuausrichtung nicht.

Im April 2025, fast drei Jahre nach der ersten Montage, wurde das Modul erneut eingesetzt. Zurück auf null. Zwei Monate später folgte das zweite Segment. Die restlichen sieben befinden sich in unterschiedlichen Stadien der Fertigung. Auf der Baustelle herrscht geschäftiges Treiben: Schweißfunken sprühen, Kräne schwenken durch den Himmel, Physiker füllen Whiteboards.

Pietro, oft zwölf Stunden pro Tag im Einsatz, sprintet von Sitzung zu Sitzung. Mittags nimmt er sich ein paar Minuten, um ein Sandwich oder einen Salat hinunterzuschlingen. „Es ist zugleich Sprint und Marathon“, sagt er. „An jeder Ecke warten Überraschungen.“

Doch trotz vollen Terminplans pflegt er zwei Rituale. Mehrmals pro Woche setzt er einen Helm auf, legt Schutzkleidung an und geht allein zur Baustelle des Tokamak. Er klimmt auf den Gerüsten bis zu seinem Lieblingsort ganz oben. Von hier aus blickt man aus der Vogelperspektive auf die Maschine – auf all den Ehrgeiz, den Wahnwitz, die Genialität. Eine Weile nimmt er es einfach in sich auf: das stetige Echo des Hämmerns, den metallischen Geruch in der Luft. Dann geht er zurück an die Arbeit.

Das andere Ritual ist seine erste Besprechung des Tages. Sie findet meist um 6 Uhr morgens statt, im unscheinbaren Büro des Bauleiters Sergio Orlandi, langjähriger Kollege von Pietro und italienischer Landsmann. Orlandi ist 69 Jahre alt und arbeitet seit 45 Jahren an Nuklearprojekten. Wenn vor den Fenstern die Sonne über den Hügeln aufgeht, trinken sie Kaffee und besprechen die Tagesplanung. Pietro nennt das seinen Moment der Ruhe. Doch schon nach einer halben Tasse sieht man, wie sein Energielevel steigt. Der linke Fuß wippt, sein Stift klickt im Stakkato. Dann eilt er hinaus.

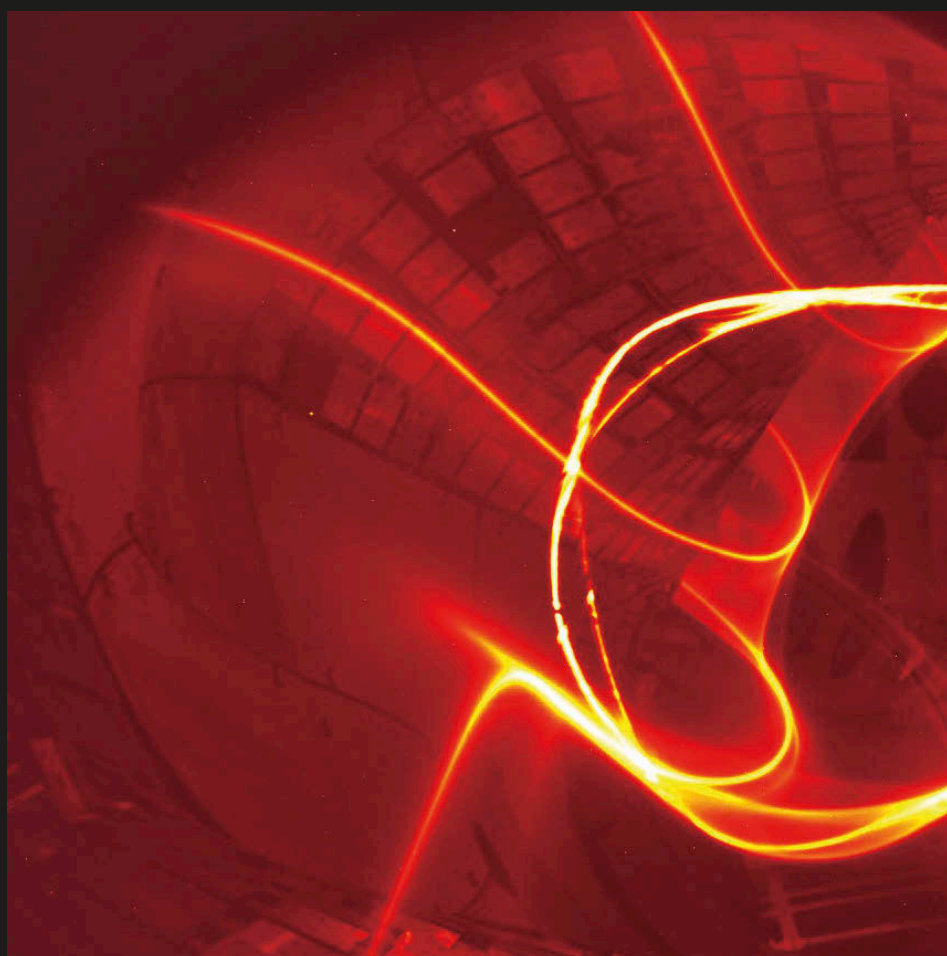
Orlandi sagt, dass er Pietro oft den Rest des Tages nicht mehr sehe – aber die 30 Minuten genügten ihnen zur Abstimmung. Und tatsächlich: Seit über einem Jahr hält sich das Projekt an den Zeitplan, ein Rekord für ITER. Orlandi erwartet, dass es so weitergehen wird. Er glaubt, dass ITER eine unaufhaltsame Dynamik erreicht hat. Vielleicht reicht dieser Schub, um den Plan einzuhalten, bis der große Tag gekommen ist: ITERs erste Fusion mit positiver Energiebilanz, angesetzt für das Jahr 2039. Es wäre ein Moment, der das Schicksal unseres Planeten prägen könnte. Vorausgesetzt, es geht nichts schief. □

IM
**SINFONIE-
ORCHESTER**
WILL
JEDER DIE
**ERSTE
GEIGE**
SPIELEN



In Greifswald
betreibt das Max-
Planck-Institut für
Plasmaphysik die
weltweit größte
Kernfusionsanlage
vom Typ
Stellarator:
Wendelstein 7-X.
Ihr Leiter Thomas
Klinger spricht über
technische Hürden,
internationale
Konkurrenz und
den Weg zum
ersten Kraftwerk.

INTERVIEW
FLORIAN
KAPPELSBERGER





Arbeiten an der aktiv gekühlten Wandverkleidung des Plasmagefäßes von Wendelstein 7-X (o.).

Das Plasma erreicht Temperaturen von bis zu 100 Millionen Grad Celsius – sechsmal heißer als der Kern der Sonne.

FOTOS: MPI FÜR PLASMAPHYSIK, JAN MICHAEL HOSAN (O.), MATTHIAS OTTE (U.)

Wir stehen vor einem Komplex aus Kabeln, Schläuchen und Gerüsten. Herr Klinger, was passiert hier?

Das Herz dieser Maschine ist ein hohler Ring aus Stahl. Durch diesen Ring schicken wir Plasma, also ein extrem heißes Gas. Wir erhitzen es mit Mikrowellen, bis sich die Atomverbände auflösen. Plasma ist aber notorisch flüchtig, man muss es stabilisieren. Dazu umschließen fünfzig Magnetspulen den Ring, die eine Art magnetischen Käfig bilden.

An Kernfusion wird weltweit geforscht, auch am ITER in Südfrankreich. Was machen Sie anders?

Erst einmal ist die Idee gleich: Es wird ein ringförmiges Magnetfeld erzeugt, um das Plasma einzuschließen. Nur die Methode ist eine andere. ITER folgt dem Tokamak-Prinzip: Man erzeugt im Plasma einen starken Strom. Dieser Strom schafft ein Magnetfeld, das dem Plasma Stabilität gibt. Wendelstein 7-X dagegen folgt dem Stellarator-Modell: Die Magnetspulen sind in sich verdreht, so lässt sich das Plasma ohne Stromzufuhr stabilisieren.

Verfolgt Wendelstein 7-X dasselbe Ziel wie ITER?

Die Aufgabe von ITER ist, ein Plasma zu erzeugen, in dem Deuterium und Tritium verschmelzen. Das soll einen Energieüberschuss freisetzen. Wir nutzen dagegen Wasserstoff und Deuterium. Anders als ITER ist dies keine nukleare Anlage, wir werden hier nicht diesen Fusionsprozess auslösen. Wendelstein 7-X soll demonstrieren, dass wir die richtigen Plasmabedingungen schaffen können. Die weltweite Fusionsforschung ist wie ein Sinfonieorchester, jede Maschine hat ihre Aufgabe.

Wie sieht das Plasma aus, das durch den Ring fließt?

Ein Plasma leuchtet. Das menschliche Auge nimmt aber nur das Leuchten am äußersten Rand wahr, wo das Plasma abkühlt und sich die Wände der Anlage aufheizen. Der Großteil des Lichts bleibt für uns unsichtbar. Deshalb haben wir sämtliche Arten von Kameras in der Anlage installiert: von Infrarot- über Röntgenkameras bis hin zu Spektrometern, die das Licht in seine Einzelteile aufspalten.



Flüssiges Helium kühlt die Magnetspulen auf den absoluten Nullpunkt von minus 273 Grad Celsius herunter. Nur dann leiten sie Strom ohne Widerstand und bauen ein dauerhaftes Magnetfeld auf. Die Spulen und deren Befestigung wiegen insgesamt rund 425 Tonnen.

Im Mai 2025 vermeldete Wendelstein 7-X einen Bestwert. Was haben Sie erreicht?

Die entscheidende Größe in der Fusionsforschung ist das Tripelprodukt: Teilchendichte mal Temperatur mal Energieeinschlusszeit – also die Dauer, über die ohne Heizung die Temperatur im Plasma abfällt. Wir haben neue Bestwerte für lange Plasmaentladungen erreicht: 30 Millionen Grad Celsius, 43 Sekunden Brenndauer. Damit sind wir auf dem

Niveau der besten Anlagen der Welt angekommen. Wir haben gezeigt, dass der Stellarator mit dem Tokamak auf Augenhöhe ist. Jetzt betreten wir unbekanntes Territorium, wo andere Maschinen noch nicht waren.

43 Sekunden Plasmadauer klingt für den Laien relativ kurz. Für den Dauerbetrieb in einem zukünftigen Kraftwerk müsste das Plasma pausenlos bestehen. Wie kommt man dorthin?



Wir arbeiten uns technisch immer weiter voran. All unsere Systeme werden ständig verbessert: von der hitzeresistenten Wand über die Kühlung bis zu unserem neuen Pellet-Injektor, der das Plasma ständig mit gefrorenen Wasserstoffkügelchen nachfüttert. In Experimenten versuchen wir, die Plasmadauer immer länger zu ziehen – fünf Sekunden, zehn Sekunden, vierzig Sekunden und so weiter. Das machen wir so lange, bis wir

an eine technische Grenze stoßen. Und dann geht die Optimierung von vorne los. Es ist ein Dauerlauf, kein Sprint.

Wendelstein 7-X ist eine Forschungsanlage, hier wird keine Energie gewonnen. Wie viel größer müsste ein Kraftwerk nach diesem Modell sein?

Wendelstein 7-X fasst 30 Kubikmeter Plasmavolumen und hat etwa 15 Meter Durchmesser. ITER ist mit 840 Kubikmeter Plasmavolumen deutlich größer, weil dort fusionsrelevante Energie erzeugt werden soll – aber auch ITER ist nur ein Versuchsreaktor, ein Zwischenschritt. Will man ein Kraftwerk bauen, ob Stellarator oder Tokamak, reden wir von bis zu 1500 Kubikmeter Plasmavolumen und rund 45 Meter Durchmesser. Das wäre vergleichbar mit einem heutigen Großkraftwerk, das Kohle- oder Atomenergie erzeugt.

Kleiner geht es nicht?

Es gibt verschiedene Ideen, um kleinere Kraftwerke zu ermöglichen. Gerade wird an Hochtemperatursupraleitern geforscht. Sie erzeugen viel stärkere Magnetfelder, grundsätzlich lässt sich so das Plasmavolumen verkleinern. Für Ingenieure ist das eine harte Nuss, denn stärkere Magnetfelder erzeugen Kräfte, die den Stahl belasten. Aber es ist lösbar. Das Start-up Commonwealth Fusion Systems in den USA baut bereits an einem Tokamak-Reaktor mit Hochtemperatur-Supraleitern. Das Münchner Start-up Proxima Fusion entwickelt einen Stellarator mit dieser Technologie auf Basis von Wendelstein 7-X.

Wie lange könnte eine Fusionskraftwerk laufen?

Ein Fusionskraftwerk hätte eine Laufzeit von etwa 30 bis 40 Jahren – auch darin vergleichbar mit einem Kohle- oder Atomkraftwerk. Und wie ein Spaltkraftwerk müsste es danach stillgelegt und rückgebaut werden, das kann weitere zehn bis fünfzehn Jahre dauern. All das muss im Vorfeld eingepreist sein. Letztlich ist es eine ökonomische Frage: Ein Fusionskraftwerk wäre eine enorme Investition, die sich über die Laufzeit decken muss.

Im Koalitionsvertrag der Bundesregierung steht ein markanter Satz: „Der erste Fusionsreaktor der Welt soll in Deutschland stehen.“ Realistisch?

Erst einmal ist es eine Ambition, das ist gut. Die jetzige Bundesregierung hat sich auf die Fahnen geschrieben, Zeichen zu setzen, um dieses Land technologisch an der Spitze zu halten. Und warum sollte der erste Reaktor nicht in Deutschland stehen? Wir haben alles hier beisammen: Anlagenbauer, Magnetbauer, Mikrowellenfirmen. Unsere Industrie ist vernetzt in ganz Europa. Deutschland ist auf Augenhöhe mit den USA und China.

Die Politik setzt große Hoffnung auf die Kernfusion, um die Energiewende zu schaffen. Kommt die Technologie dafür nicht sehr spät?

Ich glaube nicht, dass die Energiewende im Jahr 2050 erledigt ist. Wir werden enorm viel

Energie brauchen, um anstehende Probleme zu lösen – von CO₂-Speicherung bis zur Entsalzung von Meerwasser. Dafür wird es verschiedene Energieformen brauchen. Erneuerbare Energien alleine werden das womöglich nicht stemmen können, von Kohlekraft will man sich bis dahin verabschieden, Kernspaltung wird zumindest in Deutschland nicht genutzt. Ich bin deshalb überzeugt, dass Kernfusion einen Beitrag leisten kann.

Das Feld hat sich in den letzten Jahren stark verändert, private Akteure wie Start-ups werden wichtiger. Spürt man eine neue Dynamik?

Ich würde sagen, es ist umgekehrt: Die Start-ups würde es nicht geben, wenn das Feld nicht so viel Dynamik entwickelt hätte. Kernfusion hat eine gewisse technologische Reife erreicht, sodass Risikokapitalinvestoren



Die Montage von Wendelstein 7-X begann im April 2005, im Dezember 2015 wurde das erste Plasma erzeugt. Rund 450 Mitarbeiter arbeiten am Standort – theoretische Physiker, Ingenieure, Elektriker.

bereit sind, einzusteigen. Weltweit gibt es mittlerweile rund 50 Unternehmen, die ganz verschieden aufgestellt sind. Es werden neue Maschinen gebaut, das Feld wird breiter. Wir haben bereits mehrere Kooperationsverträge mit privaten Firmen abgeschlossen, mit denen wir uns regelmäßig austauschen.

Bei Kernfusion ist oft die Rede von einem Wettlauf, doch Sie sprechen von einem Sinfonieorchester.

Auch im Sinfonieorchester will jeder die erste Geige spielen. Es geht nicht ohne Ehrgeiz und Rivalität, das ist Teil des menschlichen Strebens. Zugleich ist Kernfusion ein so dickes Brett, dass man ohne Kooperation nicht vorankommt. Ein einzelnes Labor, das Geheimforschung betreibt, hätte nicht die Spur einer Chance. Alles Wissen muss mit allen geteilt werden, überall auf der Welt. Mit dieser Spannung muss man als Forscher leben lernen: Man steht in Konkurrenz, ist aber auch aufeinander angewiesen.

Wir sind hier an der Ostsee, die Maschine heißt Wendelstein. Wie passt das zusammen?

Der erste Stellarator überhaupt wurde in den 1950er-Jahren in Princeton gebaut, unter Leitung des Astrophysikers Lyman Spitzer. Im Kalten Krieg war die Forschung an Kernfusion zunächst geheim, also brauchte es einen Decknamen. Spitzer war Bergsteiger und liebte die Alpen, also wählte er den Namen Matterhorn. Wenige Jahre später wurde die Geheimhaltung in Folge der „Atoms for Peace“-Initiative aufgehoben. Als Werner Heisenberg begann, in Garching bei München einen eigenen Stellarator zu bauen, ließ er sich wohl von Spitzer inspirieren. Er wählte den Namen Wendelstein – der bekannteste Berg in den bayerischen Alpen. Die ersten Wendelstein-Anlagen standen in Garching. Nach der Wende wurde dann entschieden, Wendelstein 7-X in Mecklenburg-Vorpommern zu errichten.

Über lange Zeit galt der Stellarator eher als Underdog in der Kernfusionsforschung.

Das Tokamak-Modell hat einen Vorsprung. Wir haben Jahrzehnte gebraucht, um zu lernen, wie man die Stellarator-Spulen formen muss. Erst leistungsfähige Computer machten diese Berechnung möglich. Deshalb brauchte der Stellarator länger, um dasselbe Leistungsniveau zu erreichen. In den 1980er-Jahren zum Beispiel, als die ITER-Anlage geplant wurde, konnte der Stellarator noch nicht mithalten. So entschied man sich dort für den Tokamak.

Tokamak oder Stellarator, welches Modell wird letztendlich das Rennen machen?

Der Stellarator hat in meinen Augen klare Vorteile gegenüber dem Tokamak: Man muss dem Plasma keinen Strom zuführen, um das Magnetfeld zu erzeugen. Strom ist launisch – reißt er ab, kann das die Anlage stark belasten. Verzichtet man auf Strom, wird der Betrieb einfacher. Denkbar ist aber auch, dass man am Ende sowohl Stellarator- als auch Tokamak-Kraftwerke betreibt, wie Otto- und Dieselmotor bis heute nebeneinander existieren.

Zum Schluss die obligatorische Prognosefrage: Wann ist Kernfusionsenergie einsatzfähig?

Die Entwicklung hängt von vielen Faktoren ab: Welches technologische Risiko, welches Investitionsrisiko will man eingehen? Junge Start-ups, die mit aller Kraft noch in den 2030er-Jahren ein Kraftwerk bauen wollen, haben in dieser Hinsicht sicherlich eine andere Kultur als der öffentliche Sektor. Auch entwickelt sich die Technologie ständig weiter, von 3D-Druck bis zu Hochtemperatursupraleitern. All das macht es nutzlos, pauschal eine Jahreszahl vorherzusagen. Ich persönlich denke, dass wir in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts Kraftwerke haben werden. Fusionskraft wird kommen, das lässt sich nicht mehr aufhalten. □



Prof. Dr. Thomas Klinger, geboren 1965, studierte Physik in Kiel. Er ist Direktor am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik und leitet das Projekt „Wendelstein 7-X“ in Greifswald.

Das
EISHOCKEY-
WUNDER
von
NAIROBI

**In Kenia gibt es zwar nur eine einzige,
winzige Eisbahn - dafür ein Team, das schon
die Olympischen Spiele ins Visier nimmt.**

Text NEHA WADEKAR

Fotos KHADIJA M. FARAH

→ **DAS PANARI HOTEL** in Nairobi liegt auf dem Weg vom Stadtzentrum zum Flughafen Jomo Kenyatta International. Im zweiten Stock, gegenüber einem chinesischen Restaurant und neben einem Kino, gibt es eine kleine Eisbahn. Hier sind die Kenya Ice Lions zu Hause, das einzige Eishockeyteam in Äquatorialafrika.

An einem Mittwoch hallt das dumpfe Knallen von Hockeyschlägern durch die Arena. Von der Bank aus feuern Spieler auf Swahili ihre Teamkollegen an, die in einem Trainingsspiel fünf gegen fünf angetreten sind. Die Eisbahn misst gerade mal ein Viertel der 61 mal 26 Meter, die etwa die US-Profiliga NHL vorschreibt.

Noch vor zehn Jahren war der Gedanke abwegig, in Kenia Eishockey zu spielen. In letzter Zeit hat der Sport Spieler aus unterschiedlichen Schichten angezogen.







KARTE: NG

In Kenia ist die Kluft zwischen Arm und Reich riesig. Hier in Nairobi trägt Eishockey dazu bei, diesen Graben zu überwinden. Das Team besteht aus „Leuten aus sehr bescheidenen Verhältnissen und Leuten aus einem weltläufigeren Milieu“, sagt Mannschaftskapitän Benjamin Mburu. Der 30-Jährige arbeitet als Architekt und Bauleiter. Viele seiner Spieler sind noch Studenten; manche sind arbeitslos. Der Sport kann eine Rettungsleine bieten – etwa für Chumbana Likiza Muhusini, 21 Jahre alt, die in einem der härtesten Slums der Stadt aufgewachsen ist. Nichts davon zählt auf dem Eis. „Es ist egal, wer woher kommt“, sagt Mburu.

Im vergangenen Jahr trat Kenia der Internationalen Eishockey-Föderation (IIHF)

Im Uhrzeigersinn (v. l. o.)

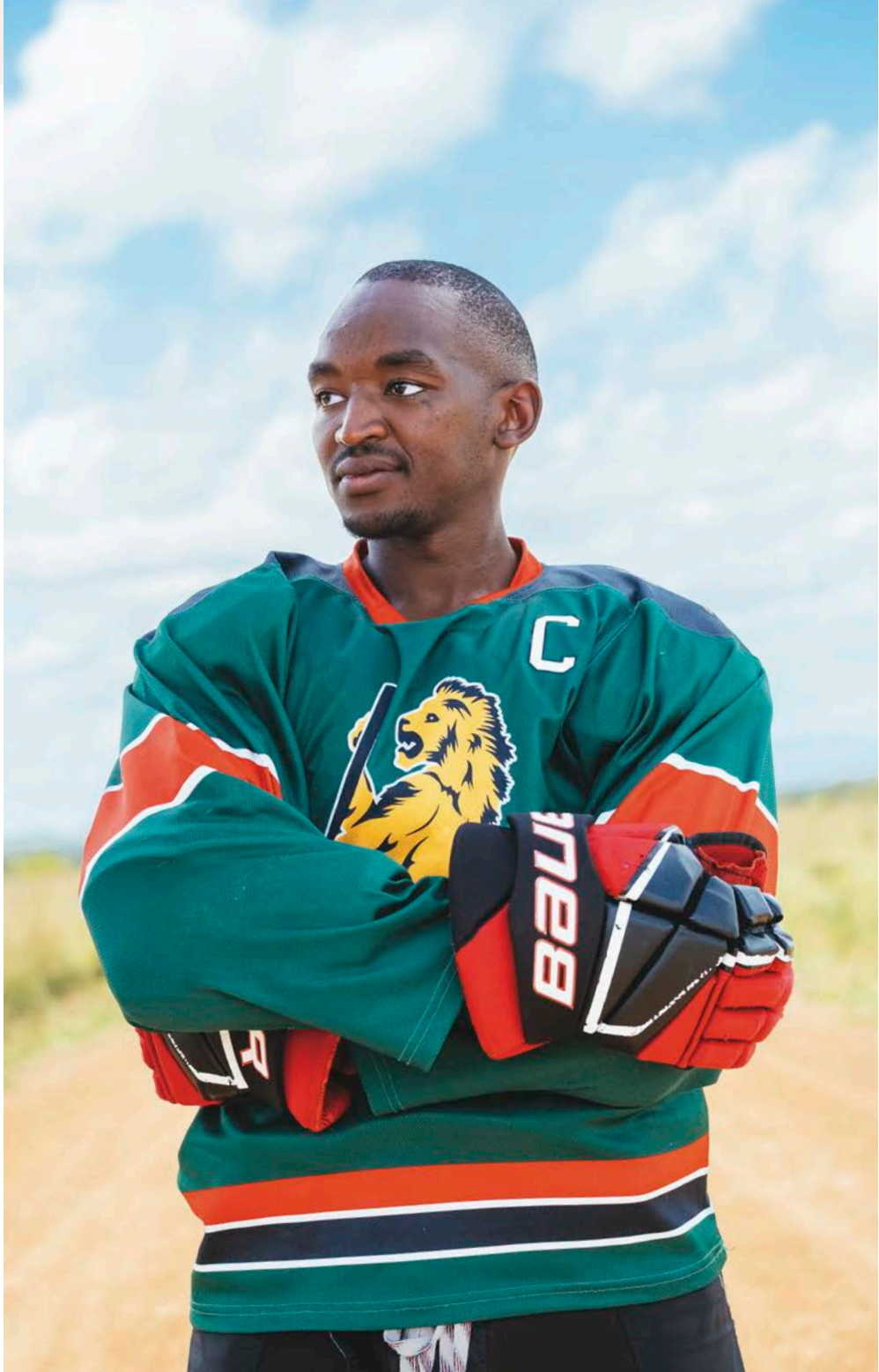
Highschool-Absolvent Hamisi Mwachofu zählt zu den jüngsten Spielern der Ice Lions. Ein großer Teil der Ausrüstung stammt aus Spenden. Coach Tim Colby hat jahrelang Teams in seiner Heimat Kanada trainiert. Die Mannschaft hat bereits Clubturniere und Freundschaftsspiele gewonnen.







Carol Kagendo ist eine Pionierin des Fraueneishockey in Kenia. Sie hat fünf Jahre für die Ice Lions gespielt und betreut seit Kurzem deren Jugendabteilung.



Im vergangenen Jahr hat Kapitän Benjamin Mburu sein Team zu drei Siegen bei internationalen Turnieren geführt.



bei, als fünftes Land Afrikas und erst das zweite südlich der Sahara gelegene. Die Ice Lions haben fast ein Jahrzehnt für diesen Erfolg gearbeitet.

Die Mannschaft entstand eher nebenbei im Jahr 2016: Ein paar der jungen Kenianer, die als Eislauflehrer auf der Eisbahn arbeiteten, hatten es satt, nur westlichen Auswanderern beim Hockey zuzusehen. Sie wollten das selbst ausprobieren. Aus

Nairobis Rollerblading-Community rekrutierten sie Spieler, besorgten Trikots und weitere Sportkleidung in den Secondhandläden; die bunt zusammengewürfelte Ausrüstung stammte aus Spenden. „Es war wirklich kalt, ich konnte meine Schlittschuhe kaum kontrollieren“, sagt Benjamin Mburu. „Als Afrikaner war ich Eishockey nie nähergekommen als durch die Weihnachtsfilme im Fernsehen.“



Mike Otieno begann seine Hockeykarriere als Kind auf Inlineskates, wie viele der Ice Lions. Heute arbeitet er als Eislauflehrer im Panari Hotel – wenn er nicht gerade selbst trainiert.

Es dauerte nicht lange, bis sich diese Feel-Good-Geschichte von Eishockey am Äquator verbreitete. Im Jahr 2018 ließ der chinesische Konzern Alibaba ein paar der Spieler nach Südafrika fliegen, um einen TV-Werbespot zu drehen. Der Slogan: „Eishockey in Kenia? Kein Traum ist zu groß.“

Der TV-Spot machte das Team weltbekannt. Noch im selben Jahr flog die kanadische Restaurantkette Tim Hortons die Mannschaft zum Training nach Kanada und drehte eine Dokumentation. Die Spieler erhielten Ausrüstung sowie kenianische Trikots und traten gegen ein kanadisches Team an. Für manche von ihnen war es das erste Mal, dass sie Afrika verließen.

Und die Reise bestärkte die Spieler in ihrem Ziel, in Kenia Strukturen für Eishockey zu schaffen. Heute unterstützt die ehemalige kanadische Profispielerin Saroya Tinker die Ice Lions beim Aufbau einer Frauenliga. Samstags bietet das Team ein Training für Kinder und Jugendliche, um junge Talente zu fördern. Derzeit erscheinen bis zu 70 Kinder zum Trainieren.

Das Team wird vom Kanadier Tim Colby geführt, der vor seinem Umzug nach Kenia in Ottawa zehn Jahre lang Hockeymannschaften der Minor League trainiert hat. Für ihn besteht die größte Hürde des Teams darin, dass Zeit auf dem Eis in Nairobi teuer ist: etwa 85 Euro pro Stunde. Außerdem ist die Eisbahn zu klein. Nicht zuletzt arbeiten sowohl Spieler als auch Personal der Ice Lions ehrenamtlich. Es ist nicht leicht, eine professionelle Vollzeitmannschaft auf ehrenamtlicher Basis zu führen, sagt Colby.

Trotzdem: Die Ice Lions hoffen darauf, am ersten African Nations Cup teilzunehmen, der im Juni kommenden Jahres in Kapstadt stattfinden soll. Außerdem wollen sie sich durch die vielen Divisionen der Eishockey-Weltmeisterschaft hocharbeiten – mit dem Ziel, sich schließlich für die Olympischen Spiele zu qualifizieren. „Nichts ist unmöglich“, sagt Mburu. □

DIE SUCHE

A blue, flexible, corrugated tube arches over a person wrapped in a blue thermal blanket. A blue medical device is connected to the tube. The scene is lit with a cool blue light, creating a futuristic and clinical atmosphere.

NACH
DER

MENSCHEN IM WINTERSCHLAF
GAB ES BISHER NUR IN SCIENCE-
FICTION-ERZÄHLUNGEN. DAS
KONZEPT KÖNNTE MEDIZIN UND
RAUMFAHRT REVOLUTIONIEREN -
VIELLEICHT FRÜHER ALS GEDACHT.

PAUSENTASTE

TEXT
ADAM PIORE

FOTOS
COREY ARNOLD



Erin Belback nimmt an einer NASA-geförderten Studie teil, die die Effekte des Winterschlafs nachahmt. Die Methode könnte einige der physiologischen Probleme überwinden, die bei langen Raumflügen auftreten. Wissenschaftler der University of Pittsburgh analysieren Belbacks Stoffwechselrate, indem sie die Zusammensetzung ihrer ausgeatmeten Luft sowie ihre Körpertemperatur überwachen.

FOTO: REBECCA HALE, NG

DIE
VERSUCHSPERSON
WAR IN EINEN
ZUSTAND
GEGLITTEN,
DEN DER
MEDIZINER
CLIFTON CALLAWAY
SO BESCHREIBT:

„EINE ART DÄMMER- SCHLAF.“

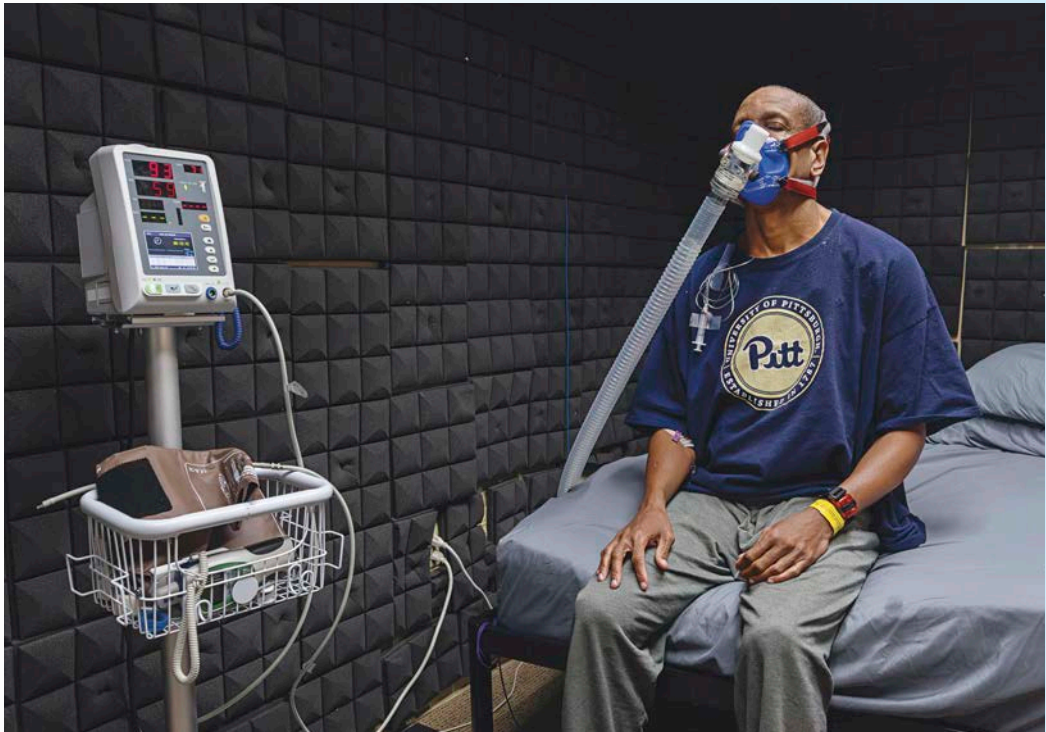
18 Stunden zuvor hatte Callaways Team am Labor für angewandte Physiologie der University of Pittsburgh dem Mann ein Beruhigungsmittel verabreicht, das sein natürliches Kältezittern unterdrückte. Nun war seine Körperkerntemperatur von 37 auf 35 Grad Celsius gefallen. Seine Herzfrequenz und sein Blutdruck waren gesunken, sein Stoffwechsel um 20 Prozent heruntergefahren. Trotzdem konnte der Mann noch immer selbstständig sein Bett verlassen, um seine Blase zu entleeren, und bei Bedarf nach Essen oder Trinken klingeln. Diese Fähigkeiten machten das Legen eines Katheters oder intravenösen Zugangs entbehrlich und

sorgten dafür, dass seine Reaktionsfähigkeit erhalten blieb.

Der Mann war einer von fünf überdurchschnittlich fitten Freiwilligen im Alter von 21 bis 54 Jahren, die im Halbdunkel leise vor sich hindösteten und als „Raumfahrer“ an einer simulierten neunmonatigen Marsreise teilnahmen. Clifton Callaway, Herzspezialist und Experte für induzierte Hypothermie, hatte von der NASA einen Auftrag erhalten: Entwickle eine simple Methode, um Menschen in eine Art Winterschlaf zu versetzen – ohne Verwendung von Beatmungsgeräten oder Medikamenten, die Bewegung unmöglich machen. Eine wohlüberlegte Dosis des Wirkstoffs Dexmedetomidin brachte den erhofften Effekt. Trotz ihrer benebelten, traumverlorenen Stimmung sei seine Versuchsperson nach wie vor in der Lage, in einer Notsituation zu reagieren, sagt Callaway – „so wie ein Bär“.

Seit jeher gehören Menschen im Winterschlafmodus zu den klassischen Elementen in Science-Fiction-Filmen. In „2001: Odyssee im Weltraum“ zieht der Bordcomputer HAL9000 bei einigen seiner tief schlafenden Passagiere den Stecker; in „Passengers“ weckt ein einsamer Chris Pratt seine Schauspielerkollegin Jennifer Lawrence vorzeitig aus dem künstlichen Schlummer. Die NASA verfolgt das ambitionierte Ziel, schon in den 2030er-Jahren Astronauten auf den Mars zu schicken. Das Versetzen von Menschen in einen echten Winterschlaf könnte ein Schlüssel für das Gelingen des Plans sein. Aus diesem Grund fördern sowohl die NASA als auch die Europäische Weltraumorganisation ESA wissenschaftliche Studien wie Callaways Projekt.

Ein bärenartiger Winterschlafzustand könnte Astronauten dabei helfen, die Eintönigkeit langer Raumfahrten zu überbrücken und darüber hinaus Konflikte zwischen Crewmitgliedern zu minimieren. Ein gedrosselter Stoffwechsel könnte zur Frachtreduzierung beitragen. Weltraummissionen würden weniger Nahrung und Sauerstoff benötigen



Nachdem er 20 Stunden lang geschlafen hat, wird Robert Foote wissenschaftlich überwacht. Auch er nimmt an der von der NASA unterstützten Studie in Pittsburgh teil. Könnte man Menschen bei Bedarf in Winterschlaf versetzen, würde sich eine Fülle medizinischer Vorteile eröffnen, zum Beispiel ein größeres Zeitfenster bei der Behandlung von Schlaganfällen und Herzinfarkten. FOTO: TIM BETLER, UPMC

– in der Folge würde sich auch der Treibstoffbedarf verringern. Forschungsprojekte untersuchen mit Unterstützung von Raumfahrtbehörden sogar, ob ein verlangsamer Stoffwechsel den Körper besser vor den Folgen der Weltraumstrahlung schützen könnte. Diese Strahlung ist im All bis zu 200-mal stärker als auf der Erde.

Die physiologischen Superkräfte des Winterschlafs könnten auch auf der Erde Menschenleben retten. „Es ist ein bekanntes Prinzip, dass der Körper bei niedrigen Temperaturen eine mangelnde Sauerstoffversorgung und Durchblutung besser und länger toleriert“, erklärt Callaway. Doch warum ist das so? Wieso verkümmern die Muskeln eines Bären während des Winterschlafs nicht? Warum tritt keine Blutgerinnung

ein? Und wodurch wird der Prozess überhaupt ausgelöst? Auf ihrer Suche nach Antworten haben sich Forschende Schritt für Schritt ihrer bisher bahnbrechendsten Entdeckung genähert: einem zentralen Schalter im Gehirn von Tieren, der die vielfältigen vorteilhaften Winterschlafphänomene auf einen Schlag anknüpft.

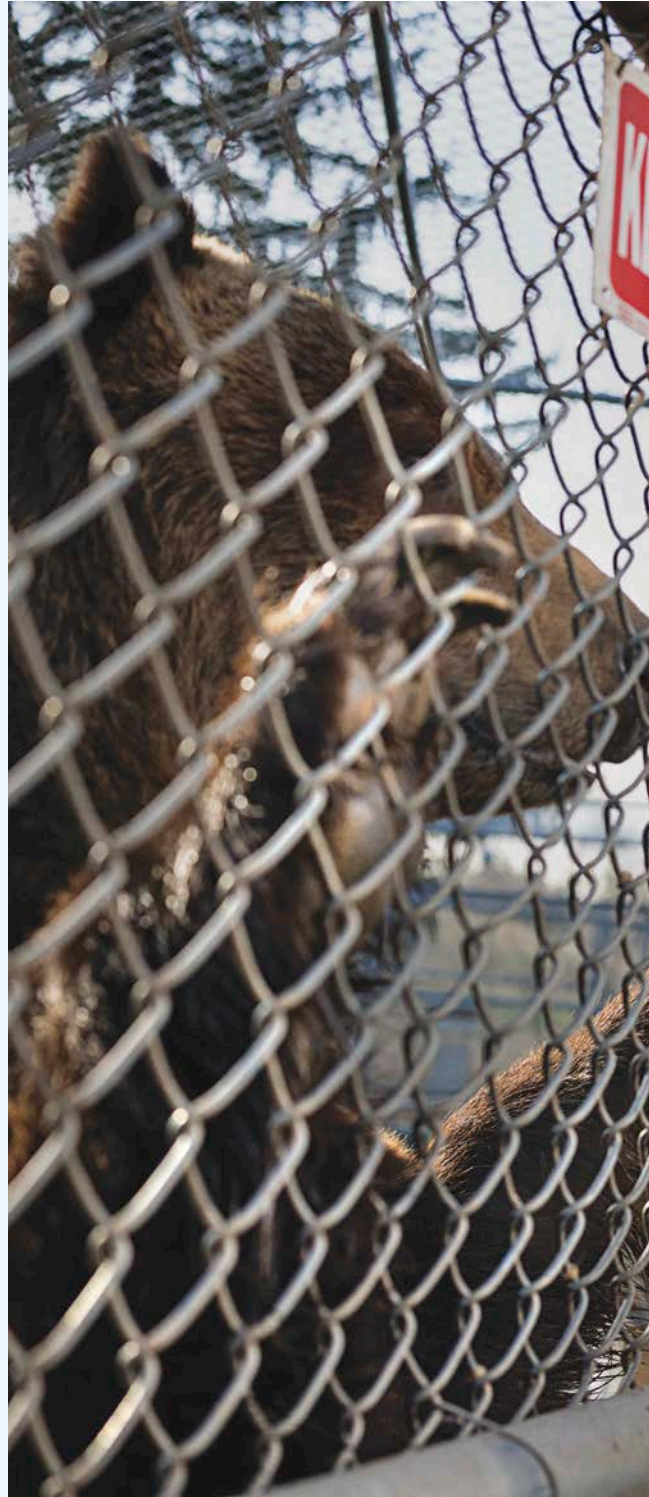
Könnte man etwa die gesenkte Körpertemperatur winterschlafender Bären nachahmen, ließen sich vielleicht die gefürchteten „Reperfusionsschäden“ nach einem Herzstillstand mindern. Diese entstehen, sobald der Blutfluss in sauerstoffarmes Gewebe zurückkehrt – und dabei eine Lawine aus Entzündungsreaktionen, oxidativem Stress und Zelltod auslöst. Es könnte auch das enge Zeitfenster erweitern, das Ärzten zur

intensivmedizinischen Behandlung von Schlaganfällen und Herzinfarkten bleibt.

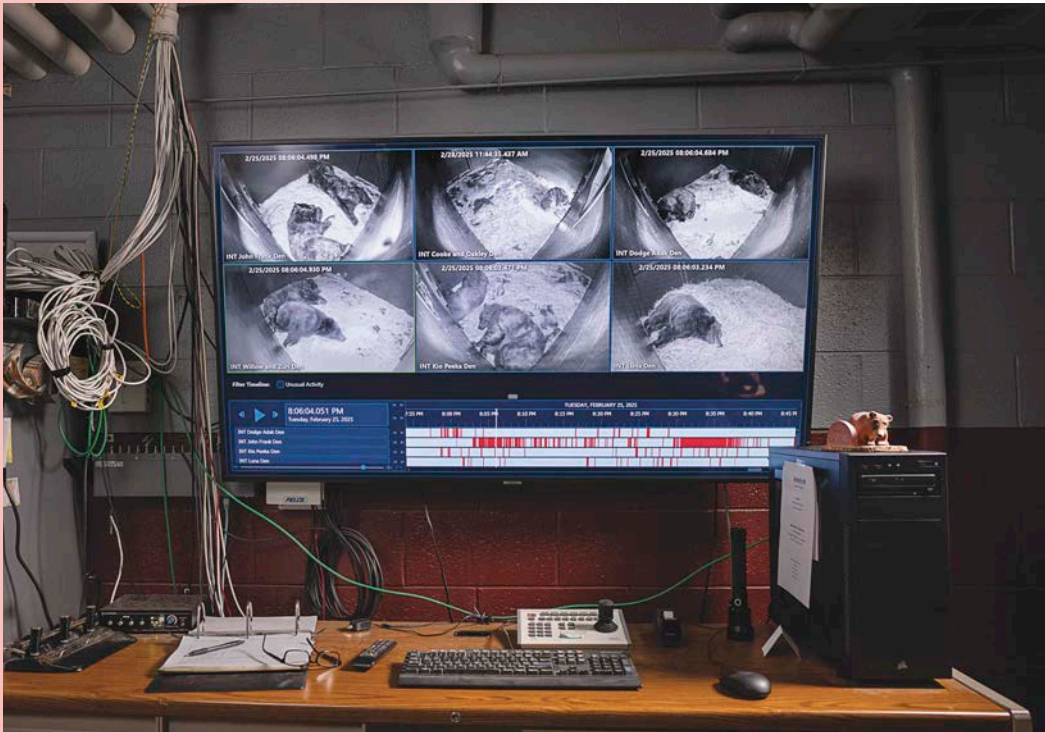
Ein besseres Verständnis der Mechanismen, mit denen winterschlafende Bären ihre Muskelmasse aufrechterhalten und ihre Insulinresistenz an- und abschalten, könnte bei der Behandlung von chronischer Fettleibigkeit und Diabetes nützlich sein. Patienten auf der Intensivstation verlieren in sieben Tagen mehr als zehn Prozent ihrer Muskelmasse. Liefße sich dieser Abbau durch einen induzierten Winterschlafzustand hinauszögern? Sogar ganz stoppen?

Die Wissenschaft erforscht auch andere Winterschläfer, um Antworten auf medizinische Fragen zu erhalten. So untersucht ein Team von der Colorado State University, wie Dreizehnstreifen-Hörnchen sich rasch Fettreserven anfuttern und vor dem Winterschlaf ihren Appetit wieder abschalten. Die Forscher erhoffen sich davon Hinweise darauf, wie man menschliche Fettleibigkeit bekämpfen kann. Bei genetischen Studien an Gelbbauchmurmeltieren haben Forscher der University of California in Los Angeles herausgefunden, dass deren „epigenetische Alterung“ während ihres sieben- bis achtmonatigen Winterschlafs „praktisch zum Stillstand kommt“. Mit Blick auf das Herunterfahren der Körpertemperatur beim Menschen beschäftigen sich Wissenschaftler an der Uni Greifswald mit der Frage, wie Fledermäuse ihre Blutzirkulation bei niedrigen Temperaturen aufrechterhalten. Und an der University of Alaska Fairbanks erforschen Biologen ein Erdhörnchen, das seine Körpertemperatur um 40 Grad senken und seine Herzfrequenz auf fünf Schläge pro Minute

Um die Geheimnisse des Winterschlafs zu entschlüsseln, erforschen Biologen wie Heiko Jansen die berühmtesten Winterschläfer der Erde: Bären. Die elf Grizzlybären im Washington State University Bear Research, Education and Conservation Center in Pullman, USA, sind einstige „Problembären“ aus dem Yellowstone-Nationalpark und ihre Nachkommen.







Die Grizzlybären in Pullman werden in ihren Höhlen mit Kameras überwacht, während sie in den letzten Phasen ihres Winterschlafs dahindämmern. Im Verlauf der fünfmonatigen Ruheperiode verlangsamt sich ihr Stoffwechsel drastisch. So verringert sich ihr Bedarf an Nahrung und Sauerstoff.

drosseln kann. In diesem Zustand überlebt es acht Monate lang bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunkts. Die Forschenden wollen ein Medikament entwickeln, mit dem Klinikärzte Menschen schnell und gefahrlos in einen winterschlafähnlichen Zustand versetzen könnten.

Callaways Dämmerungsschlafexperiment gewährt uns zwar einen flüchtigen Blick auf das, was in puncto Winterschlaf beim Menschen möglich ist. Was sich unter natürlichen Bedingungen und im Labor abspielt, ist jedoch völlig unterschiedlich. Bären benötigen keine Medikamente, um im Winter zur Ruhe zu kommen; laut Callaway verfügen sie über einen natürlichen „Torpor-Schalter“, der durch einen noch nicht vollständig geklärten Prozess umgelegt wird. Vielleicht entscheidend: Ihr Körpertemperaturabfall

während des Winterschlafs liegt in einem für das menschliche Überleben tolerierbaren Bereich. Das macht die Tiere für die Forschung so interessant.

S WAR EIN HEITERER Nachmittag Ende März in der Stadt Pullman im Nordwesten der USA. Der Biologe Heiko Jansen stand vor einer umzäunten Wiese am Washington State University Bear Research, Education and Conservation Center und beobachtete, wie ein zotteliges, 140 Kilogramm schweres Grizzlybärweibchen namens Kio sich bemühte, ein Marshmallow zu fressen.

Zehn Tage zuvor hatte es sich von seinem Strohlager erhoben und langsam durch ein Festmahl aus Trockenfutter, Äpfeln,

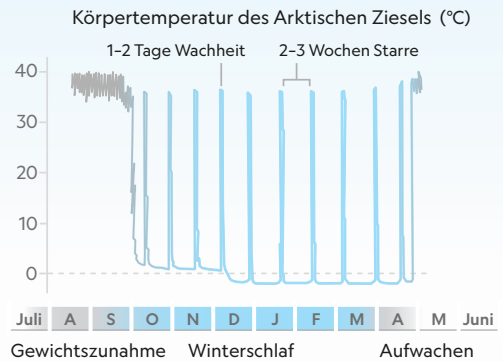
Wapitiknochen und -fleisch gefressen – die erste Mahlzeit seit fünf Monaten. Kios Speicheldrüsen arbeiteten noch immer schwerfällig. Anschließend hatte die Bärin einen „Kotpfropfen“ abgesetzt, bestehend aus Pflanzenresten, getrocknetem Kot, abgestorbenen Zellen und Haaren. Diese drei Schlüsselaktivitäten – aufstehen, fressen, den Pfropfen absetzen – hatten offenbar eine Vielzahl genetischer Schalter in ihren Zellen umgelegt. Dies hatte die langsame Umkehr einer Reihe von bizarren biologischen Zyklen veranlasst, in die ihr Körper während des Winters eingetreten war.

Kios Stoffwechsel, der nur mit einem Viertel seiner normalen Geschwindigkeit gearbeitet hatte, kam wieder auf Touren. An dem Tag, an dem sie mit dem Marshmallow kämpfte, hatte sich seine Leistung bereits mehr als verdoppelt. Ihre auf fast sieben Grad unter den Normalwert gesunkene Körperkerntemperatur stieg wieder. Zwei ihrer vier Herzkammern, die über den Winter fast komplett stillgelegt worden waren, nahmen ihre Tätigkeit wieder auf. Ihre monatelang gegenüber Insulin unempfindlichen Fettzellen begannen wieder, auf das Hormon zu reagieren. Es teilt dem Körper mit, wann seine Zellen Zucker aus dem Blut aufnehmen müssen. Ihr monatelang nicht mehr vorhandener Appetit erwachte knurrend zum Leben.

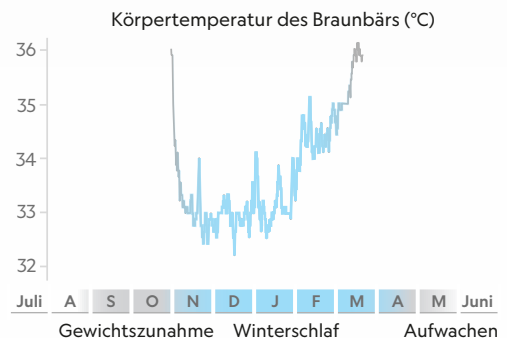
Fünf Monate zuvor, im November, hatte sich die Bärin zum Überwintern hingelegt. Sie stellte das Fressen ein, fuhr ihre Darmtätigkeit herunter, legte ihre Speicheldrüsen still und begann, von ihren körpereigenen Fettreserven zu leben. In den folgenden Monaten verbrannte Kio rund 20 Prozent ihres Körpergewichts. Um ihr dies zu erleichtern, wurde ihr Körper unempfindlich gegenüber Insulin – für einen Winterschläfer von Vorteil. Menschen mit einer Insulinresistenz entwickeln dagegen oft einen Diabetes – ein eindeutiger Nachteil. Bären können allerdings ihre Insulinempfindlichkeit in Abhängigkeit von der Jahreszeit an- oder

WINTERSCHLAF-MUSTER

Bei Arktischen Zieseln im Winterschlaf kann die Körpertemperatur um 40 Grad sinken, sodass ihre Gehirnaktivität kaum mehr nachweisbar ist. Während der kurzen, regelmäßigen Aufwärmphasen, in denen sie aus dem Torpor erwachen, werden ihre Nervenverbindungen wiederbelebt und häufig auch vervielfältigt.



Bei Bären fällt die Körpertemperatur im Winterschlaf nicht dramatisch ab; sie gelten daher als Modellorganismen für menschliche Studien. Während des Schlafens sind die Tiere wacher, als es scheint. Ihr fünfmonatiger Torpor ist derart flach, dass sie auf Notsituationen reagieren können; weibliche Bären gebären und säugen sogar Junge.



GRAFIK: DIANA MARQUES UND BRANDON SHYPKOWSKI, NG.
 QUELLEN: HEIKO JANSEN, WSU BEAR CENTER; BRIAN BARNES,
 UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS





Wenn die Grizzlybären sich im März zu regen beginnen, sind sie zwar schon wach, aber noch ziemlich schläfrig. Ihr Körper ist damit beschäftigt, die Verlangsamung des Stoffwechsels wieder umzukehren. Nachdem ihm Blut am Bein entnommen wurde, wird dieser Bär namens Adak mit Honig und anderen Leckerbissen belohnt.

LERNEN VON DEN PROFIS

Will man einen Menschen in den Winterschlaf versetzen, muss man einen Bären studieren. Wissenschaftler bemühen sich daher, die Tricks dieser Tiere besser zu verstehen.

SCHLAGANFÄLLE VERMEIDEN

Bei einem winterschlafenden Bären fällt die Herzfrequenz von 80 bis 100 Schlägen auf etwa zehn Schläge pro Minute und verlangsamt die Blutzirkulation um 25 Prozent. Beim Menschen kann ein solches Absinken zu Blutgerinnseln führen, die einen Herzstillstand oder Schlaganfall auslösen. Bären sind dagegen mit Genen ausgestattet, die die Bildung von Gerinnungsproteinen herunterregulieren und damit Blutgerinnsel verhindern.

DIABETES VORBEUGEN

Leber- und Fettzellen winterschlafender Bären werden unempfindlich gegenüber Insulin. Das heißt, sie verbrennen überschüssiges Fett statt des Energielieferanten Zucker. Diese Insulinresistenz hört jedoch mit dem Ende des Winterschlafs auf. Forscher suchen nach dem Gen, das diesen Wechsel auslöst – in der Hoffnung, dass sich diese Entdeckungen auf den Menschen übertragen lassen.

RICHTIG FETT ANSETZEN

Bevor sie in den Winterschlaf fallen, können Bären bis zu 40 Prozent an Fett zulegen. Beim Menschen trägt eine solche Gewichtszunahme zur Entstehung chronischer Erkrankungen wie Herzversagen, Schlafapnoe und bestimmter Formen von Krebs bei, insbesondere dann, wenn sich das Fett rings um die Organe ansammelt. Bären speichern dagegen einen Großteil des zusätzlichen Körperfetts unter ihrer Haut, wo es den geringsten Schaden anrichtet.

SAUERSTOFF MAXIMAL NUTZEN

Winterschlafende Bären können ihre Atmung problemlos von 15 bis 30 auf ein bis zwei Atemzüge pro Minute drosseln und ihren Sauerstoffbedarf um erstaunliche 75 Prozent reduzieren.

ABFALL WIEDERVERWERTEN

Bei winterschlafenden Bären wird Harnstoff – das Endprodukt des Proteinabbaus, das normalerweise mit dem Urin hinausgespült wird – wieder zu Proteinen recycelt. Für Menschen ist das Zurückhalten von Urin oder Kot toxisch und führt zu Nierenversagen sowie Sepsis.

MUSKELN AUFBAUEN

Im Gegensatz zu Menschen, die bereits nach einer Woche Inaktivität an Muskelmasse verlieren, recyceln winterschlafende Bären auf eine noch nicht ganz verstandene Weise Aminosäuren und Proteine, um ihre Knochendichte aufrechtzuerhalten und sogar neue Muskeln aufzubauen.

abschalten, ohne gesundheitliche Folgen. Wenn man wüsste, wie sie das bewerkstelligen, ließe sich daraus vielleicht eine entsprechende Möglichkeit für den Menschen herleiten.

Ein kanadisches Forschungsteam hat 2018 die DNA-Sequenz des kompletten Grizzlybären-genoms veröffentlicht. Ein Jahr später leitete Jansen eine Arbeitsgruppe, die mithilfe einer Technik namens RNA-Sequenzierung identifizieren wollte, welche Gene eines Bären vor, während und nach der Winterschlafphase in dessen Muskel-, Fett- und Leberzellen aktiviert werden. Bei mehr als 10 000 der insgesamt 30 723 Gene eines Grizzlybären konnten die Wissenschaftler jahreszeitliche Veränderungen feststellen. Um zu entschlüsseln, wie die Tiere ihre Insulinresistenz an- und abschalten, hat Jansen kürzlich Stammzellen aus Blutproben der Bären von Pullman extrahiert, die zu unterschiedlichen Zeiten im Jahr entnommen wurden. Der Wissenschaftler hat methodisch einzelne Gene ausgeschaltet und anschließend Fettzellkulturen in Petrischalen angezchtet. Jetzt beobachtet er, was in diesen Zellen geschieht.

„Wir behaupten nicht, dass wir etwas finden werden, das Diabetes rückgängig machen kann“, erklärt Jansen. „Doch mithilfe eines Modellsystems aus Zellen, die ihre Sensitivität verändern, können wir zumindest eine Vorstellung davon entwickeln, was eigentlich vor sich geht.“

Kios Herzfunktion liefert möglicherweise Erkenntnisse, die für die Behandlung von Blutgerinnungsstörungen beim Menschen nützlich sind. Während des Winterschlafs war die Herzfrequenz der Bäarin von 80 bis 100 Schlägen pro Minute auf rund zehn Schläge gesunken. Unter solchen Umständen müsste sich ihr Blut eigentlich zu gefährlichen Gerinnseln verklumpen und einen Schlaganfall auslösen. Bei Bären im Winterschlaf verringert sich jedoch die Aktivität der für die Gerinnung verantwortlichen Blutplättchen auf erstaunliche Weise.

Und dann ist da noch Kios Fähigkeit, ihren Muskeltonus während des Winterschlafs aufrechtzuerhalten. Dies fasziniert manche Forschende besonders. Anders als Menschen, die schon innerhalb einer Woche körperlicher Inaktivität an Muskelmasse verlieren, erhob sich Kio derart fit von ihrem Schlaflager, als hätte sie den ganzen Winter über Streifenhörnchen gejagt.

In Alaska arbeiten die Wissenschaftler Vadim Fedorov und Anna Goropashnaya daran, dieses Geheimnis zu lüften. Das Forscherehepaar ist am Institute of Arctic Biology (IAB) der University of Alaska in Fairbanks tätig. Beide haben sich auf evolutionäre Genetik spezialisiert. Als sie vor fast 20 Jahren damit begannen, Genexpressionsmuster in Gewebeproben von Schwarzbären zu analysieren, waren sie von ihren Ergebnissen geradezu schockiert: Weil die Bären während ihres Winterschlafs das Fressen einstellten und ihren Stoffwechsel verlangsamten, hatten Fedorov und Goropashnaya angenommen, dass sie die Aktivität der am Muskelaufbau beteiligten Gene aus Gründen der Energieersparnis ebenfalls herunterfahren würden. Doch im Gegenteil, die Aktivität der Gene wurde anscheinend sogar hochgefahren.

So unlogisch ihre Ergebnisse erschienen, sie waren korrekt. 2011 präsentierte das Paar die erste Veröffentlichung zu dem Phänomen. Dank neuartiger DNA-Sequenzierungstechnologien können sie heute doppelt so viele Gene mit weitaus höherer Spezifität untersuchen. Dabei geriet der sogenannte mTOR-Signalweg in ihr Visier, ein bekanntes zelluläres „Drehkreuz“, das auch bei der Regulation der Zellteilungsrate eine Schlüsselrolle spielt. Bei Nährstoffmangel regulieren Säugetiere mTOR typischerweise herunter, um die Zellregeneration zu unterdrücken und ihre Energie auf den Schutz vorhandener Zellen zu verwenden. In den Muskeln winterschlafender Bären fanden die Wissenschaftler jedoch eine Bestätigung dessen, was sie schon Jahre zuvor beobachtet hatten: eine gesteigerte mTOR-Aktivität.

Fedorov und Goropashnaya waren ratlos. Wenn Bären während des Winterschlafs tatsächlich neue Muskeln aufbauen – woher stammen dann die erforderlichen Nährstoffe? Wissenschaftler haben eine Möglichkeit erkundet: Mikroorganismen. Erste Befunde bei anderen Winterschläfern deuten an, dass die Tiere in dieser Phase keinen Urin produzieren, sondern den darin enthaltenen Stickstoff wiederverwerten. Darmmikroben könnten den recycelten Stickstoff aufnehmen und in Aminosäuren umwandeln, aus denen letztlich neue Muskeln gebildet werden.

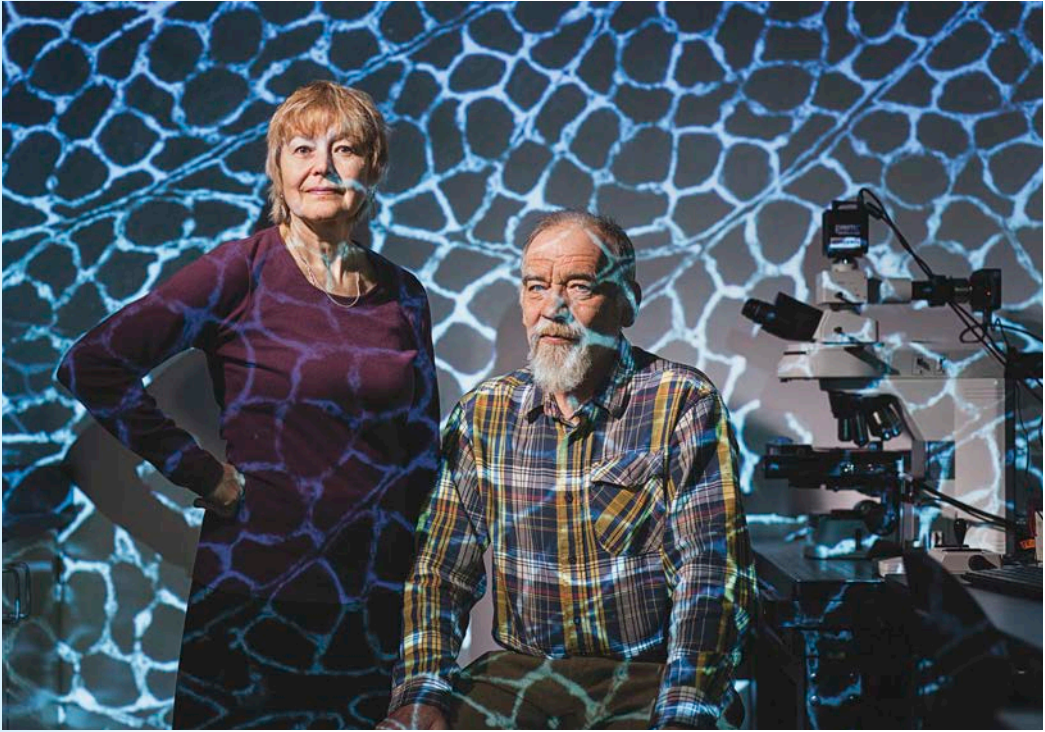
Sollte es Fedorov und Goropashnaya gelingen, ein besonders leistungsfähiges Gen zu identifizieren, das für das Aktivieren dieser Muskelregeneration verantwortlich ist, hätte das tiefgreifende medizinische Auswirkungen. Und was wäre, wenn sich die unterschiedlichen Vorgänge des Winterschlafs alle auf einmal aktivieren ließen – etwa mit einem Medikament? Zur Beantwortung dieser Frage nehmen sich Wissenschaftler den extremsten Winterschläfer von allen vor.

DER ARKTISCHE ZIESEL ist ein zierliches Nagetier mit golden schimmerndem Fell, einer Stupsnase und einem Paar winziger, Bugs-Bunny-ähnlicher Schneidezähne. Er kann seine Körpertemperatur und Herzrate drastisch verringern, die Atemfrequenz auf einen Atemzug pro Minute reduzieren und monatelang bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ausharren. Darüber hinaus lassen sich diese Erdhörnchen meist sehr viel einfacher untersuchen als etwa Bären.

„Aber nur, bis sie ihre Augen geöffnet haben“, lacht die Neurowissenschaftlerin Kelly Drew, Leiterin des Center for Transformative Research in Metabolism am IAB in Fairbanks. Sie gräbt kurz in einem Nest aus Watte und Hobespänen und befördert einen gefrorenen, pelzigen Schneeball ans Licht. „Dann können sie nämlich zubeißen.“



Der Arktische Ziesel steht im Zentrum aktueller Forschungsarbeiten an der University of Alaska Fairbanks. Mit seiner Hilfe soll ein Medikament für Menschen entwickelt werden, das einige Vorzüge des tiefen Winterschlafs imitiert – etwa das Verhindern von Kältezittern. Dies könnte Medizinern helfen, das Leben von Patienten mit Herzleiden oder Gehirnerkrankungen zu retten.



Am Institute of Arctic Biology der University of Alaska erforschen Anna Goropashnaya und Vadim Fedorov, wie Erdhörnchen und Bären ihr Muskelgewebe während des Winterschlafs aufrechterhalten, wenn sie nicht fressen und sich kaum bewegen. Auf der Projektion im Hintergrund: Muskelgewebe von Erdhörnchen.

Eine ihrer studentischen Hilfskräfte stieß 2005 zufällig auf die Veröffentlichung eines japanischen Forschungslabors. Deren Arbeitsgruppe hatte Hamster aus dem Winterschlaf geweckt, indem sie die Reaktion ihrer Gehirnzellen auf eine chemische Substanz namens Adenosin unterband.

Drew ließ einen ihrer Masterstudenten eine synthetische Form von Adenosin – den Wirkstoff 6-Cyclohexyladenosin, auch CHA genannt – in das Gehirn ihrer Arktischen Ziesel injizieren. Statt die Adenosinrezeptoren zu blockieren, wie etwa Koffein seine bekannte Wirkung entfaltet, verstärkt CHA den Effekt des Adenosins. Als der Student dem Erdhörnchen die Substanz im Sommer verabreichte, geschah nichts. Als er die Injektion jedoch zeitlich näher an der Winterschlafsaion wiederholte, versetzte das CHA den Ziesel in einen

derart tiefen Torpor, dass der Student zunächst dachte, er hätte das Tier getötet. Das hieß: Drews Labor hatte einen Weg gefunden, Erdhörnchen in den Winterschlafmodus zu versetzen – als hätte man einen Schalter umgelegt.

An der Universität von Bologna in Italien verfolgte der Masterstudent Domenico Tupone eine ähnliche Spur. Er wollte die Schaltkreise im Gehirn identifizieren, die die Körpertemperatur während des Schlafens regulieren. Sein Forschungsteam hatte den Verdacht, dass eine kleine Gruppe von Nervenzellen an der Hirnbasis einer Ratte dazu Signale an ihre Körperperipherie übermittelte. Mithilfe einer Injektion schalteten sie diese Neuronen zeitweilig aus und setzten die Ratte anschließend in einen kalten, dunklen Käfig. Das Experiment bestätigte ihre Hypothese: Das Nagetier geriet in einen





extremen Unterkühlungszustand, der eigentlich seinen Tod bedeutet hätte. Und an dieser Stelle wurde die Sache bizarr.

Sechs Stunden und vier weitere Injektionen später war die unterkühlte Ratte noch immer am Leben. Als das Team sie schließlich wieder aufwärmte, verhielt sie sich – zumindest äußerlich –, als wäre nichts geschehen. Als Tupone und seine Kollegen jedoch die Gehirnwellen untersuchten, die man per EEG aufgezeichnet hatte, machte der Wissenschaftler Matteo Cerri eine Beobachtung, die die Richtung von Tupones weiterer Forschung entscheidend veränderte. Die Gipfel und Täler der Gehirnwellen schienen vertraut; Cerri hatte dasselbe Muster bei Tieren im Winterschlaf gesehen. Allerdings: Ratten halten natürlicherweise keinen Winterschlaf. Wenn man ein nicht winterschlafendes Tier gefahrlos in diesen Zustand versetzen konnte – würde dasselbe vielleicht auch beim Menschen funktionieren?

In den darauffolgenden Jahren war Tupone regelrecht besessen von der Idee, einen Gehirnschaltkreis zu entwerfen, der den Winterschlaf beim Menschen auslöst. Für ihn wie auch für Drew stellte der nächste Schritt zugleich die bislang größte Hürde dar: Studien am Menschen.

DAS „WINTERSCHLAF-MIMETIKUM“ mussten Drews Mitarbeiter oft per Operation im Gehirn der Arktischen Ziesel platzieren. Beim Menschen müsste dies hingegen mit einer Infusion oder Spritze funktionieren. Das Problem dabei: Adenosinrezeptoren sind im Körper allgegenwärtig. Ihre generelle Aktivierung

Dieser Arktische Ziesel wurde vorübergehend aus seiner eiskalten Winterschlafhöhle geholt. Er verblieb länger als eine Stunde im Torpor-Stadium, bevor er sich zu regen begann. Die Ziesel überleben ihre lange Winterschlafphase, indem sie sich alle paar Wochen kurzzeitig aufwärmen.

kann unerwünschte Wirkungen hervorrufen – etwa einen Herzstillstand. Nach vier weiteren frustrierenden Jahren des Herumprobierens kombinierte Drew das Medikament mit einem Präparat, das das Herzstillstandproblem behob. Jetzt versucht die Forscherin, ein zusätzliches Hindernis zu beseitigen: schwankende Blutzuckerspiegel, die bei Versuchstieren im Extremfall zu Krampfanfällen führen oder sogar zum Tod.

„Es funktioniert und kühlt die Körper definitiv herunter“, sagt Drew. „Wir versuchen nur noch, das Medikament zu optimieren, um es so sicher wie möglich zu machen.“ Die Medizin kennt zahlreiche Verfahren zur Temperaturregulierung. „Aber der menschliche Körper setzt sich normalerweise dagegen zur Wehr“, sagt die Neurowissenschaftlerin. „Indem man diese Abwehrreaktion auf Kälte umgeht, wie es unser Winterschlaf-Mimetikum tut, können Ärzte einen Patienten auf jede beliebige Temperatur einstellen.“ Und das nicht innerhalb von Stunden, sondern in wenigen Minuten.

Tupone arbeitete zur selben Zeit an der Oregon Health & Science University in Portland im Labor von Shaun Morrison, einem führenden Experten für temperaturregulierende Gehirnschaltkreise. Um das Jahr 2016 stieß er dort auf ein kurioses biologisches Phänomen. Er hatte jene Nervenbündel durchtrennt, die in Richtung des Hirnstamms einer Ratte verliefen, und auf diese Weise die Leitungsbahnen unterbrochen, die Thermoregulationssignale an die Körperperipherie weiterleiten.

Was dann geschah, verblüffte die Forschenden. Das Reaktionsvermögen der Ratte auf Wärme oder Kälte wurde nicht etwa unterbunden; stattdessen verstärkte Tupones Schnitt es auf unerfindliche Weise. Als er das Tier wärmte, produzierte dessen Körper weitere Wärme; wenn er es kühlte, gab das Rattenhirn offenbar den Befehl, die Körpertemperatur noch rascher zu senken.

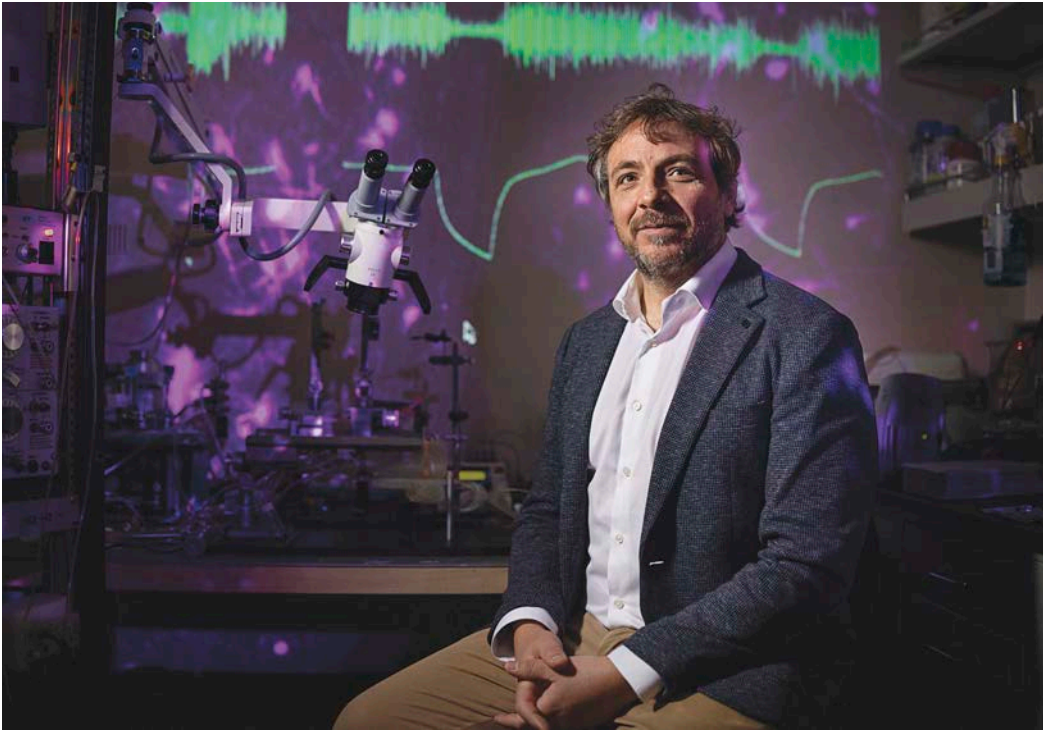
Tupone und Morrison war schnell klar, dass sie eine bedeutsame Entdeckung

gemacht hatten. Ihre Ergebnisse deuteten auf die Existenz eines zweiten, bislang unbekanntes Gehirnschaltkreises hin, der die Körpertemperatur modulieren konnte. Dieser Schaltkreis erleichterte den Wechsel in den Winterschlafmodus und wieder hinaus. Sie gaben dem Phänomen den Namen „thermoregulatorische Inversion“ (TI). Aber wo genau befand sich dieser Schaltkreis – und wie konnte man ihn gezielt aktivieren?

Nach acht Jahren Trial and Error veröffentlichten Tupone und Morrison im Januar dieses Jahres einen Fachartikel, in dem sie von der Entdeckung einer kleinen Neuronengruppe im Hypothalamus der Ratte berichten, dem sogenannten ventromedialen periventriculären Areal (VMPeA). Bei Aktivierung sorgen die Neuronen des VMPeA offensichtlich nicht nur für eine Verlangsamung des Stoffwechsels, ein Absenken der Körpertemperatur sowie winterschlafspezifische Gehirnwellen und Herzfrequenzen. Sie setzen auch Prozesse in Gang, die das normale körpereigene Thermoregulationssystem auf den Kopf stellen und den Übergang ins Torpor-Stadium und wieder hinaus begünstigen. Der mysteriöse „Torpor-Schalter“ – sie hatten ihn gefunden.

Tupone nimmt an, dass dieser Schalter mit einer unvollständigen Version des Winterschlaf-Schaltkreises verbunden ist, der in vielen Tieren nach wie vor existiert. Um ihn zu inaktivieren, so seine Hypothese, hat die Evolution die effizienteste Lösung gefunden: Sie durchtrennte einfach die Verbindung zwischen dem Schaltkreis und dem Schalter, der ihn automatisch in Betrieb setzen würde.

„Wir sind der Ansicht, dass auch Menschen einen solchen Schaltkreis besitzen“, sagt der Forscher. Er vermutet: Unser Schalter ist bloß nicht mehr damit verknüpft. Zur Untermauerung seiner Befunde arbeitet Tupone seit Kurzem mit Kelly Drews Labor zusammen. Ihr Ziel: Sie wollen den analogen Schaltkreis – und den Schalter – bei Arktischen Zieseln finden. Zudem legt Tupone das Fundament für ein eigenes Medikament,



Ratten halten keinen Winterschlaf. Doch was wäre, wenn sie es könnten? Der Neurologe Domenico Tupone und seine Kollegen an der University of Oregon haben einen „Torpor-Schalter“ in Neuronen des Rattengehirns entdeckt (siehe Wandprojektion). Bei Aktivierung werden die Nager in einen tiefen Winterschlaf versetzt. Das Modell könnte auch für Menschen einen Durchbruch bedeuten.

das den Schalter bei seinen Ratten ohne invasive Eingriffe umlegen kann.

D OCH JEDER FORTSCHRITT gibt weitere Rätsel auf. Für ihre im Januar publizierte Studie mussten Tupone und Morrison zum An- und Ausknipsen des Schalters eine Gehirnoperation ausführen und einen Wirkstoff manuell an der entsprechenden Stelle anwenden. Doch selbst dieser unendlich kleine Bereich im Rattengehirn enthält noch Millionen von Neuronen, die ihrerseits von unzähligen, nicht mit ihnen zusammenhängenden Nervenzellen umgeben sind. Für die Entwicklung eines Medikaments, das spezifisch genug ist, um ohne schwerwiegende Nebenwirkungen

an Menschen verabreicht werden zu können, wird Tupone die betreffenden Neuronen rings um den Schalter exakt identifizieren müssen. Nur so lässt sich ein Wirkstoff entwickeln, der ausschließlich auf die am Winterschlaf beteiligten Neuronen wirkt.

Das ist allerdings nur die Spitze des Eisbergs. Um das Kältezittern beim Menschen zu unterdrücken, verabreichen Anästhesisten üblicherweise Muskelrelaxanzien oder lähmende Medikamente, die die Atmung unterdrücken. Dafür müssen Ärzte die Patienten intubieren. Das wiederum erfordert, sie in ein künstliches Koma zu versetzen. Diese induzierte Hypothermie lässt sich nicht außerhalb eines Krankenhauses durchführen. Für Schlaganfallpatienten ist sie momentan ohnehin keine Option, denn





der gefährliche Blutdruckabfall, der oft in der Pause zwischen der Narkosemittelgabe und dem Intubieren eintritt, raubt dem Gehirn weiteren Sauerstoff.

Als Notarzt versteht Clifton Callaway die Verheißungen einer induzierten Hypothermie beim Menschen besser als andere. Seit den 1990er-Jahren arbeitet er daran. Und erkundet nun für die NASA, ob seine Techniken auch auf die Bedürfnisse von Astronauten übertragbar sind.

Das klappt noch nicht problemlos. Bei den fünf gesunden Versuchsteilnehmern waren Blutdruck und Herzfrequenz derart stark gesunken, dass es für Menschen mit kardiovaskulären oder anderen Erkrankungen vermutlich nicht zu verkraften gewesen wäre. Darüber hinaus hatten alle fünf „Raumfahrer“ binnen weniger Tage eine Toleranz gegenüber dem Sedativum entwickelt, was unter anderem darauf hindeutete, dass dessen Wirksamkeit mit der Zeit nachlassen würde. Laut Callaway sind das lösbare Probleme in einem Prozess, der nach seinen Schätzungen zehn bis 15 Jahre dauern wird.

Um die Fantasie der Raumfahrer-Probanden während der Tests zu beflügeln, hat sein Team die Laborwände mit Postern dekoriert: die kraterübersäte Oberfläche eines mondähnlichen Planeten; eine regenbogenfarbene Sternenlichtexplosion aus einer fernen Galaxie. Bis jetzt sind solche Ziele nur in unseren Träumen erreichbar. Eines Tages jedoch, in nicht allzu ferner Zukunft, wird vielleicht ein echter Astronaut aus einem winterschlafähnlichen Schlummer erwachen und diese Wunder in Wirklichkeit bestaunen. □

Aus dem Englischen von Dr. Katja Mellenthin

Kurz nach Beendigung seines achtmonatigen Winterschlafs verlässt ein Arktischer Ziesel seine Erdhöhle in Alaska. Jeden Herbst statten Wissenschaftler die Erdhörchen mit Sendersensoren aus, die Körpertemperatur und Lichtdaten erfassen. So können sie feststellen, ob ein Tier sich innerhalb oder außerhalb seines Baus befindet.

Zu Besuch im
**GIFTIGSTEN
GARTEN**
DER WELT

Schierling und Tollkirsche,
Käfige und Schutzanzüge:
Wie man eine tödliche Pflanzen-
sammlung pflegt.

Text

TOM LAMONT

Fotos

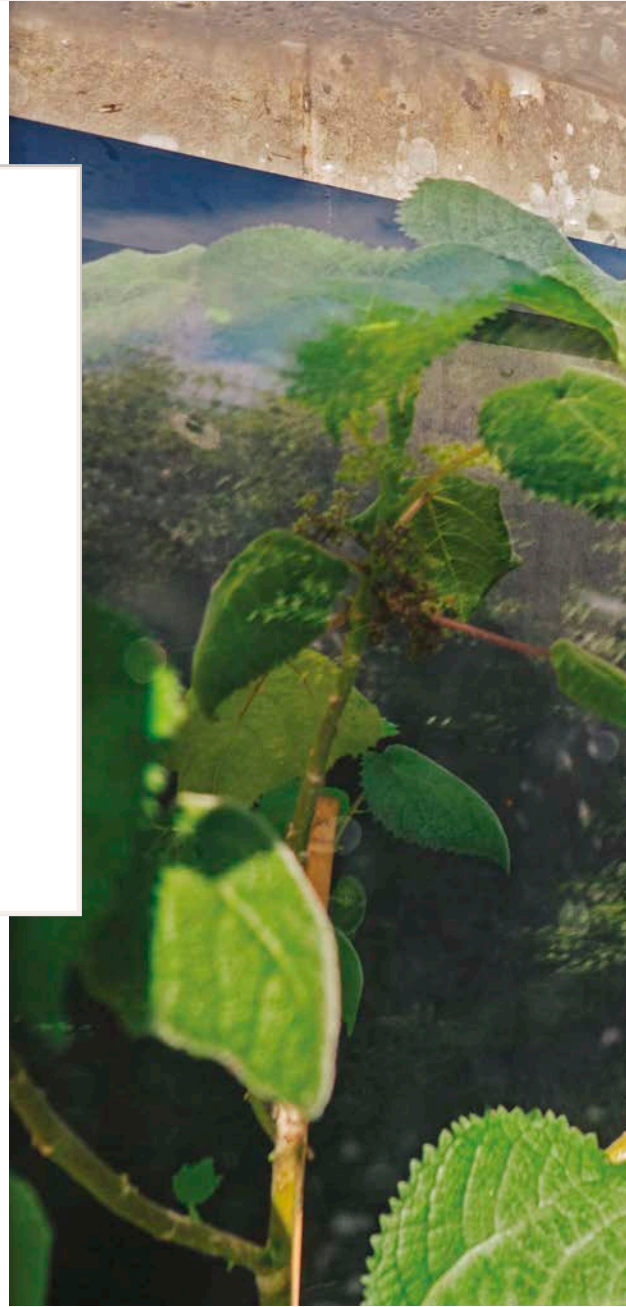
CARLOTTA CARDANA

→ **OHNMACHTSANFÄLLE** gehören für die Hüter dieses besonderen Gartens zum Berufsalltag. Hinter imposanten, mit Totenköpfen verzierten Eisentoren liegt er auf dem Gelände von Alnwick Castle in Northumberland, England. Als größter Giftgarten der Welt beherbergt die Sammlung mehr als hundert Pflanzenarten, die so tödlich sind, dass man den Garten nur unter Aufsicht betreten darf.

Zu Beginn jeder Führung warnen die Guides Besuchergruppen davor, die Pflanzen zu berühren, sie zu pflücken oder gar an ihnen zu lecken. Während des Rundgangs erzählen sie von historischen Giftmischern und zeigen Mixturen und Pflanzen, die als Mordwaffen dienen. Da ist etwa der „Teacup Poisoner“, der im Verlauf seiner berühmten Mordserie Verwandten *Atropa belladonna* verabreichte

– Tollkirsche. Der Arzt Harold Shipmann, bekannt geworden als „Doctor Death“, wurde wegen Mordes an 15 seiner Patienten verurteilt. Er hatte sie mit einem aus Schlafmohn gewonnenen Gift getötet.

Immer wieder kippen Besucher während dieser Tour um. Das könnte an den





makabren Geschichten liegen. Es ist aber auch nicht auszuschließen, dass das betörende Parfüm von Oleander, Eibe und verschiedenen Nachtschattengewächsen die empfindlicheren Besucher umhaut.

Der Giftgarten, vor 20 Jahren als makabre Attraktion eröffnet, hat sich zu einem

Nur Profis, die im Umgang mit giftigen Pflanzen geschult sind, dürfen sich den Gewächsen im Giftgarten nähern – wie Cal Allison, der diese Brennnessel besprüht. Der Garten des Todes ist höchst lebendig: Das Interesse an der Sammlung ist sprunghaft angestiegen.

Ziel für Neugierige aller Art entwickelt: von Wissenschaftlern, die exotische Pflanzen und Giftstoffe studieren, bis hin zu Krimiautoren, die nach Inspiration suchen. An einem Sommertag – das Jahr zählt bereits an die 70 Ohnmachtsanfälle – bricht Chefgärtner Mikey Leach ein glänzendes Kirschlorbeerblatt auf, das in den Weg ragte. „Das ist eine der häufigsten Heckenpflanzen im Land“, sagt der 38-Jährige. „Wer sie aufschneidet, findet Blausäure.“

Alnwick Castle ist seit über 700 Jahren im Besitz derselben englischen Familie. Das Schloss mit dem 17 Hektar großen Garten gelangte über verschiedene Grafen und Herzöge zum heutigen Besitzer: Ralph Percy, 12. Herzog von Northumberland. Mitte der 1990er-Jahre zog er mit seiner Frau Jane ein. Die Herzogin machte sich daran, die heruntergekommenen Anlagen zu verschönern, sie ließ Springbrunnen, Labyrinth und Grünflächen anlegen. Und sie gründete eine gemeinnützige Einrichtung namens Alnwick Garden. Der Giftgarten ist Teil davon.

Die Allgegenwart von Gift in unseren Gärten motivierte eine Gruppe forensischer Chemiker, in Alnwick eine Studie durchzuführen: Sie quantifizierten die Giftstoffe in 25 verschiedenen Pflanzen, die versehentlich von Kindern verschluckt worden waren. *Atropa belladonna*, so das Ergebnis der Studie, ist eine der gefährlichsten Pflanzen für Kinder. Es brauche eine bessere Sensibilisierung der Öffentlichkeit, um Todesfälle zu verhindern.

Auf einem Whiteboard im Pausenraum der Gärtner werden die Aufgaben des Tages gelistet: das Gras entlang einer Zufahrtsstraße mähen; 20 tödliche Alraunen pflegen. „*Mandragora* ist eng mit der Geschichte der Menschheit verflochten“, sagt Leach. Die Pharaonen nutzten *Mandragora* als Rauschmittel, die Römer als Betäubungsmittel auf dem Schlachtfeld. In den „Harry Potter“-Büchern erscheinen

magische Alraunen mit lebendigen Wurzeln, die wie Babys schreien.

Leach hat erst im Frühjahr begonnen, sich über *Mandragora* zu informieren, nachdem eine Alraunen-Liebhaberin angeboten hatte, dem Giftgarten von Alnwick ihre Sammlung zu schenken – darunter eine seltene Sorte, die in den Bergen Zentralasiens beheimatet ist. Die 20 Alraunen leben nun in einer überdachten Anlage neben dem Pausenraum. „Die Wurzeln sind extrem giftig“, sagt Leach. „Wir müssen sie in Käfige sperren.“

Die Pflanzen in den Käfigen, die giftigsten von allen, wecken bei Besuchern das größte Interesse. Pflanzen der Art *Ricinus communis* sind eingesperrt – sie produzieren das potenziell tödliche Gift Rizin. Auch eine scheinbar harmlose Pflanze, hübsch grünviolett gefärbt, muss per Verordnung im Käfig gehalten werden: *Salvia divinorum*, auch Göttersalbei genannt. „Wer sie raucht“, sagt Leach, „erlebt 30 Sekunden lang einen LSD-ähnlichen Rausch.“

Ganz klar, warum Krimiautoren gerne nach Alnwick kommen. Als die britische Schriftstellerin Jill Johnson zum ersten

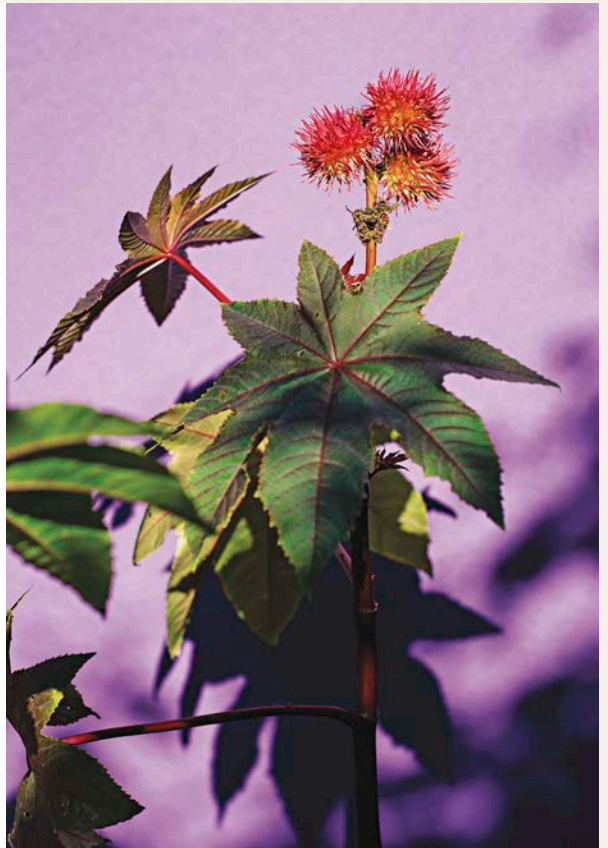
Aus der Sammlung des Gartens
(im Uhrzeigersinn v. l. o.)

Atropa belladonna (Schwarze Tollkirsche) kann bei Verzehr zu Lähmungen, Halluzinationen und zum Tod führen.

Die Samen von *Ricinus communis* (Wunderbaum) enthalten Rizin, ein starkes Gift.

Der Saft von *Heracleum sphondylium* (Wiesen-Bärenklau) kann in Verbindung mit Sonnenlicht Verbrennungen auf der Haut verursachen.

Salvia divinorum (Götter- oder Azteken-Salbei) hat psychoaktive Wirkung.





Hinter den imposanten Toren warten gefährliche Giftpflanzen auf die Besucher – darunter auch solche, die im eigenen Garten wachsen. Zwischen Taktgefühl und Sensationslust liegt ein

Mal hier war, kam ihr die Idee zu einer Botaniker-Detektivin, die ihren eigenen Garten zur Aufklärung von Verbrechen nutzt. Johnsons erstes Buch mit ihrer Protagonistin Professor Eustacia Rose erschien 2023. Seitdem kehrt sie immer wieder nach Alnwick zurück, um Inspiration zu finden.

Mindestens eine echte Polizeibehörde soll bereits angefragt haben, um Informationen über die Verwendung von Pflanzen und Giften zu erhalten, „die möglicherweise auf einer Beobachtungsliste landen – solche, auf die man in Zukunft achten sollte“. Tatsächlich gab es mehrere aufsehenerregende Vergiftungsfälle im Vereinigten Königreich, darunter im Jahr 2009

den Mord an einem Mann, dessen Curry mit dem Gift des Eisenhuts versetzt worden war. Leach warnt, dass schon ein Stück Alraunenwurzel von der Größe eines abgeschnittenen Fingernagels ausreiche, um jemanden umzubringen. Besser, sagt er, wenn Ermittler Sumpfdotterblumen von Misteln unterscheiden können.

Der Garten wird ständig um neue Pflanzen erweitert, doch bis vor Kurzem fehlte eine der schmerzhaftesten Arten der Welt: *Dendrocnide moroides*, die Australische Brennnessel, auch als Gypie-Gypie bekannt, ist extrem gefährlich. Schon eine leichte Berührung kann zu Erbrechen führen. Nachdem er sich YouTube-Videos



schmaler Grat – in einem Sarg (l.) wird Trinkgeld gesammelt.
Drew Gray (r.), hier bei der Pflege eines Efeutunnels, und seine
Gärtnerkollegen sind stolz auf die pädagogische Wirkung ihrer Arbeit.


von Opfern dieser Pflanze angesehen hatte, versuchte der leitende Tourguide John Knox, eine Pflanze aus einem Samen zu züchten, den er im Internet gekauft hatte. Erfolglos. Daraufhin kontaktierte er einen Mann, der laut Berichten eine solche Pflanze von der Größe eines Gartenzwergs in seinem Wohnzimmer hielt – in einem Vogelkäfig. Knox transportierte seine Pflanze in einem Hundekäfig nach Alnwick, verdeckt mit Müllsäcken, um nicht mit den Brennhaaren in Berührung zu kommen. Deren Wirkung fühle sich an, als würde man „gleichzeitig in Brand gesetzt, per Stromschlag exekutiert und mit heißer Säure übergossen“, so Knox.

Die Australische Brennnessel, inzwischen deutlich größer, steht am hinteren Ende des Gartens in einer verschlossenen, durchsichtigen Box. „Wir öffnen sie nicht ohne Schutzanzug“, erklärt Leach. „Stellen Sie sich vor, eine Windböe würde hineinwehen!“ Wie Knox hatte auch Leach recherchiert. „Drei oder vier Wochen voller Schmerzen. Immer wieder Schübe in den Folgejahren“, sagt er. „Der Stoff von Alpträumen.“ Leach hat schon als kleiner Junge mit dem Gärtnern begonnen. Es habe ihn gereizt, sagt er, weil es die harmloseste Beschäftigung war, die er sich vorstellen konnte. Ironisch, wenn man ansieht, wo er nun gelandet ist. □



DIE LANGE REISE
der LETZTEN
RENTIERE
KANADAS

Eine geschichtsträchtige Herde macht sich auf den Weg zu einer neuen Zukunft in der Arktis.

A photograph of a herd of reindeer in a snowy, arctic landscape. The reindeer are brown and white, with some having antlers. They are standing in a line, looking towards the camera. The background is a snowy, hazy landscape with bare trees.

Östlich des Mackenzie River in der kanadischen Arktis zieht eine frei lebende Herde aus 6000 Rentieren ihren Kalbungsgebieten entgegen. Die Tiere gehören seit 2021 der indigenen Gemeinschaft der Inuvialuit.

Fotos **Katie Orlinsky**
Text **Joshua Hunt**

IM FUNKELNDEN LICHT DER MORGENSONNE

trotten Tausende von Rentieren durch die gefrorenen Weiten Nordwestkanadas. Der warme Atem der Tiere hüllt den langsam vorwärtsdrängenden Zug in eine Dampfwolke, unter der die Tiere fast verschwinden. Ein Wald aus Geweihen scheint im Nebel zu tanzen. Von Weitem wirkt die wandernde Herde wie ein langer, geschwungener brauner Pinselstrich auf der schneeweißen Leinwand der arktischen Landschaft.

Die gemeinnützige **National Geographic Society** hat sich dazu verpflichtet, die Wunder unserer Welt zu zeigen und zu schützen. Sie finanzierte die Arbeit von Explorer Katie Orlinsky.



Unbeirrt stellt sich ein männliches Rentier dem Schneemobil eines Inuvialuit-Hirten in den Weg. Die Tiere gehören derselben Art an wie die Karibus (*Rangifer tarandus*). Die Bezeichnung „Rentier“ wird üblicherweise für die domestizierte Form verwendet.



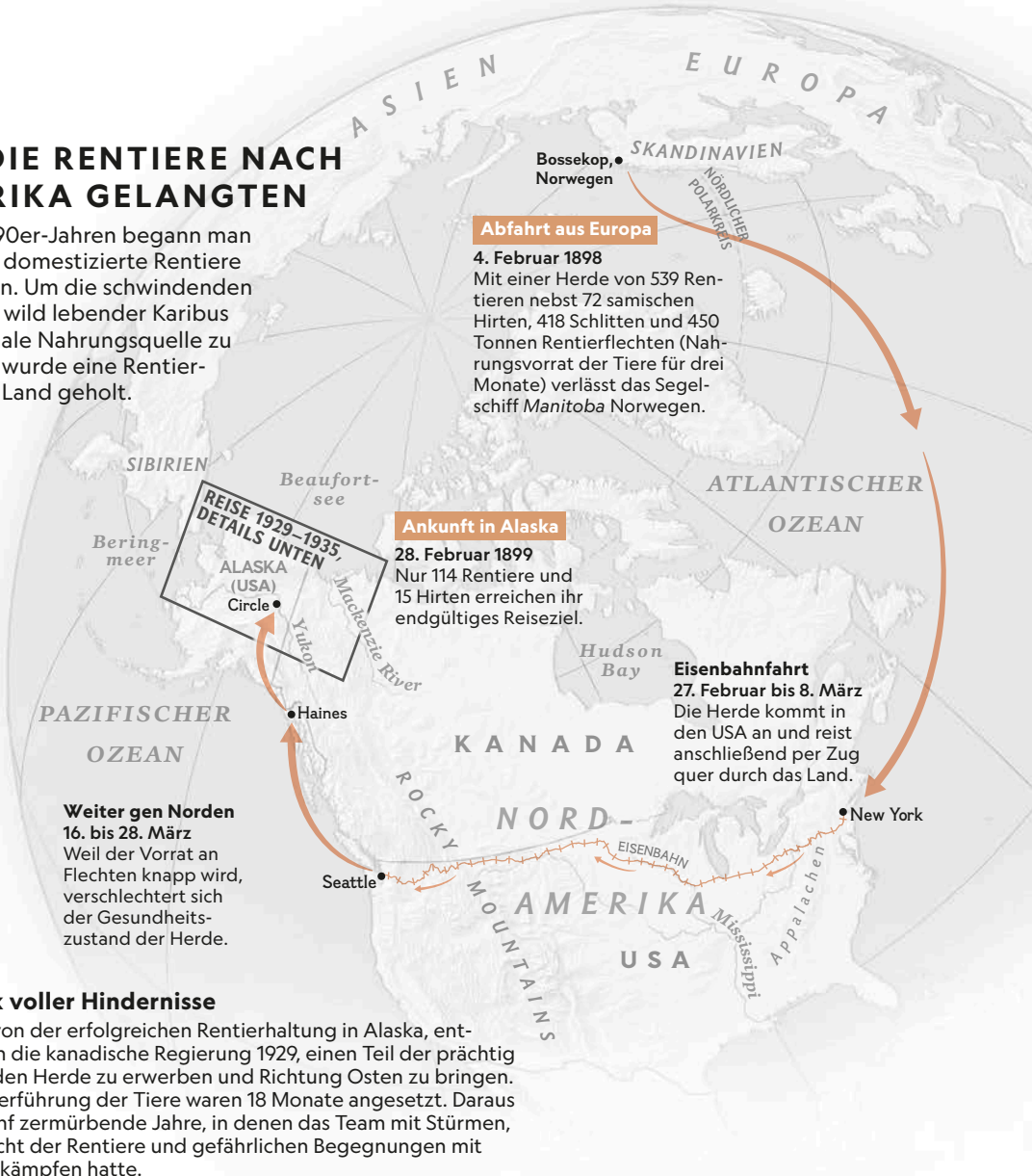
Die Inuvialuit-Hirten Douglas Esagok (l.) und Steve Cockney Jr. begleiten die Rentierherde, die sich in der Vergangenheit auf 2500 Tiere verringert hatte. Die erfahrenen Hirten sollen die Herde zusammenhalten und sie vor arktischen Raubtieren wie Wölfen schützen.





WIE DIE RENTIERE NACH AMERIKA GELANGTEN

In den 1890er-Jahren begann man in Alaska, domestizierte Rentiere zu züchten. Um die schwindenden Bestände wild lebender Karibus als regionale Nahrungsquelle zu ersetzen, wurde eine Rentierherde ins Land geholt.



Abfahrt aus Europa

4. Februar 1898
Mit einer Herde von 539 Rentieren nebst 72 samischen Hirten, 418 Schlitten und 450 Tonnen Rentierflechten (Nahrungsvorrat der Tiere für drei Monate) verlässt das Segelschiff *Manitoba* Norwegen.

Ankunft in Alaska

28. Februar 1899
Nur 114 Rentiere und 15 Hirten erreichen ihr endgültiges Reiseziel.

Eisenbahnfahrt

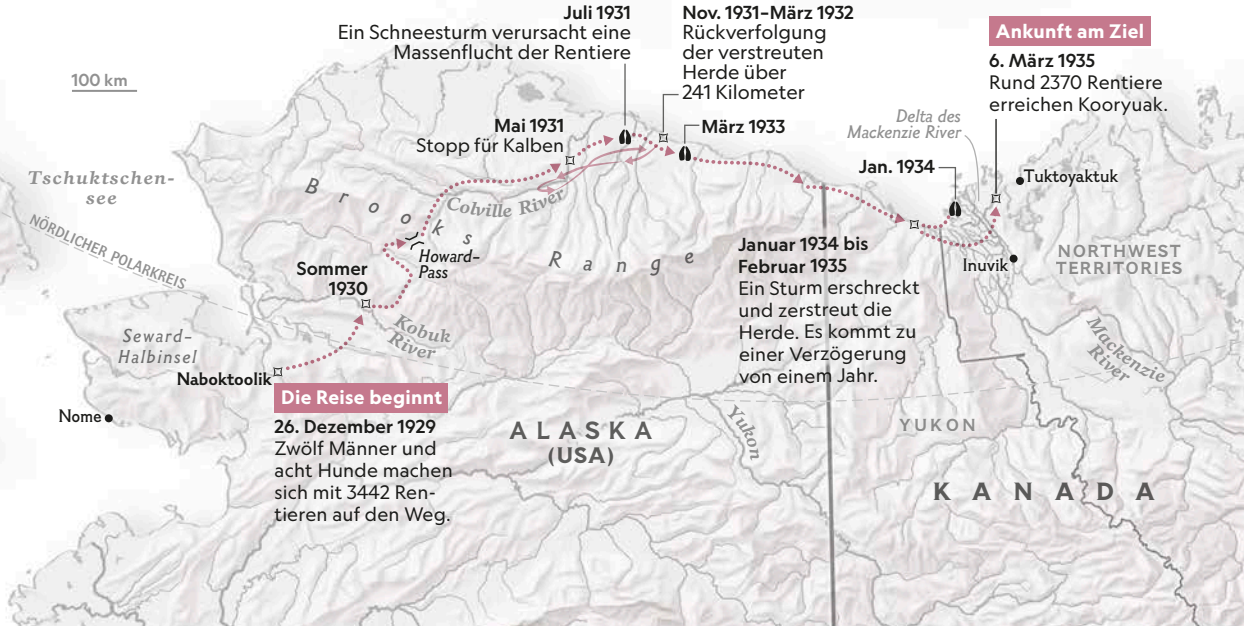
27. Februar bis 8. März
Die Herde kommt in den USA an und reist anschließend per Zug quer durch das Land.

Weiter gen Norden

16. bis 28. März
Weil der Vorrat an Flechten knapp wird, verschlechtert sich der Gesundheitszustand der Herde.

Ein Treck voller Hindernisse

Inspiziert von der erfolgreichen Rentierhaltung in Alaska, entschloss sich die kanadische Regierung 1929, einen Teil der prächtig gedeihenden Herde zu erwerben und Richtung Osten zu bringen. Für die Überführung der Tiere waren 18 Monate angesetzt. Daraus wurden fünf zermürende Jahre, in denen das Team mit Stürmen, Massenflucht der Rentiere und gefährlichen Begegnungen mit Wölfen zu kämpfen hatte.



Ankunft am Ziel

6. März 1935
Rund 2370 Rentiere erreichen Kooryuak.

Die Reise beginnt

26. Dezember 1929
Zwölf Männer und acht Hunde machen sich mit 3442 Rentieren auf den Weg.

Juli 1931
Ein Schneesturm verursacht eine Massenflucht der Rentiere

Nov. 1931–März 1932
Rückverfolgung der verstreuten Herde über 241 Kilometer

Mai 1931
Stopp für Kalben

März 1933

Januar 1934 bis Februar 1935
Ein Sturm erschreckt und zerstreut die Herde. Es kommt zu einer Verzögerung von einem Jahr.

100 km



Im März 1898 befand sich eine Schiffsladung Rentiere auf dem Weg von Seattle nordwärts in Richtung Alaska. Ermutigt vom Gedeihen dieser Rentierpopulation, erwarb die kanadische Regierung drei Jahrzehnte später eine eigene Herde und ließ sie in die Northwest Territories verbringen.

FOTO: PICTURE ART COLLECTION/
ALAMY STOCK PHOTO

KARTEN: CHRISTINE FELLEHNZ. NG. QUELLEN: U.S. SENATE, „REPORT ON INTRODUCTION OF DOMESTIC REINDEER INTO ALASKA“; 1898; DIKOR NORTH, ARCTIC EXODUS; STEPHEN BOWN, „THE GREAT REINDEER PROJECT“; CANADA'S HISTORY; NATIONAL PARK SERVICE

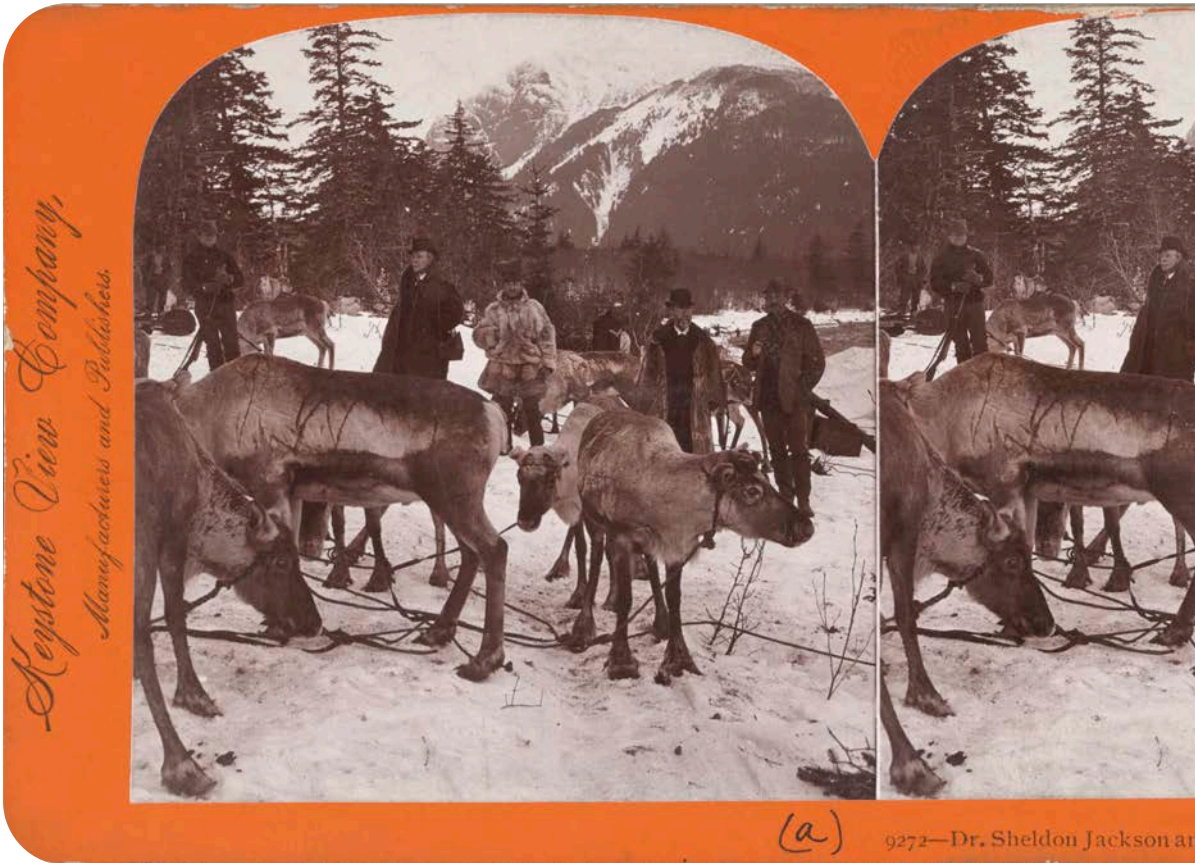
In einiger Entfernung sitzen vier Inuvialuit-Hirten gewehrbewaffnet auf Schneemobilen und beaufsichtigen die Tiere. Die Rentierhufe trommeln auf den gefrorenen Boden, ein Rhythmus, den die Männer gewöhnt sind. Sie blicken wachsam, während sie an diesem eiskalten Morgen die Rentiere zu ihren Kalbungsgebieten treiben.

„Es sind kluge Tiere“, sagte Douglas Esa-gok, der nach sieben Wintern Arbeit mit den Rentieren zu den erfahrensten Hirten der Truppe gehört. „Ich spreche mit ihnen. Es scheint sie zu beruhigen, wenn sie meine Stimme oder das Geräusch meines Schneemobils wiedererkennen.“

Diese letzte frei umherziehende Rentierherde Kanadas nördlich des Polarkreises ist etwas Besonderes. Sie ist so etwas wie das Bindeglied zu einem legendären Experiment.

Es begann vor etwa hundert Jahren, als die Bestände der heimischen Karibus, mit denen die Inuvialuit lange Zeit ihren Lebensunterhalt bestritten, zu schwinden begannen. Um ihre Nahrungsversorgung zu sichern, beschlossen die Einheimischen daher, Rentiere zu importieren. Karibus und Rentiere gehören zur selben Art, Letztere sind allerdings domestiziert.

Ein ähnliches Modell hatte man bereits zur Zeit der Jahrhundertwende in Alaska versucht. In Sibirien und Norwegen waren Rentiere erst auf Schiffe, dann in Züge verladen und nach Nordamerika transportiert worden. Gegen Ende des Jahres 1929 machten sich Hirten der Sami und Inuit mit rund 3500 Tieren aus der wachsenden Rentierpopulation Alaskas auf den Weg nach Kanada. Die beschwerliche, 2400 Kilometer lange

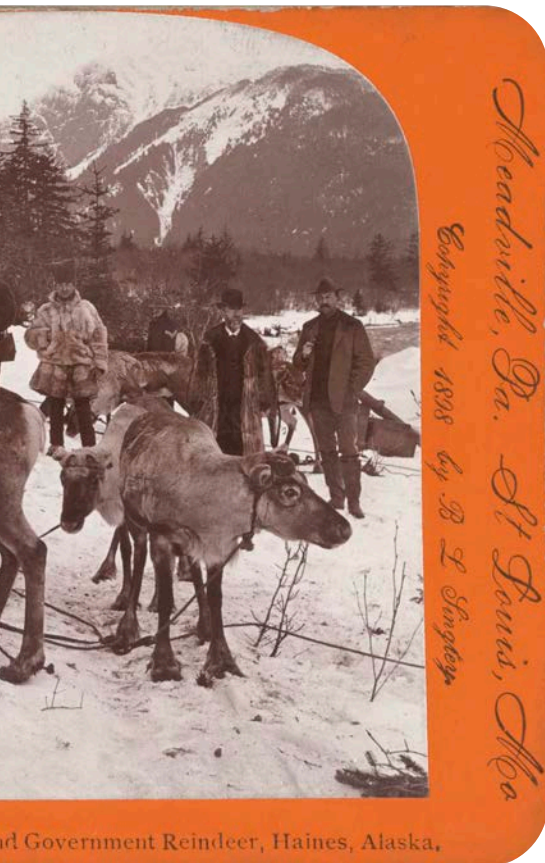


Reise dauerte mehr als fünf Jahre und stellte den schwierigen Beginn eines Unterfangens dar, das später als „Kanadisches Rentierprojekt“ bekannt wurde.

Jahrzehnte später führt heute eine Gruppe von Interessenvertretern der Inuvialuit das Projekt weiter. Dabei wagt man sich auf unbekanntes Terrain. 2021 erwarb die Inuvialuit Regional Corporation (IRC) offiziell die bis dahin in Familienbesitz befindliche Herde. Unter den wachsamen Augen von Esagok und seinen Kollegen hat sie sich seither mehr

als verdoppelt und umfasst heute knapp 6000 Tiere. „Wir wollen den Inuvialuit reichlich Rentiere zur Verfügung stellen – das hat oberste Priorität“, sagt Brian Wade, Vorsitzender der Inuvialuit Community Economic Development Organization in der IRC. „Die Herde sichert die Nahrungsversorgung und schafft Arbeitsplätze.“

Bei der Übereignung der Rentiere auf die Inuvialuit geht es zwar darum, die Zukunft der Inuvialuit zu sichern. Sie bietet der indigenen Gemeinschaft aber auch die Chance,



Die kanadische Regierung importierte in den 1930er-Jahren Rentiere aus Alaska. So wollte sie der Nahrungsknappheit in den nördlichen Landesteilen begegnen. Man warb samische Hirten an, die Experten im Umgang mit Rentieren sind, um die Inuvialuit in der Rentierhaltung zu unterweisen.

FOTO: KEYSTONE VIEW COMPANY, LIBRARY OF CONGRESS PRINTS AND PHOTOGRAPHS DIVISION

über eine Rentierherde selbst zu verfügen, die einst von der Kolonialregierung in ihre Heimatregion eingeführt wurde. Als die Rentiere in den 1930er-Jahren in die Northwest Territories kamen, sollten sie im Wesentlichen die traditionellen Nahrungsbeschaffungsgewohnheiten der Inuvialuit ersetzen. Jahrhundertlang hatte die indigene Bevölkerung hauptsächlich von der Jagd und vom Fischfang gelebt. Die Rentiere wurden importiert, weil die Karibubestände zurückgingen und man eine Nahrungsmittelknappheit befürchtete. Die Einfuhr der Tiere veränderte auch das Verhältnis der Inuvialuit zu ihrem Land, denn anders als Karibus konnten sie Rentiere als Nutztiere halten.

Bevor sie der IRC übernahm, gehörte die Rentierherde der Inuvialuit-Familie Binder, deren Verbindung zu den Tieren bis zu der Ankunft der Rentiere im Mackenzie-Delta zurückreicht. Die Familie hatte die Rentiere als Weidetiere gehalten und ihr Fleisch verkauft. Es gab aber zunehmend Probleme, da die Familie nicht ausreichend Hirten hatte, um die Tiere vor Raubtieren zu schützen. Als die Zahl der Rentiere sank, wurde den führenden Vertretern der Inuvialuit schließlich klar, welche bedeutende Rolle eine gestärkte Rentierpopulation in ihrer Gemeinschaft spielen könnte.

Obwohl viele Inuvialuit nach wie vor jagen, ist dies kostspielig und zeitintensiv – und nicht immer von Erfolg gekrönt. In den letzten Jahrzehnten haben daher viele Familien dem traditionellen Selbstversorgermodell den Rücken gekehrt. Sie kaufen in Lebensmittelmärkten ein, deren Waren aus dem Süden kommen. Mit Beginn der Coronapandemie brachen allerdings zahlreiche Lieferketten zusammen. Den IRC-Mitgliedern, die gerade überlegten, wie sie die Herde bei der Bekämpfung der Nahrungsmittelknappheit nutzen konnten, wurde schlagartig klar, dass sie handeln mussten.

„Die Rentierherde verringert den Druck auf unsere Karibuberde, garantiert uns aber dennoch eine nachhaltige Proteinquelle“,



Nach der Übernahme der Rentiere hatten die Inuvialuit-Hirten anfangs Schwierigkeiten, die Tiere zusammenzuführen. Einige Gruppen hatten sich bis zu 140 Kilometer von der Hauptherde entfernt. Inzwischen haben die Rentiere gelernt, die Hirten auf ihren Wanderrouen zu treffen, wenn die Zeit für das alljährliche Zusammentreiben der Herde gekommen ist.





sagt Wade. Der Erwerb der Rentierherde sei Bestandteil eines zweigleisigen Plans, hin zu mehr Unabhängigkeit bei der Beschaffung von Nahrungsmitteln. Die andere Komponente war die Eröffnung der Country Food Processing Plant in der Stadt Inuvik. Der Betrieb verarbeitet das Fleisch der Rentiere und andere lokale Lebensmittel und kann sie an bedürftige Familien verteilen.

Ehe das erste Rentier geschlachtet werden konnte, musste die Herde allerdings zu ihrer früheren Stärke zurückfinden. Die IRC

rekrutierte die erfahrenen Inuvialuit-Hirten Douglas Esagok und Steve Cockney Jr. „Eine der größten Herausforderungen bestand darin, die Rentiere zusammenzutreiben. Sie streuten in einem riesigen Gebiet umher“, erinnert sich Esagok. Einige Gruppen hatten sich bis zu 140 Kilometer von ihrem Ursprungsort entfernt. Gerade solche kleineren Rentierverbände, sagt Esagok, seien leichte Beute für Wölfe und andere Raubtiere.

Die IRC hat seither ihre Crew um vier zusätzliche Hirten erweitert. In zweiwöchigen



Das kleine Dorf Tuktoyaktuk, das sich hinter dieser Jagdhütte erstreckt, ist die dem Hauptweidegebiet der Rentiere am nächsten gelegene Inuvialuit-Siedlung. Für die Hirten bildet „Tuk“ – so der abgekürzte Name – einen regulären Rastpunkt auf ihren Wanderungen, bevor sie die Herde tiefer in die Weiten der Arktis führen.

Schichten arbeiten wechselweise jeweils vier Männer; die beiden anderen haben frei. So betreut, ist die Herde gewachsen und zählte bereits im vergangenen Jahr 6000 Tiere. Country Food Processing konnte die Produktion aufnehmen.

Im Frühjahr 2024 konnte der Betrieb, der mittlerweile fünf Vollzeitangestellte beschäftigt, seinen ersten Ertrag einfahren: 176 Rentiere der Herde wurden unter anderem zu Braten, Hackfleisch und Rippchen verarbeitet und an Mitglieder der Inuvialuit-Gemeinschaft verteilt. Die regionalen Fleischprodukte sind für die Inuvialuit eine wichtige Quelle traditioneller Nahrung. Außerdem schafft das Rentierfleisch für jene Familien, die nicht selbst jagen können, eine Verbindung zu ihrem Land und zu diesem Kapitel der Geschichte ihres Volkes.

Die Gelegenheit, bei dieser neuen Form von Ernährungssicherung und kultureller Wiederbelebung eine solch entscheidende Aufgabe zu übernehmen, hat sich für Esagok als ein Crashkurs im Learning by Doing entpuppt. In nur sieben Jahren sind Esagok, Cockney und ihr Team zu den Erben einer indigenen, von der anderen Seite der Arktis importierten Tradition geworden, die die dort heimischen Samen bereits seit Langem praktizieren. Die Aufgabe, sein Wissen an jüngere Hirten weiterzugeben, sei gar nicht so schwierig gewesen, sagt Esagok. Denn die einheimischen Jäger seien mit der Landschaft vertraut und verfügten daher schon über die meisten für die Arbeit notwendigen Fertigkeiten.

„Wenn man mit der Jagd aufgewachsen ist, fällt einem der Job nicht allzu schwer“, sagt Esagok. „Wir reden mit den Jüngeren und erklären ihnen, so gut wir können, was zu tun ist. Aber vieles kommt mit der Praxis. Man lernt bei der Arbeit und durch aufmerksames Beobachten der Tiere.“ Denn auch die Rentiere erteilen ihnen Lektionen, gestand der Hirte. Oft habe er den Eindruck, als ob es in Wirklichkeit die Tiere seien, die bestimmen, wohin der Weg führt. □

Aus dem Englischen von Dr. Katja Mellenthin



Im Licht der schwindenden
Abendsonne marschieren
die Rentiere der Inuvia-
luit durch den Schnee.
Die minus 30 Grad kalte
Aprilluft verwandelt ihren
Atem in einen Nebel-
schleier. Innerhalb weniger
Wochen werden sie ihre
Kalbungsgebiete errei-
chen, wo die Rentierkühe
ihre Jungen zur Welt
bringen und im Verlauf
des Frühlings großziehen.
Dann machen sie sich
zusammen auf den Weg
zu ihren Sommerweiden.



Europas LISTIGER WANDERER

Der Goldschakal ist gerissen und opportunistisch – das macht ihn zu einem der erfolgreichsten Raubtiere.

Foto JOEL SARTORE

→ FÜR VIELE TIERARTEN hat der Klimawandel verheerende Folgen. Für einige eröffnet er aber auch neue Chancen. Eine neuere Studie in der Fachzeitschrift *Mammalian Biology* zeigte, dass sich die Populationen von Goldschakalen in Europa rapide ausgebreitet haben. Besiedelten die Wolfsverwandten zunächst kleine Gebiete im Balkan und Kaukasus, so sind sie heute in Europa vom Polarkreis bis nach Spanien anzutreffen. Forscher verfolgten ein Tier in Finnland genetisch zu einer Population in Mitteleuropa zurück – 2400 Kilometer entfernt.

Was ist ihr Geheimnis? Die Tiere können sich an unterschiedlichste Bedingungen anpassen. Sie fressen alles, von Vögeln und Insekten bis hin zu Pflanzen und weggeworfenen Lebensmitteln. Je nach den Gegebenheiten eines Terrains verändern sie ihre Gewohnheiten. Wenn nötig, schlagen sie sich als Einzelgänger durch, aber auch im Rudel fühlen sie sich wohl. Die Schakale scheinen sich auf Feldern, Wiesen und in Vorstadtgärten ebenso zu Hause zu fühlen wie auf Steppen, in Wäldern und den eisigen Landschaften des hohen Nordens. Diese „Migranten der ersten Generation“, sagt Studienautor Wiesław Bogdanowicz von der Polnischen Akademie der Wissenschaften, passen sich nicht nur an neue Umgebungen an: „Sie suchen aktiv danach und gedeihen dort.“ – KELSEY NOWAKOWSKI



KARTE: SOREN WALLJASPER, NG.
QUELLEN: WIESLAW BOGDANOWICZ, IUCN



NÖRDLICHER POLARKREIS

Verbreitung
des Gold-
schakals

SPANIEN

EUROPA

FINNLAND

Aktuelle
Expansion

1000 km

ASIEN

AFRIKA

NATIONAL
GEOGRAPHIC

PHOTOARK

JOEL SARTORE

Die National Geographic Society unterstützt das Projekt „Photo Ark“ von NatGeo-Explorer Joel Sartore. Der Fotograf will alle Tierarten in Zoos, Aquarien und Naturschutzgebieten dokumentieren.



**WISSENSCHAFT-
LICHER NAME**
Canis aureus

**LEBENSSPANNE
IM SCHNITT**
8 bis 9 Jahre

GEWICHT IM SCHNITT
7 bis 14 Kilogramm

**HÖCHST-
GESCHWINDIGKEIT**
50 Kilometer pro Stunde

ERHALTUNGSSTATUS
Nicht gefährdet



Auf Augenhöhe mit INSEKTEN

Ein japanischer Fotograf modifizierte seine Kamera. So tauchte er ein in die wundersame, verborgene Welt der kleinen Lebewesen.

Fotos

TAKUYA ISHIGURO

→ **DAS REICH DER INSEKTEN** ist voll schillernder Charaktere, die mit leuchtenden Farben und dramatischen Aktionen aufwarten. Aber es ist so klein, dass man es leicht übersehen kann. Der Fotograf Takuya Ishiguro baute daher eine Vergrößerungslinse zwischen Sensor und Hauptobjektiv seiner Kamera ein. Das ist komplex, denn schon die falsche Positionierung eines Teils kann die Bildqualität ruinieren. Doch Ishiguro war erfolgreich. Es gelang ihm, das winzige, wunderschöne Leben der Insekten rund um die Seen und Felder seiner Heimatstadt Osaki in Japan einzufangen. Die neue Perspektive weckte in ihm „tiefen Respekt vor der Kreativität der Natur“. Er bewunderte, wie innovativ die Tiere bei der Nahrungssuche, der Paarung und dem Bau ihrer Behausung sind. Die Insekten sind für ihn heute mehr als nur Studienobjekte. Sie sind „Individuen, die mitten unter uns leben“. –NICK MARTIN

Je nach Blickwinkel wirken die Flügel der Libellenart *Rhyothemis fuliginosa* golden oder durchscheinend. Um das gesamte Farbspektrum zu zeigen, wartete Ishiguro mit einem Blitzlicht am Ufer des Sees Kejonuma, bis die Libelle vorbeiflog und ihre Flügel das Blitz- und Sonnenlicht perfekt reflektierten.





Obwohl Grabwespen auch Heuschrecken und Zikaden jagen, um ihre Jungen zu füttern, ernähren sie sich hauptsächlich von Blütennektar. In städtischen Gebieten wie in Nikaho auf der Hauptinsel Honshū stammt der Nektar häufig von der Kletterpflanze *Cayratia japonica*.





*Im Uhrzeigersinn
(v. l. o.)*

Während einer morgendlichen Fotosession auf einem Feld nahe Osaki schwirrte dieses Taubenschwänzchen auf der Suche nach Nektar vorbei.

Eine mit Morgentau benetzte Libelle ruht sich kurz aus. Erst nach fünf Besuchen vor Ort passten alle Bedingungen, damit Ishiguro dieses Bild schießen konnte.



Die Garten-Blattschneiderbiene macht ihrem Namen alle Ehre. Mit ihren scharfen Kiefern schneidet sie akkurate Stücke von Blättern ab, um ein Nest zu bauen. Ishiguro nennt diese Insekten „kleine Ingenieure der Natur“.

Auf den Straßen rund um sein Zuhause sah Ishiguro oft Ameisen, die Schmetterlings- und Mottenlarven zu ihren Nestern trugen.

Aber Waldameisen sind opportunistische Fresser, sie sagen auch zu einem winzigen Kriebler nicht Nein.

Die Japanische
Riesenmantis wird
nicht länger als etwa
neun Zentimeter,
frisst jedoch fast alles,
was sie fangen kann.
Mit ihren kräftigen
Vorderbeinen schlägt
die Fangschrecken-
art schnell zu, um ihre
Beute zu fangen - hier
eine Echse. Sie beginnt
sofort mit dem Fressen.





DER

OTTEILETICA AUFSTIEG

EINES SHERPAS

Mit 18 Jahren war **Nima Rinji Sherpa** der jüngste Bergsteiger, der die 14 höchsten Gipfel der Welt bezwungen hat. Jetzt will er zeigen, dass Sherpas in der Bergsteiger-Gemeinschaft mehr sein können als Träger und Guides. Als erster Nepalese will er professioneller Alpinist werden.

TEXT GLORIA LIU

FOTOS KRYSTLE WRIGHT, DINA LITOVSKY,

OSWALD RODRIGO PEREIRA UND MANISH MAHARJAN



Die meisten Sherpas schleppen lebenslang Lasten auf Berge und bringen Fixseile am Fels an. Nima Rinji Sherpa jedoch möchte ein globaler Superstar werden und hat andere Optionen. Bei einem Trip nach New York verhandelt der Bergsteiger aus Nepal den Vertrag für ein Buch und besucht den Times Square.

FOTO: DINA LITOVSKY

Im vergangenen Winter kletterten Nima und der italienische Alpinist Simone Moro an der Ama Dablam, einem 6812 Meter hohen Berg in Nepal. Der Gipfel wird wegen seiner pyramidenartigen Form „Matterhorn Nepals“ genannt. Anschließend wollten sie den 8163 Meter hohen Manaslu im Alpinstil besteigen. FOTO: OSWALD RODRIGO PEREIRA







IM OKTOBER

letzten Jahres stand ein schlanker, 18-jähriger Sherpa in einem dicken Daunenanzug auf dem schneebedeckten Shisha Pangma in Tibet. Er rang um Luft. Es war 6.05 Uhr morgens, und Nima Rinji Sherpa hatte mit diesem Gipfel alle 14 Achttausender der Welt bezwungen – als jüngster Mensch aller Zeiten.

Im Dunkeln nahm er ein Selfievideo auf. Nima bedankte sich bei seiner Mutter für ihre Gebete und bei seinem Vater für die Finanzierung seiner Expeditionen. Er sprach die Konflikte in der Ukraine und im Gazastreifen an und forderte ein Ende von Krieg, Hass und Rassismus. „Als Teenager ist dies meine Botschaft an jeden Einzelnen von euch“, japste er. Dann jubelte er laut: „Woo-hoo!“ Hurra!

Nach dem Abstieg schickte Nima das Video an seinen Manager in Mumbai. Der bastelte daraus ein Instagram-Reel mit passender Musik und lud es für Nimas Follower hoch, damals 20 000. Reporter baten um Interviews und teilten die Geschichte des Teenagers, der mit dem Hashtag #SherpaPower unterwegs war. Seine Botschaft: Sherpas sind keineswegs nur Begleiter für westliche Bergsteiger. Sie sind Athleten mit einer eigenen Agenda.

Für frühere Sherpa-Generationen wäre das kaum vorstellbar gewesen. Seit fast 120 Jahren arbeiten Sherpas als Träger und Guides für ausländische Bergsteiger, die auf den höchsten Gipfeln der Welt Ruhm suchen. So eng werden sie mit dieser Tätigkeit assoziiert, dass viele im Westen nicht einmal wissen, dass das Wort „Sherpa“ Angehörige einer Ethnie bezeichnet, nicht einen Beruf.

In den letzten 15 Jahren haben Sherpas jedoch erfolgreiche Expeditionsunternehmen gegründet und eigene Weltrekorde und Erstbesteigungen in Angriff genommen. Nima steht an der Schwelle zu einer weiteren entscheidenden Phase: Er will das Bergführerbusiness komplett hinter sich lassen. Stattdessen will er ein professioneller Kletterstar werden.

Zwei Monate nach seinem Rekord bereitet Nima bereits sein nächstes Projekt vor: Zusammen mit dem

Alpinisten Simone Moro plant er eine Winterbesteigung des 8163 Meter hohen Manaslu. Sollten sie Erfolg haben, wäre dies die erste Achttausender-Winterbesteigung im Alpinstil. Anders als Nima bei seinen 14 Gipfeln wollen sie in einem Zug klettern, ohne feste Hochlager, ohne Fixseile, ohne Flaschensauerstoff und ohne Sherpas. Selbst Winterspezialist Moro, der mit 57 Jahren mehr Achttausender im Winter bestiegen hat als jeder andere, hat dies noch nie im reinen Alpinstil getan.

Derartige Expeditionen sind für die meisten Bergsteiger des Landes undenkbar. Nepal ist eines der ärmsten Länder Südasiens. Nima aber ist bestens gerüstet. Sein Vater, Tashi Lakpa Sherpa, und seine Onkel sind die Gründer von Seven Summit Treks, des größten Expeditionsveranstalters Nepals. Die Brüder besitzen zudem die Trekking-Agentur 14 Peaks Expeditions, das Hubschrauber-Unternehmen Heli Everest sowie Anteile an verschiedenen anderen Firmen. Dank seines wohlhabenden Vaters musste Nima nie auf dem Berg „schuften“, als Guide arbeiten oder die Ausrüstung westlicher Bergsteiger schleppen, wie andere Sherpas es tun. Auch die Verbindung zu Moro kam durch familiäre Beziehungen zustande: Der Italiener arbeitet für die Brüder als Hubschrauberpilot.

Ein paar Tage vor Nimas Abreise treffen wir uns zum Frühstück im

Nimas Vater Tashi Lakpa Sherpa (r.) hat Seven Summit Treks mitbegründet, einen der führenden Expeditionsveranstalter Nepals. Den Everest hat er neunmal bestiegen. Nima habe aber „ganz andere Möglichkeiten, etwas für die Gemeinschaft der Sherpas zu tun“. FOTO: KRISTLE WRIGHT

Aloft Hotel in Kathmandu, wo sein Vater Kunden unterbringt. Es ist de facto der Firmensitz von Seven Summit Treks. Nima präsentiert sich mit den typischen Attributen eines Heranwachsenden: Oberlippenbärtchen, saubere Air Jordans und ehrliche Begeisterung. Er nippt an seinem Cappuccino und gibt kurze, medientaugliche Statements ab. Eloquent und mit Privatschulbildung gewappnet, weiß Nima genau, was er rüberbringen will. „Ich möchte nur Projekte machen, die sinnvoll sind“, sagt er, denn „wir alle werden irgendwann sterben. Wir haben nur begrenzte Zeit.“ Die Winterexpedition wäre ein großer Schritt für ihn, mit buchstäblich atemberaubender Kälte und orkanartigen Winden, die Bergsteiger tagelang in ihren Zelten festsetzen könnten. „Winterbergsteigen ist eher wie Entdecken“, erklärt Nima. Und obwohl er noch nie eine Winterbesteigung vollbracht hat, sagt er: „Das ist mehr mein Ding.“

Laut Simone Moro sind die Erfolgchancen für Achte-tausender-Winterbesteigungen gering. Sie liegen erfahrungsgemäß bei gerade einmal 15 Prozent. Wohl nicht zuletzt deshalb fügt Nima hinzu: „Auch wenn wir den Gipfel nicht erreichen, werden wir viel lernen.“ Aber natürlich wäre es für ihn besser, wenn sie den Gipfel erreichten. Schließlich will er professioneller Bergsteiger werden, finanziert von Marken wie The North Face oder Red Bull. Seine 14 Gipfel reichen für derartige Sponsoringverträge noch nicht aus. Der Manaslu könnte seine Vita aufbessern.

Scherzhaft bemerkt Nima, er brauche einen Sponsor, damit er seinen Vater nicht in den Bankrott treibe. Doch letztlich geht es beim Sponsoring nicht um Geld. Es gehe, so Nima, um Anerkennung. Um Würde. Sherpa-Bergsteiger, so fährt er fort, „gehörten nie zu den Privilegierten, die ausgewählt wurden. Der Tag, an dem ich es in eines dieser Expeditionsteams schaffe und die Leute mich als Profisportler wahrnehmen, wird ein Durchbruch sein.“

In letzter Zeit sind Sherpas bei ihrem sozialen Aufstieg vorangekommen. Den Schritt vom Bergführer, der in der Freizeit eigene Besteigungen macht, zum Alpinisten, der für die Verwirklichung seiner Träume bezahlt wird, müssen sie aber erst noch schaffen. Nima will diesen Weg als Erster gehen und so Respekt und Gleichberechtigung für alle Sherpas erlangen. Doch dafür muss er die Traditionen hinter sich lassen, die sein Volk seit Generationen gleichzeitig nach oben gebracht und doch kleingehalten haben.

DER GEDANKE, JEMANDEN DAFÜR zu bezahlen, dass er einen auf einen Gipfel führt, den man allein nicht erreichen könnte, ist in der Geschichte des Bergsteigens relativ neu. Noch vor wenigen Jahrzehnten wagten sich nur ernsthafte Bergsteiger in die sogenannte Todeszone, in der nicht genug Sauerstoff für menschliches Leben vorhanden ist. 1985 ließ der wohlhabende Geschäftsmann Dick Bass aus Texas sich vom US-Bergsteiger David Breashears zum Gipfel des Everest führen. Das weckte die Begehrlichkeiten von Amateuren aus aller Welt: Was der kann, kann ich auch! Das kommerzielle Himalaya-Bergsteigen war geboren.

In den folgenden zwei Jahrzehnten dominierten westliche Unternehmen das boomende Business am Everest. Bis zu 75 000 US-Dollar verlangten sie für eine Expedition zum höchsten Gipfel der Welt. Sie beschäftigten Sherpas und vergaben logistische Aufgaben wie den Aufbau von Basislagern und die Routensicherung mit Fixseilen an nepalesische Subunternehmer. Den Löwenanteil der Einnahmen strichen jedoch die ausländischen Touranbieter ein, bei denen Abenteurer aus aller Welt ihre Himalaya-Expedition buchten.

Einige junge Sherpas erkannten ihre Chance. Unter ihnen waren Nimas Vater, Tashi Lakpa Sherpa, und drei seiner fünf Brüder: Mingma, Chhang Dawa (bekannt als Dawa) und Pasang Phurba.

Die Geschwister waren in einem abgelegenen Dorf ohne Strom und fließend Wasser aufgewachsen, mit Blick auf den 8485 Meter hohen Gipfel des Makalu. Sie hüteten die Yaks, Schafe und Kühe der Familie, schliefen unter Plastikplanen und jagten

kleine Tiere. Manchmal hörten sie monatelang keine anderen menschlichen Stimmen. Aber sie wuchsen mit Stolz auf. Ihre Herden machten sie im Vergleich zu den Subsistenzlandwirten im Dorf zu reichen Leuten.

Bergsteiger gab es in der Familie keine. Die Brüder hörten im Radio von Ang Rita Sherpa, der den Everest zehnmal ohne Flaschensauerstoff bestiegen hatte. „Er ist Sherpa, ich bin Sherpa. Warum soll ich das nicht auch können?“, dachte Dawa sich damals. Der Zweitälteste, Mingma, ging mit 14 Jahren nach Kathmandu. Vom Träger, der 35-Kilogramm-Lasten schleppen musste, arbeitete er sich hoch zum Bergführer. Als einer der fähigsten und erfahrensten Sherpas war er schließlich für die Befestigung der Fixseile zuständig. Dann holte er seine Brüder nach. Tashi, der Zweitjüngste, bestieg den Everest zum ersten Mal mit 18 Jahren. Den tödlichen Khumbu-Eisbruch durchquerte er pro Expedition 20 bis 30 Mal, erzählt er. Jedes einzelne Mal habe er Todesangst gehabt. „Jeden Tag, jede Sekunde ist man in Lebensgefahr“, sagt er.

Mingma und Dawa, die kräftigen großen Brüder, ärgerten sich zunehmend über ihre inoffizielle Berufsbezeichnung. „Die Westler sagen, wir seien Träger“, erklärte Dawa. „Das ist nicht fair“, ergänzte Mingma. Aus ihrer Sicht machten sie die gleiche Arbeit wie ausländische Bergführer. Sie bestiegen dieselben Berge wie ihre Kunden. Warum waren sie „Träger“ und die Westler „Bergführer“ und „Bergsteiger“?

Um zu beweisen, dass sie sich mit den besten Bergführern der Welt messen konnten, fassten Mingma und Dawa den Plan, alle 14 Achttausender der Welt zu bezwingen. „Wir mussten etwas vorzeigen“, erklärt Dawa. Mingma war 2011 der erste Nepalese, dem es gelang. Dawa folgte kurze Zeit später. Die Leistung verschaffte den Brüdern viel Glaubwürdigkeit; sie gründeten ihr Expeditionsunternehmen Seven Summit Treks. Für die Besteigung des Everest verlangten sie nur 30 000 US-Dollar pro Person. Andere von Sherpas geführte Unternehmen folgten und verdrängten die alte Garde vom Markt. Heute sind laut der deutschen Himalaya-Chronistin Billi Bierling die Sherpas die „Bosse auf dem Berg“. Sie schätzt, dass 80 bis 85 Prozent des Marktes in der Hand der Sherpas sind.

Während die Sherpas die Kontrolle über diesen Wirtschaftszweig übernahmen, entdeckten einige von ihnen auch ihre Liebe zum Bergsteigen. 2015 unternahmen Sherpa-Bergsteiger Erstbesteigungen auch ohne

zahlende Kunden und berichteten in den sozialen Medien darüber. Im Jahr 2018 sponserte North Face die Sherpa-Höhenbergsteigerin Dawa Yangzum, allerdings in ihrer Rolle als Bergführerin. Sie war auch die erste Nepalesin, die von der International Federation of Mountain Guides Associations akkreditiert wurde.

Der nepalesisch-britische ehemalige Elitesoldat Nimal „Nims“ Purja beflügelte den Trend weiter, als er 2019 in Rekordzeit alle 14 Achttausender bezwang. Mithilfe von Flaschensauerstoff, Hubschraubern und Fixseilen schaffte er in sechs Monaten, wofür der vorherige Rekordhalter Kim Chang-Ho aus Korea fast acht Jahre gebraucht hatte. Allerdings war Kim ohne Flaschensauerstoff geklettert und hatte den Weg vom Golf von Bengalen zum Everest-Basislager mit Kajak und Fahrrad zurückgelegt. Nims, der kein Sherpa ist, hatte Handkameras dabei und übertrug seine Unternehmung auf Instagram. Aus den Aufnahmen entstand 2021 eine erfolgreiche Netflix-Dokumentation. Er gründete sein eigenes Bergsportunternehmen und schloss Verträge mit Red Bull, Nike und einem britischen Hersteller von Luxusuhren. Er hat der Welt gezeigt, dass Nepalesen durchaus als Weltklassebergsteiger Anerkennung finden können. Inzwischen wird seine Karriere von Vorwürfen sexueller Übergriffe überschattet. Purja streitet diese Vorwürfe ab.

Nima ist nicht nur mit dem Geld seiner Familie gesegnet, er ist bereits mit Vorbildern und Ambitionen groß geworden. Schon als Kind sagte er zu seinem Vater, dass er Profisportler werden wolle. „Der Plan war immer, etwas Großes im Leben zu erreichen“, sagt Nima.

WAS EIN PROFIBERGSTEIGER HEUTE KÖNNEN MUSS



Im Oktober 2024 präsentiert Nima mit der Gastkette Hard Rock Cafe ein T-Shirt, das seine Erfolge feiert.

Sponsoren für alpine Expeditionen sind heute nicht mehr so leicht zu finden wie früher. Angehende Profis müssen im Marketing ebenso versiert sein wie im Bergsteigen. Medienwirksame Gemeinschaftsaktionen mit bekannten Namen aus Bergsport und Naturschutz bringen Nima Rinji Sherpa die digitale Reichweite, die potenzielle Sponsoringpartner erwarten.



Nima traf sich mit der legendären Schimpansenforscherin Jane Goodall, um von ihr - unter anderem - zu lernen, wie man mit Storytelling und hoffnungsvollen Botschaften kommende Generationen für den Naturschutz begeistern kann.



Stolz zeigt sich Nima zusammen mit Kami Rita Sherpa nach dessen 29. erfolgreicher Everest-Besteigung.



Im April gab Nima eine Partnerschaft mit dem Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen bekannt. „Als jemand, der diese Berge lebt und atmet, habe ich mit eigenen Augen gesehen, was auf dem Spiel steht“, so der Klima-Influencer auf Instagram.



Bei seiner Rückkehr nach Kathmandu wird Nima mit zeremoniellen Khata-Schals geschmückt und geehrt. Als jüngster Mensch hat er alle 14 Achttausender der Welt bestiegen.

DIE VORBEREITUNG auf ein ambitioniertes Ziel bedeutet für Sportler in der Regel Askese und Rückzug. Eine Zeit, in der sie sich von der Außenwelt abschotten und auf ihr Vorhaben konzentrieren. Nicht so bei Nima, der sich bestmöglich vermarkten will. Noch in den letzten Tagen vor dem Manaslu hat er einen vollgepackten Zeitplan – vom Besuch eines Cricketspiels der Nepal Premier League über ein Interview für den YouTube-Kanal eines amerikanischen Freundes bis hin zu einem 20-Personen-Lunch mit National Geographic Explorer Jane Goodall.

Nimas damaligen Manager, Asad Abid, bekümmerte dies. Seiner Meinung nach investierte Nima viel zu viel Zeit in Aktivitäten, die weder bezahlt wurden noch ihn seinem eigentlichen Ziel näherbrachten: von namhaften Firmen als Alpinist gesponsert zu werden. Einige Firmen hätten ihm kostenlose Ausrüstung angeboten, sagte Abid, „aber von Geld war nie die Rede“.

Westliche Marken dominieren die Outdoorbranche. Sherpas sind mit ethnischen und sprachlichen Barrieren konfrontiert, die Werbeverträge erschweren können. Die Sherpa-Gemeinschaft verehrt Bergsteiger, die den Everest 20-mal erklommen oder Rekorde wie Nima aufgestellt haben. Doch Outdoorfirmen sponsern in der Regel keine Kletterer, die im kommerziellen Expeditionsstil unterwegs sind – mit Fixseilen, Trägern und Flaschensauerstoff.

Die meisten Profifibergsteiger sind vielmehr „Alpinisten“, die schnell, ohne Begleitung und mit leichtem Gepäck unterwegs sind. Um Sponsoren zu gewinnen, muss ein Athlet neue Routen oder Gipfel im sogenannten Alpinstil bewältigen – ohne Flaschensauerstoff oder Fixseile. Und er muss eine gewisse Aura haben, das gewisse Etwas, das für Personen, die nicht in der eurozentrischen Alpinismuskultur sozialisiert sind, manchmal schwer verständlich ist.

Selbst für den mit Talent und auch Finanzmitteln gesegneten jungen Nima war das schwer greifbar. Simone Moro wollte sich den Teenager „schnappen“, so sagte er, „bevor er in die Falle tappt“ und nur „ein weiterer berühmter Achttausender-Sammler“ wird. Er nahm ihn unter seine Fittiche und betreute ihn als Mentor. Mit der Einladung zum Manaslu wollte Moro Nima sowohl die entsprechenden Fähigkeiten als auch die Geisteshaltung vermitteln, die er seiner Meinung nach als erfolgreicher Abenteurer brauchte.

Der Weg in den Alpinismus könnte Jahre in Anspruch nehmen. Nima müsse etwa Eisklettern und das Anbringen von Haken lernen, sagt der Alpinist Conrad Anker, National Geographic Explorer und langjähriger Leiter des North-Face-Athletenteams. Wahrscheinlich muss er auch in Nordamerika oder Europa an Fels und Eis trainieren, da es in Nepal Tage dauert, entsprechende Gipfel zu erreichen. Er muss außerdem ein Gespür dafür entwickeln, wie er seine ureigenen Projekte findet.

Allerdings gibt es im Zeitalter der Sport-Influencer vielleicht noch einen anderen Weg. Bergsteiger wie Nims Purja heben sich in erster Linie durch logistische und marketingtechnische Leistungen aus der Masse heraus. Nims stellte einen Geschwindigkeitsrekord auf, den er im Wesentlichen selbst erfunden hatte. Er setzte alle möglichen Hilfsmittel ein und umging so den traditionellen Weg zum Ruhm.

Storytelling funktioniert jedoch nur bis zu einem gewissen Grad. Nims Rekord markierte einen Paradigmenwechsel. Auch Nima mag seinen eigenen Weg zum Profidasein finden. Doch wer für ein Team wie das von North Face klettern will, muss laut Anker „ernsthaft klettern“.

ES IST SCHWER ZU SAGEN, wie viel von Nimas Ehrgeiz angeboren ist und wie viel davon Ergebnis subtilen elterlichen Drängens. An einem Nachmittag fährt Tashi seinen Sohn in seinem SUV durch Kathmandu. Die beiden erzählen von Nimas bisherigem Werdegang. Routiniert spielen sie sich dabei auf den Lederstühlen die Bälle zu. Ihre Erzählung macht klar, wie unerschöpflich und

bedingungslos die Unterstützung für Nima war. Als er Profifußballer werden wollte, besorgte Tashi ihm einen erstklassigen Trainer. Als das Interesse am Fußball nachließ, nahm er seinen Sohn mit in die Kletterhalle. Und als Nima Fotograf werden wollte, nahm er ihn mit auf Fotosafaris in die Berge.

Als Nima 15 Jahre alt war, schlug Tashi ihm bei so einem Ausflug in die Berge vor, dass es doch „interessant“ sein könne, im Teenageralter alle 14 Achttausender zu besteigen. Zu Hause informierte Nima sich und sagte dann zu seinem Vater: Lass uns das machen. Die Idee des Vaters war zur Idee des Sohnes geworden.

Anfangs war das 14-Gipfel-Projekt als kreatives Unternehmen geplant: Nima wollte einen Dokumentarfilm drehen. Doch bei seiner ersten Achttausender-Besteigung im September 2022 fiel ihm etwas auf. Er war immer davon ausgegangen, dass die Kunden seines Vaters ausgezeichnete Sportler sein mussten. Bei der Besteigung des Manaslu sah er aber, dass viele von ihnen eher durchschnittlich oder sogar langsam waren. Die Sherpas, die obendrein die ganze Ausrüstung trugen, überholten alle Kunden. Angesichts von so viel natürlicher Begabung fragte sich Nima, warum es keine weltberühmten Sherpa-Bergsteiger gab.

Ein Jahr später kam ein Schlüsselerlebnis hinzu: Es war der 7. Oktober 2023, Nima befand sich im Basislager des Shisha Pangma. Tenjen „Lama“ Sherpa, mit dem Nima sich angefreundet hatte, war ebenfalls am Berg. Der Sherpa unterstützte die Bergsteigerin Gina Rzucidlo, die als erste US-Amerikanerin alle 14 Achttausender bezwingen wollte. Am selben Tag plante auch die US-Amerikanerin Anna Gutu ihren 14. Gipfel. Doch auf ihrer letzten Etappe kamen Gutu und ihr Bergpartner in einer Lawine ums Leben. Lama und Rzucidlo befanden sich kurz unterhalb des Gipfels. Nima funkte sie an, sie sollten absteigen. Doch Rzucidlo wollte weitergehen. Kurz darauf riss eine zweite Lawine sie und Lama in den Tod.

Nima stand unter Schock. Lama war für ihn eine Art Schutzengel auf dem Berg gewesen. Monatelang war er niedergeschlagen. „Ich war absolut deprimiert“, sagte er. „Ich hatte die Lust am Bergsteigen verloren. Und am Leben selbst auch.“

In dieser Zeit begann er, den Hashtag #SherpaPower zu verwenden. Ihm wurde klar, dass er eine Stimme für die Sherpa-Community sein wollte. Er wollte seinen Leuten einen Wert geben, der über ihren Lohn

Dank der unternehmerischen Erfolge seines Vaters musste Nima (r.) seinen Lebensunterhalt nie damit verdienen, Ausrüstung und Vorräte für zahlende Kunden über steile Hochgebirgspfade zu schleppen.

FOTO: KRISTLE WRIGHT

hinausging. „Nehmen wir an, sie verdienen 4000 US-Dollar pro Gipfel“, sagt er. „Ich weiß nicht, ob es einen anderen Job gibt, der bei gleichem Gehalt so gefährlich ist.“ Sherpas „fühlen buchstäblich“ für ihre Kunden, erklärt er mir eindringlich. Sie opfern ihre eigene Sicherheit und sogar ihr Leben, um Kunden auf den Gipfel zu bringen. Diese Art von Mut und Loyalität sei „etwas, das man mit Geld nicht kaufen kann“. Man müsse ihre Geschichten erzählen und sie ehren wie Helden, statt sie wie Hilfskräfte zu bezahlen.

TASHI HAT IM LAUF DER JAHRE den Tod vieler Sherpas miterlebt. Auch deshalb hat er seinem Sohn immer gesagt, wenn er sein Leben aufs Spiel setzen wolle, solle er dies ausschließlich tun, um seine eigenen Träume zu verwirklichen.

Trotzdem waren Nimas Bergtouren für seine Eltern extrem belastend. Als Kletterpartner stellte Tashi ihm Pasang Nurbu Sherpa zur Seite, einen der besten Bergführer des Unternehmens. Wenn die beiden unterwegs waren, hielt Tashi Hubschrauber ständig einsatzbereit. Es gab Sonderkonditionen für Kunden, um Nimas Expeditionen zahlenmäßig zu verstärken. An Gipfeltagen schlief Tashi nicht und aktualisierte den GPS-Tracker seines Sohnes alle zehn Minuten.

Ab und an wollte Tashi seinen Sohn zurückbeordern. Dann sagte er sich:





Wir sind auf einer Mission. Er verwendet tatsächlich das Wort „wir“. „Ich möchte ihn zu einem Superkletterer, einem Supersportler machen“, sagt er. „Deshalb halte ich meine Gefühle unter Kontrolle.“

Tashi wollte Nima auch vor den Tücken des Expeditionsgeschäfts schützen. Vor allem in den Anfangsjahren wurde Seven Summit Treks für seine Sicherheitsbilanz kritisiert. Das Unternehmen bringe „gefährlich unerfahrene“ Guides und Bergsteiger auf die Berge, hieß es. Die Brüder räumten Anlaufschwierigkeiten ein. Mittlerweile seien die vielen neu rekrutierten Sherpas aber gut ausgebildet und erfahren. Außerdem würden sie Kunden auf niedrigeren Gipfeln schulen, bevor sie Achttausender in Angriff nahmen. Indem er Nima in eine andere Richtung dirigierte, hoffte Tashi, seinen Sohn vor solchen Angriffen zu schützen. „Als Profisportler kann er ganz anders arbeiten“, sagt er.

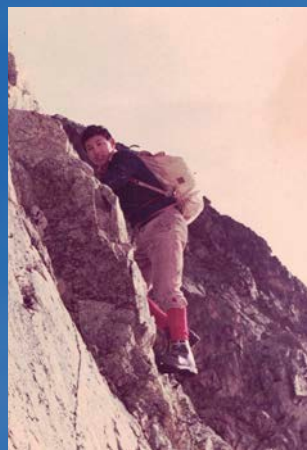
Natürlich hätte Tashi seinem Sohn zu einem Beruf außerhalb des Bergsteigens raten können. Jeder Achttausender kann tödlich sein. Im Winter, wenn die Temperaturen drastisch sinken und die Lawinengefahr

steigt, sind die Gefahren noch weitaus größer. Klettert man im Alpinstil, entfällt zudem die zusätzliche Sicherheit durch Fixseile und Flaschensauerstoff. Bei Moros erstem Versuch, einen Achttausender im Alpinstil im Winter zu besteigen, riss eine Lawine seine beiden Kletterpartner in den Tod. Wie konnte Tashi seinen Sohn etwas so Gefährliches tun lassen – und es obendrein noch finanzieren? „Ich denke“, antwortet er nach einer Denkpause, „Geschichte zu schreiben ist nichts Gewöhnliches. Es ist nicht einfach.“

Nimas ehemaliger Manager Abid hat seine eigene Theorie. „Ich glaube, Tashi projiziert seinen eigenen Lebensraum auf Nima“, sagt er. Tashi hat so viele starke Sherpa-Jungen gesehen, die für den Ruhm anderer

EINE GESCHICHTE VON STOLZ UND STÄRKE

Das Volk der Sherpa ist eine ethnische Gruppe, die seit vielen Jahrtausenden im Himalaya lebt und ihren Lebensunterhalt ursprünglich als Händler, Hirten und Bauern bestritt. Als Anfang des 20. Jahrhunderts Europäer begannen, die höchsten Gipfel der Welt zu besteigen, stellten viele Sherpas fest, dass sie beste Voraussetzungen hatten, die Alpinisten auf ihren Expeditionen zu unterstützen – in erster Linie als Träger. Diese Arbeit war zwar gefährlich, wurde aber weitaus besser bezahlt als fast jede andere Tätigkeit im Land. Heute bilden Sherpas das Rückgrat einer millionenschweren Bergsteigerindustrie rund um den Mount Everest. Mittlerweile lockt der Berg jedes Jahr Hunderte von Bergtouristen aus aller Welt an. Auch wenn die Ausländer am Gipfel die meiste Aufmerksamkeit auf sich ziehen, so sind es doch seit Langem Sherpas, die Geschichte schreiben. – Anna Callaghan



1973

Shambu Tamang, als Träger mit einer italienischen Expedition unterwegs, erreicht im Alter von 16 Jahren den Gipfel des Everest und stellt damit einen Rekord als jüngster Bezwinger auf. Später heißt es, er sei damals eher an die 18 Jahre alt gewesen.

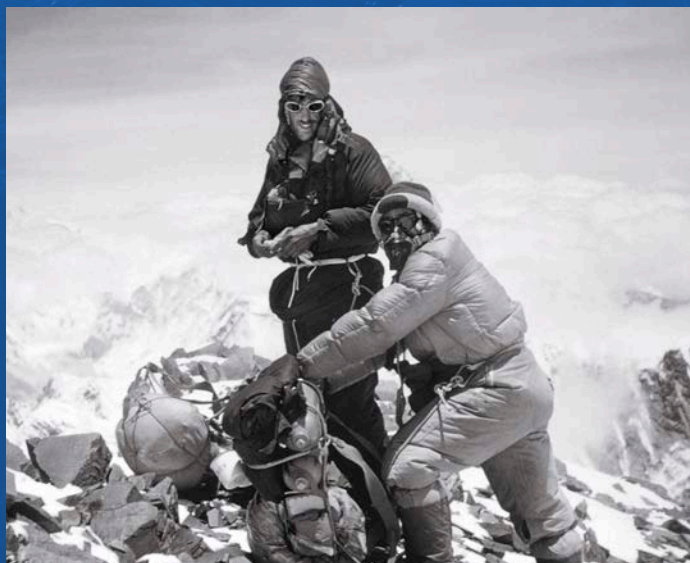
1970ER- BIS 1990ER-JAHRE

Die Anfänge sind geprägt von legendären Leistungen, etwa der Everest-Erstbesteigung ohne Flaschensauerstoff durch Reinhold Messner und Peter Habeler im Jahr 1978. Sherpas waren als Träger dabei, einige auch als Bergsteiger. Ang Phu Sherpa und Dawa Nuru Sherpa etwa begleiteten Messner und Habeler. In den späten Achtziger- und Neunzigerjahren entwickelte sich die Branche dorthin, wo sie heute steht: Expeditionsveranstalter führten Dutzende zahlender Kunden auf den Gipfel, gewöhnlich mit einem großen, von Sherpas geleiteten Begleiteteam.



1953

Nach einem jahrzehntelangen Wettlauf um die Erstbesteigung des Mount Everest erreicht eine britische Expedition erstmals den Gipfel. Am 29. Mai um 11.30 Uhr stehen Edmund Hillary (33) und Tenzing Norgay (38) als erste Menschen auf dem höchsten Punkt der Welt. Nach der Besteigung werden die beiden zu weltweiten Superstars.





2003

Lhakpa Gelu Sherpa stellt einen Geschwindigkeitsrekord auf: Vom Basislager zum Everest-Gipfel braucht er 10 Stunden, 56 Minuten und 46 Sekunden – mit Flaschensauerstoff.

2013

Am Everest kommt es zu einer tätlichen Auseinandersetzung zwischen Sherpas und den Alpinisten Simone Moro, Ueli Steck und Jonathan Griffith. Der Vorfall rückt das Machtgefälle zwischen Westlern und Sherpas ins Bewusstsein der Öffentlichkeit.



2022

Lhakpa Sherpa erreicht zum zehnten Mal den Gipfel des Everest, öfter als jede andere Frau der Welt. Vor ihrer historischen Leistung hatte sie in den USA als Tellerwäscherin gearbeitet.

2014

Am 18. April um 6.30 Uhr stürzt eine Lawine von der Westflanke des Everest in den Khumbu-Eisbruch und tötet 16 der mehr als 100 Sherpas, die gerade Ausrüstung auf den Berg schaffen.



2021

Neun Sherpas und einem nepalesisch-britischen Bergsteiger gelingt die erste Winterbesteigung des 8611 Meter hohen K2. Der K2 ist der zweithöchste Berg der Welt und der einzige Achttausender, der zuvor noch nie im Winter bezwungen worden war.



2024

Mit nur 18 Jahren ist Nima Rinji Sherpa der jüngste Bezwingler aller 14 Achttausender.



2025

Kami Rita Sherpa bezwingt den Everest zum 31. Mal und baut damit seinen eigenen Rekord für die meisten Gipfelbesteigungen aus. Die Nepalesin Phunjo Lama stellt mit einer Zeit von 14 Stunden und 31 Minuten einen neuen Rekord als schnellste weibliche Besteigerin des Everest-Gipfels auf.

FOTOS (NACH REIHEN V. O.): UNBEKANNT; DEVENDRA MAN SINGH; MICHAEL KODAS; ROYAL GEOGRAPHICAL SOCIETY; RENAN OZTURK; ELIA SAIKALY; SANDRO GROMEN-HAYES; UNBEKANNT. HINTERGRUNDFOTO: MARK FISHER





Die Annapurna war der erste Achttausender, der je bezwungen wurde. Doch der Gipfel ist auch einer der tödlichsten: Auf drei Bergsteiger, die letztlich auf dem Gipfel stehen, kommt einer, der den Versuch mit dem Leben bezahlt. Nima bestieg ihn im Frühjahr 2024 ohne Flaschensauerstoff. FOTO: ANISH MAHARJAN

arbeiteten, erzählt dieser. Er hatte schon immer den Wunsch, einen dieser jungen Athleten unbelastet von alldem klettern zu sehen. „Das ist eine völlig neue Chance für uns Sherpas“, sagt er, „und ich will wirklich, dass mein Sohn diesen Weg gehen kann.“

Der Dezember in Kathmandu kann einen glauben lassen, der Winter sei nicht wirklich tödlich. Der Tag, an dem Nima zu seiner Expedition aufbrach, war wie die Tage zuvor: sonnig und mild. Der Himmel war blassblau vom Smog. Zusammen mit Nima, Moro und ihrem Teamkollegen, dem portugiesisch-polnischen Filmemacher Oswald Rodrigo Pereira, stieg ich in einen orangefarbenen Hubschrauber von Heli Everest. Wir wollten ins Everest-Tal fliegen und in fünf Tagen zum Basislager der Ama Dablam laufen. Der 6812 Meter hohe, markante Berg wird auch „Matterhorn Nepals“ genannt. Von dort würde ich mit dem Hubschrauber zurückfliegen. Das Team würde die Ama Dablam besteigen, um sich an die Höhe anzupassen. Dann würde es weiter ins Manaslu-Tal fliegen.

Der Hubschrauber schwebte über grüne Hügel mit Terrassenfeldern, die wie Stufen in den Berg geschnitten waren. Schneebedeckte Gipfel säumten den Horizont. Jeder einzelne wäre groß und schön genug, für einen eigenen Nationalpark. Die

meisten Menschen beeindruckt dieser Anblick zutiefst. Für Nima war es nichts weiter als ein gewöhnlicher Weg zum Arbeitsplatz. Er war eingenickt.

Während der letzten Tage hatte ich die Machtfülle und den Einfluss von Seven Summit Treks hautnah miterlebt. Überall in Kathmandu sah ich lächelnde, gepflegt wirkende junge Männer in Jacken und Baseballkappen mit dem Firmenlogo. Nima war ständig von Sherpas umsorgt, die für seinen Vater arbeiteten.

Ob ihm bewusst sei, wie viel harte Arbeit er leisten und welche Risiken er eingehen muss, wenn er seinen Traum verwirklichen will? Er sagt, er wisse das. Doch bei aller Frühreife: Er ist ein 18-Jähriger, der das Bergsteigen nach wie vor mit den Abenteuern aus seinen Fantasybüchern vergleicht. „Eine Winterexpedition ist wie eine Reise in die Welt von ‚Herr der Ringe‘“, erklärte er voller Begeisterung; oder: „Wenn man ‚Harry Potter‘ liest, ist man total aufgeregt. Ganz genauso komme ich mir jetzt vor.“ In beiden Geschichten begibt sich ein Auserwählter auf eine Mission, um die Menschen zu retten, die ihm wichtig sind. Auch Nima sieht sich als Botschafter, als Fahnenträger seines Volkes.

„Ich denke, dass er in seinem jugendlichen Alter bereits eine große Last trägt. Eine Last, die er sich freiwillig auch selbst auferlegt hat“, sagt Pereira später.

Im Hubschrauber wacht Nima auf. Wir tragen schalldichte Kopfhörer. Er zeigt den Everest daher stumm mit der Kamera seines iPhones und zoomt die schneebedeckte Pyramide heran. Dann klappt er sein Tablet auf und tippt eine Nachricht: „Der Prinz kehrt in die Berge zurück.“

NIMAS ERSTE NICHT KOMMERZIELLE Expedition beginnt zunächst reibungslos, mit trockenem Wetter auf der Ama Dablam. Nima, Moro und Pereira unternehmen zwei einfache Trainingstouren zu Lager I und II, um sich an die Höhe anzupassen. Doch in der Nacht vor ihrem Gipfelversuch setzt Schneefall ein. Da die Felsen nun rutschig sind, müssen sich die Bergsteiger häufiger an Fixseile festhalten, und am zweiten Tag hat Nima Krämpfe an Händen und Unterarmen. Das Trio kehrt einige Hundert Meter unterhalb des Gipfels um. Die Bergsteiger brechen mit weniger Akklimatisierung als erhofft zum Manaslu auf. Als sie anderthalb Wochen später das Basislager dort erreichen, schneit es. Die Wettervorhersage wird schlechter: Drei Wochen

Nima hat viele Zukunftspläne. Seit Kurzem arbeitet er mit dem Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen zusammen. Er hat einen Buchvertrag unterzeichnet und eine Firma gegründet, die Souvenirs aus Everest-Müll herstellt. FOTO: KRISTLE WRIGHT

lang sollen Windgeschwindigkeiten von mehr als 145 km/h herrschen. Wochenlanges Warten würde ihre Akklimatisierung zunichtemachen. Nach einer Woche im Basislager brechen sie die Expedition ab.

Nima und Moro planen sofort einen weiteren Versuch am Manaslu für den nächsten Winter. „Ich hatte das Gefühl, dass dies die beste Expedition meines Lebens war“, erzählt Nima. Die extremen Bedingungen begeisterten ihn, und anders als bei kommerziellen Expeditionen „lag alles allein in unserer Hand“.

Nimas größte Herausforderung könnte nun sein, den Fokus zu behalten. Nach dem Manaslu hat er wieder viel zu tun. Vor Kurzem hat er einen Autorenvertrag unterzeichnet und bekanntgegeben, dass er als Klima-Influencer für das Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen in Nepal tätig sein werde. Im Frühjahr war er im Everest-Basislager und half seinem Vater bei der Logistik. Er gab einem US-Nachrichtenteam Interviews und arbeitete bei einem Unternehmen mit, das mit Drohnen den Müll vom Berg wegschaffen will. Außerdem gründete er eine eigene Firma, die aus dem Everest-Müll Souvenirs herstellt.

Er trainiere für den Manaslu, erzählt er, bleibt aber vage, was das Ausmaß angeht. Er sagt lediglich, dass er Trailrunning und Krafttraining mache, aber nicht Buch führe über



seine Trainingseinheiten. Es gibt Leute, die daran zweifeln, dass Nima ein Ausnahmeathlet werden wird.

Bei einigen Sherpas sorgt auch seine privilegierte Stellung für Unmut. Sie weisen dezidiert darauf hin, dass es in Nepal viele talentierte junge Bergsteiger gebe, nicht nur Nima. Sie hätten ähnliches Potenzial, wenn sie denn seine Möglichkeiten hätten. Nima dagegen ist überzeugt, dass er bereits einiges für seine Community getan hat. Ganz gleich, ob er sein Ziel nun erreicht oder nicht.

Am vierten Tag unserer Trekkingtour sitzen wir in einem kalten Zimmer in einer einfachen Lodge im Sherpa-Dorf Deboche und sehen die Sonne untergehen. Ich frage ihn, was er von der Diskussion über seinen bisherigen Kletterstil halte. Ist ihm bewusst, dass einige Leute das Besteigen von Achttausendern mit Sauerstoff, Fixseilen und Sherpa-Unterstützung ablehnen? Dass viele der Ansicht seien, dass er aus Sicht „echter Bergsteiger“ noch nicht viel erreicht habe? Nima sitzt mit verschränkten Armen auf seinem Stuhl. Er sagt, er glaube nicht, dass diese Kritik auf ihn zutreffe. Dann lacht er. Wenn er ein erwachsener Mann wäre,

der viel Wind um seine Leistungen macht, hätten sie vielleicht recht. „Aber ich bin erst 16, 17 Jahre alt und gerade mal dabei, meinen Weg zu finden“, sagt Nima.

Er weiß, dass seine Leistungen für sein Alter beeindruckend sind. Für ihn ist die Geschichte der Sherpas in den letzten 15 Jahren geprägt von Vorbildern mit großen Erfolgen. Nun müssten Menschen wie er daran glauben, dass sie selbst diese Helden noch übertreffen können.

Nima denkt, dass er schon einiges ins Rollen gebracht hat. „Wenn ich jemand anders wäre und sehen würde, wie ein 18-Jähriger all das bewerkstelligt hat“, sagt er, „ich wäre absolut geflasht.“ □

Aus dem Englischen von Dr. Eva Dempewolf

IM ABO LESEN

JEDEN MONAT NEU:

13 AUSGABEN NATIONAL GEOGRAPHIC FÜR NUR 97,50 €* LESEN



ABENTEUER MIT NATIONAL GEOGRAPHIC.

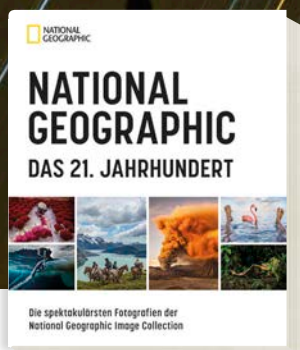
Einzigartige Reportagen über fremde Kulturen, ferne Länder und spannende Expeditionen.

JAHRESABO MIT VIELEN VORTEILEN.

- Sie erhalten 13 Ausgaben im Jahr und eine attraktive Prämie Ihrer Wahl.
- Jede Ausgabe kommt sicher, bequem und portofrei zu Ihnen nach Hause.
- Sie können nach einem Jahr jederzeit abbestellen, wenn Sie keine Lieferungen mehr wünschen.
- Sie profitieren von der NATIONAL GEOGRAPHIC-Vorteilswelt.

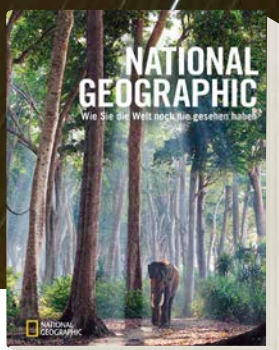
UND PRÄMIE SICHERN!

MEHR
AUSWAHL
ONLINE



1 | NATIONAL GEOGRAPHIC - DAS 21. JAHRHUNDERT

Aufwühlendes Zeitgeschehen, zauberhafte Natureindrücke, detailverliebte Nahansichten - dieser Bildband zeigt alle Facetten des beginnenden 21. Jahrhunderts, in großartiger Fotografie festgehalten.



2 | NATIONAL GEOGRAPHIC - WIE SIE DIE WELT NOCH NIE GESEHEN HABEN

Fotografien, die verzaubern, einzigartig und verblüffend. In fünf Kapiteln werden visuelle Wunder aus unserer Welt gezeigt, die man so bisher nur selten bis gar nicht gesehen hat.



3 | SPUREN DER STERNE DIE URSPRÜNGE DES LEBENS IN KOSMOS UND TIEFSEE

Die neuesten Erkenntnisse aus Weltraum- und Tiefseeforschung und eine kurze unterhaltsame Geschichte der Evolution. Mit atemberaubenden Bildern.

JETZT GLEICH BESTELLEN UNTER:



shop.nationalgeographic.de/jahresabo

**NATIONAL
GEOGRAPHIC**

Insel der
TRÄUME

Auf Mauritius leben Menschen aus unterschiedlichen Kulturen zusammen. Worüber sie sich Gedanken machen: Wie können sie ihr Paradies bewahren?

Text

GEBINA DOENECKE

„**PERLE DES OZEANS**“ nennt der Autor Joseph Conrad diese Insel. In seiner Erzählung „Ein Lächeln des Glücks“ („A Smile of Fortune“) führt ein junger Kapitän ein Schiff nach Mauritius. Er will auf der Tropeninsel eine Ladung Zucker übernehmen und vor allem viel Geld verdienen. Schon auf den ersten Seiten geht es um Geschäftemacherei, um Gier und natürlich um die Liebe.

Conrad wusste, wovon er schrieb. Ehe er auf einem Flussdampfer den Kongo bereiste und mit dem Roman „Herz der Finsternis“ berühmt wurde, hatte er als Seemann auf französischen Schiffen gearbeitet und später, im Dienst der britischen Handelsmarine, auch den Indischen Ozean bereist. Mit feiner Ironie beschreibt er das Leben auf Mauritius Ende des 19. Jahrhunderts: „Die ganze Bevölkerung der Perle lebt vom Zucker und für den Zucker.“ Und das inmitten einer Idylle mit blauem Meer, weißem Sand und üppigen Palmen.

Wer heute nach Mauritius kommt, sieht noch immer endlose grüne Zuckerrohrfelder. Doch das große Geld wird längst woanders gemacht. Vor allem in Ebène City, südlich der Hauptstadt Port Louis,



FOTO: SUNLIFE



Die Strände von Mauritius, 1800 Kilometer östlich vom afrikanischen Festland gelegen, ziehen nicht nur Honeymoon-Reisende an. 2023 kamen insgesamt 1,3 Millionen Touristen.



Fischer fahren traditionell mit kleinen, oft bunt bemalten Holzbooten in die geschützten Lagunen hinaus, um ihre Netze oder Leinen auszuwerfen.

wachsen ständig neue, glänzende Bürotürme in die Luft. Angelockt von niedrigen Steuersätzen, haben sich hier in den vergangenen Jahren viele internationale Firmen und Offshore-Banken angesiedelt.

Satish Dayal, 70 Jahre alt, war einst Parlamentsabgeordneter. Seit mehr als 40 Jahren ist er Priester und geistiges Oberhaupt der gut 620 000 Hindus auf Mauritius. „Auf dieser Insel leben die unterschiedlichen Religionen friedlich zusammen. Mauritius ist ein sehr tolerantes Land“, sagt Dayal und zeichnet den Besuchern flink mit roter Farbe ein drittes Auge auf die Stirn. So sollen auch die Fremden von mehr Weisheit und Energie profitieren.

Der Legende nach hatte der Gott Shiva hier einst einen Wassertropfen verloren; der Tempel, das wichtigste Heiligtum für Hindus außerhalb Indiens, ist berühmt.

Zum hohen Feiertag Shivaratri, der Nacht des Mondes, kommen hier im Frühjahr aus aller Welt Hunderttausende Gläubige zusammen und bringen Wasser mit. Unfruchtbare Paare suchen ihr Heil, Lahme sollen später wieder laufen können.

Im Hintergrund des Kratersees ragen riesige Statuen hinduistischer Gottheiten auf. Auf der ganzen Insel fallen die vielen bunten Tempel auf, der Einfluss aus Indien ist stark. Das Leben zwischen Muslimen, Hindus und Christen gestaltet sich immerhin sehr friedlich. Mittlerweile gibt es auch mehr interreligiöse Ehen als früher.

Was gleichfalls ins Auge sticht: In öffentlichen Parks oder Stränden herrscht in der Regel eine penible Ordnung. Die Einwohner von Mauritius sind stolz auf ihren multikulturellen Nationenmix – und auf die Schönheit ihrer Insel, die sie mit



Die Meeresbiologin Nitisha Boyjoo züchtet an der Westküste Korallen; hier spricht sie mit Urlaubern. Cocktails am Strand mit pudersüßem Sand.

aller Macht bewahren wollen. Für die Internetseiten der französischsprachigen, auf Mauritius erscheinenden Zeitung *L'Express* können Leser Fotos von liegen gebliebenen Abfällen und verschandelten Parks einsenden. Die Verursacher, die ihre Hinterlassenschaften – etwa nach einem Picknick – nicht ordentlich entsorgt haben, werden so an den Pranger gestellt. Eine wirksame Mahnung.

Und weil auf einer Insel die Auswirkungen des Klimawandels oft viel stärker zu spüren sind als anderenorts, pochen alle, mit denen man heutzutage hier spricht, auf Regeln für mehr Nachhaltigkeit und Umweltschutz. Mitunter geht es um Kleinigkeiten, die aber auffallen: Die vermeintliche Plastikflasche, die im Hotel auf dem Zimmer steht, besteht aus einem Material, das aus Zuckerrohr und anderen

Pflanzenfasern hergestellt wurde. „Wir planen so gut, dass bei uns kein Lebensmittel mehr auf dem Müllhaufen landet“, berichtet Clency Romeo, Manager des bei Deutschen beliebten Hotels La Pirogue an der Westküste. Alle Hotels der Sunlife-Gruppe, zu der La Pirogue gehört, setzen rigoros auf einen nachhaltigen Kurs: Mülltrennung, Wasseraufbereitung und Solarstrom sind verpflichtend. Was auf den Tellern der Gäste übrig bleibt, wird lokalen Farmern übergeben und an die Tiere verfüttert. Einweggeschirr wurde in der gesamten Hotelgruppe abgeschafft.

Die 26 Jahre alte Nitisha Boyjoo, die 2022 ihren Bachelor im Fach Aquakultur an der Universität in Port Louis gemacht hat und jetzt an ihrer Promotion arbeitet, überwacht im Auftrag der Hotelgruppe an der Westküste der Insel ein Programm zum Schutz



Der indische Einfluss macht sich überall auf der Insel bemerkbar. Ganga Talao ist eine Pilgerstätte für gläubige Hindus.

der Korallen im Wasser: „Vor allem der Temperaturanstieg im Meer setzt uns hier stark zu – wir sehen jeden Tag die Auswirkungen“, sagt die Meeresbiologin, die im Wasser gerade neue Pflanzen züchtet. Dazu wurde im tieferen Bereich, gut 400 Meter vom Strand entfernt, eine eigene Korallenfarm errichtet: An Gerüsten aus Metall, die unter der Oberfläche liegen, ranken sich hier



Den Zauber von Mauritius und viele weitere Reisetipps entdecken Sie in der neuen Ausgabe von NATIONAL GEOGRAPHIC TRAVELER. Erhältlich im Handel oder unter: shop.nationalgeographic.de

junge, rosafarbene Korallenkeimlinge, die künftig neue Riffs bilden sollen.

Wie viele Traumdestinationen lebt Mauritius vom Tourismus; zugleich tragen die Flüge und der CO₂-Ausstoß maßgeblich zum Klimawandel bei, der schon jetzt massiv die Inseln der Welt bedroht. Dazu kommt das Artensterben: Auf Mauritius lebte einst auch der merkwürdigste Vogel der Welt. Der ein Meter große Dodo konnte nicht fliegen, nur watscheln, aber auf der Insel gab es wenig Fressfeinde. Doch kaum kamen hungrige Seeleute samt Ratten auf die Insel, war der kuriose Vogel ausgerottet. Heute ist er nur noch im Wappen von Mauritius verewigt. Das US-Unternehmen Colossal Bioscience hat vor einiger Zeit angekündigt, es werde dank Gentechnik demnächst den Dodo wiederauferstehen lassen. Ob das gelingt? Fraglich. □

DER KOSTBARSTE SCHATZ DER BERGE

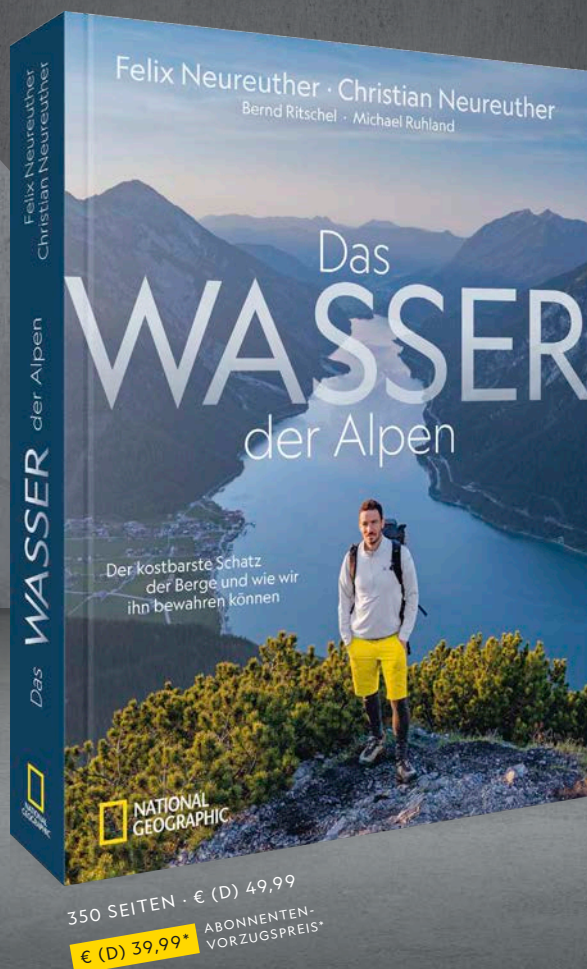
FELIX NEUREUTHER
ERKUNDET DIE ALPEN ALS
QUELLE DES LEBENS

NEU

Tiefgründig,
eindrucksvoll, klar:
**Wasserschutz ist unsere
Verantwortung.**

**Interviews
mit Experten**
wie Sven Plöger und
Andrea Fischer.

Projekten mit
innovativen Wegen zum
Wasserschutz



Hier mehr
erfahren!



JETZT ÜBERALL, WO ES BÜCHER GIBT
UND AUF **NATIONALGEOGRAPHIC-BUCH.DE**



*Vorzugspreis für Abonnenten der Magazine von National Geographic.
Geben Sie auf nationalgeographic-buch.de beim Kauf Ihre Kundennummer an.

FERNSEHEN

MIT NEUGIER UM DIE WELT



In Katalonien entstand im 18. Jahrhundert die Tradition der Castells – Menschentürme. Hannah Fry erklärt die mathematischen Regeln der bis zu zehnstöckigen artistischen Konstruktion.



Unser Fernsehprogramm

Infos zum TV-Programm von NATIONAL GEOGRAPHIC finden Sie unter natgeotv.com/de. Empfangbar im TV unter anderem bei Sky, Vodafone und der Deutschen Telekom.

→ **MIT IHREM TALENT**, komplexe Themen verständlich und unterhaltsam zu erklären, hat sich Hannah Fry international einen Namen gemacht. Nun begibt sich die englische Mathematikprofessorin und Wissenschaftsvermittlerin auf eine besondere Reise: Sie möchte fremde Länder und Kulturen nicht nur erleben, sondern entschlüsseln. Ihre Exkursionen nach Spanien, Vietnam, Griechenland, Südkorea, Irland und Island erzählen von Landschaften, Städten und ihren Bewohnern. Außerdem enthüllen sie verborgene Muster, die Geschichte, Kultur und Selbstverständnis der Nationen prägen. Fry zeigt, wie die Gebirgsketten Spaniens den Lauf der Geschichte beeinflussten, analysiert die nach eigenen Regeln funktionierende Verkehrsordnung in Ho-Chi-Minh-Stadt, geht der mathematischen Präzision des Parthenon nach und untersucht, wie Sprache das Weltbild formt.

Die erste Staffel der neuen Serie startet am 24. November; jeweils montags um 21 Uhr auf NATIONAL GEOGRAPHIC.

FERNSEHEN

AFRIKAS WILDNIS

→ **WIEGE DER MENSCHHEIT**, Heimat der großen Gnu-, Antilopen- und Büffelherden sowie der Raubtiere, die ihren Spuren folgen: Im November zeigt unser TV-Sender NATIONAL GEOGRAPHIC WILD jeweils sonntags Dokumentarfilme über die Tierwelt Afrikas und deren Lebensräume, darunter raffinierte Überlebenskünstler in „Afrikas tierische Genies“ oder den „Unvergleichlichen Honigdachs“. Ab 2. November, je drei Filme am Stück, sonntags ab 20.15 Uhr auf NatGeo WILD.



Der Abend scheint friedlich: Antilopen grasen im Nationalpark Gorongosa in Mosambik.

FOTOS: DISNEY

AUSSTELLUNG

KINDHEIT AM NIL



Laut ihrer Sargmaske war Sat-Djehuti „Königstochter und Königsschwester“. Wie können wir uns ihre Kindheit vorstellen?

→ **ALS TUTANCHAMUN** Pharao wurde, war er etwa neun Jahre alt. Funde aus seinem Grab zeigen ihn als kindlichen Gottkönig. Wie eine Kindheit am Nil im alten Ägypten tatsächlich aussah, will das Staatliche Museum Ägyptischer Kunst in München in einer gleichnamigen Ausstellung ab 28. Oktober veranschaulichen. Die Ausstellung ist familiengerecht gestaltet und bietet neben kostbaren Exponaten interaktive Elemente und ein Begleitprogramm, das Kindern das Leben der Vergangenheit nahebringt. Bis 21. Juni 2026, smaek.de

BUCH



Anfang und Ende des Kosmos

Auf nicht mal 500 Seiten erzählen ein Astrophysiker und ein Journalist die atemberaubende Geschichte unseres Universums. „Zwischen Urknall und Apokalypse“, Heino Falcke, Jörg Römer, Klett-Cotta, 448 S., 28 Euro

FOTO: STAATLICHES MUSEUM ÄGYPTISCHER KUNST, CLAUDIUS RAMMEL

DIE EINFACHE FORMEL ZUM BESSEREN LEBEN

NEU

Wissenschaftlich fundierte Anleitung für ein gesundes, langes Leben

4-Wochen-Programm mit praxisnahen Tipps, Rezepten und Arbeitsblättern

Nachhaltigkeitsplan **für dauerhafte Erfolg und Motivation**



Hier mehr erfahren!



265 SEITEN · € (D) 19,99
 € (D) 15,99*
 ABONNENTEN-VORZUGSPREIS*

National Geographic in der Bruckmann Verlag GmbH, Infanteriestraße 11a, 80797 München

© stock.adobe.com – Berniulus

JETZT ÜBERALL, WO ES BÜCHER GIBT
 UND AUF NATIONALGEOGRAPHIC-BUCH.DE



*Vorzugspreis für Abonnenten der Magazine von National Geographic: Geben Sie auf nationalgeographic-buch.de beim Kauf Ihre Kundennummer an.



NATIONAL GEOGRAPHIC DEUTSCHLAND

CHEFREDAKTION Claudia Eilers (v. i. S. d. P.)
STELLV. CHEFREDAKTION Eileen Stiller
GRAFIK Andreas Pufal (Visual Director),
 Ralph Hellberg (f), Anja Klingebiel, Jan Krummrey
REDAKTION Simone Einmann, Julia Graven (f),
 Florian Kappelsberger
BILDREDAKTION Kristin Schütte (f)
KARTOGRAFIE Ralf Bitter (f)
DOKUMENTATION Ute Wiemer (f)
SCHLUSSREDAKTION Helga Peterz (f)
ONLINEREDAKTION Anna Hentsch (f),
 Heidi Patzak
REDAKTIONSASSISTENZ Anna Jauch

MITARBEITER DIESER AUSGABE

REDAKTION Martin Both (f), Iris Röll (f),
 Johanna Schuhmann (f)
ÜBERSETZUNG Dr. Katja Mellenthin,
 Dr. Eva Dempewolf

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT

Prof. Dr. Hans-Rudolf Bork
 Prof. Dr. Claudia Kemfert
 Prof. Dr. Manfred Niekisch
 Prof. Dr. Hermann Parzinger
 Prof. Dr. Stefan Rahmstorf
 Prof. Dr. Martin Wikelski
 Reinhold Messner (Expeditionsbeirat)

WISSENSCHAFTLICHE BERATUNG DIESER AUSGABE

Prof. Dr. Christian Linsmeier, Dr. Magdalena
 Maierbeck (IPP)

HERSTELLUNGSLEITUNG MAGAZINE & CVD

Grit Häußler

HEAD OF MAGAZINE BRANDS

Markus Pilzweiger

LITHOGRAFIE

Ludwig Media GmbH, Zell am See, Österreich

DRUCK

Walstead Central Europe, Krakau, Polen

KUNDENSERVICE, ABO UND EINZELHEFTBESTELLUNG

NATIONAL GEOGRAPHIC Abo-Service
 Postfach 1154, 23600 Bad Schwartau
 Tel.: +49 (0)89 462200-01 (Mo-Fr 8-20 Uhr)
 Abo bestellen: nationalgeographic.de/abo
 Fragen zum Abo: service@verlagshaus24.com

PREISE

Einzelheft 7,50 € (D), 8,30 € (A), 12,00 CHF (CH);
 inkl. DVD 12,90 € (D), 14,30 € (A), 20,60 CHF (CH),
 bei Einzelversand zzgl. Versandkosten;
 Jahresabonnement (13 Hefte) 97,50 € (inkl. MwSt.,
 im Ausland zzgl. Versandkosten), Jahres-
 abonnement inkl. 4 DVDs 118,90 € (inkl. MwSt.,
 im Ausland zzgl. Versandkosten)

VERTRIEB/AUSLIEFERUNG

Bahnhoftbuchhandel, Zeitschriftenhandel:
 MZV Moderner Zeitschriftenvertrieb
 Unterschleißheim (mzv.de)
VERTRIEBSLEITUNG Dr. Regine Hahn

ANZEIGEN

Ad Alliance GmbH
 Überseeallee 10, 20457 Hamburg
 Verantwortlich für den Anzeigenteil:
 Daniela Pörmann
 Es gilt die jeweils aktuelle Preisliste.
 ad-alliance.de

Der Bezug des National Geographic ePaper
 ist im Mitgliedsbeitrag des Verbandes Mensa e. V.
 enthalten.

NATIONAL GEOGRAPHIC (German) (USPS
 no 021971) is published monthly by GeraNova
 Bruckmann Verlagshaus GmbH. Known Office of
 Publication: German Language Pub., 153 S Dean St,
 Englewood NJ 07631. Periodicals Postage is paid
 at Paramus NJ 07652 and additional mailing offices.
 Postmaster: Send Address changes to: Geo (German),
 GLP, PO Box 9868, Englewood NJ 07631, 855-457-639

**WISSENSCHAFT,
 FORSCHUNG UND DIE
 KRAFT DES ERZÄHLENS
 VERÄNDERN DIE WELT.**



COPYRIGHT © 2025 NATIONAL
 GEOGRAPHIC PARTNERS. Alle Rechte
 © 2025 NATIONAL GEOGRAPHIC
 PARTNERS. NATIONAL GEOGRAPHIC und der
 gelbe Titelrahmen sind als Wort-Bild-Zeichen
 eingetragene und international geschützte
 Warenzeichen®. Für unverlangt eingesandte
 Unterlagen, Texte und Fotos übernimmt
 NATIONAL GEOGRAPHIC keine Haftung.
 ISSN 1615-0872 (NATIONAL GEOGRAPHIC)
 ISSN 2196-9124 (NATIONAL GEOGRAPHIC mit DVD)



NG MEDIA GMBH, VERLAG UND SITZ DER REDAKTION
 Infanteriestr. 11a, 80797 München
 Tel.: +49 (0)89 130699-0
 Fax: +49 (0)89 130699-100

GESCHÄFTSFÜHRER Clemens Schüssler

leserbrie@nationalgeographic.de

NATIONALGEOGRAPHIC.DE

Lizenznehmer von
 NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS, LLC

Jegliches automatisierte Auslesen, Analysieren
 oder systematisches Erfassen der Inhalte dieses
 Druckerzeugnisses (Text- und Dataming) ist
 ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des
 Rechteinhabers untersagt. Dies gilt insbesondere
 gemäß Artikel 4 der Richtlinie (EU) 2019/790
 und den Bestimmungen des Urheberrechts-
 gesetzes (UrHGr). Zuwiderrhandlungen werden
 rechtlich verfolgt.



NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY

CHIEF EXECUTIVE OFFICER

Dr. Jill Tiefenthaler

SENIOR MANAGEMENT

PRESIDENT & CHIEF OPERATING OFFICER
 Michael L. Ulica
CHIEF DIVERSITY, EQUITY & INCLUSION OFFICER
 Shannon P. Bartlett
**CHIEF COMMUNICATIONS, MARKETING
 & BRAND OFFICER** Crystal Brown
CHIEF HUMAN RESOURCES OFFICER Mara Dell
CHIEF SCIENCE & INNOVATION OFFICER Ian Miller
CHIEF EXPLORER ENGAGEMENT OFFICER Alex Moen
CHIEF ADVANCEMENT OFFICER Kara Ramirez Mullins
CHIEF LEGAL OFFICER Sumeet Siam
CHIEF TECHNOLOGY & INFORMATION OFFICER
 Jason Southern
CHIEF OF STAFF & PROGRAM ALIGNMENT Kim Waldron
CHIEF STORYTELLING OFFICER Kaitlin Yarnall
CHIEF FINANCIAL OFFICER Rob Young

BOARD OF TRUSTEES

CHAIRMAN Jean M. Case
VICE CHAIRMAN Katherine Bradley
 Brendan P. Bechtel, Afsaneh Beschloss, Ángel
 Cabrera, Elizabeth Comstock, Joseph M. DeSimone,
 Alexandra Grosvenor Eller, Paula Kahumbu,
 Deborah Lehr, Claudia Madrazo, Kevin J. Maroni,
 Strive Masiyiwa, Dina Powell McCormick, Mark
 C. Moore, George Muñoz, Nancy E. Pfund,
 Frederick J. Ryan Jr., Rajiv Shah, Ellen R. Stofan,
 Jill Tiefenthaler, Anthony A. Williams

EXPLORERS IN RESIDENCE

Lee R. Berger, Enric Sala

EXPLORERS AT LARGE

Shahidul Alam, Robert Ballard, James Cameron,
 Sylvia Earle, J. Michael Fay, Beverly Joubert,
 Dereck Joubert, Louise Leakey, Meave Leakey,
 Maya Lin, Rodrigo Medellin

NATIONAL GEOGRAPHIC MAGAZINE

EDITOR IN CHIEF Nathan Lump

HEAD OF VISUALS Soo-Jeong Kang
HEAD OF CREATIVE Paul Martinez
HEAD OF DIGITAL Alissa Swango

INTERNATIONAL EDITIONS

EDITORIAL DIRECTOR Amy Kolczak
INTERNATIONAL EDITIONS EDITOR Leigh Mitnick
PRODUCTION EDITOR Ariana Pettis

NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS

BOARD OF DIRECTORS

Rebecca Campbell, Jean M. Case, Joshua W.
 D'Amaro, Robert H. Langer, Kevin J. Maroni,
 Debra M. O'Connell, Frederick J. Ryan Jr.,
 Jill Tiefenthaler, Michael L. Ulica

NATIONAL GEOGRAPHIC MEDIA

PRESIDENT Courteney Monroe

EVP & GENERAL MANAGER

David E. Miller

SENIOR MANAGEMENT

VP, INTEGRATED PLANNING & OPERATIONS
 Marcelo Galdieri
VP, GROWTH STRATEGY & BUSINESS DEVELOPMENT
 Julianne Galvin
SVP & EDITOR IN CHIEF
 Nathan Lump
DIRECTOR PRINT OPERATIONS
 John MacKethan

INTERNATIONAL PUBLISHING

Allison Bradshaw
 Ariel Deiaço-Lohr
 Kelly Hoover
 Diana Jaksic
 Jennifer Jones
 Leanna Lakeram
 Rossana Stella



**EISIGES KLIMA-
ARCHIV**

Ein 1,2 Millionen Jahre alter Eisblock enthält Klimadaten der Vergangenheit. Was er über die Zukunft verrät.

**DER STOLZ VON
GUJARAT**

Sie waren in Indien fast ausgerottet - heute leben im Gir-Nationalpark die letzten Asiatischen Löwen.

**SELTSAME WEGE
DES GEHIRNS**

Unser Gedächtnis ist zu Höchstleistungen fähig - und zugleich erstaunlich unscharf. Neue Erkenntnisse aus der Forschung.

**WIE MAN EINE
PYRAMIDE BAUT**

Im 3. Jahrtausend v. Chr. entstand die Cheopspyramide. Wie die Forschung zeigt: dank genialer Ingenieurskunst.

**DIE NEUE
AUSGABE ERSCHEINT
AM 14. NOVEMBER**
Änderungen vorbehalten

JEREMY ALLEN WHITE

JEREMY STRONG

SPRINGSTEEN

DELIVER ME FROM NOWHERE

BASIEREND AUF DEM BUCH "DELIVER ME FROM NOWHERE" VON
WARREN ZANES

DREHBUCH UND REGIE VON
SCOTT COOPER



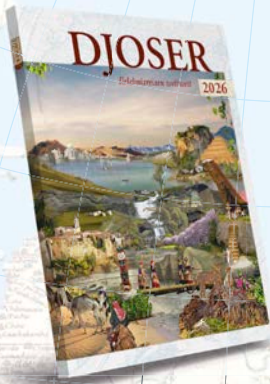
JETZT IM KINO



DJOSER



Erlebnisreisen weltweit



Djoser Reisen
200 Seiten voll großartiger
Reiseinspirationen



Djoser Family
Entdeckt die Welt mit
euren Kindern



Katalog bestellen?
www.djoser.de
0221 920 15 80
oder QR-Code scannen

