

AUFBRUCH IN DIE ARKTIS

Wie sich die Forscher auf das große Abenteuer vorbereiten



IM ALL

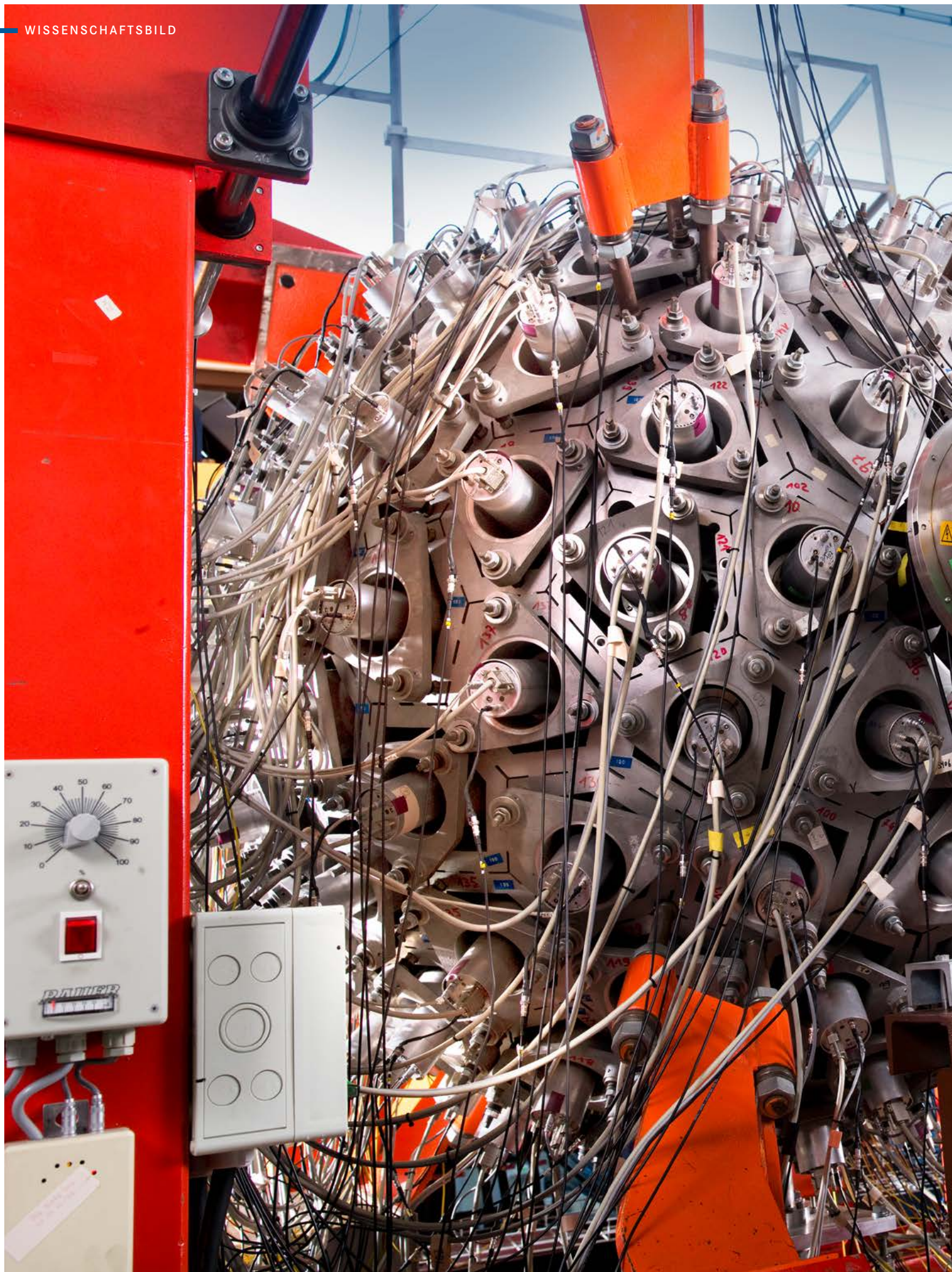
Wo Leben seine Grenzen hat

ZUR SEE

Wie FerryBoxen die Meere vermessen

AM BODEN

Womit wir uns in Zukunft fortbewegen





Eine Kristallkugel für Sternexplosionen

Unzählige verschiedenfarbige Kabel führen aus der stählernen Kugel heraus. Das mächtige Messgerät heißt Crystal Ball – Kristallkugel. Mit ihm können Forscher Prozesse untersuchen, wie sie im Inneren von Sternen ablaufen. Der Detektor steht am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt. Hier wird ein Teilchenbeschleuniger für Ionen, also geladene Atomkerne, betrieben. Prallen die Ionen mit hoher Geschwindigkeit aufeinander, entstehen sogenannte exotische Kerne. Sie senden bei ihrem Zerfall Gammastrahlung aus, die der Crystal Ball mithilfe von 162 Natriumiodidkristallen messen kann. Die untersuchten Prozesse treten natürlicherweise nur bei Sternen auf. Diese leuchten, weil in ihnen ständig Atomkerne leichter Elemente zu Atomkernen eines schwereren Elements verschmelzen. Aus Wasserstoff entstehen so alle Elemente bis zum Eisen. Schwerere Elemente wie Gold oder Blei werden beispielsweise in Sternexplosionen gebildet. Hier entstehen in vielfältigen Prozessen neutronenreiche – exotische – Atomkerne. Sie unterscheiden sich stark von den auf der Erde vorkommenden Atomkernen und haben möglicherweise ganz andere Eigenschaften. Sie sind instabil und zerfallen nach kürzester Zeit in die schweren Elemente, die natürlicherweise auf der Erde vorkommen. ◆

Franziska Roeder



ONLINE

Mehr eindrucksvolle Bilder aus der Wissenschaft finden Sie hier:

→ www.helmholtz.de/wissenschaftsbild

TITELTHEMA

- 08 Die Vermessung einer schwindenden Welt**
Start der MOSAiC-Expedition in die Arktis
- 14 Die Gefahr fährt mit**
Interview mit Bjela König

WISSENSCHAFTSBILD

- 02 Eine Kristallkugel für Sternexplosionen**

INFOGRAFIK

- 06 Verlust der Artenvielfalt**
Wie hoch ist das Aussterberisiko für verschiedene Arten von Tiergruppen?

STANDPUNKTE

- 24 Forschung ist der Motor Europas**
Vor der neuen EU-Kommission liegen große Aufgaben, findet Otmar D. Wiestler
- 30 Wer profitiert von der privaten Raumfahrt?** Zwei Blickwinkel:
Martin Kamprath und Volker Schmid

PORTRÄT

- 40 Zwischen Tumorforschung und Alm-Idyll**
Priya Chudasama

FORSCHUNG

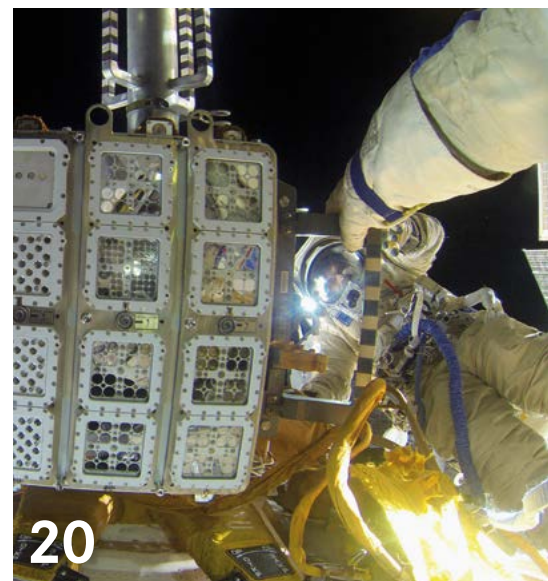
- 07 Helmholtz extrem**
Das älteste Molekül
- 16 Helmholtz kompakt**
Neues aus der Welt der Helmholtz-Gemeinschaft
- 19 Resonator-Podcast**
Seismik im Forschungsbergwerk
- 20 Grenzen des Lebens**
Warum manche Organismen eineinhalb Jahre im All unbeschadet überstehen
- 25 Nachgefragt**
Kann ein schwarzes Loch die Erde schlucken?
- 26 Der Spion an Bord**
Wie die sogenannten FerryBoxen die Weltmeere vermessen
- 32 Antriebe der Zukunft**
Batterie, Brennstoffzelle & Co – was treibt unsere Autos künftig an?
- 36 Helmholtz weltweit**
Unterwegs mit der fliegenden Sternwarte

EXPERIMENT

- 43 Kleine Forscher**
Flaschensalat selbst gemacht



08



20

IMPRESSUM

Helmholtz Perspektiven
Das Forschungsmagazin der Helmholtz-Gemeinschaft
perspektiven@helmholtz.de
www.helmholtz.de/perspektiven

Herausgeber
Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren e. V.

Büro Berlin, Kommunikation und Außenbeziehungen
Effrosyni Chelioti (V.i.S.d.P. Roland Koch)
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2 · 10178 Berlin
Tel. +49 30 206329-57 · Fax +49 30 206329-60

Chefredaktion Annette Doerfel
Artredaktion Stephanie Lochmüller, Franziska Roeder
Schlussredaktion Andrea Mayer

Redaktion
Leonie Achtnich, Annette Doerfel, Kai Dürfeld,
Johannes Giesler, Sebastian Grote, Benjamin Haerdle,
Kilian Kirchgeßner, Roland Koch, Cornelia Reichert,
Franziska Roeder, Isabell Spilker, Martin Trinkaus

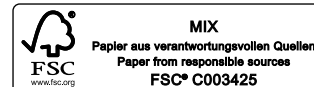
Bildnachweise
Titel/Umschlag: Alfred-Wegener-Institut/Stefan Hendricks; S. 4-5: Alfred-Wegener-Institut/Stefan Hendricks, NASA, hpgruesen/Pixabay, tookapic/Pixabay, Philip Benjamin, Jim Ross/NASA, David Ausserhofer; S. 6: Franziska Roeder (Infografik), Frederick Flak; S. 8-9: Alfred-Wegener-Institut/Stefan Hendricks; S. 10-15: Alfred-Wegener-Institut/Stefan Hendricks (Hintergrundbild); S. 13: Alfred-Wegener-Institut/Martin Künsting (Infografik); S. 18: Freepik, Manuel Balzer/KIT; S. 19: Freepik; S. 24, 30-31: Sylvia Wolf; S. 26-27: hpgruesen/Pixabay; S. 27: Carsten

Lippe/NLWKN; S. 32: tookapic/Pixabay; S. 34: buffaloboy/Shutterstock, czjiri/Shutterstock; S. 35: picture alliance/Sebastian Gollnow/dpa; S. 41: Philip Benjamin; S. 43: Tanja Hildebrandt

Druck/Vertrieb
Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG,
Frankfurt a. M.

Papier
Arctic Volume white

ISSN
2197-1579





Liebe Leserinnen, liebe Leser,

ständige Dunkelheit und Eiseskälte von bis zu Minus 45 Grad Celsius – das klingt nicht nach einem attraktiven Reiseziel, oder? Doch genau das erwartet bald die rund 100 beteiligten Forscher der MOSAiC-Expedition. Eingefroren im Eis werden sie an Bord der Polarstern durch das Nordpolarmeer driften, um das arktische Klima zu erforschen. Wie sie sich auf das große Abenteuer vorbereiten und mit welchen Gefahren sie rechnen, erfahren Sie in unserer Titelgeschichte.

Noch ungemütlicher wurde es allerdings für winzige Probanden der ISS. Hier sollten kleine irdische Organismen zeigen, wie widerstandsfähig sie sind. Mehr zu den Überlebenskünstlern lesen Sie in „Grenzen des Lebens“.

Aufs andere Ende der Weltkugel verschlug es Clemens Plank. Was der Raumfahrtstechniker in Neuseeland mit der fliegenden Sternwarte SOFIA erlebte, erzählt er in unserer Rubrik „Helmholtz weltweit“.

Übrigens: Folgen Sie einfach den Icons im Heft und tauchen Sie online noch tiefer ein in die bunte Welt der Forschung. Viel Spaß beim Lesen, Anschauen und Hören!

Annette Doerfel
Chefredakteurin

→ **Kostenloses Abo**

Möchten Sie die Druckausgabe der Helmholtz Perspektiven kostenlos beziehen? Dann schreiben Sie eine E-Mail an: perspektiven@helmholtz.de



26



40



32



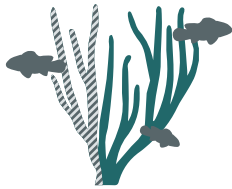
36

Verlust der Artenvielfalt

Die Artenvielfalt nimmt dramatisch ab – das zeigt der Globale Zustandsbericht des Weltbiodiversitätsrats. Doch sie ist immens wichtig: Jede Art spielt in ihrem Ökosystem eine Rolle. Je weniger Spezies, desto anfälliger sind Ökosysteme durch Veränderungen von außen.

GLOBALES AUSSTERBERISIKO VERSCHIEDENER TIERARTEN NACH GRUPPEN

33%
KORALLEN (riffbildend)



42%
AMPHIBIEN



13%
VÖGEL



25%
SÄUGETIERE



27%
KRUSTENTIERE



15%
LIBELLEN



31%
HAIE UND ROCHEN



19%
REPTILIEN



IN DEN NÄCHSTEN JAHRZEHNEN SIND VON DEN RUND **8** MILLIONEN TIER- UND PFLANZENARTEN **1** MILLION ARTEN VOM AUSSTERBEN BEDROHT.

URSACHEN FÜR DEN VERLUST DER ARTENVIelfALT



Veränderte Land- und Meeresnutzung

- Ausweitung städtischer Gebiete
- Expansion landwirtschaftlich genutzter Landflächen (vor allem Waldrodung in den Tropen zur Viehzucht oder Anbau von Ölpalmen)
- Schleppnetzfischerei auf dem Meeresgrund



Direkte Ausbeutung

- Bereits 33 Prozent der Meeresfischbestände sind überfischt
- Jagd von bedrohten Arten
- Holzeinschlag



Klimawandel

- Temperaturanstieg beeinflusst Lebenszyklus von Pflanzen und Tieren
- Manche Arten können mit bevorzugter Temperatur nicht schnell genug mitwandern



Verschmutzung

- Unbehandeltes Abwasser
- Industrieabfälle
- Überdüngung
- Plastik
- Lichtverschmutzung



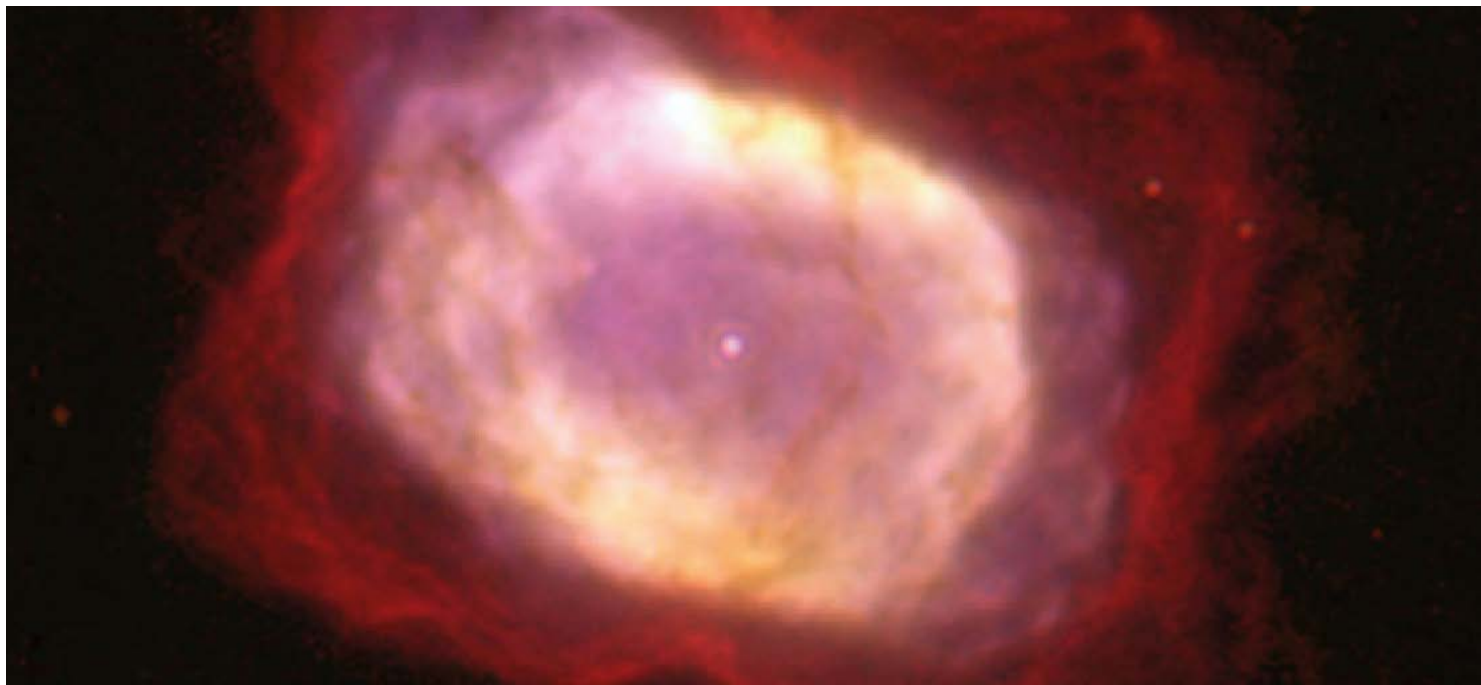
Invasive Arten

- Gebietsfremde Arten können einheimische verdrängen
- Invasive Arten können Krankheiten einschleppen

Quelle: Globaler Zustandsbericht des Weltbiodiversitätsrats (IPBES) 2019, www.ipbes.net (kurze deutsche Zusammenfassung: www.helmholtz.de/ipbes-factsheet-2019), Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

HELMHOLTZ extrem

Das älteste Molekül



Moleküle im Nebel An der Grenze zwischen heißem, ionisiertem Gas (gelb) und der kühleren Hülle (rot) entstehen wie hier beim planetarischen Nebel NGC 7027 Heliumhydridionen. Bild: W. B. Latter (SIRTF/Caltech) et al., NICMOS, HST, NASA

Unser Weltall ist rund 13,8 Milliarden Jahre alt. Kurz nach dem Urknall war der Kosmos erfüllt von einem Gemisch verschiedenster Teilchen. Die im Urknall entstandenen Elemente wie Wasserstoff, Helium, Deuterium und Lithium waren zunächst aufgrund der hohen Temperaturen ionisiert. Nach ausreichender Abkühlung etwa 300.000 Jahre später erfolgte der Beginn aller Chemie: Die Elemente verbanden sich mit freien Elektronen und erzeugten die ersten neutralen Atome. So entstand aus Helium und ionisiertem Wasserstoff die erste und somit älteste molekulare Verbindung unseres Weltalls: HeH^+ .

Das Heliumhydridion stellte die Wissenschaft allerdings bislang vor ein Dilemma: Aus Laboruntersuchungen ist es seit fast 100 Jahren bekannt, doch im Weltall war es trotz aufwendiger Suche nicht aufzufinden. In den späten 1970er-Jahren deuteten astrochemische Modelle darauf hin, dass es in astrophysikalischen Nebeln innerhalb unserer Milchstraße vorhanden sein und am leichtesten in sogenannten planetarischen Nebeln gefunden werden könnte. Diese werden

von sonnenähnlichen Sternen in der letzten Phase ihres Lebenszyklus ausgestoßen.

Doch die Suche im Weltall blieb jahrzehntelang erfolglos, weshalb die chemischen Modellrechnungen angezweifelt wurden. Bis jetzt: Einem internationalen Forscherteam unter der Leitung von Rolf Güsten vom Bonner Max-Planck-Institut für Radioastronomie ist es nun geglückt, das Molekül in Richtung des planetarischen Nebels NGC 7027 eindeutig nachzuweisen. Gelungen ist der Nachweis mithilfe des Ferninfrarot-Spektrometers GREAT an Bord der fliegenden Sternwarte SOFIA, eines Projekts des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der NASA (mehr zu SOFIA ab Seite 36). „Mit SOFIA haben wir den Nachweis erbracht, dass dieses Molekül sich tatsächlich in planetarischen Nebeln bilden kann“, sagt Anke Pagels-Kerp, Abteilungsleiterin Extraterrestrik im DLR-Raumfahrtmanagement in Bonn. „Derzeit gibt es kein anderes Teleskop, das in diesen Wellenlängen beobachten kann.“

Annette Doerfel



ONLINE

Alle Ausgaben von
HELMHOLTZ extrem
unter:

→ [www.helmholtz.de/
extrem](http://www.helmholtz.de/extrem)







DIE VERMESSUNG EINER SCHWINDENDEN WELT

Im Herbst 2019 startet die größte Arktis-Forschungsexpedition aller Zeiten. Der Eisbrecher Polarstern wird dabei ein Jahr lang eingefroren auf einer riesigen Eisscholle entlang des Nordpols driften und Daten sammeln. Die Polarforscher sind besser vorbereitet als jemals zuvor, denn sie wissen: Eine zweite Chance für diese Expedition haben sie nicht.

Nur einige Dutzend Wissenschaftler wohnen an jenem Märztag im norwegischen Ny-Ålesund – einem der nördlichsten Dörfer der Welt –, als etwas abgelegen im Fjord ein Mann im eiskalten Wasser treibt. Wie von Geisterhand getragen bleibt sein Körper an der Oberfläche. Der Mann im Wasser ist der Potsdamer Atmosphärenforscher Markus Rex vom Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI). Als er vor 27 Jahren zum ersten Mal in dieses Dorf auf Spitzbergen kam, war der Fjord, in dem er jetzt liegt, noch eine Landschaft aus Eis und Schnee. Oft durchquerte Markus Rex sie mit Skiern oder einem Schneemobil. Doch seit etwa zehn Jahren ist der Fjord nicht mehr zugefroren.

Nach ein paar Minuten rudert Markus Rex dann plötzlich mit seinen Armen zum Ufer und schleppt sich an Land. Begeistert geht er auf die Gruppe zu, die ihn die ganze Zeit über gebannt beobachtet hat: „Der ist es“, ruft er, „das ist der perfekte Überlebensanzug für unsere Expedition!“ Für das, was sie vorhaben, werden sie die beste Ausrüstung brauchen: Wo sie hinwollen, werden die Temperaturen noch viel tiefer, die Winde noch viel stärker sein.

Am Abend des 20. September werden sie mit dem Eisbrecher Polarstern in See stechen.

Ihr Ziel ist die zentrale Arktis. Dort wird das Schiff ein Jahr lang eingefroren im Eis entlang des Nordpols driften. Rund 100 Menschen aus 17 Nationen werden an Bord sein, ungefähr alle zwei Monate wechselt die Besatzung. Das Schiff verwandelt sich in eine mobile Polarstation, angetrieben alleine durch die Naturgewalt des Meereises. „Die Arktis ist das Epizentrum der globalen Erwärmung.

Doch leider wissen wir noch nicht besonders gut, was das in der Zukunft für uns bedeuten wird“, sagt Markus Rex. „Das liegt daran, dass wir kaum Beobachtungen aus der zentralen Arktis haben,

aus dem Winter sogar fast gar keine.“ Markus Rex leitet die MOSAiC-Expedition, die zum ersten Mal einen modernen Forschungseisbrecher auch im Winter in die Nähe des Nordpols bringt. Die Klimaprozesse dort sind ein Puzzleteil, das den Forschern fehlt, um bessere Prognosen zum globalen Klimawandel zu erstellen. „Was in der Arktis an Klimaveränderungen passiert, bleibt nicht in der Arktis. Sie ist die große Küche auch für unser Wetter in Mitteleuropa“, sagt er.

„Wir sind wahrscheinlich die letzte Generation, die eine ganzjährig von Eis bedeckte Arktis erlebt.“

Wohin genau die Eisdrift das Schiff führen wird, ist ungewiss. Eines aber steht schon heute fest: Eine vergleichbare Expedition wird es kein zweites Mal geben. „Wir sind wahrscheinlich die letzte Generation, die eine ganzjährig von Eis bedeckte Arktis erlebt“, sagt Markus Rex. „Wenn es so weitergeht, können wir in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts im Sommer mit einer Jolle vom Hamburger Hafen aus zum Nordpol segeln und dort eine Flasche Champagner aufmachen.“ Bei Segeljollen dürfte es kaum bleiben: Schon heute durchqueren erste Containerschiffe die Nordostpassage auf dem Weg zwischen Europa und Asien. Am Nordpol, an dessen Bezwingung früher reihenweise Menschen gescheitert sind, entsteht gerade eine andere Welt und niemand weiß genau, wie sich die rasante Erwärmung auf das Ökosystem und das Klima auswirken wird.

In Ny-Ålesund testet die Gruppe derweil den Aufbau eines gigantischen Zeltes, das auf der Expedition einen Fesselballon beherbergen soll. Mit dabei ist Verena Mohaupt. Die Physikerin zählt zur Generation Polarforscherinnen, die den Fjord am Rande des Dorfes nur als offenes Gewässer kennen. Bei ihr laufen viele Fäden der Expeditionslogistik zusammen, etliche Ausrüstungsteile hat sie ausgesucht, außerdem Pläne erstellt, Handbücher geschrieben und Trainings organisiert. „Als ich diesen Job gerade angenommen hatte, traf ich mich mit Markus Rex auf ein Abendessen in Bremerhaven“, erinnert sie sich. „Zum Essen bin ich damals kaum gekommen, stattdessen füllten sich die Seiten meines Blocks.“ Begriffe wie Treibstoffdepot und Evakuierungswege notierte sie, außerdem die Namen Fedorov, Makarov, Oden und Xuelong II – so heißen die vier Eisbrecher, die die Expedition versorgen und die Teilnehmer austauschen sollen. Am Ende des Abends war ihr →

Der Expeditionsleiter
Markus Rex ist der Kopf der MOSAiC-Expedition.
Bild: Alfred-Wegener-Institut/Esther Horvath (CC-BY 4.0)







Der Planer Marcel Nicolaus (Mitte) hat das Forschungscamp auf dem Reißbrett entworfen. Bild: AWI

klar, dass sie es mit einer logistischen Choreografie zu tun bekommt, wie sie die zentrale Arktis nie zuvor gesehen hat. Unvorhergesehenes muss sie immer einplanen: „Vieles können wir erst vor Ort entscheiden.“

Mit diesem Ort meint sie eine Eisscholle, die zum Anfang der Expedition etwa bei 130 Grad Ost und 85 Grad Nord liegen wird. Sobald der Expeditionsleiter eine Stelle freigibt, an der sich das Schiff einfrieren lässt, und der Kapitän die Maschinen in den Leerlauf stellt, beginnt der spannendste Teil des Vorhabens. Innerhalb weniger Tage errichten die Wissenschaftler eine kleine Forschungsstadt auf dem Eis. Es wird ein steter Wettlauf gegen die Zeit, denn schon bald nach der Ankunft steigt die Sonne kaum noch über den Horizont, bis sie schließlich völlig der Polarnacht weicht. „Während des Aufbaus werden alle mithelfen müssen. Wir bohren dann Löcher, legen Wege an, bauen Zelte auf und verlegen Stromtrassen“, sagt Verena Mohaupt.

Schon heute gibt es eine Art Stadtplan, der vermuten lässt, was sich auf dem Eis abspielen wird. In einem Umkreis von mehreren Hundert Metern um das Schiff sollen Messstationen in die Höhe ragen. Im Winter erstreckt sich sogar eine Landebahn auf dem Eis, die Polarstern wird zum Ausgangspunkt für Forschungsflüge. Der Eisbrecher wird zum Zentrum eines Netzes autonomer Messstationen, die sich bis zu 50 Kilometer entfernt befinden.

Der Bremerhavener Meereisphysiker Marcel Nicolaus hat das Forschungscamp auf dem Reißbrett entworfen. Entscheidend sei eine genaue Gebietsaufteilung, sagt er. „Wenn sich niemand an bestimmte Wege und Bereiche halten würde, hätten wir spätestens im Sommer keine ungenutzte Fläche mehr“ – dabei ist unberührtes Eis wichtig für die Forschung. Außerdem soll es rund um das Schiff Bereiche geben, die nicht ausgeleuchtet werden, damit Biologen das Verhalten der Lebewesen in der Dunkelheit frei von Lichtverschmutzung untersuchen können.

„Weil wir auf die großen Zusammenhänge schauen, werden wir mit dieser Expedition Antworten auf eine der wichtigsten Fragen unserer Zeit finden.“

Die Arbeitsbedingungen werden hart. Alle Teilnehmer haben dafür unter zumindest ansatzweise vergleichbaren Bedingungen trainiert. 60 von ihnen waren zwei Wochen lang auf einem Kurs in Finnland – Ende März, wenn am Strand der Insel Hailoutu die Temperaturen unter minus 20 Grad Celsius fallen. Das Programm folgt einer strengen Routine: Jeden Morgen nach dem Frühstück gehen die Teilnehmer auf das nahe gelegene Meereis. Wie bei einem ausgedehnten Zirkeltraining arbeiten sie verschiedene Stationen ab: Schneemobil fahren, Eisdicke messen, Eislöcher sägen



Die Logistikerin Verena Mohaupt hat etliche Ausrüstungsteile ausgesucht, Pläne erstellt, Handbücher geschrieben und Trainings organisiert. Bild: Alfred-Wegener-Institut/Esther Horvath (CC-BY 4.0)



ONLINE

Mehr Bilder, Videos und Geschichten zur Expedition unter:

→ www.helmholtz.de/mosaic





und Eiskerne ziehen. „Die Teilnehmer haben in Finnland nicht nur eine Menge über die Arbeiten auf dem Eis gelernt“, ist sich Marcel Nicolaus sicher. „Hier hat die Expedition für viele bereits richtig begonnen.“ Von dem Moment an sei MOSAiC mehr gewesen, als nur Tabellen, Pläne und E-Mails zu lesen.

Die Fragen, denen die Forscher während der Expedition nachgehen wollen, sind eng miteinander verknüpft. Wie entsteht genau das Meereis? Was passiert, wenn die Eisschicht aufreißt und das vergleichsweise warme Ozeanwasser mit extrem kalter Luft in Verbindung kommt? Was macht die Polarnacht mit dem Ökosystem, bevor im Frühjahr explosionsartig neues Leben unter dem Eis entsteht? „Weil wir auf die großen Zusammenhänge schauen, werden wir mit dieser Expedition Antworten auf eine der wichtigsten Fragen unserer Zeit finden – und zwar, warum die Arktis ein Treiber der Klimaerwärmung ist“, fasst Markus Rex den enormen Anspruch zusammen.

Wenn am 20. September die Expedition losgeht, wird sich zeigen, was die jahrelange Vorbereitung gebracht hat und wie sich ihre Pläne in der unerbittlichen arktischen Realität bewähren. Verena Mohaupt wird auf der bis zum Anschlag beladenen Polarstern wissen, dass die Ausrüstung – komme, was wolle – für die nächsten Monate ausreichen muss. Marcel Nicolaus wird wenig später von der Reling aus sehen, was das Eiscamp noch

DIE MOSAIC-EXPEDITION

Kaum eine Region hat sich in den vergangenen Jahrzehnten so stark erwärmt wie die Arktis. Ziel der Expedition ist es daher, ihren Einfluss auf das globale Klima besser zu verstehen.

Das Vorbild der MOSAiC-Expedition ist Fridtjof Nansens Fahrt mit dem Holzforschungsschiff Fram in den Jahren 1893 bis 1896. MOSAiC wiederholt die Drift der Fram nun erstmals mit dem modernen Forschungseisbrecher Polarstern, der mit umfangreichen wissenschaftlichen Instrumenten zur Untersuchung komplexer Klimaprozesse ausgestattet sein wird. Die Polarstern wird ab Herbst 2019 rund ein Jahr eingefroren im Eis durch das Nordpolarmeer driften. Auf sechs Fahrtabschnitten werden jeweils rund 100 Menschen aus 17 Nationen an Bord sein. Eine internationale Flotte von Eisbrechern, Helikoptern und Flugzeugen versorgt das Team auf dieser extremen Route.

Damit die Expedition gelingt und möglichst wertvolle Daten gewonnen werden, arbeiten unter der Leitung des Alfred-Wegener-Instituts, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) mehr als 70 Institute in einem Forschungskonsortium zusammen. Das Budget beträgt rund 140 Millionen Euro.

MEHR ÜBER FRITJOF NANSENS EXPEDITION ZUM NORDPOL UNTER:

→ www.helmholtz.de/nansen

mit seinen ersten Skizzen auf Rechenpapier gemeinsam hat. Und Markus Rex? Womöglich wird er ins Logbuch schreiben, dass die Menschheit noch nie so nah dran war, die Rätsel der zentralen Arktis zu entschlüsseln. ◆

Sebastian Grote

„EINE GEWISSE GRUNDGEFAHR MÜSSEN WIR IN KAUF NEHMEN“

Sie ist die Schwarzseherin vom Dienst: Bjela König vom Alfred-Wegener-Institut hat monatelang alle Szenarien durchdacht, die auf der MOSAiC-Expedition zur Gefahr werden könnten. Ein Gespräch über aufbrechende Eisschollen, einen schwimmenden Operationssaal – und darüber, wofür in der Arktis Stolperdraht nötig ist.

Die MOSAiC-Expedition bringt erstmals einen modernen Forschungseisbrecher auch im Winter in Nordpolnähe. Keine ganz ungefährliche Mission, oder?

Wir stehen in der Tat vor neuen Herausforderungen, denn etwas Vergleichbares hat es noch nie gegeben. Zunächst einmal müssen wir uns verabschieden von dem Bild einer schneeweißen Eisfläche, die nahtlos das Schiff umgibt. Wir werden dort viele Schmelztümpel haben und oft im Wasser rumstapfen. Außerdem kann uns auch mal alles zuwehen. Spätestens wenn ein heftiger Sturm aufzieht, wird sich die Umgebung verändern. Dann schiebt sich die Scholle, die unser Schiff umgibt, unter Umständen zu Presseisrücken auf oder driftet auseinander.

Könnte die Eisscholle auch aufbrechen?

Ja, dieses Szenario planen wir mit ein – auch wenn die Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, dass die Scholle direkt unter unseren Füßen bricht. Wir überwachen ständig den Bereich rund um das Schiff mit Infrarotkameras. So können wir einen möglichen Bruch schon Stunden vorher erahnen. Aber wir stellen uns schon darauf ein, dass wir unser Eiscamp im Laufe des Jahres verlegen müssen.

Was sind denn die größten Risiken?

Viele Gefahren ergeben sich aus den Wetterbedingungen. Wenn Nebel aufzieht, wird es zum Beispiel schwierig mit der Orientierung und dem sicheren Arbeiten. Außerdem können die Tem-

peraturen im Extremfall unter minus 40 Grad Celsius fallen. Durch den Wind werden die gefühlten Temperaturen sogar noch extremer. Weitere Gefahren sehe ich in der täglichen Arbeit auf dem Eis, aus der sich Verletzungen ergeben können.

Und wie lassen sich diese Gefahren reduzieren?

Ich bin systematisch viele denkbare Szenarien durchgegangen, die theoretisch passieren könnten. Im Arbeitsschutz ist es eine typische Methode, die Gefahr vom Menschen zu trennen, zum Beispiel durch Sicherheitsabstände. Das ist für uns jedoch nicht möglich, denn dann könnten wir die Expedition gar nicht durchführen. Eine gewisse Grundgefahr

müssen wir also in Kauf nehmen. Aber über Schutzkleidung und organisatorische Maßnahmen können wir die Gefahr deutlich minimieren.

Was ist das für eine Schutzkleidung?

Da die Forschungsarbeiten teilweise direkt an der Eiskante stattfinden, können wir nicht ausschließen, dass jemand ins Wasser fällt. Der klassische Expeditionsoverall saugt sich dann mit Wasser voll und ist nach einer Minute so schwer, dass er einen in die Tiefe zieht. Damit hat man keine Chance. Wir haben jetzt sogenannte Flotation Suits mit Auftrieb ausgesucht. Zusätzlich werden sich alle Expeditionsteilnehmer, die nahe an der Eiskante arbeiten, noch mit Auffanggurt, Leine und Eisschraube sichern.



Am Eisloch Übungsteilnehmer ziehen eine Eisprobe.
Bild: Alfred-Wegener-Institut/Roland Kerstein



Die Sicherheitsexpertin Bjela König kümmert sich darum, Gefahren bei der Expedition gering zu halten. Bild: Alfred-Wegener-Institut / Esther Horvath

Was müssen die Teilnehmer beachten, wenn sie das Schiff verlassen?

Jeder muss sich ausloggen, damit wir immer wissen, wie viele Leute gerade auf dem Eis sind. Wir achten auch darauf, dass niemand alleine auf dem Eis arbeitet. Und wir möchten ein Alarmierungssystem, wie es auch auf der Neumayer-Station verwendet wird, installieren: Wenn sich jemand ausloggt und nicht zur angemeldeten Zeit zurück ist, zeigen alle Computer an Bord einen Alarm an. Wichtig ist auch, dass immer alle nach den Vorgaben gekleidet und ausgerüstet sind. Wer sich weiter vom Schiff entfernt, muss Notfallboxen mit Zelt, Isomatte, Kocher und Proviant dabei haben. Draußen übernachten sollte man aber nur im Notfall.

Sie waren bei einem Training in Finnland. Haben Sie neue Risiken bemerkt?

Ich habe mit den Teilnehmern geübt, wie sie am besten mit der Sicherheitsausrüstung umgehen, und mir genau angeschaut, wie sie Proben auf dem Meereis entnehmen: Wie gehen sie dabei vor? Wie zieht man einen Eisbohrkern? Und was bedeutet das alles aus sicherheitstechnischer Sicht? Dabei bin ich mir tatsächlich ganz neuer Probleme bewusst geworden. Wenn fünf Leute gleichzeitig auf engem Raum an einem Eisloch arbeiten, können sie sich nicht alle mit einer

Leine sichern. Sonst verheddern sie sich nach kurzer Zeit zu einem Wollknäuel.

Die vermutlich unberechenbarste Gefahr geht von Eisbären aus. Wie bereiten Sie sich darauf vor?

Das ist tatsächlich ein großes Thema. Wir richten einen halbkreisförmigen Sektor vor dem Schiff ein. In diesem Radius von mehreren Hundert Metern können sich die Wissenschaftler frei bewegen. Hier beobachten sechs professionelle Eisbärenwächter ständig die Umgebung. Wenn sich eine Gruppe weiter entfernt, muss jemand mit einem Gewehr dabei sein. Deshalb absolvieren auch viele Teilnehmer vorab ein Schießtraining.

Was passiert, wenn dann wirklich ein Eisbär auftaucht?

Wenn er ein paar Kilometer entfernt am Horizont zu sehen ist, arbeiten die Forscher in der Regel weiter und beobachten sein Verhalten. Ab einer bestimmten Distanz werden die Arbeiten unterbrochen. Wer in Schiffsnähe ist, geht an Bord, ansonsten gibt es Sammelplätze. Wir versuchen den Bären zunächst mit Trillerpfeifen, Knall-, Leuchtmunition oder Drucklufttröten, wie man sie aus dem Fußballstadion kennt, zu vertreiben. Um zu verhindern, dass sich ein Eisbär unbemerkt nähert, haben wir

an manchen Punkten einen Stolperdraht mit Knall- oder Leuchtmunition oder einen Stromzaun errichtet. Auf dem Schiff sind zudem zwei Infrarotsysteme angebracht und die Eisbärenwächter sind mit Nachtsichtgeräten ausgestattet.

Was passiert, wenn einmal jemand medizinische Hilfe benötigt?

Auf jedem Fahrtabschnitt wird ein Arzt dabei sein, und an Bord gibt es einen voll ausgestatteten Operationsraum. Wir bereiten aber auch mögliche Evakuierungswege vor, um bei einem medizinischen Notfall jemanden mit Helikoptern oder Eisbrechern ans Festland zu bringen.

Die Expeditionsteilnehmer werden mehrere Monate lang auf der Polarstern leben. Was bedeutet das aus psychologischer Sicht?

Wir gehen davon aus, dass es Zeiten geben wird, in denen der Nebel so dicht ist, dass wir vielleicht eine Woche oder länger nicht nach draußen können. So eine Isolation sorgt natürlich für Frust. Belastend ist vor allem auch das Wissen, nicht wegzukönnen, egal was zu Hause gerade passiert. Psychologische Themen sind deshalb genauso wichtig für uns wie der restliche Arbeitsschutz. ◆

Interview: Sebastian Grote

→ HELMHOLTZ kompakt



Trainiert Erlernt man eine Fremdsprache, bildet sich mehr graue Substanz in zwei bestimmten Gehirnregionen. Bild: Creativa Images/shutterstock

Zweitsprache hält Gehirn im Alter fit

Wer eine Fremdsprache intensiv erlernt, legt an Gehirnvolumen zu. Das haben nun Wissenschaftler des **Forschungszentrums Jülich** gemeinsam mit Kollegen aus Düsseldorf und Aachen im Rahmen der „1.000-Gehirne-Studie“ herausgefunden. Demnach liegt in zwei für die Sprache zuständigen Gehirnregionen bei Mehrsprachlern in jungen Jahren deutlich mehr graue Substanz vor. Die graue Substanz ist reich an Nervenzellkörpern. Mit fortschreitendem Alter nimmt dieses Volumen zwar ab, doch es bleibt in beiden Regionen bis zu einem Alter von zumindest rund 60 Jahren immer etwas höher als bei Menschen, die nur eine Sprache erlernt haben. „Ein Zuwachs an grauer Substanz geht nach unserer Erfahrung mit einem Zuwachs der kognitiven Reserve einher – also einer besseren geistigen Leistungsfähig-

keit und Flexibilität“, sagt Stefan Heim vom Jülicher Institut für Neurowissenschaften und Medizin. „Der Überschuss an grauer Substanz wandelt sich mit der Zeit, je fester die neue Sprache ‚sitzt‘, in eine engere Vernetzung der Areale und stärker ausgeprägte Kommunikationsleitungen in der weißen Substanz um.“ Die weiße Substanz setzt sich aus den Zellfortsätzen zusammen, die von einer Schicht aus Lipiden und Proteinen ummantelt sind und daher weiß erscheinen. „Der Informationsaustausch zwischen den Gehirnregionen wird dadurch vereinfacht und ist somit stabiler und effektiver“, sagt Stefan Heim. Die Erkenntnisse der Forscher könnten erklären, wieso Mehrsprachler im Alter oftmals länger geistig fit bleiben. *Publikation: doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2019.05.021*



So sehen Sieger aus KIT-Präsident Holger Hanselka (links) und Kollegen freuen sich über den Titel „Exzellenzuniversität“. Bild: Markus Breig/KIT

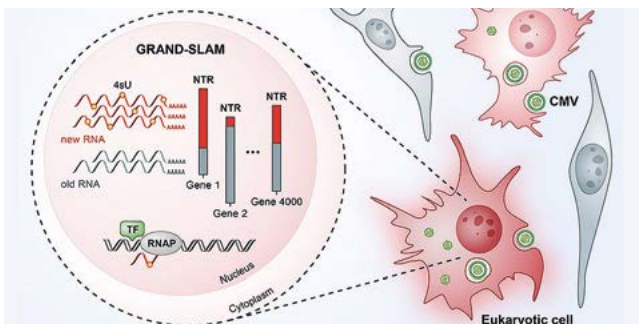
KIT ist wieder Exzellenzuniversität

Im Frühjahr hatte das **Karlsruher Institut für Technologie (KIT)** in der ersten Runde der Exzellenzstrategie erfolgreich zwei Exzellenzcluster eingeworben. Mitte Juli zählte es dann auch in der Förderlinie „Exzellenzuniversitäten“ zu den insgesamt elf Siegern. Für das Konzept „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft | Living the Change“ hat das KIT insgesamt 105 Millionen Euro für sieben Jahre beantragt. „Wir haben uns im wichtigsten und härtesten Wettbewerb der Universitäten in Deutschland mit unserem Konzept erfolgreich durchgesetzt“, sagt KIT-Präsident Holger Hanselka. Zentrale Elemente seien neben exzellenter Forschung von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung rund 100 neue Professuren in den nächsten zehn Jahren sowie der intensive Dialog mit der Gesellschaft.

Wie sich Zellen gegen Viren wehren

Zellen sind mit verschiedenen Abwehrmechanismen ausgestattet, um gegen Eindringlinge vorzugehen. Wird eine Zelle etwa von Viren befallen, werden die für die Abwehr zuständigen Gene aktiviert, um diese zu bekämpfen. Forscher des **Helmholtz-Instituts für RNA-basierte Infektionsforschung (HIRI)** fanden heraus, was dabei in den Genen passiert. Mit der sogenannten Einzelzell-RNA-Sequenzierung konnten sie zeigen, welche Gene in den Zellen aktiv waren. Um den zeitlichen Verlauf und die Reaktion der Zellen auf die Infektion beobachten zu können, gaben die Forscher zeitgleich mit einem Virus eine modifizierte Base (4sU) zu den Zellen. Die Zelle baute diese Base in die RNA ein. Dadurch konnten die Forscher sehen, welche Gene erst nach der Infektion abgelesen wurden. Die Ergebnisse überraschten: Die Virusinfektion weckte schlagartig Hunderte Gene aus dem Schlaf. Vor allem die Aktivierung nach dem On-off-Prinzip verblüffte die Forscher. Bisher wurde angenommen, dass viele Gene dauerhaft auf niedrigem Niveau abgelesen werden und bei einer Aktivierung nur die Menge des Genprodukts hochgefahren wird. Die neue Methode wurde nun zum Patent angemeldet.

Publikation: doi: 10.1038/s41586-019-1369-y



Abgelesen Mit dem Grand-Slam-Verfahren lässt sich ermitteln, welche Gene wie stark in einzelnen Zellen aktiviert werden. Bild: S. Pernitzsch/HZI/HIRI

Doch kein Ufo: Interstellares Objekt erforscht



Mysteriös Das interstellare Objekt Oumuamua hat einen Durchmesser von etwa 200 Metern. Bild: ESA/Hubble, NASA, ESO, M. Kornmesser

Mithilfe eines Teleskops auf Hawaii entdeckten Astronomen vor zwei Jahren ein Gebilde, das sich deutlich von üblichen Asteroiden und Kometen unterschied. Die Beobachtung war so einzigartig, dass manche Wissenschaftler sogar mutmaßten, es könne sich um ein außerirdisches Raumschiff handeln. Sie gaben dem Gebilde den Namen Oumuamua – auf Hawaiianisch: Pfadfinder. „Der Asteroid hat wahrscheinlich eine längliche Form und ein auffälliges Bewegungsmuster“, so Susanne Pfalzner vom Jülich Supercomputing Centre des **Forschungszentrums Jülich**. „Besonders rätselhaft ist seine Laufbahn durch unser Sonnensystem.“ Die Astrophysikerin gehört zu einem internationalen Forscherteam, das nun zeigen konnte, dass Oumuamua vollkommen natürlichen Ursprungs ist. Vermutlich handelt es sich um ein interstellares Objekt aus einem anderen Sternsystem, das unser Sonnensystem kreuzt. Eine Theorie: Der Himmelskörper könnte von einem Gasriesen eines anderen Sternsystems ausgestoßen worden sein. Die Forscher vermuten, dass er nur der erste Besucher aus einem fremden Sternsystem ist.

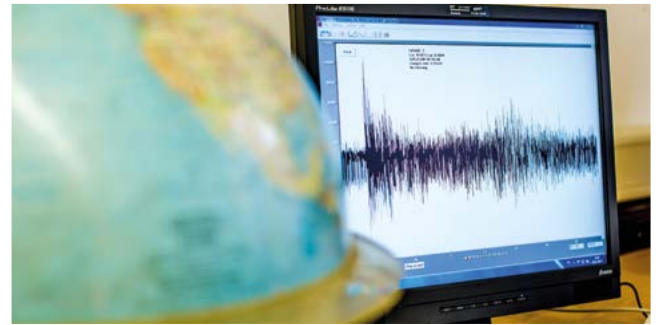
Publikation: doi: 10.1038/s41550-019-0816-x

Preis für die Erforschung von Schmerz

Über die Haut kann der Mensch Berührungen, Wärme, Kälte und Schmerz wahrnehmen. Dies geschieht über Sinneszellen und freie Nervenenden, die in der Hautoberfläche sitzen und für den Tast-, Temperatur- und Schmerzsinne verantwortlich sind. Der Neurophysiologe Gary Lewin erforscht, wie diese Reize von den Sinneszellen aufgenommen und als elektrische Signale übermittelt werden. Hierzu untersucht er afrikanische Nacktmulle, die aufgrund ihrer Blindheit einen starken Tastsinn besitzen. Gary Lewin konnte zeigen, dass dieser Spezies gewisse Arten der Schmerzwahrnehmung fehlen. Der Forscher vom **Max-Delbrück-Centrum** für Molekulare Medizin in der Helmholtz-Gemeinschaft (MDC) wurde nun gemeinsam mit der Biochemikerin Brenda A. Schulman mit dem Ernst-Jung-Preis für Medizin ausgezeichnet. Beide erhalten jeweils eine Preissumme von 150.000 Euro.



Künstliche Intelligenz sagt Erdbeben vorher



Weltweit gibt es täglich Hunderte Erdbeben, die sich teils schwer vorhersagen lassen. Die Auswertung von Seismogrammen geschieht traditionell von Hand, wird jedoch schwieriger, weil die Menge der verfügbaren seismischen Daten immer größer wird. Am **Karlsruher Institut für Technologie (KIT)** haben Forscher nun ein neuronales Netz hierfür eingesetzt. Sie trainierten es mit einem Datensatz von 411 Erdbebenereignissen im Norden Chiles. Daraufhin bestimmte das neuronale Netz die Zeiten, wann seismische Wellen einsetzen, ebenso zuverlässig wie ein erfahrener Seismologe. „Unsere Ergebnisse zeigen, dass künstliche Intelligenz die Erdbebenanalyse wesentlich verbessern kann,“ sagt Andreas Rietbrock vom KIT.

Publikation: doi.org/10.1785/0220180312

Annette Doerfel und Martin Trinkaus

Anzeige

KLIMAWANDEL VOR DER HAUSTÜR

UNSERE ZUKUNFT GEMEINSAM GESTALTEN

Do. 26. Sept. 2019 ■ 09.00–15.30 Uhr

Umweltforum ■ Pufendorferstr. 11 ■ 10249 Berlin

Öffentliche Veranstaltung des Forschungsverbundes „Regionale Klimaänderungen (REKLIM)“ im Rahmen der internationalen wissenschaftlichen Konferenz „Our Climate – Our Future“ zum Thema Trockenheit und ihren Auswirkungen im Osten Deutschlands sowie einer nachhaltigen Transformation unserer Gesellschaft.



DAS REKLIM JUBILÄUMSMAGAZIN

Eine Druckversion kann kostenlos unter info@reklim.de bestellt werden.
Kostenloser Download: www.reklim.de/magazin

HELMHOLTZ
SPITZENFORSCHUNG FÜR
GROSSE HERAUSFORDERUNGEN

REKLIM
Helmholtz-Verbund
Regionale Klimaänderungen

EINTRITT
FREI



Bitte anmelden unter:

www.reklim-conference-2019.de/public-engagement-day



Erst lesen, dann hören

Seismik im Forschungsbergwerk

Dank komplexer Instrumente können Seismiker den Boden bis in große Tiefen erkunden. Wie das geht und was sich dort entdecken lässt, erklärt der Geophysiker Rüdiger Giese vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ) und Leiter der Arbeitsgruppe Untertagesseismik in **Folge 154 des Resonator-Podcasts.**

RESONATOR: FOLGE 154

Was unter der Erdoberfläche liegt, ist nicht leicht zu erforschen. Dabei gibt es für die Ergebnisse eine große Nachfrage: Seismik wird zum Beispiel für die Suche nach wertvollen Rohstoffen unter der Erde genutzt, im Tunnelbau oder für geophysikalische Forschungen. Dabei kommt neueste Technik von Hightechmaschinen bis zu empfindlichen Sensoren zum Einsatz.

Deren Benutzung erfordert viel Vorarbeit von den Forschern, damit auch in großer Tiefe das Gewünschte gefunden wird: „Wir designen Schallwellen so, dass wir konkrete Fragen an den Untergrund stellen und greifbare Antworten bekommen können“, sagt Rüdiger Giese. Seismiker wie er versuchen so herauszufinden, welches Gestein sich wo be-

findet, wo es sich verändert oder wo Hohlräume sind. Neu ist diese Erkundung des Untergrunds keineswegs: Das Forschungs- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ der Technischen Universität Bergakademie Freiberg ist im Juni 100 Jahre alt geworden.

Rüdiger Giese erklärt, wie man dort einen Blick in die Vergangenheit des Bergbaus und der Rohstoffgewinnung werfen kann – und warum das auch ein Blick in die Zukunft ist: „Wir leben in einer Kulturlandschaft, die sehr weit zurückreicht, und da bietet das Bergwerk Blicke in die Historie, die für uns wertvoll sind. Da verstehen wir, warum wir dahin gekommen sind, wo wir heute sind und welche Probleme wir vielleicht in Zukunft gerade in Bezug auf Rohstoff-

gewinnung riskieren“, sagt der Seismiker. Darüber und über viele weitere Themen rund um den Untergrund spricht Rüdiger Giese in Folge 154 des Resonator-Podcasts. ◆

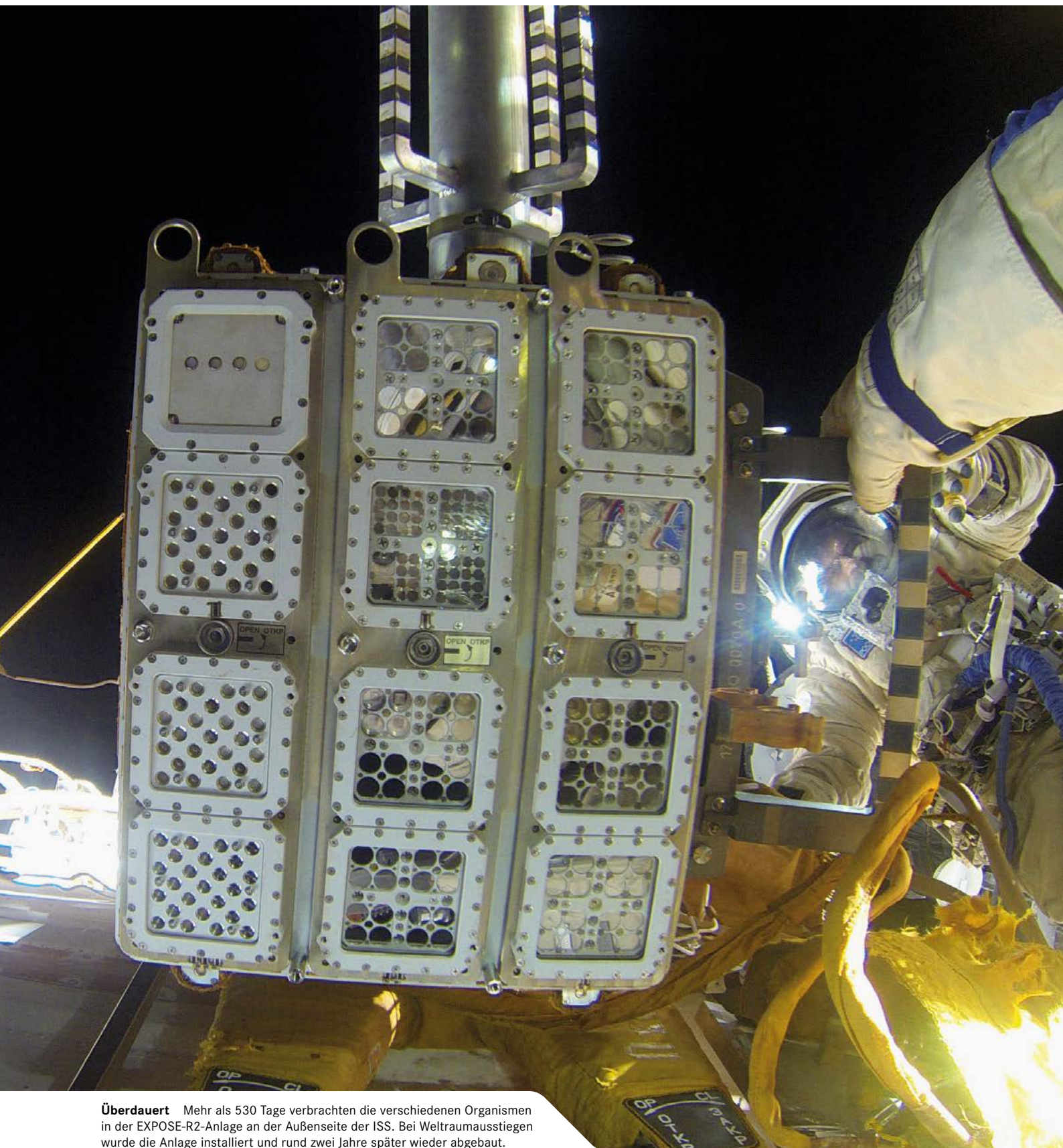
Leonie Achtnich



AUDIO

Mehr Wissenschaft auf die Ohren gibt es hier:

→ www.helmholtz.de/resonator-154



Überdauert Mehr als 530 Tage verbrachten die verschiedenen Organismen in der EXPOSE-R2-Anlage an der Außenseite der ISS. Bei Weltraumausstiegen wurde die Anlage installiert und rund zwei Jahre später wieder abgebaut.
Quelle: NASA



Grenzen des Lebens

Vor drei Jahren kehrten Hunderte winzige Probanden zur Erde zurück. An der Außenseite der ISS sollten sie im Dienst der Wissenschaft zeigen, wo das Leben sein Limit hat. Die Ergebnisse überraschen sogar erfahrene Astrobiologen.

Der Weltraum ist kein einladender Ort. Schon 400 Kilometer über der Erde, wo die Internationale Raumstation (ISS) ihre Kreise zieht, ist eine Atmosphäre nur noch in Spuren vorhanden. Atemgase? Fehlanzeige. Schutz vor energiereicher Strahlung? Auch den gibt es nicht. Und die Temperaturen? Die schwanken zwischen minus 157 Grad Celsius im Schatten und plus 120 Grad Celsius bei vollem Licht. Leben, so könnte man meinen, hat schon hier nicht die geringste Chance – geschweige denn an Orten, die noch weiter von der Erde entfernt sind. Oder vielleicht doch? Das wollte eine internationale Forschergruppe mit BIOMEX (BIOlogy and Mars EXperiment) herausfinden.

„Es gab ja schon früher ähnliche Experimente auf der ISS, an denen ich auch beteiligt war“, erzählt der BIOMEX-Initiator Jean-Pierre de Vera. „Doch diesmal wollten wir gleich mehrere Fragestellungen auf einmal untersuchen“, sagt der Astrobiologe vom Institut für Planetenforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Berlin-Adlershof. Im Mittelpunkt stand dabei die Frage, ob der Mars habitabel ist, ob also irdische Organismen dort überleben können.

„Mich hat verblüfft, dass so viele Organismen die anderthalb Jahre im All so gut überstanden haben.“

Die Forscher wollten wissen, an welchen Spuren sie Moleküle oder Organismen nach Monaten unter Mars- oder Weltraumbedingungen erkennen können. „Für Sonden, die wie ExoMars einmal nach Spuren von Leben auf dem roten Planeten suchen sollen, ist das sehr wichtig“, erklärt Jean-Pierre de Vera. „Deshalb wollten wir schauen, wie sich Moleküle verändern und welche Molekülgruppen noch stabil und damit auch detektierbar sind.“

Um das herauszufinden, schickte er mit seinen Kollegen im August 2014 mithilfe der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) und

der russischen Weltraumorganisation Roskosmos mehrere Hundert Proben verschiedener Mikroorganismen zur ISS. In einem Experimentierkasten mit dem Namen EXPOSE-R2 waren diese unter Glas auf irdische sowie simulierte marsianische und lunare Mineralien gebettet.

18 Monate lang waren die Organismen im All und auch wenn die Auswertung noch läuft, ist Jean-Pierre de Vera mit den bisherigen Ergebnissen sichtlich zufrieden. „Mich hat verblüfft, dass so viele Organismen die anderthalb Jahre im All so gut überstanden haben“, sagt er. „Sogar bei den Moosen gab es Überlebende, wenn auch nur ein sehr geringer Anteil von rund einem Prozent.“ Der war dafür bei den anderen Organismen wie Algen, Cyanobakterien oder Bakterien wesentlich höher; eine Überlebensrate zwischen 50 und 60 Prozent war bei ihnen keine Seltenheit. Manche Proben schafften es sogar bis auf 80 Prozent. Für die Auswahl der Probanden, die auf die Mission mitfliegen sollten, legten die Forscher strenge Maßstäbe an. „Zuerst einmal wollten wir wissen, wie weit die Organismen in einem marsähnlichen Umfeld auf der Erde leben“, sagt Jean-Pierre de Vera. →



Zurückgekehrt Mit der ISS-Expedition 47 landeten die Proben am 18. Juni 2016 wieder auf der Erde.
Bild: Bill Ingalls/NASA



ONLINE

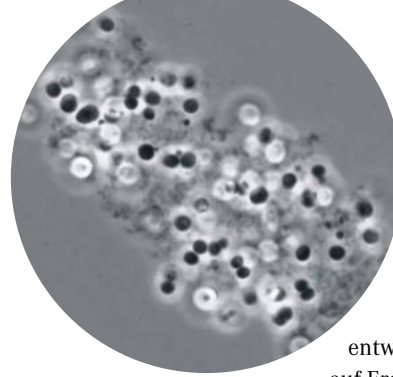
Wie lassen sich Planeten vor eingeschleppten Mikroben schützen? Das erklärt Petra Rettberg (DLR):
 → www.helmholtz.de/planetaryprotection



„Wir haben einen Rundumschlag durch den gesamten Stammbaum des Lebens gemacht, um zu erkennen, wo dessen Grenzen liegen.“

Dafür kommen vor allem Hitze- und Kältewüsten infrage, wo Organismen im Laufe der Evolution verschiedene Anpassungsmechanismen entwickelt haben. „Hinzu kamen aber auch Referenzorganismen aus alpinen oder auch aus ganz normalen Gebieten. Wir haben also einen Rundumschlag durch den gesamten Stammbaum des Lebens gemacht, um zu erkennen, wo dessen Grenzen liegen“. Einige der Organismen steuerten Jean-Pierre de Vera und sein Team bei, „dafür haben wir unter anderem in den Polargebieten Proben gesammelt.“ Wegen der tiefen Temperaturen, extremen Trockenheit und hohen UV-Strahlung gelten sie als vergleichbare Gebiete zu Mars oder den Eismonden von Jupiter und Saturn. Weitere Proben kamen von anderen der 30 beteiligten Forschungseinrichtungen aus zwölf Nationen und drei Kontinenten.

Eine von ihnen ist das Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. „Wir wollen verstehen, wie sich Mikroorganismen und geologische Prozesse gegenseitig beeinflussen“, erklärt Dirk Wagner, der am GFZ die Sektion Geomikrobiologie leitet. „Dabei liegt unser Fokus auf extremen Lebensräumen.“ Dirk Wagner und seine Kollegen ergründen beispielsweise, wie sich Wüstenböden unter veränderten klimatischen Bedingungen zu fruchtbaren Böden



Überstanden Der methanbildende Einzeller *Methanosarcina soligelidi* SMA-21 erwies sich als äußerst widerstandsfähig. Bild: Dirk Wagner/GFZ

entwickeln oder wie Mikroben auf Erdbeben reagieren. „Das sind Beispiele, bei denen sich recht schnell die Frage stellt, wie das Leben auf der Erde eigentlich entstanden ist“, sagt Dirk Wagner. „Und da wir überwiegend an extrem trockenen oder extrem kalten Standorten arbeiten, lässt sich der Bogen recht schnell zu außerirdischen Lebensräumen, zum Beispiel dem Mars, spannen.“ Außerdem erhofft er sich von den Experimenten auch Antworten auf die Frage, wie sich Mikroorganismengemeinschaften in extremen Gebieten auf der Erde entwickelt haben.

„Unser Mikroorganismus hat sich als äußerst resistent gegenüber allen Umweltbedingungen gezeigt, die wir getestet haben.“

Für den Härtestest im All wählten Wagner und seine Kollegen einen methanbildenden Einzeller aus, den sie aus dem sibirischen Permafrostboden isoliert haben: ein sogenanntes Archaeon. Diesen am Anfang des Lebens auf der Erde stehenden Organismen fehlt genauso wie einem Bakterium ein Zellkern. In puncto Struktur, Genetik, Biochemie und Physiologie unterscheiden sich die beiden Organismen aber deutlich.

Viele Archaeen sind extremophil, kommen also mit Bedingungen zurecht, die gemeinhin als lebensfeindlich eingestuft werden. „Unser Mikro-

Ausgesetzt

Die Expositionsplattform wird für biologische Experimente an der Außenseite der Raumstation ISS angebracht. Bild: NASA



„Ein signifikanter Anteil an Zellen hat die 18 Monate im All tatsächlich überlebt.“
 Dirk Wagner



Aufgespürt Jean-Pierre de Vera sammelte auch in der Antarktis Organismen, um sie in der Marssimulationskammer unter lebensfeindlichen Bedingungen zu beobachten. Bild: Peter Lasch

Simuliert

In einer Marskammer setzen Forscher extremophile Organismen den Bedingungen des Roten Planeten aus und testen so ihre Widerstandsfähigkeit.



Entnommen Unter einer Schutzatmosphäre werden Hunderte Proben von EXPOSE-R2 vorsichtig für die Auswertung vorbereitet.



Bilder: DLR (CC-BY 3.0)

organismus heißt *Methanosarcina soligelidi* und hat sich als äußerst resistent gegenüber allen Umweltbedingungen gezeigt, die wir getestet haben“, fährt der Geomikrobiologe fort. „Sein Stoffwechsel kann bei Temperaturen unter null Grad Celsius aktiv sein. Er überlebt eine Austrocknung von mehr als einem Jahr, ist extrem salz- und strahlentolerant.“ Zuvor hat das Archaeon bereits drei Wochen in der Marssimulationskammer überlebt. Das ist ein spezieller Behälter, in dem die Umweltbedingungen des Roten Planeten penibel nachgebildet werden können. „Für uns ist das Archaeon inzwischen zu einem Modell für mögliches Leben auf dem Mars geworden, denn es könnte dort tatsächlich Stoffwechsel betreiben“, fügt Dirk Wagner hinzu.

Das liegt zum einen daran, dass es allein mit Wasserstoff als Energiequelle und Kohlendioxid als einziger Kohlenstoffquelle existieren kann. Hinzu kommt, dass das Archaeon nur unter Ausschluss von Sauerstoff überleben kann. „So gesehen ist es ein idealer Kandidat für Leben auf dem Mars“, resümiert Dirk Wagner. „Für uns war das BIOMEX-Experiment deshalb eine gute Gelegenheit, den Organismus unter noch marsnäheren Bedingungen zu testen.“ Von den bisherigen Ergebnissen ist er sehr angetan: „Ein signifikanter Anteil an Zellen hat die 18 Monate im All tatsächlich überlebt“, sagt er. „Deren Zellen haben wir

bereits mit elektronenmikroskopischen Analysen und deren DNA mit einer speziellen molekularbiologischen Methode untersucht. Im Moment sind wir dabei zu ergründen, ob die Organismen auch jetzt noch stoffwechselaktiv sein können.“

Während die letzten Untersuchungen zu BIOMEX im Moment noch laufen, bereitet DLR-Experte Jean-Pierre de Vera schon das nächste Experiment vor: Mit BioSigN (kurz für Bio-Signatures and habitable Niches) nimmt er diesmal einen noch exotischeren Ort für potenzielles Leben ins Visier: die Eismonde der äußeren Planeten. Dort, so vermuten Wissenschaftler, könnte sich tatsächlich einfaches Leben entwickelt haben. In den Fontänen mächtiger Geysire, die Wasser gut 100 Kilometer in den Himmel schießen, fand die Raumsonde Cassini komplexe organische Moleküle. Künftige Missionen sollen nun genauer nach Lebenszeichen Ausschau halten. Um zu klären, wie diese Lebenszeichen aussehen könnten, will Jean-Pierre de Vera Mikroben aus der Tiefsee zur ISS schicken. Alle Stoffe, die nach dem Aufenthalt im Weltraum noch auf Leben hindeuten – die sogenannten Biosignaturen –, werden damit zu wertvollen Anhaltspunkten. Im Jahr 2022 soll BioSigN zur ISS fliegen.

Kai Dürfeld



ONLINE

Mehr dazu in unserem Multimediaprojekt: „Leben am Limit – wie Mikroben die Grenzen der Existenz austesten“
→ www.helmholtz.de/extremophile



Forschung ist der Motor Europas

Das frisch gewählte EU-Parlament und die kommende EU-Kommission haben die Chance, neue Weichen zu stellen und Europa für den globalen Wettbewerb zukunftsfähig zu machen. Die Forschung sollte hierbei eine zentrale Rolle spielen. *Ein Kommentar von Helmholtz-Präsident Otmar D. Wiestler.*

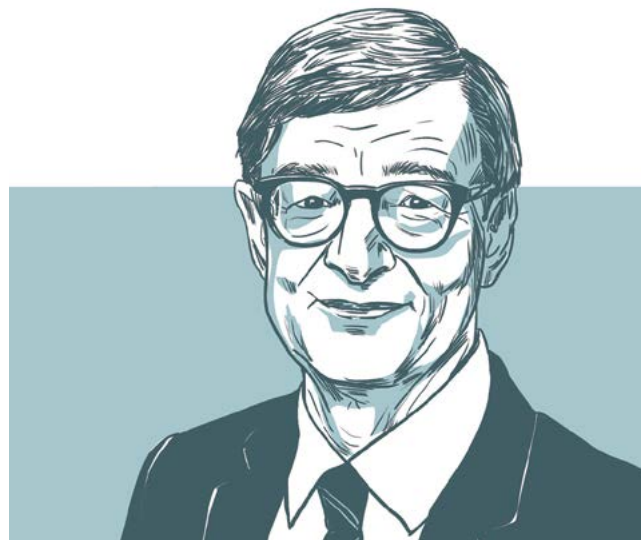
Im Mai 2019 hat Europa sein neues Parlament gewählt. Mit über 50 Prozent war die Wahlbeteiligung die höchste seit 20 Jahren. Dieses eindrucksvolle Ergebnis hat gezeigt, dass sich viele Menschen für die EU engagieren und dass sie Erwartungen an die EU und ihr Leben in der EU haben. Vor der neuen Europäischen Kommission liegt also eine große Aufgabe: Sie muss den Bürgern zeigen, welchen enormen Mehrwert Europa für sie hat.

Trotz der geplanten Umstrukturierung des Forschungsressorts zu „Innovation und Jugend“ sollte Forschung die zentrale Rolle spielen. Mit ihr gehen wir die großen gesellschaftlichen Herausforderungen an, sie ist der Motor, der Europa in die Zukunft führt. Im globalen Wettbewerb gilt es, Europas Profil zu schärfen. Die USA und Asien investieren enorme Summen in Forschung und Innovation; Europa darf hier nicht zurückfallen. Wir müssen Europa vielmehr als dynamischen Forschungs- und Entwicklungsraum gestalten. Für viele lokale Anliegen benötigen wir europäische Lösungen – sei es in der Gesundheitsforschung, bei den Themen Mobilität, künstliche Intelligenz oder Energieversorgung.

Um dieses Ziel zu erreichen, ist es zentral, dass die europäischen Staaten ihre Expertisen bündeln und gemeinsam noch mehr Durchschlagskraft entwickeln. Die forschungsstärkeren Länder sind dabei in der Pflicht, die schwächeren Länder einzubinden. Wenn wir in Europa unser Know-how in gemeinsame Projekte einbringen, haben wir international einen enormen Vorteil. Nehmen wir als Beispiel die Klimaforschung: Hier erfasste das von Helmholtz koordinierte EU-Projekt IMPACT2C, welche Auswirkungen eine Erderwärmung von zwei Grad Celsius europaweit haben würde – das ist wertvolles Wissen für unsere Zukunft. Und es ist Wissen, das heute über den Klimaatlas jedermann frei zugänglich ist.

Die demografische Entwicklung stellt ganz Europa vor Herausforderungen und erfordert Fortschritte in der biomedizinischen Forschung, die in europäischer Kooperation wesentlich schneller gelingen können, als dies in nationalen Initiativen möglich wäre. Hinzu kommt in diesen Fällen die Chance, mit Patientendaten aus ganz Europa zu arbeiten. Ebenso profitiert die Energieforschung vom Zusammenbringen starker europäischer Partner: Ein Beispiel von vielen ist dabei das Projekt E-MAGIC, in dem zehn Partner aus Europa und Israel, unter anderem auch das KIT, gemeinsam an Batterien der Post-Lithium-Generation forschen.

Forschung ist der Treiber für Innovation schlechthin – egal ob technische oder soziale. Heutige Forschungsergebnisse müssen deshalb so schnell wie möglich in die Anwendung kommen.



Otmar D. Wiestler ist seit 2015 der Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft.

Damit wir auch morgen noch bahnbrechende Innovationen haben, müssen wir jedoch heute die Grundlagenforschung im Bereich der globalen Herausforderungen konsequent stärken. Dies muss im kommenden EU-Rahmenprogramm „Horizon Europe“ im Vordergrund stehen.

Internationale Spitzenforschung lebt von kreativen und engagierten Köpfen. Europa muss zu einem Magneten für sie werden! Ziel muss sein, dass sich die innovativsten Talente, die oft in die USA streben, auch nach Europa orientieren. Das gelingt, wenn sie hier Kooperationsmöglichkeiten und Rahmenbedingungen von Weltniveau vorfinden. Ein wichtiger Bestandteil sind hochkarätige Forschungsinfrastrukturen, seien es Teilchenbeschleuniger oder Forschungsschiffe. Mit ihren einzigartigen Möglichkeiten ziehen sie junge Forschende aus aller Welt an. Diese Plattformen für internationale Kooperation sollten wir deshalb gemeinsam ausbauen und nutzen. Ihre Strahlkraft ist ein Standortfaktor, dessen Europa sich bewusst sein sollte – und den wir stärken müssen.

„Horizon Europe“ braucht für diese Zukunftsaufgaben eine solide finanzielle Ausstattung – und das bedeutet die vom Europaparlament geforderten 120 Milliarden Euro. Mit lebendigen Kooperationen über Ländergrenzen hinweg können wir gemeinsam Beiträge zur Lösung der großen gesellschaftlichen Fragen leisten und damit die Zukunft der Menschen in Europa sichern. Daran müssen sich die Institutionen der EU messen lassen.

NACHGEFRAGT:

„KANN EIN
SCHWARZES LOCH
DIE ERDE
SCHLUCKEN?“



Blick ins Nichts Simulation eines nichtrotierenden schwarzen Lochs von zehn Sonnenmassen, wie es aus einer Entfernung von 600 Kilometern aussähe. Die Milchstraße im Hintergrund erscheint durch die Gravitation des schwarzen Lochs verzerrt und doppelt. Bild: Wikipedia (CC BY-SA 2.5)

Sie sind seit jeher ein Faszinosum: schwarze Löcher. Aber was ist dran an der Legende, dass ein schwarzes Loch die Erde schlucken könnte? Volker Schomerus, Quantenphysiker am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY), kennt die Antwort.

„ Wir unterscheiden zwei Typen schwarzer Löcher, abhängig von ihrer Größe: Kleine stellare schwarze Löcher sind nur etwa zehnmals so schwer wie unsere Sonne. Es gibt sie millionenfach in unserer Galaxie, der Milchstraße. Der uns nächste bekannte Himmelskörper dieser Gattung ist über 1.000 Lichtjahre von der Erde entfernt. Große Sorgen müssen wir uns also nicht machen, dass die Erde von einem solchen kleinen schwarzen Loch geschluckt wird, denn: Selbst wenn unser Sonnensystem mit Lichtgeschwindigkeit auf ein solches schwarzes Loch direkt zurasen würde, würde es noch mehr als 1.000 Jahre bis zu einem Zusammenstoß dauern. Über eine solche Distanz einen so kleinen Himmelskörper genau und mit der maximal möglichen Geschwindigkeit zu treffen ist jedoch in höchstem Maße unwahrscheinlich. Die Gefahr, die von stellaren schwarzen Löchern ausgeht, ist also extrem gering.

Anders ist die Situation dagegen bei der zweiten Gattung, den supermassiven schwarzen Löchern, von denen kürzlich eines von Wissenschaftlern erstmals fotografiert wurde. Über deren Positionen und Bewegungen wissen wir recht gut Bescheid. Deswegen ist das Risiko berechenbar. So ist bekannt, dass die uns am nächsten gelegene Galaxie ein großes schwarzes Loch hat – und dass sich unsere Galaxie mitsamt der Erde auf Kollisionskurs mit diesem Nachbarn befindet.

Um es mal anschaulich zu machen: Wenn man die Lebenszeit unseres Sonnensystems auf einen Tag verkürzen würde, dann ist es jetzt neun Uhr morgens; der Homo sapiens existiert erst seit einem Wimpernschlag und die Kollision ist für den frühen Abend vorausgesagt. Ob es dabei überhaupt zur Kollision mit dem schwarzen Loch kommt – das ja nur ein Teil dieser Galaxie ist – lässt sich derzeit nicht voraussagen. Aber selbst wenn: Die Menschheit würde das ohnehin nicht mehr erleben – sie wird schon viel früher durch die Erwärmung und Ausdehnung der Sonne ausgelöscht sein.“

Nachgefragt hat **Benjamin Haerdle**



ONLINE

Alle Ausgaben von
Nachgefragt:
→ [www.helmholtz.de/
nachgefragt](http://www.helmholtz.de/nachgefragt)



Der Spion an Bord

Immer öfter statten Meeresforscher reguläre Linienschiffe mit Hightech-Kästen aus, die das Wasser für Langzeitbeobachtungen genau analysieren. Die ersten dieser FerryBoxen sind schon seit vielen Jahren im Einsatz, inzwischen gibt es europaweit Dutzende – und Ergebnisse, die mit konventionellen Methoden undenkbar wären.

Ein Schluck, noch ein Schluck und noch einer ... Durch einen kleinen Einlass wird Nordseewasser durch die Stahlwand der Autofähre gepumpt. Jedes Schiff tut das, zum Beispiel für die Kühlung. Dieses Wasser hier aber hat mit dem normalen Schiffsbetrieb nichts zu tun. Es soll gerade kein Bordsystem durchlaufen, sondern vielmehr möglichst unverfälscht sein: Es fließt durch die Leitungen einer „FerryBox“, vorbei an sensiblen Messsensoren.

Temperatur, Salzgehalt oder pH-Wert – solche Daten sind das Rüstzeug für die Meeresforscher, die aus ihnen Rückschlüsse ziehen können auf Wasserqualität, Meeresumwelt und auch Klima- veränderungen. Gerade wenn es um langfristige Entwicklungen geht, brauchen sie eine große Datendichte, und das über möglichst lange Zeit hinweg. Forschungsschiffe indes sind teuer und die Zeit an Bord für jeden einzelnen Forscher stets begrenzt. „Warum stattdessen nicht Schiffe mit

einem autonomen Messsystem ausstatten, die auf festen Routen fahren?“, beschreibt Wilhelm Petersen vom Helmholtz-Zentrum für Material- und Küstenforschung in Geesthacht (HZG) die Idee zur FerryBox. Die ist, grob gesagt, ein Metall- schrank mit Messinstrumenten, der unter Deck montiert ist und nichts anderes tut, als rund um die Uhr Daten aufzuzeichnen. Seit 17 Jahren kommen auf diese Weise Umweltdaten aus der Nordsee für klassische, aber auch ganz neue Fragen der Meeresforschung zusammen.

Den Beginn machte eine Autofähre, die zunächst von Hamburg aus England ansteuerte, später dann von Cuxhaven. Diese Fähre steckt auch im Namen der Messtechnik: FerryBox. „Danach konnten wir auch die Eigner beziehungsweise Betreiber von Frachtern dafür gewinnen“, sagt Wilhelm Petersen, „zuletzt kam dann ein Kreuzfahrtschiff dazu.“ Eins ist bei allen Schiffen gleich, wenn die Geesthachter Forscher mit den Reedern sprechen: „Die erste Frage lautet immer: Was muss die Besatzung dabei machen?“, erzählt Wilhelm Petersen, der den operativen Betrieb der Ferry-Boxen leitet. Seine Antwort: „Nichts“. Trotzdem stelle man sich sinnvollerweise gut mit dem Chefindgenieur an Bord. „Wenn der Rechner



ausfällt, bitten wir die Besatzung schon mal darum, den Stecker zu ziehen und neu hochzufahren. Das ist es aber auch.“

Der Vorteil der FerryBox ist, dass sie nicht allzu viel Platz benötigt, denn gerade in den modernen Schiffsbüchsen ist es eng. Eine FerryBox hat in etwa die Maße eines großen Kühlschranks – zugegeben, eines voluminöseren amerikanischen Modells vielleicht. Das war's. Dann brauchen die Forscher nur noch einen eigenen Wassereinlass von etwa 2,5 Zentimetern Durchmesser, den sie einbauen lassen, wenn das jeweilige Schiff ohnehin einmal im Trockendock ist.

„Im Vergleich zu Forschungsschiffen, von denen selbst ein kleines schon rund 10.000 bis 50.000 Euro am Tag kosten kann, sind die FerryBoxen nahezu billig.“

Der Wert für die Wissenschaft ist indes immens: Die Schiffe arbeiten sehr gleichmäßig. Fahren etwa haben feste Abfahrts- und Ankunftsorte und Fahrplanzeiten. Frachter wiederum fahren zwar mit unterschiedlichen Transportaufträgen, aber dennoch regelmäßig und meist entlang der gleichen Routen. „Es wird kontinuierlich gemessen, und das ohne viel Personalaufwand. Im Vergleich zu Forschungsschiffen, von denen selbst ein

kleines schon rund 10.000 bis 50.000 Euro am Tag kosten kann, sind die FerryBoxen nahezu billig“, sagt Wilhelm Petersen. Zwar müsse man initial je nach Ausstattung und Messvorhaben 50.000 bis 100.000 Euro für eine FerryBox investieren.

Jedoch seien die laufenden Betriebskosten sehr gering, weil keine Kosten für die Schiffe anfallen und die FerryBox vollautomatisch laufe. „Wir bekommen laufend enorm viele Daten entlang bekannter Linien. Und mit jeder Dekade kann man genauere Aussagen und Vorhersagen treffen.“

Wichtig ist gute Organisation: Für technische Arbeiten am System steht immer nur begrenzte Zeit zur Verfügung: „Bei Fahren wissen wir immerhin genau, von wann bis wann sie in welchem Hafen liegen“, sagt Martina Gehrung, die als Ingenieurin beim FerryBox-Team mitarbeitet: „Anders gesagt: Wir wissen, ob wir mit der technischen Betreuung und Wartung an Bord fix sein müssen oder ob wir uns ruhig Zeit lassen können.“ Und eine Wartung ist unerlässlich: Meerwasser bringt das Risiko von sogenanntem „Biofouling“ mit sich. „Larven von Kleingetier sind so klein, die kommen überall durch“, sagt Martina Gehrung. „Wenn sie sich erst einmal festgesetzt haben und wachsen, setzt sich alles zu. Wir versuchen daher, erst gar keinen Biofilm entstehen zu lassen.“ Nach jeder Fahrt, kurz vor dem Hafen, stoppt das System deshalb automatisch und spült seine Leitungen mit angesäuertem Frischwasser durch, das den Biofilm sofort entfernen soll. Diese Selbst- →



ONLINE

Die aktuellen Routen der FerryBox-Schiffe gibt es hier:

→ www.ferrybox.org



VIDEO

Ein Video zu den Ferryboxen gibt es hier:

→ www.helmholtz.de/ferrybox





ONLINE

Mehr Informationen zu Citizen-Science-Projekten gibt es hier: www.helmholtz.de/citizenscience



reinigung klappt in der Regel gut. Nur einmal mussten Martina Gehring und ihre Kollegen quasi als Putzteam ausrücken: Da kam es auf dem Seebäderschiff *Funny Girl*, das zwischen Büsum und Helgoland pendelt, zu einer Verstopfung durch Nester von ausgewachsenen Miesmuscheln oder Seepocken.

Ohnehin läuft der Betrieb der FerryBoxen weitgehend automatisch: Während der Fahrt messen sie von alleine, kontrolliert wird das System von Geesthacht aus. Bei modernen Schiffen geschieht das per Satellit während der gesamten Route, bei älteren Schiffen besteht der Kontakt immer nur in Küstennähe über Mobilfunk. Jeweils kurz vor Einlaufen am Zielort fährt sich das System selbsttätig herunter und versendet die Daten dann vom Hafen aus ans HZG. Vom Kreuzfahrtschiff „Mein Schiff 3“ aus kommen sie via Satellit sogar alle fünf Minuten. Sie landen auf einer Plattform im Netz, die europaweit offen ist. Dort stehen auch FerryBox-Daten der anderen mittlerweile mehr als 20 europäischen Institutionen zur Verfügung, die dem Geesthachter Vorbild gefolgt sind. Jeweils andere Forscher, aber auch Behörden oder Umweltverbände können frei darauf zugreifen.

Aktuell geht es zum Beispiel um den Kohlenstoffkreislauf der Nordsee und den Zusammenhang mit dem Klimawandel: Wie viel Kohlenstoff kann die Nordsee wann im Jahr aufnehmen und wie viel gibt sie wann wieder frei? Dies schwankt saisonal und regional stark, haben die bisherigen Datenreihen gezeigt. Um dem genauer auf die Spur zu kommen, muss die sogenannte Alkalinität bekannt sein, ein Maß für das Säurebindungsvermögen von Wasser, in diesem Fall von Kohlensäure. Die Ände-

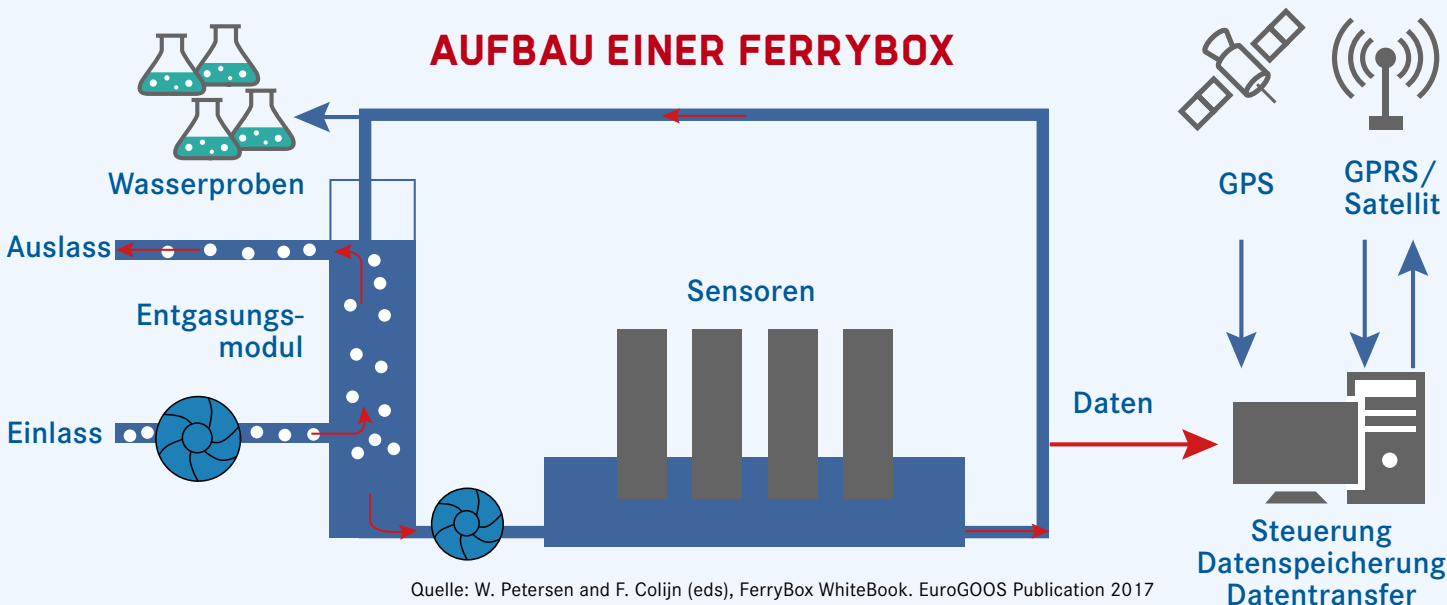
rungen in der Alkalinität sind allerdings sehr fein, die Schwierigkeit liegt also in der Messgenauigkeit. Hierzu hat Wilhelm Petersens Team eine passende technische Lösung erdacht. Jüngst etwa ließ sich dadurch über längere Zeit zeigen, dass das Wattenmeer offenbar als eine Art Bioreaktor mit hohen biologischen Umsetzraten funktioniert: Die Alkalinität steigt. Und diese Pufferkapazität wird vom Watt weiter in die Nordsee transportiert, was deren Rolle als Senke für CO₂ begünstigt.

„Das Ganze entfaltet sein Potenzial ja jetzt erst richtig und mit noch mehr Jahren noch viel mehr!“

Ein weiteres aktuelles Thema ist Mikroplastik. Für die nötigen Messungen müssen allerdings große Wassermassen filtriert werden. Auch das ist technisch anspruchsvoll – vor allem, weil die FerryBoxen möglichst klein bleiben sollen, um auf möglichst vielen Schiffen einen Platz zu finden. Auch Messungen von Schadstoffen könnten künftig eine Rolle spielen. Die dazu nötigen autonom arbeitenden Geräte gibt es zwar noch nicht, aber FerryBox-Pionier Wilhelm Petersen ist zuversichtlich. Für die Zukunft wünscht er dem Projekt vor allem auch ein „paar mehr Wissenschaftler für die Auswertung“. Er selbst geht Ende 2019 in den Ruhestand, aber als Berater wird er wohl im Team bleiben. So ganz loslassen könne er jedenfalls nicht, sagt er und schmunzelt: „Das Ganze entfaltet sein Potenzial ja jetzt erst richtig und mit noch mehr Jahren noch viel mehr!“

Cornelia Reichert

AUFBAU EINER FERRYBOX



Quelle: W. Petersen and F. Colijn (eds), FerryBox WhiteBook. EuroGOOS Publication 2017 (http://eurogoos.eu/download/publications/EuroGOOS_Ferrybox_whitepaper_2017.pdf)



1

1 Gut vernetzt Über einen Einlass im Schiffsrumpf saugen die FerryBoxen Wasser an und pumpen es durch eine Art Messparcours. Via Satellitenkommunikation können alle Daten in Echtzeit an das HZG gesendet werden und Forschern weltweit zur Verfügung stehen. Bild: Reederei Cassen Eils GmbH

2 Letzter Check Kurz bevor die FerryBox auf dem TUI-Kreuzfahrtschiff „Mein Schiff 3“ ihren Betrieb aufnimmt, überprüft Wilhelm Petersen, ob sie einwandfrei funktioniert. Bild: Reederei Cassen Eils GmbH

3 Immer unterwegs Seit vielen Jahren nehmen Schiffe die FerryBoxen mit auf ihre Routen – wie hier in der Nordsee. Bild: HZG

4 Oft geprüft Wilhelm Petersen testet mit seiner Kollegin Martina Gehring eine Ferry-Box für den späteren Einsatz auf einem Schiff. Bild: Christian Schmid/HZG



2



3



4

„Wer profitiert von der privaten Raumfahrt?“

Raumfahrtprojekte wurden jahrzehntelang allein von Staaten und nationalen Raumfahrtagenturen realisiert. Doch immer mehr Unternehmen wollen den Markt revolutionieren.

Wie werden sich private und staatliche Anbieter künftig das Weltall aufteilen? Zwei Blickwinkel.



Martin Kamprath
Head of New Business & Innovation beim deutschen New Space-Unternehmen Planetary Transportation Systems

„Die kommerziell betriebene Raumfahrt bedeutet eine Demokratisierung des Zugangs zum Weltraum.“

Private Unternehmen in der Raumfahrt eröffnen großartige Chancen – und das auch für die Wissenschaft. Eine Arbeitsteilung auf höchstem Niveau ist ein wichtiger Beitrag dazu, dass sich die Forscher auf ihre wissenschaftlichen Fragen konzentrieren können. Teilaufgaben wie der Transport oder die Versorgung mit Energie oder Daten können problemlos ausgelagert werden. Von Polarforschern verlangt schließlich auch niemand, dass sie selbst ihren Versorgungshubschrauber entwickeln und fliegen.

Genau an dieser Stelle kommen private Unternehmen ins Spiel. Dass sie immer stärker in Aktivitäten eingebunden werden, die vorher von staatlichen Institutionen durchgeführt wurden, ändert die vorhandenen Strukturen grundlegend: Weltraumagenturen wie die ESA oder die NASA treten nicht mehr als exklusiver Auftraggeber von privaten Zulieferern auf, sondern als ein Kunde unter vielen. Die allmähliche Öffnung wird im Besonderen von jungen Unternehmen der „New-Space“-Bewegung getrieben, die Ansätze entwickeln, um die Kosten der Raumfahrt zu reduzieren. Sie setzen auf neue Technologien wie den 3D-Druck, künstliche Intelligenz oder Robotik sowie auf Massenproduktion und Miniaturisierung. Und vor allem: Sie pflegen eine grundlegend

andere Philosophie. Wo es möglich ist, versuchen sie nicht, durch Spitzentechnologie und damit zwangsläufig hohe Kosten ein perfektes Endresultat zu erreichen. Im Zentrum stehen inkrementelle Fortschritte durch kontinuierliches, flexibles Vorgehen und Ausprobieren. So geht beispielsweise ein Produzent und Betreiber einer Flotte von Minisatelliten (sogenannten CubeSats) davon aus, dass ein niedriger zweistelliger Prozentsatz seiner Satelliten ausfällt und dann ersetzt wird. Wenn dieser Fehlerquotient unterschritten wird, also die Hardware besser ist als der geplante Ausschuss, dann sind die Satelliten nicht kostengünstig genug produziert worden.

Ein wichtiger Effekt dieser wachsenden Dynamik: Die kommerziell betriebene Raumfahrt bedeutet eine Demokratisierung des Zugangs zum Weltraum. Forschergruppen aus allen Regionen der Welt und aus unterschiedlichsten Disziplinen werden unabhängiger von Weltraumagenturen sowie deren Budgets und Prozessen. Gegen eine Gebühr kann jeder eigene Experimente in den Weltraum mitsenden. Das stiftet Nutzen auch für diejenigen, die bisher nur davon träumen konnten, Dinge im oder für den Weltraum auszuprobieren. ◆



„Es gibt Grundlagenexperimente, die unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten niemals realisiert werden würden. Hier ist dann staatliches Engagement erforderlich.“



Volker Schmid
Leiter Abteilung ISS,
Astronautische Raumfahrt
und Exploration beim
Deutschen Zentrum für
Luft- und Raumfahrt (DLR)

Natürlich geht es auch um den Tourismus, wenn die Rede ist von einer Kommerzialisierung der Raumfahrt – aber eben nicht nur: Als Ziel ist es denkbar, im Weltall Produkte herzustellen, die sich auf der Erde nicht in der gleichen Güte produzieren lassen wie unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit. Schon heute bieten die Internationale Raumstation ISS und ihre Labore die Möglichkeit, Experimente durchzuführen, die auf der Erde schlicht und einfach nicht machbar sind. Das zeigt, dass eine Kommerzialisierung der Raumfahrt zahlreiche Chancen bietet – und wir stehen erst ganz am Anfang einer solch erweiterten Nutzung. Ich bin überzeugt: Die Raumfahrt befindet sich heute in einem ähnlichen Stadium wie die Luftfahrt zu Beginn der 1920er-Jahre.

Was bedeutet dieses Szenario für die Raumfahrt? Grundsätzlich bringt die Kommerzialisierung weitere Anbieter ins Spiel, die höhere Dynamik und mehr Wettbewerb ermöglichen. Für die ISS bedeutet dies zum Beispiel ein robusteres LogistikszENARIO mit größerer Flexibilität, wenn mehrere Firmen Flüge dorthin anbieten. Gleichzeitig darf man auch die Risiken nicht übersehen, insbesondere durch den Kostendruck, der automatisch mit der Kommerzialisierung einhergeht: Kein Anbieter kommt an der Physik vorbei.

Bauteile von der Stange senken zwar die Kosten, erhöhen jedoch zugleich das Ausfallrisiko, was für mehr Weltraummüll sorgen könnte.

Dabei ist die Diskussion, die hinter diesen Szenarien steht, alles andere als Zukunftsmusik: Vor Kurzem gab die NASA die Öffnung der ISS für Weltraumtouristen bekannt. Auch in der Forschung kommen mehr und mehr kommerzielle Anbieter ins Spiel, die Firmen wie Universitäten Experimente im Weltall anbieten. Auch in Europa ist Bewegung in die kommerzielle Nutzung gekommen. Die ESA hat 30 Prozent ihrer ISS-Ressourcen für kommerzielle und nationale Experimente bereitgestellt. So waren auf beiden ISS-Missionen von Astronaut Alexander Gerst mehrere von der Industrie angeregte Experimente im Einsatz.

Klar ist aber auch: In der Raumfahrt lässt sich mit Sicherheit nicht alles kommerzialisieren. So gibt es Grundlagenexperimente oder Ansätze bei der Erprobung von Technologien, die unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten niemals realisiert werden würden. Hier ist dann staatliches Engagement erforderlich, um wichtige Entwicklungen anzustoßen oder strategische Interessen zu wahren. Wie oft scheint also der richtige Weg zwischen „New Space“ und „Old Space“ in der Mitte zu liegen. ◆



ONLINE

Diskutieren Sie mit
uns unter dem
folgenden Link:

→ [www.helmholtz.de/
blickwinkel](http://www.helmholtz.de/blickwinkel)





Antriebe der Zukunft

Herkömmliche Treibstoffe wie Diesel und Benzin stoßen zu viele Schadstoffe aus und schaden dem Klima. Dass sie keine Zukunft mehr haben – davon sind die meisten Energieforscher überzeugt. Doch welche Technologie wird künftig unter den Motorhauben stecken?

„In 50 Jahren gibt es keinen herkömmlichen Benzin- und Dieselmotor mehr. Alle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor tanken dann regenerative Kraftstoffe“, sagt Thomas Koch. Er leitet das Institut für Kolbenmaschinen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und forscht an Alternativen zu herkömmlichen Treibstoffen. Er setzt auf synthetische Kraftstoffe. Bei ihnen wird größtenteils aus Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid sowie – zu geringen Anteilen – Bioabfällen oder biogenen Reststoffen, etwa aus der forst- und holzindustriellen Produktion, ein Benzin- oder Dieseleratz gewonnen. Doch auch zwei weitere Technologien konkurrieren darum, Benzin & Co abzulösen und künftig den Massenmarkt zu erobern: die Batterie und die Brennstoffzelle. Elektromotoren mit Akku, in dem die Energie gespeichert wird, sind bereits weit verbreitet. Je mehr Kapazität die Batterie bietet, umso mehr Kilometer lassen sich am Stück zurücklegen. Mit im Rennen ist zudem Wasserstoff als Energieträger: Bei einer Brennstoffzelle reagieren Wasserstoff und Luftsauerstoff zu Wasser und dabei fließt Strom, der genutzt werden kann.

Potenziell sind alle drei Antriebsformen emissionsneutral – jedoch nur, wenn der gesamte eingesetzte Strom aus regenerativen Quellen stammt. Die Energieeffizienz wird also zum entscheidenden Faktor der Mobilität von morgen. „Auf diesem Gebiet sind Batteriefahrzeuge unschlagbar“, sagt Maximilian Fichtner, der in Ulm das Helmholtz-Institut für Batterieforschung leitet. „Solange die Kraftwerke aber noch nicht mehr Strom produzieren als benötigt, müssen wir die verfügbare Energie so effizient wie möglich einsetzen.“

Ein Instrument, um die Effizienz eines Antriebes auszurechnen, ist die „Well-to-Wheel“-Analyse. Sie zeigt, wie viel Ausgangsenergie letztlich in Bewegung umgesetzt wird. Das hat die Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Pricewaterhouse Coopers (PwC) vor zwei Jahren für alle drei Technologien untersucht. Ihr Ergebnis: Beim

Elektrofahrzeug kommen nach Stromerzeugung und Speicherung 70 Prozent am Rad an, beim Brennstoffzellenauto sind es 36 Prozent und bei Fahrzeugen, die mit synthetischem Kraftstoff angetrieben werden, 11 Prozent.

In einem zweiten Schritt berechnete PwC, wie viel zusätzlicher Strom in Deutschland produziert werden müsste, wenn alle zugelassenen Autos bei gleicher Laufleistung mit alternativen Antrieben ausgestattet wären: Würden sie mit Batterien betrieben, müssten zusätzlich 176 Terawattstunden (TWh) Strom erzeugt werden. Tankten alle Fahrzeuge Wasserstoff, stiege der Energiebedarf um 344 TWh, bei synthetischen Kraftstoffen sogar um 1.079 TWh. Hinter diesen Zahlen verbirgt sich somit eine immense Herausforderung: Laut Umweltbundesamt wurden 2018 rund 17 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland aus erneuerbaren Energien bereitgestellt, knapp 428 TWh. Davon entfielen mit 226 TWh mehr als die Hälfte auf die nachhaltige Stromproduktion.

Nur auf Batterieantrieb zu setzen geht – zumindest derzeit – nicht: Die aktuellen Akkus →

MEHR STROM, BITTE!

Zusätzlicher Energiebedarf für verschiedene Antriebstechnologien



Batterieelektrisch

////// 34%

H₂

Brennstoffzelle

////////// 66%



Synthetischer Kraftstoff

//////////////////// 206%

Quelle: <https://www.pwc.de/de/automobilindustrie/alternative-fuels-powertrains-v2.pdf>



» ES MUSS IN GANZ DEUTSCHLAND EIN MITTELSPANNUNGSNETZ ETABLIERT WERDEN, DAS MEHRERE TAUSEND VOLT ERMÖGLICHT.

sind für größere Fahrzeuge nicht sinnvoll, da ihre Energiedichte zu gering ist. „Selbst SUVs zu elektrifizieren ist ein zweiseitiges Schwert“, sagt Maximilian Fichtner: „Wer mit Blick auf die Umwelt argumentiert, muss einsehen: Da fangen Batterien bereits an, unsinnig zu werden. Einerseits kann der Strom für den Betrieb regenerativ gewonnen werden, andererseits sind die Batterien für diese Fahrzeugklasse sehr schwer. Sie erzeugen große Mengen CO₂ bei der Herstellung und schlucken viele Rohstoffe.“ Deshalb arbeiten Forscher an alternativen Batterien, beispielsweise aus Feststoffen wie Keramik oder mit umweltfreundlichen Elementen wie Magnesium oder Natrium. Diese Ansätze befinden sich allerdings noch in der Laborphase.

Auch die Brennstoffzelle benötigt einen teuren und knappen Rohstoff: Platin. „Etwa 20 Gramm für einen SUV“, sagt Ulf Groos. Er leitet die Abteilung Brennstoffzellensysteme am Freiburger Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). „Das ist in etwa die doppelte Menge Platin, die ein moderner Abgaskatalysator enthält, der bei Brennstoffzellenautos dann nicht mehr nötig ist.“ Er hat aber nicht nur für Pkw die Entwicklung der Brennstoffzelle im Blick: „In den kommenden fünf Jahren werden wir Lastwagen, Busse und Züge mit Brennstoffzellenantrieben sehen.“ In Norddeutschland etwa sind seit Herbst 2018 zwei Prototypen eines Brennstoffzellenzugs im Einsatz. „Das Potenzial auf der Schiene ist groß, weil ungefähr 40 Prozent des Schienennetzes in Deutschland nicht elektrifiziert sind“, sagt Ulf Groos.

Für den gleichen Einsatz bieten sich auch synthetische Kraftstoffe an. „Diesel-Loks können mit ihnen betrieben werden“, sagt Thomas Koch. Der KIT-Motorenexperte forscht seit Anfang des Jahres am Projekt „reFuels“. Es hat zum Ziel, mithilfe erneuerbarer Energien synthetische Kraftstoffe zu gewinnen. Zunächst geht es Thomas

Koch und seinem Team aber um eine Übergangstrategie: Bis 2030 sollen dem Treibstoff gewöhnlicher Verbrennungsmotoren 15 bis 20 Prozent der reFuels beigemischt und dadurch Emissionen gesenkt werden. Wie bei Batterie und Brennstoffzelle gibt es auch bei synthetischen Kraftstoffen eine Ressourcendebatte: „Der regenerative Anteil von Biodiesel wurde früher größtenteils aus Raps gewonnen. Da gab es eine Tank-oder-Teller-Debatte“, sagt Thomas Koch in Anspielung auf die umstrittene Frage, ob landwirtschaftliche Flächen nur zur Lebensmittelproduktion oder eben auch zur Herstellung von Kraftpflanzen für die Mobilität genutzt werden sollen. „In Zukunft müssen wir alternative Kohlenstoffquellen finden, möglich sind biogene Reststoffe wie Stroh oder die Verwertung von Speiseresten und Abfallfetten.“ Der zentrale Vorteil seiner reFuels: Der Fahrzeugbestand könnte erhalten bleiben. Nur die Flüssigkeit, die für den Vortrieb verbrannt werde, ändere sich. Und: „Auch wenn weiterhin ein Verbrennungsprozess stattfindet, haben wir dank moderner Filtersysteme kein Partikelproblem mehr“, sagt Thomas Koch. Was ebenfalls für die reFuels spreche, sei die vorhandene Infrastruktur zum Betanken. Tankstellen, eine dezentrale Erzeugung und die Logistik – nichts müsse verändert werden.

Für Wasserstoff- oder Elektrofahrzeuge jedoch muss das ganze Land mit einer neuen Infrastruktur überzogen werden, was mit großen Kosten verbunden ist. „Ein ausreichendes Wasserstofftankstellennetz müsste wohl 1.000 Tankstellen umfassen“, sagt Ulf Groos vom Fraunhofer ISE. Laut dem Betreiber der Wasserstoffinfrastruktur in Deutschland sind derzeit 75 Tankstellen in Betrieb, jedoch vor allem in Ballungszentren. Bis Ende des Jahres sollen es immerhin 100 sein. Hinzu kommt, dass auch das Betanken bei einem gasförmigen Kraftstoff sehr aufwendig ist. „Damit der Wasser-





» IN DEN KOMMENDEN FÜNF JAHREN WERDEN WIR LASTWAGEN, BUSSE UND ZÜGE MIT BRENNSTOFFZELLEN-ANTRIEBEN SEHEN.

stoff zügig von der Zapfsäule auf das Fahrzeug überströmt, wird der Wasserstoff in den Tankstellen auf minus 40 Grad gekühlt und auf 800 Bar komprimiert“, sagt Ulf Groos. Zwar merke der Nutzer davon wenig, doch das Vorgehen sei technologisch aufwendig. Maximilian Fichtner sieht vor allem den Wirkungsgrad – also das Verhältnis der eingesetzten zur nutzbaren Energie – kritisch: Komprimiere man Wasserstoff für den Transport, müsse man mit 20 Prozent Wirkungsgradverlust rechnen; verflüssige man ihn, sogar mit 50 Prozent. Mit dem aufwendigen Tankvorgang käme ein weiterer erheblicher Verlust hinzu.

Jedoch ist auch für die batteriebetriebene Mobilität das Aufladen – trotz privater Ladestationen – ein Hemmnis. „Vor allem für die Langstrecke haben wir viel zu wenig Schnellladestationen“, sagt er. „Für mehr Leistung an den Zapfsäulen muss in ganz Deutschland ein Mittelspannungsnetz etabliert werden, das mehrere Tausend Volt ermöglicht. Sonst gehören zum Verreisen künftig halbstündige Ladestopps.“ Die Kosten für das Aufspannen beider Versorgungsnetze hat das Forschungszentrum Jülich vergangenes Jahr berechnet: Müssten in Deutschland jeweils 20 Millionen Fahrzeuge versorgt werden – aktuell zugelassen sind laut Kraftfahrt-Bundesamt knapp 57 Millionen Fahrzeuge – würden sich die Kosten für eine ausreichende Infrastruktur bei Wasserstofffahrzeugen auf 40 Milliarden Euro, bei batteriebetriebenen auf 51 Milliarden Euro belaufen.

» IN ZUKUNFT MÜSSEN WIR ALTERNATIVE KOHLENSTOFFQUELLEN FINDEN.

Entscheidend dürfte aber auch der Preis der Technologien für die Verbraucher sein. Die Beratungsgesellschaft PwC hat deshalb die Kosten für Kraftstoff, Unterhalt und Wertverlust der Fahrzeuge mit den unterschiedlichen Antriebsarten verglichen. Eingeflossen sind Faktoren wie Skaleneffekte, technologische Potenziale und wahrscheinliche Effizienzsteigerungen. Das Ergebnis: Je 100 Kilometer belaufen sich die Gesamtkosten des Betriebs bei batterieelektrischen Fahrzeugen auf 49,90 Euro, bei mit Wasserstoff betriebenen auf 55,50 Euro und bei Pkws mit synthetischen Kraftstoffen auf 69,30 Euro. Die Autoren der Studie wagen zudem einen Blick in die Zukunft, genauer ins Jahr 2030: Fahrzeuge mit synthetischen Kraftstoffen sollen mit 64,40 Euro zwar günstiger werden, bleiben im Vergleich zu den anderen beiden Technologien aber weiterhin am teuersten. Die Kosten der anderen Antriebe werden voraussichtlich nicht sinken.

Doch welcher Antrieb wird sich nun durchsetzen? Da sind sich die drei Wissenschaftler verblüffend einig: keiner. Maximilian Fichtner, der Batterieforscher aus Ulm, sagt es so: „Wir benötigen einen Mobilitätsmix. Weder kann die Batterie jede Mobilitätsform abdecken, noch ist es sinnvoll, mit Brennstoffzellen oder synthetischen Kraftstoffen den Energiebedarf kleiner Fahrzeuge zu vervielfachen.“ Das sieht auch Ulf Groos, der Wasserstoffexperte, so: „In 50 Jahren wird die Brennstoffzelle absoluter Standard in Lastwagen und Bussen sein. Auch Züge werden damit fahren.“ Thomas Koch vom KIT sagt: „Verbrenner erlauben für alle Geldbeutel unter allen Randbedingungen und zu jeder Zeit Mobilität für alle. Die Technologie wird deshalb bleiben, nur der Kraftstoff wird sich ändern. Ob sich reFuels durchsetzen oder Wasserstoff, das wird sich zeigen.“ ♦

Johannes Giesler



ONLINE

Wie man Wasserstoff direkt aus Sonnenlicht gewinnen könnte:

→ www.helmholtz.de/energie/wasserstoff-aus-sonnenlicht



Unterwegs mit der fliegenden Sternwarte

Klare Luft und lange Winternächte sind die optimalen Bedingungen für das Infrarotteleskop SOFIA an Bord einer umgebauten Boeing 747. Dafür, dass das Forschungsflugzeug wie geplant abheben kann, sorgt **Clemens Plank**. Der DLR-Raumfahrttechniker begleitete SOFIA zwei Monate nach Neuseeland.

In einigen Minuten soll das Flugzeug starten, die Anspannung ist mit Händen zu greifen. Clemens Plank und seine Kollegen gehen in der neuseeländischen Bodenstation die neuesten Wetterdaten durch: Sollte es tatsächlich regnen, wäre die wochenlange Vorbereitung für den Flug vergeblich gewesen. „Wenn es bei der Landung auch noch regnet, ist das ein Risiko für die sensible Elektronik“, sagt er. „Unser Flugzeug hat eine riesige Teleskoptür im Dach, die während des Fluges aufgeht, und wenn sie nicht richtig schließt, kann tonnenweise Wasser eindringen.“ Ein paar Minuten später atmet er auf: Die Wettervorhersage bessert sich, das Flugzeug kann doch noch wie geplant in den Himmel über Neuseeland starten. Clemens Plank, Raumfahrttechniker am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), ist Adrenalinstöße wie diesen gewohnt: Als Projekt-Ingenieur kümmert er sich um ein fliegendes

Observatorium, das in einen Jumbojet eingebaut ist und von einem Forscherteam an Bord bedient wird. „Ich bin dafür da, die Bedingungen zu schaffen, die die Wissenschaftler brauchen“, sagt Clemens Plank – und dafür ist er regelmäßig in der Welt unterwegs. Einer der häufigsten Aufenthaltsorte des fliegenden Observatoriums ist Neuseeland; im vergangenen Jahr war Clemens Plank für zwei Monate bei der Mission dabei.

„Etwa die Hälfte der astronomischen Informationen bleibt im optischen Licht verborgen und ist nur im Infrarotlicht erkennbar.“

„Üblicherweise pendle ich zwischen Bonn und Kalifornien“, sagt der 31-jährige Österreicher und schmunzelt, wenn er an seine Wege zur Arbeit denkt: In Bonn arbeitet er im DLR-Raumfahrt-

Bild: Dennis Radermacher/Lightforge Photography

management, das zusammen mit der NASA das SOFIA-Projekt betreibt – jenes Projekt mit der besonderen Boeing 747 SP, die üblicherweise im kalifornischen Palmdale stationiert ist. SOFIA steht für „Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie“. Die Infrarotstrahlung wird vom Wasserdampf in der Erdatmosphäre absorbiert – „vom Boden aus wäre ein Infrarot-Observatorium praktisch blind“, sagt Clemens Plank. Aber jenseits von 13 Kilometern Höhe ist kaum mehr Wasserdampf in der Atmosphäre, und das ist der Einsatzort des fliegenden Observatoriums. Für die Wissenschaft liefert das unschätzbare Einblicke, sagt Clemens Plank: „Etwa die Hälfte der astronomischen Informationen bleibt im optischen Licht verborgen und ist nur im Infrarotlicht erkennbar.“

Warum aber startet der Forschungsjumbo so oft ausgerechnet in Neuseeland? Clemens Plank muss nicht lange nachdenken: „Wir haben einen Standort gesucht, der uns im Juni und Juli gute Bedingungen bietet, wenn in Kalifornien die Nächte am kürzesten sind. Und in Neuseeland herrscht zu dieser Zeit gerade Winter.“ Außerdem kommen nicht viele Flughäfen als Heimatbasis in Betracht: Die Landebahn für den Jumbojet muss mindestens 3,5 Kilometer lang sein, es muss einen passenden Parkplatz geben und eine gute Infrastruktur, damit für die zwei Monate währende Mission das ganze Team untergebracht werden kann – eine Mannschaft von immerhin rund 50 Mitarbeitern, die in der Regel zur Halbzeit ausgewechselt wird. Die Stadt Christchurch in Neuseeland bringt alle

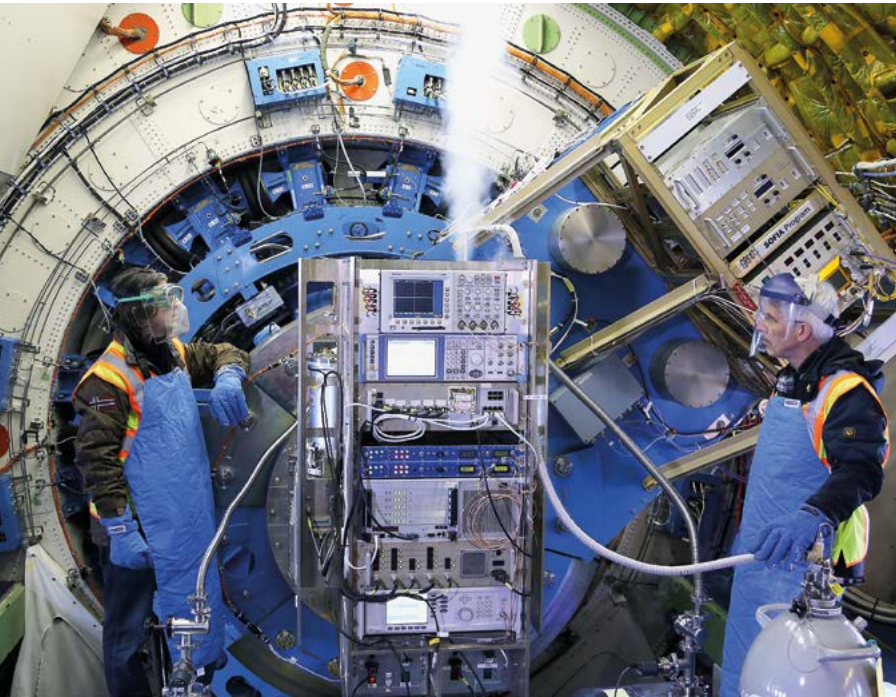
diese Vorteile mit, urteilten Clemens Plank und seine Kollegen: Eine Großstadt zwar mit 400.000 Einwohnern, zugleich aber auf einer Insel gelegen. „Links und rechts vom Flughafen ist man gleich über dem offenen Meer“, schwärmt Clemens Plank: ein Segen für die Piloten, die in Kalifornien wegen der dichten Besiedelung und des eng getakteten Luftverkehrs manchmal Konflikte ausstehen müssen, wenn sie ihre besondere Route auf der exakt richtigen Höhe fliegen wollen, damit die Forscher beste Bedingungen bekommen. Ganz anders in Neuseeland: „Dort sind wir am Himmel fast allein“, sagt Plank: „Und der Flughafen hat eine lange Start- und Landebahn, zugleich aber vergleichsweise wenige Passagiere.“

„Das raue Inselwetter hielt Neuseeland voll im Griff und verhinderte allein in der zweiten Woche unserer Mission zwei der vier geplanten Flüge.“

An den Moment, als er im vergangenen Jahr zum ersten Mal nach Christchurch kam, erinnert er sich noch gut – vor allem daran, wie er über die Bedingungen vor Ort gestaunt hatte: Am Flughafen in Christchurch nämlich hat ein Antarktisprogramm aus den USA seine Basis. Dessen Forscher haben dort voll ausgestattete Büros, Technikräume, Labors, einen passenden Parkplatz – „das ist eine ideale Infrastruktur!“ Und vor allem: Die Antarktisforscher sind fast nur im Sommer →

Technik im Blick Clemens Plank stellt sicher, dass die fliegende Sternwarte SOFIA einwandfrei funktioniert.
Bild: Jan Brandes





Hochsensible Instrumente Das GREAT-Spektrometer ermöglicht Beobachtungen im Ferninfrarotbereich. Damit es einwandfrei beobachten kann, muss der Sensor mithilfe von flüssigem Stickstoff und Helium heruntergekühlt werden. Bild: DLR (CC-BY 3.0)



Luke auf Das fliegende Observatorium während eines Testflugs mit geöffneter Teleskoptür. In der Öffnung im

unterwegs, während des neuseeländischen Winters im Juni und Juli werden die Räumlichkeiten kaum benötigt. In dieser Zeit können Clemens Plank und seine Kollegen von der SOFIA-Mission die Büros und Labors in Beschlag nehmen.

Beste Bedingungen also – wenn nur der ständige Regen nicht wäre. „Das raue Inselwetter hielt Neuseeland voll im Griff“, erinnert sich Clemens Plank an seinen Aufenthalt vor einem Jahr, „und verhinderte allein in der zweiten Woche unserer Mission zwei der vier geplanten Flüge.“ Wenn das fliegende Observatorium erst einmal über den Wolken ist, stellt der Regen zwar kein Problem mehr dar – die Schwierigkeit liegt aber anderswo: In das Dach des Spezialflugzeugs ist eine riesige Luke von vier Metern Breite und sechs Metern Höhe geschnitten, die sich hydraulisch öffnen und schließen lässt. Sie schützt den darunterliegenden Spiegel des Teleskops: Dieses eigentliche Herzstück von SOFIA misst 2,70 Meter im Durchmesser und wiegt 800 Kilogramm – und ist vor allem so empfindlich, dass die Luke sicherheitshalber nur geöffnet wird, wenn das Flugzeug mehr als zwölf Kilometer über der Erde fliegt, denn in dieser Höhe ist die Luft besonders rein. „Das Risiko ist, dass sich die Luke aus irgendeinem Grund nicht mehr schließen lässt“, sagt Clemens Plank.



VIDEO

Ein Video zu SOFIA gibt es hier:

→ www.helmholtz.de/sofia



„Das ist für das ganze Team ein Auslandsaufenthalt, deshalb herrscht gleich eine ganz andere Stimmung.“

Obwohl das statistisch gesehen zwar nur in einem von 1.000 Fällen vorkomme und bislang nur einmal auf einem Testflug passiert sei und noch nie bei einem Wissenschaftsflug, will das Team kein Risiko eingehen: Mit offener Klappe könnte der Regen ungehindert ins Innere der hochkomplexen Technik eindringen, sobald das Flugzeug im Landeanflug unter die Wolkendecke taucht – da könnten schnell mehrere Tonnen Wasser zusammenkommen. Dies würde alle weiteren Wissenschaftsflüge auf Wochen hinaus unmöglich machen. Ist also Regen vorhergesagt, bleibt das Flugzeug vorsichtshalber am Boden – und wenn die Schlechtwetterfront aufzieht, während das Flugzeug schon in der Luft ist, muss die Crew am Boden rasch einen Plan B



Rumpf der Boeing 747 SP ist das in Deutschland gebaute 2,5-Meter-Teleskop sichtbar. Bild: Jim Ross/NASA



Technik statt Passagiere Im Bauch des Flugzeugs sind die Arbeitsplätze für die Wissenschaftler sowie die gewaltige Mechanik des Teleskops untergebracht. Bild: DLR (CC-BY 3.0)

entwickeln – „neben Christchurch haben wir eigentlich zu jedem Zeitpunkt das Wetter in Auckland und Ohakea im Blick. Je nach Flugplan auch das Wetter in Sydney, Melbourne, Cairns oder Hobart“, sagt Clemens Plank.

Solche Belastungsproben gelängen gut, weil im gesamten Team eine tolle Atmosphäre herrsche, sagt Clemens Plank: Während im kalifornischen Palmdale die einheimischen Techniker auf anreisende Ingenieure und Wissenschaftler treffen, sei es in Neuseeland anders – „das ist für das ganze Team ein Auslandsaufenthalt, deshalb herrscht gleich eine ganz andere Stimmung“, sagt der Raumfahrtstechniker begeistert. Alle seien mit besonders viel Enthusiasmus an der Arbeit, selbst wenn es regelmäßig sehr spät werde: „Dieses Gefühl, dass wir alle an einem Strang ziehen, ist dort ganz besonders ausgeprägt.“ Die Ergebnisse dieses ganz besonderen Teamgeists lassen sich sehen: Im vergangenen Jahr ist es zum Beispiel gelungen, die Regentage fast komplett auszugleichen, obwohl die

Möglichkeiten wegen der gesetzlichen Ruhezeiten für die Luftfahrt stark eingeschränkt sind. „Nach der verhexten zweiten Woche, in der einige Flüge ausgefallen sind, ist SOFIA in der darauffolgenden Woche gleich fünfmal in Serie geflogen und hat damit einen neuen Rekord aufgestellt“, erinnert sich Clemens Plank.

Bei den Flügen selbst ist er üblicherweise nicht dabei. Zwischen 12 und 20 Leute umfasst die Crew auf Wissenschaftsflügen; wenn alle zusammenrücken, passen bis zu 38 Passagiere ins Flugzeug. Meistens ist auf den Flügen Zeit für die Behandlung von bis zu zehn wissenschaftlichen Fragestellungen. Während der Zeit in Neuseeland drehen die sich häufig um das Zentrum der Milchstraße und die große und kleine Magellansche Wolke – die sind nämlich in der nördlichen Hemisphäre unterhalb des Äquators versteckt. Von Neuseeland aus können sie hingegen besonders gut beobachtet werden. „Das ist schon ein besonderes Erlebnis“, sagt Clemens Plank. Für ihn sei die Aufgabe bei SOFIA ein absoluter Traumjob: „Seit dem Kindergarten begeistere ich mich für Astronomie und für Technik – beides kann ich hier wunderbar zusammenbringen!“

Kilian Kirchgeßner



BILDERGALERIE

Mehr Ausgaben von „Helmholtz weltweit“ und Bildergalerien gibt es unter:

→ www.helmholtz.de/weltweit



Zwischen Tumorforschung und Alm-Idyll

Die Molekularbiologin Priya Chudasama stammt aus Indien, fühlt sich mittlerweile allerdings auch in Deutschland zu Hause. Von Heidelberg aus arbeitet sie an einem Durchbruch im Kampf gegen Tumore.

Den Blick schweifen lassen, sich an der Weite erfreuen: Die Alpen sind für Priya Chudasama das Kontrastprogramm zu ihrer täglichen Laborarbeit. Die in Indien geborene Wissenschaftlerin betreibt in Deutschland Tumorforschung. Schwerpunkt ihrer Arbeit sind sogenannte Sarkome, eine besonders aggressive Tumorart, die aus dem Binde-, Stütz- oder Muskelgewebe hervorgeht.

Der Weg in den medizinischen Beruf war für Priya Chudasama vorgezeichnet: „Ich komme aus einer Familie von Ärzten“, sagt die 33-Jährige, „und wahrscheinlich wurde von mir erwartet, dass ich auch praktiziere. Allerdings habe ich mich für die Forschung entschieden.“ Sie studierte Biotechnologie in Rajkot in Westindien und Virologie in Pune, einer Stadt nahe Mumbai – und entschied sich dann mit nur 23 Jahren, die Heimat zu verlassen und die Doktorarbeit in einem anderen Land zu schreiben. Großbritannien, USA oder Deutschland? „Eine Mischung aus Timing, Empfehlung und dem richtigen Projekt half mir, die Entscheidung zu treffen“, sagt Priya Chudasama im Rückblick. Dass das für sie der Weg nach Deutschland war, daran lässt sie keinen Zweifel.

An der Universität Erlangen promovierte sie über „Viren des Immunsystems“. „Hier untersuchte ich Viren, die Krebs verursachen können, und war von dieser Thematik sofort fasziniert“, erklärt sie. „Ich bin ein neugieriger Mensch, immer auf der Suche nach Antworten.“ Knochen- und Weichteilsarkome sind wenig erforscht. Sie machen etwa ein Prozent aller Krebsneuerkrankungen im Erwachsenenalter aus und weisen eine hohe genetische und histologische Vielfalt auf. Deshalb sind sie schwer zu diagnostizieren und zu therapieren.

Daran etwas zu ändern ist das Ziel der Nachwuchsforscherin. Dank einer sechsjährigen Förderung des Emmy-Noether-Programms bekommt sie dafür ab sofort beste Bedingungen: Mithilfe der

zwei Millionen Euro schweren Förderung richtete sie ihre eigene Nachwuchsgruppe zur „Präzisions-sarkomforschung“ am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) und am Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) Heidelberg ein. Das NCT ist eine gemeinsame Einrichtung des DKFZ, des Universitätsklinikums Heidelberg (UKHD) und der Deutschen Krebshilfe. Mit ihrem Team will die Wissenschaftlerin Gewebeproben von Sarkomen analysieren und charakterisieren. Mit Hochdurchsatzsequenzierung der Tumor-DNA soll den molekularen Mechanismen in den aggressiven Tumoren auf den Grund gegangen werden. „Was treibt diese Tumore an? Was sind die molekularen Abweichungen und können wir sie mit Medikamenten angreifen? Das sind die großen Fragen.“ Erste Ergebnisse sind vielversprechend, die Wissenschaftlerin und ihr Team konnten einige Erkenntnisse über den gestörten Alterungsprozess der Krebszellen gewinnen.

In den Fokus sind dabei die Enden der Erbgutfäden gerückt, die sogenannten Telomere. In Krebszellen werden diese Telomere verlängert, sodass die Zellen lange teilungsfähig bleiben. Die Verlängerungsmechanismen der Krebszellen könnten mögliche Angriffspunkte für Therapien bilden. In der Mikroumgebung der Tumore sollen darüber hinaus weitere Angriffsziele identifiziert werden, die die körpereigene Immunantwort nutzen – sogenannte Immuntherapien.

Die neue Rolle als Gruppenleiterin bringt auch viele administrative Aufgaben und verschiedene andere Herausforderungen mit sich. „Ich bin mir der Verantwortung, die ich übernommen habe, bewusst – auch wenn es nicht leicht ist, immer allen Erwartungen gerecht zu werden. Zielstrebigkeit und Motivation, eine starke Arbeitsmoral und Verantwortung sind mir wichtig“, sagt Priya Chudasama. Und trotz der Belastung steht für sie fest, dass sie genau da ist, wo sie sein möchte. →



PRIYA CHUDASAMA

Nachwuchsgruppenleiterin am DKFZ/NCT, Heidelberg



Hoch hinaus Priya Chudasama geht in ihrer Freizeit gerne wandern – so wie hier in den Dolomiten.
Bild: Priya Chudasama

Ihren Umzug nach Deutschland vor elf Jahren hat sie nie infrage gestellt. Mit der Zeit wurde das Land zu ihrer zweiten Heimat. Sie spricht gut Deutsch und hat Freunde gefunden. Heidelberg, wo sie heute lebt, ist anders als ihre Heimat: nur ein Zehntel so groß wie die indische Stadt Jamnagar, in der sie aufwuchs. Im westlichen Indien sind die Sommer heiß und trocken, die Temperaturen klettern dort auf 45 Grad Celsius. Heiße Sommer, wie sie Deutschland in letzter Zeit auch immer häufiger bereithält.

In Deutschland kann die Forscherin von den Erfahrungen aus ihrer Heimat zehren: Sie ging zur katholischen Schule, obwohl die Familie hinduistisch ist, feierte mit den christlichen Nachbarn Weihnachten und mit anderen Freunden den Buddha-Tag. „Ich wurde weltoffen erzogen. Meinen Eltern war es wichtig, uns beizubringen, hochgradig integrativ zu sein, Essen zu teilen, stets zu helfen und ehrlich zu sein“, sagt sie. Das hat ihr den Start in dem fremden Land erleichtert. Froh sei sie außerdem gewesen, gute Mentoren gefunden zu haben, die ihr ihre Karriere erst ermöglicht hätten: „Ihnen bin ich unendlich dankbar.“ Aus Kollegen seien Freunde geworden – unterstützend, nett, großzügig und lustig. „Sie haben das Land für mich zum Zuhause werden lassen.“ Und ihr Team sei geprägt von der internationalen Zusammenarbeit.

Das spürt sie immer wieder, wenn neue Kollegen hinzukommen, etwa aus Russland, Portugal, der Türkei, Korea oder den Niederlanden. „Wir sind ein internationales Team“, sagt sie, „und da jeder den anderen respektiert, gibt es keine Schwierigkeiten, egal, wo er aufgewachsen ist. Uns verbindet ein gemeinsames Ziel: exzellente Wissenschaft zu betreiben und uns dabei gegenseitig zu unterstützen.“

Für Hobbys bleibt Priya Chudasama in der jetzigen Lebensphase fast keine Zeit – aber eins lässt sie sich nicht nehmen: das Wandern. In den Alpen über grüne Höhen zu laufen, sagt sie, gebe ihr Kraft und Inspiration. „In Indien kennt man nur den Himalaya, und den zu besteigen fängt man nicht mal eben an. Deswegen war ich bei meiner ersten Wanderung hier in den Alpen sehr überrascht: Wie schön so eine Alm ist!“

Mindestens einmal im Jahr reist sie nach Indien, in unregelmäßigen Abständen trifft der enge Familienkreis außerdem per Videokonferenz zusammen, manchmal sogar die ganze über die Welt verteilte Verwandtschaft – Priyas Eltern und ihr Bruder in Indien, Tanten in London, ihr Cousin in den USA. „Die ganze Erde ist eine Familie“, lautet ein indisches Sprichwort. Priya Chudasama hat es sich zu eigen gemacht. ◆

Isabell Spilker



ONLINE

Mehr Porträts
finden Sie hier:

→ [www.helmholtz.de/
portraits](http://www.helmholtz.de/portraits)





PFLANZENWACHSTUM OHNE ERDE: FLASCHENSALAT SELBST GEMACHT!

Wie können Astronauten im Weltall trotz langer Reisen und wenig Platz frisches Gemüse oder Salate essen? Ganz einfach: Pflanzen können auch ganz ohne Erde nur in Wasser wachsen, wenn es die notwendigen Mineralstoffe enthält. Baue dir einen selbstbewässernden Pflanzentopf ganz ohne Erde.

DAS BRAUCHST DU:



SO WIRD'S GEMACHT:

1. Schneide die Flasche in der Mitte durch und bohre kleine Löcher in den Flaschendeckel.
2. Lege in den Deckel ein dünnes Stück Kaffeefilter oder Watte. Fülle den unteren Flaschenteil mit Wasser und etwas Pflanzendünger.
3. Stecke den oberen Flaschenteil kopfüber in den unteren Flaschenteil. Der Flaschendeckel muss ein wenig unter Wasser sein, damit sich der Kaffeefilter oder die Watte mit Wasser vollsaugen kann.
4. Lege Pflanzensamen wie etwa Feldsalat auf den Filter oder die Watte.
5. Wickle den unteren Flaschenteil in Alufolie, sodass kein Licht das Wasser erreicht, damit sich keine Algen bilden. Achte darauf, dass der Flaschendeckel immer im Kontakt mit Wasser ist und der Filter nicht austrocknet. Nach und nach beginnen die Samen zu keimen. Nach kurzer Zeit wachsen sie zu kleinen Pflanzen heran.

ERKLÄRUNG:

Der Versuch zeigt, dass Pflanzen auch ohne Erde wachsen können. Sie brauchen lediglich genügend Licht, Wasser und Mineralstoffe, die direkt von den Wurzeln aus dem Wasser aufgenommen werden. Dieses Prinzip wird auch als Hydroponik bezeichnet. In einem großen Maßstab wird das Experiment zurzeit in der Antarktis durchgeführt: Im DLR-Projekt EDEN konnten bereits Tomaten, Salat, Gurken und Basilikum erfolgreich ohne Erde angebaut werden.



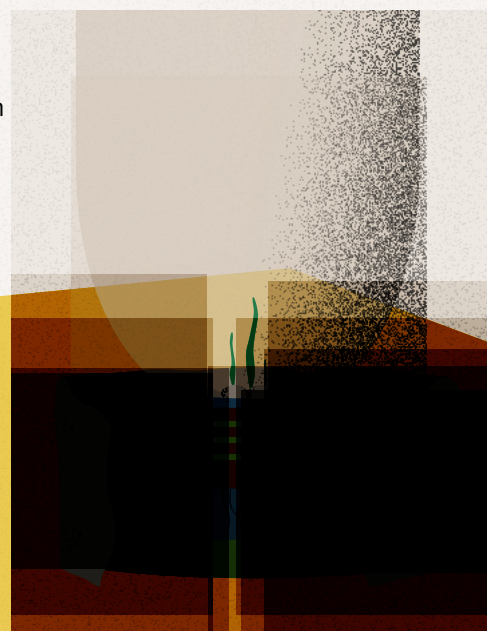
VIDEO

Schau dir Experimente als Video an unter:
→ www.helmholtz.de/experiment



ONLINE

Mehr über die Schülerlabore unter:
→ www.helmholtz.de/schuelerlabore



Dieses Experiment stammt von:
DLR_School_Lab Bremen

Im DLR_School_Lab Bremen liegt der Schwerpunkt auf dem Thema Raumfahrt: Schülerinnen und Schüler ab Klassenstufe 3 können hier Phänomene wie Vakuum, Schwerelosigkeit und Weltraum-Wetter erforschen oder eine Marsmission simulieren. Angeboten werden zudem Fortbildungen, Workshops und Führungen für Lehrkräfte und Berufsschülerinnen und -schüler.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Robert-Hooke-Str. 7, 28359 Bremen
Tel.: +49 421-244201131
E-Mail: schoollab-bremen@dlr.de
www.dlr.de/schoollab/bremen

HELMHOLTZ SPITZENFORSCHUNG FÜR
GROSSE HERAUSFORDERUNGEN



www.helmholtz.de/perspektiven