RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN



EISKALT

Routiniert: Warm bleiben im ewigen Eis

Sparsam: Kühlschrank mal anders

Komfortabel: Kühlkleidung im OP

#33 Nr. 2 | 2023

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

EIN STÜCK RUB ZU WEIHNACHTEN VERSCHENKEN

Set mit Tasse, Tee und Grußkarte mit Kerzenbastelset für 15 Euro exklusiv im Unishop auf dem Campus (Eingang HZO).

Öffnungszeiten: Mo. - Fr. 11.00 - 15.00 Uhr

WEITERE PRODUKTE ONLINE ENTDECKEN: **unishop.rub.de**





Foto: rs

AUS DER REDAKTION

Frösteln Sie auch beim Anblick der Eiskristalle auf dem Cover? Bei der Betrachtung einiger Bilder in diesem Heft kann einem wahrlich kalt werden – was für eine gelungene Erfrischung im Redaktionsprozess sorgte. Denn während die Redakteurinnen die Texte verfassten und die Fotografen die Bilder in den Laboren machten, kletterte das Thermometer draußen auf sommerliche 30 Grad. Da der Redaktionsprozess stets einige Monate vor dem Druck beginnt, kann es gefühlt schon mal zu jahreszeitlichen Unstimmigkeiten kommen. Aber wenn Sie, liebe Leserinnen und Leser, das Heft in den Händen halten, passt die Außentemperatur wahrscheinlich zu unserem Schwerpunkt „Eiskalt“. Das erstmals in den Dezember verschobene Erscheinungsdatum gibt uns zudem Gelegenheit, Ihnen und Ihren Familien eine geruhsame Weihnachtszeit zu wünschen, in der Sie hoffentlich ein wenig Zeit finden, den einen oder anderen Rubin-Artikel zu lesen. Das Redaktionsteam wünscht Ihnen dabei viel Freude!

Julia Weiler für das Redaktionsteam

RUBIN IM NETZ
Alle Rubin-Artikel im Newsportal der RUB:
→ **news.rub.de/rubin**

INHALT

03 **Aus der Redaktion**

06 **Forschung in Bildern**

14 **Wissenshäppchen**

16 *Höhlenforschung · Im Gespräch*
In eisiger Kälte fühlt er sich pudelwohl

20 *Physik*
Coole Festkörper

24 *Sozialwissenschaft*
Luxusgut mollig warme Wohnung

28 *Plasmaforschung*
Plasmatechnik im Badezimmer

30 *Gründung · Im Gespräch*
Raus aus dem Elfenbeinturm

32 *Medizin · Im Gespräch*
Kühlung für heiße OP-Phasen

36 *Stadtklimatologie*
Ein blinder Fleck in den Klimadaten

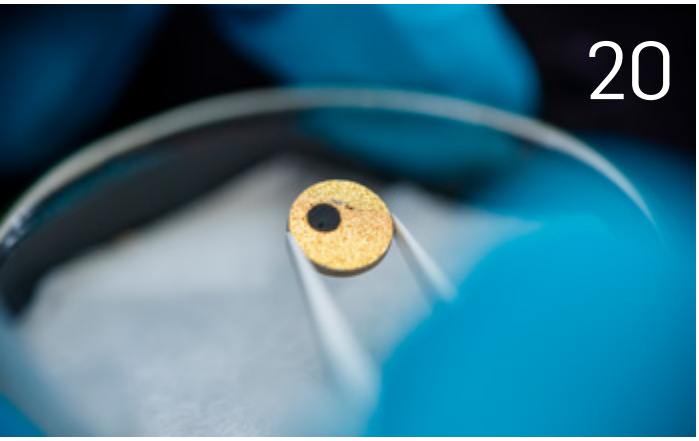
40 *Maschinenbau · Im Gespräch*
Forschung nahe dem Nullpunkt













45 *Forschungsförderung · Standpunkt*
„Wir müssen auch in die zielgerichtete Grundlagenforschung investieren“

46 *Psychologie*
Drei eiskalte Minuten

50 *Geologie*
Günstige Wärme für den Winter speichern

54 *Quantencomputing*
Rätselhafte Rechenoperationen bei Eiseskälte

58 *Psychologie · Im Gespräch*
Gemeinsam einsam

62 *Bauwesen*
Tunnelbau mithilfe eines Eismantels

66 **Redaktionsschluss · Impressum**



FORSCHUNGSSTATION IM EWIGEN EIS

Tief unter der Oberfläche im ewigen Eis des Südpols befindet sich ein besonderer Teilchendetektor namens „IceCube“. Forschende – darunter die Teams um Prof. Dr. Julia Tjus und Prof. Dr. Anna Franckowiak von der Ruhr-Universität Bochum – erfassen mit dem IceCube-Detektor Spuren bestimmter Elementarteilchen, der Neutrinos. Wenn Neutrinos mit anderen Teilchen im Eis wechselwirken, wird ein schwaches Licht erzeugt, das die IceCube-Sensoren messen können. Aus den Neutrino-Messungen zieht das Team Rückschlüsse auf den Ursprung der kosmischen Strahlung, die unaufhörlich auf die Erde einprasselt. Woher sie kommt, wollen die Forschenden ergründen.

Weitere Informationen:
→ news.rub.de/kosmische-strahlung

Bild: Yuya Makino, IceCube/NSF





MILCHSTRASSE IM NEUTRINOLICHT

2023 eröffnete das IceCube-Forschungskonsortium einen neuen Blick auf die Milchstraße. Mit dem IceCube-Detektor am Südpol (siehe vorherige Doppelseite) können Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bestimmte Elementarteilchen, die Neutrinos, aufspüren. Erstmals erfassten sie nun Neutrinos aus unserer eigenen Milchstraße. Aus den Daten ist das hier gezeigte Bild entstanden: Die blaue Überlagerung zeigt, wie unsere Milchstraße durch ein Neutrino-Objektiv betrachtet aussehen würde. Maßgeblich zu den Ergebnissen beigetragen hat eine Doktorarbeit im Sonderforschungsbereich „Das Wechselspiel der kosmischen Materie“, in dem Forschende aus Bochum und Dortmund intensiv kooperieren.

Weitere Informationen:
→ news.rub.de/neutrinos-milchstrasse

Bild: IceCube Collaboration/U.S. National Science Foundation (Lily Le & Shawn Johnson)/ESO (S. Brunier)



HEISS-KALTE PROBENPRÄPARATION

Um Zellen mit dem Transmissionselektronenmikroskop untersuchen zu können, unterzieht das Team vom Medical Imaging Center der Ruhr-Universität Bochum sie einem Temperatur-Wechselbad. Die zu untersuchenden Zellen werden zunächst auf dem Glasboden einer Kulturschale ausgesät, fixiert und so behandelt, dass sie später im Mikroskop mit hohem Kontrast zu sehen sind. Schließlich werden die Zellen in Kunstharz eingebettet. Damit der Elektronenstrahl des Mikroskops die Probe durchdringen kann, muss sie ultradünn sein. Daher müssen die in Harz eingebetteten Zellen vom Glasboden gelöst werden. Auf dem Bild ist zu sehen, wie Dr. Jacqueline Heinen-Weiler, technische Leiterin des Centers, die Probe dafür abwechselnd in heißes Wasser und eiskalten flüssigen Stickstoff taucht. Durch die Temperaturunterschiede löst sich das Harz vom Glasboden. Eine mikroskopische Aufnahme einer Zelle ist auf der nächsten Seite zu sehen.

Foto: dg

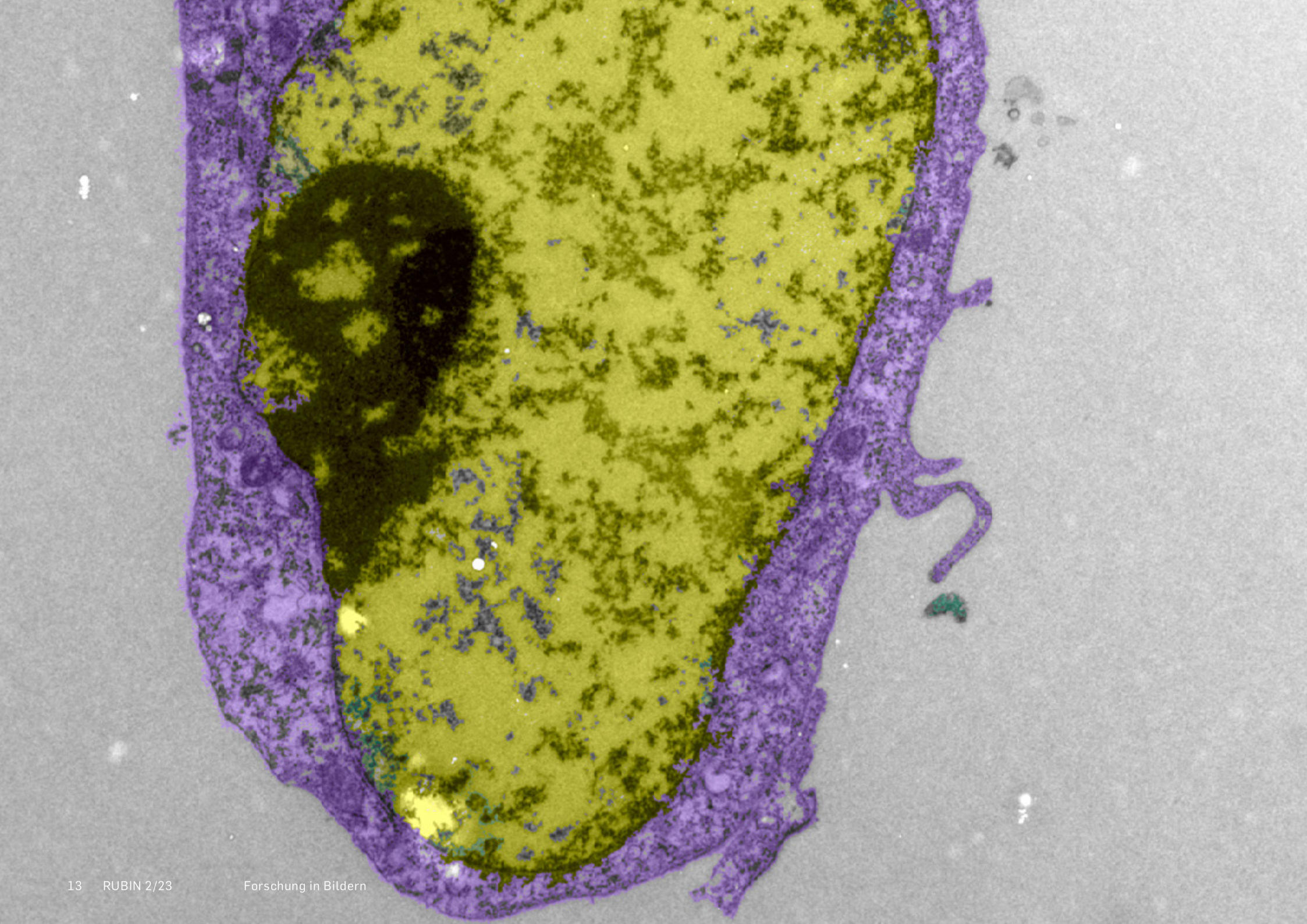


KREBSZELLE

Die Aufnahme dieser Zelle mit einem Transmissionselektronenmikroskop ist nach einer speziellen kalten Probenpräparation entstanden (siehe vorherige Doppelseite). Die Zelle stellt ein Modellsystem einer menschlichen Krebszelle eines Lungentumors dar. Die Struktur solcher Zellen im Detail zu verstehen ist entscheidend, um ein tieferes Verständnis der Krebsart zu erlangen. Die Aufnahme zeigt die Zelle mit 4.000-facher Vergrößerung, die Zellstrukturen wurden künstlich eingefärbt. In gelb ist der Zellkern zu sehen, in violett die restliche Zelle mit einzelnen blau eingefärbten Zellstrukturen. Die Aufnahme ist am Medical Imaging Center der Ruhr-Universität entstanden, das Prof. Dr. Ralf Erdmann und Prof. Dr. Carsten Theiß leiten. Es wurde 2022 gegründet, um den Mitarbeitenden der Medizinischen Fakultät die Möglichkeit zu geben, ihre Forschungsfragen mithilfe hochauflösender Bildgebung zu untersuchen.



Bild: Dr. Veronika Matschke/Abteilung für Cytologie, Dr. Jacqueline Heinen-Weiler/Abteilung für Elektronenmikroskopie



WIE KALT WAR DER **KALTE KRIEG** WIRKLICH?

Als alliierte Kriegskoalition hatten die USA und die Sowjetunion im Zweiten Weltkrieg den gemeinsamen Feind Deutschland bekämpft. Doch nach Ende des Kriegs flammte ihr eigener alter Konflikt wieder auf – und forderte viele Millionen Opfer.



Die alliierte Kriegskoalition im Zweiten Weltkrieg wurde durch den Kampf gegen das nationalsozialistische Deutschland zusammengehalten. Als es jedoch um die Gestaltung der Nachkriegsordnung ging, brach der alte Konflikt zwischen Liberalismus und Kommunismus bald wieder auf.

Der amerikanische Journalist Walter Lippmann machte seit Herbst 1947 den Begriff des „Kalten Krieges“ populär, den vor ihm etwa schon George Orwell gebraucht hatte. „Dieser Begriff wurde zum Signum der Konfrontation zweier großer Machtblöcke unter Führung der USA und der Sowjetunion. Sie vermieden zwar eine direkte militärische Konfrontation – daher der Begriff ‚kalt‘, aber gleichzeitig wurde der Konflikt in vielen anderen Formen ausgetragen“, erklärt Prof. Dr. Constantin Goschler vom Historischen Institut der Ruhr-Universität Bochum.

Das Wesen des Kalten Krieges bestand darin, dass beide Seiten den Status quo verteidigten, der sich mit dem Ende des Zweiten Weltkriegs ergeben hatte. Stabilisiert wurde diese Situation vor allem durch das schon bald entstandene atomare Patt. Was vielen Menschen nicht bekannt ist: „Während der Gegensatz zwischen Kommunismus und Liberalismus in Europa mit weitgehend friedlichen Mitteln ausgetragen wurde – von der Wirtschaft bis zum Sport – führten die beiden Supermächte USA und Sowjetunion zahlreiche Stellvertreterkriege vor allem im globalen Süden“, sagt Goschler. „In mehr als 150 militärischen Auseinandersetzungen kamen dabei über 22 Millionen Menschen ums Leben. Allein im Korea-Krieg, der von 1950 bis 1953 ausgetragen wurde, kamen nach Schätzungen vier Millionen Menschen um.“ Gelegentlich drohte der Konflikt aber auch in eine direkte atomare Konfrontation der beiden Supermächte umzuschlagen, so vor allem in der Kubakrise 1962.

Das Ende des Kalten Krieges 1989/90, das zur Auflösung des Ostblocks und der Sowjetunion führte, wurde anfänglich als Triumph des Westens gedeutet. „Heute wissen wir, dass dieser Optimismus verfrüht war“, so Goschler. „Die alten Konfliktlinien des Kalten Krieges sind spätestens mit dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine wieder sichtbar geworden. Gleichzeitig haben sich neue Formen der Konfrontation entwickelt, die auch auf die Bundesrepublik selbst zielen und nach neuen Begriffen verlangen. Während der Kalte Krieg durch harte Grenzen markiert wurde, verlaufen heutige Konflikte unterhalb der Schwelle militärischer Auseinandersetzungen über digitale Netze. So lässt sich heute eher von einem Cyberkrieg oder auch von einem Informationskrieg sprechen.“

rr




22 Mio.
Tote
150
MILITÄRISCHE
KONFLIKTE

Im Gespräch

IN **EISIGER KÄLTE** FÜHLT ER SICH PUDELWOHL

Wollsocken und Handwärmer gehören zu seiner Standardausrüstung: Andreas Pflitsch erforscht seit Jahrzehnten Eis- und Gletscherhöhlen.

Er forscht an den eisigsten Orten der Welt und dringt auf seinen Expeditionen in die Tiefen von Gletscher- und Eishöhlen vor: Prof. Dr. Andreas Pflitsch leitet die Arbeitsgruppe Klimatologie extremer Standorte an der Ruhr-Universität und scheut die Kälte nicht. Im Interview erzählt er, wie er unwirtlichen Temperaturen von bis zu minus 36 Grad Celsius trotzt und welche Vorbereitungen notwendig sind, um Exkursionen ins Eis sicher über die Bühne zu bringen.

Lieber Herr Pflitsch, lassen Sie uns doch – passend zum Thema – mit drei Fragen zum Warmwerden starten. Lieber bei minus 10 Grad zittern oder bei plus 30 Grad schwitzen?
Es kommt auf die Umstände an. Wenn ich richtig kalte Füße habe, ist das grauenhaft. Wenn ich schwitze, weiß ich, es geht vorbei. Aber wenn Sie mich fragen: lieber eine Exkursion bei minus 30 Grad Celsius oder bei plus 10 Grad Celsius, dann nehme ich die bei minus 30 Grad! Ich liebe meine Alaska-Winterexpeditionen.

Lieber Eiskaffee oder heißer Tee?
Kommt natürlich auf das Wetter an, aber ich sage mal: Eiskaffee!

Lieber nordische Distanziertheit oder südländisches Temperament?
Nordische Distanziertheit (lacht).

Sie erforschen seit vielen Jahren Eishöhlen. Wie kam es dazu?
Eigentlich komme ich aus der Stadtklimatologie. Als ich gerade promoviert war, habe ich eine Einladung nach Polen an unsere damalige Partneruniversität bekommen. In Polen kam das Gespräch auf die dortigen Höhlen, und die Kollegen erzählten mir, dass sie vor dem Problem stehen, dass sie gerne feine Luftströme in den Höhlen messen würden, aber nicht wissen, wie sie es anstellen können. Da sagte ich, wir nutzen in der Stadtklimatologie ein Ultraschallanemometer, das müsste auch in Höhlen funktionieren. So haben wir dort Messungen mit diesem Gerät gemacht, und das waren meine ersten Höhlenmessungen. Daraus entstand mein bis heute meistzitierter Artikel.

Dadurch wurde ich in die Slowakei eingeladen, um in Eishöhlen Messungen zu machen. Und so hat sich das über die Zeit in diese Richtung entwickelt. Heute messe ich überall auf der Welt in Eis- und Gletscherhöhlen, zum Beispiel auf Hawaii, in Alaska oder auch in Idaho und Wyoming.

Es gibt Eis auf Hawaii?
Ja! Sie können auf Hawaii Blizzards haben. Auf den beiden hohen Bergen Mauna Loa und Mauna Kea lag dieses Jahr wochenlang Schnee. Sobald Sie auf eine Höhe von etwa 3.400 Metern kommen, können Sie Schneefall haben. Im Winter ist das gang und gäbe. Es gibt da auch Snowboardpisten.

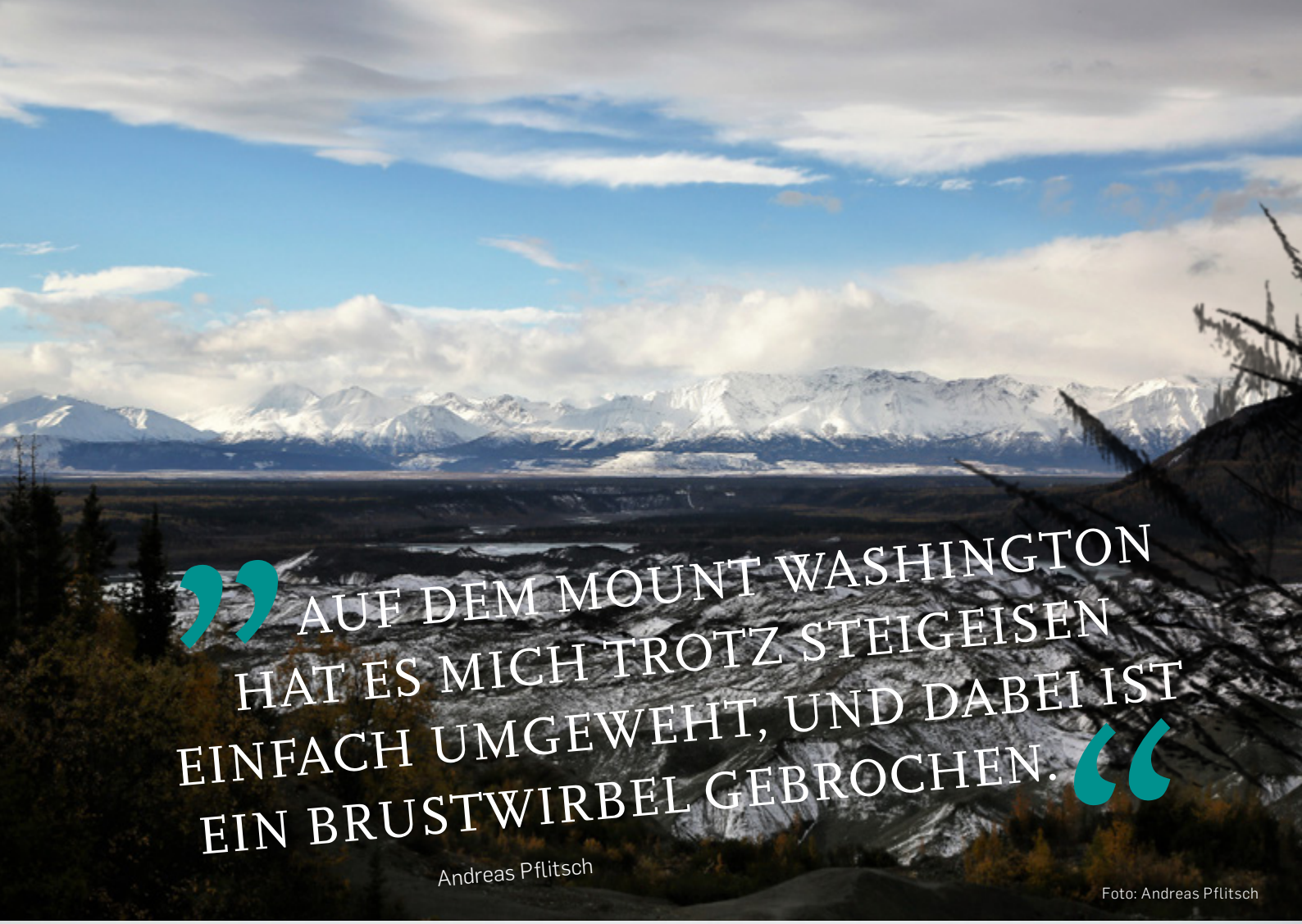
Sie sprechen von Eis- und Gletscherhöhlen. Was genau ist der Unterschied?
Eine Eishöhle ist eine Höhle im Gestein, die das ganze Jahr über eine gewisse Menge an Eis aufweist, sie muss nicht komplett aus Eis bestehen. Eine Höhle, die sich dagegen vollständig innerhalb eines Gletschers bildet, nennt man Gletscher-Eishöhle oder Gletscherhöhle.

Nächstes Jahr gehen Sie in Rente, und trotzdem haben Sie schon die nächste Exkursion geplant. Was ist Ihr Antrieb, immer wieder auf Expedition zu gehen?
In erster Linie mein Interesse. Gibt es das schon? Hat das schon mal jemand gemacht? Das sind die Fragen, die mich antreiben. Ich erforsche gerne etwas Neues. Und dann tragen meine Messungen natürlich auch etwas dazu bei, den Klimawandel zu erforschen.

Erleben Sie den Klimawandel hautnah, wenn Sie auf den Gletschern sind?
Auf jeden Fall. Ich fahre seit zwölf Jahren regelmäßig nach Alaska, und ich dokumentiere die Gletscher dort immer mit Fotos. Wir können darauf ganz klar den Rückzug sehen. Der ▸



Nur wenige Menschen auf der Welt kommen an die Orte, die Andreas Pflitsch erforscht. (Foto: Andreas Pflitsch)



„AUF DEM MOUNT WASHINGTON HAT ES MICH TROTZ STEIGEISEN EINFACH UMGEWEHT, UND DABEI IST EIN BRUSTWIRBEL GEBROCHEN."

Andreas Pflitsch

Foto: Andreas Pflitsch



Prof. Dr. Andreas Pflitsch leitet die Arbeitsgruppe Klimatologie extremer Standorte an der Ruhr-Universität. (Foto: Michael Killing-Heinze)



Matanuska-Gletscher im südlichen Alaska jedoch bleibt, er stagniert im Moment, aber er verliert auch an Höhe, an Mächtigkeit. Aber seine Gletscherlinie, die Front, bleibt ungefähr gleich. Die anderen Gletscher ziehen sich deutlich zurück.

Ist Alaska der kälteste Ort, an dem Sie je waren?
Ja. Die niedrigste Temperatur, die ich dort je erlebt habe, war minus 36 Grad Celsius.

Wie hält man das denn aus? Sie schlafen dann ja sogar draußen im Zelt. Wie schützen Sie sich vor der Kälte?
Gute Kleidung ist das A und O. Ich schwöre auf Woll- und Alpaka-Socken. Und Fußwärmer sind auch hilfreich, gerade wenn wir lange stehen. Am unangenehmsten sind bei mir die kalten Finger. Aber da nehme ich Handwärmer. Beim Wandern wird einem schon durch die Bewegung an sich relativ warm. Und obenrum schützen mich Daunenjacken und Unterwäsche aus Merinowolle. Im Gesicht trage ich bei extremen Minusgraden Skibrille, Mütze und eine Sturmhaube. Das Unangenehmste ist eigentlich, so um 0 Grad Celsius zu arbeiten. Dann zieht die Feuchtigkeit rein. Wenn es kälter ist, schmilzt ja nichts, sondern bleibt alles trocken.

Macht die Kälte das Arbeiten mit den Händen nicht schwierig, wenn Sie Ihre Messgeräte bedienen?
Oh ja, das ist ein Problem. Wenn ich an den Geräten arbeite, gehe ich kurz aus meinen Handschuhen raus und habe nur ganz dünne an. Und dann sofort wieder zurück in die dicken Handschuhe. Wenn man einmal kalte Finger hat, bekommt man sie nicht mehr warm.

Neben der Kälte bieten Ihre Expeditionen auch noch andere Gefahrenquellen. Rutschiges Eis, Lawinen, vielleicht wilde Tiere. Waren Sie schon einmal richtig in Gefahr?

Einmal, da war ich auf dem Mount Washington, und der Wind blies mit 140 Kilometern pro Stunde über die spiegelglatte Fläche. Da hat es mich trotz Steigeisen einfach umgeweht, und dabei ist ein Brustwirbel gebrochen. Das war so ziemlich der größte gesundheitliche Zwischenfall.

Haben Sie eine umfangreiche Notfallapotheke bei Ihren Expeditionen dabei, um für alle Unwägbarkeiten gerüstet zu sein?
Wir haben die Notfallapotheke der Uni dabei, und ich habe noch ein paar zusätzliche Medikamente. Etwas gegen Kopfschmerzen, etwas gegen Rückenschmerzen und Erkältungsmedikamente. Das war es aber auch schon.

Was war Ihr faszinierendste Erlebnis im Eis?
Über Gletscher zu fliegen, ist traumhaft schön. Und in Gletscherhöhlen reinzugehen, ist auf jeden Fall ein unglaubliches Erlebnis. In diese unterirdischen Welten einzutauchen, in dieses spiegelglatte, unberührte Eis, das teilweise tiefschwarz oder blau ist von dem eingeschlossenen Gestein, ist faszinierend. Das sind ganz außergewöhnliche Formen und Farben. So etwas sieht man nicht alle Tage.

Und natürlich ist es etwas Besonderes, an entlegenen Orten zu sein, die sonst kaum ein anderer Mensch sieht. Auf dem Mount St. Helens im US-Bundesstaat Washington beispielsweise waren bisher nur etwa 40 bis 50 Menschen überhaupt.

Was war die spannendste Entdeckung, die Sie bei Ihren Expeditionen gemacht haben?
Unsere aktuellen Beobachtungen bei den Eishöhlen auf Hawaii sind sehr bemerkenswert. Dass diese Eishöhle seit zehn Jahren wieder Eis aufbaut. Wir haben einen halben Meter Eiszuwachs. Das ist entgegen jeder anderen Messung und entgegen jeder Erwartung. Noch können wir uns das nicht erklären und es wird auf jeden Fall weitere Beobachtungen und Forschungsarbeit dazu geben.

Ist es nicht immens schwierig, in so entlegenen und unwirtlichen Gegenden Forschung zu betreiben? Das Equipment dorthin zu bekommen? Dort zu schlafen? Essen zuzubereiten?
Wenn ich in Alaska arbeite, habe ich einen Großteil meiner Ausrüstung bei Freunden in deren riesiger Garage eingelagert. Ich packe einfach alles, was ich brauche, und werde dann mit dem Gepäck zusammen in einer kleinen Propellermaschine rausgeflogen.

Was die Nahrung angeht, da nehme ich viel Trockennahrung in Tüten mit. Die muss man nur mit heißem Wasser aufgießen. Das Essen muss wenig Gewicht haben, aber sehr nahrhaft sein. Und es sollte nicht zu viel Müll machen, denn den nehmen wir nach den Expeditionen wieder mit. Und wenn wir mit 25 Leuten unterwegs sind, kommt einiges zusammen.

Bereiten Sie sich in besonderer Weise körperlich auf Ihre anstrengenden Expeditionen vor?
Ich laufe regelmäßig und mache Yoga.

Wohin geht Ihre nächste Expedition?
In ein paar Tagen breche ich mit Studierenden wieder nach Alaska auf. Darauf freue ich mich schon.

rr

Physik

COOLE FESTKÖRPER

Nach mehr als einem Jahrhundert wollen Physiker die bewährte Technik des Kühlschranks vom Thron stoßen. Denn Kühlen geht auch sparsamer.

Der Sommer 2023 war weltweit der heißteste seit Beginn der Aufzeichnungen. An vielen Orten wüteten verheerende Waldbrände, und Menschen ächzten unter Rekordtemperaturen. In einer Welt, die immer wärmer wird, steigt auch der Bedarf nach Kühlung. Kühlung, die Energie verschlingt. Viel Energie. „Kälte zu erzeugen ist grundsätzlich schwieriger, als Wärme zu erzeugen“, weiß Prof. Dr. Daniel Hägele, Physiker an der Ruhr-Universität Bochum. Die Kompressortechnik, mit der heutige Kühlschränke arbeiten, wurde vor mehr als einem Jahrhundert erfunden. „Natürlich wurde die Technik im Lauf der Jahre immer weiter optimiert“, ergänzt der Forscher. „Aber zuletzt bestanden die Verbesserungen bei den Energieeffizienzklassen eher in Anpassungen wie dichteren Türen.“ ▸

i SO FUNKTIONIERT EIN KÜHLSCHRANK

Kühlschränke funktionieren mithilfe eines Kühlmittels, das durch das System gepumpt und dessen Druck dabei reguliert wird. Im Inneren des Kühlschranks nimmt das Kühlmittel Wärme auf und wird dabei gasförmig. Dann strömt es in einen Kompressor, der das Gas verdichtet, wodurch sich seine Temperatur weiter erhöht. Über geschlängelte Rohre an der Rückseite des Geräts gibt das Kühlmittel seine Wärme nach außen ab. Dabei verringert sich seine Temperatur, und es wird flüssig. Bevor das Kühlmittel zurück in das Innere des Kühlschranks strömt, wird sein Druck wieder reduziert, wodurch seine Temperatur weiter sinkt. Nun kann das Kühlmittel erneut Wärme im Inneren des Geräts aufnehmen. In der Gesamtbetrachtung erzeugen Kühlschränke also genauso viel Kälte wie Wärme, die aber räumlich voneinander getrennt werden, sodass es innen kälter wird als außen.





Jan Fischer kühlt den Infrarot-Detektor mit flüssigem Stickstoff.

DAS TEAM KANN VERÄNDERUNGEN VON

0,001° C

IN EINER TAUSENDSTEL SEKUNDE DETEKTIEREN.

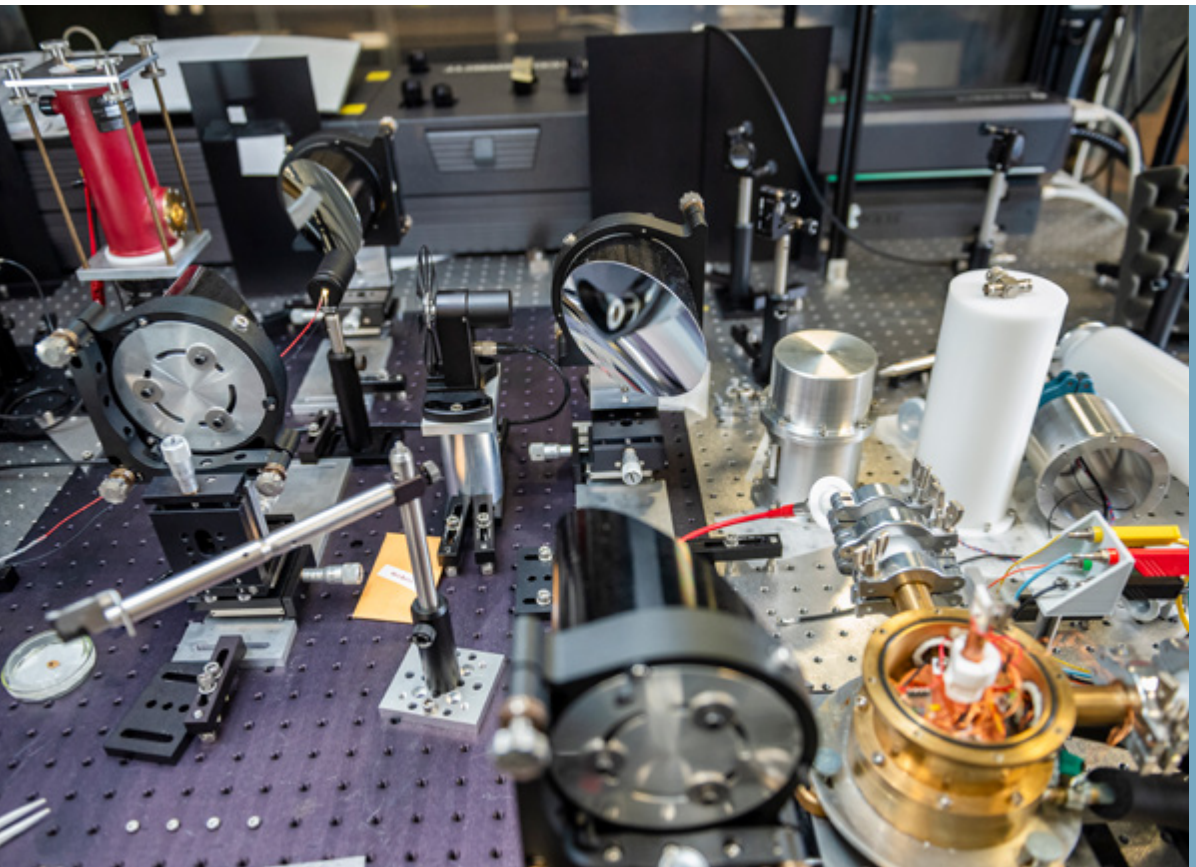
Dabei sind auch komplett andere Techniken zur Erzeugung von Kälte denkbar, als sie derzeit im Einsatz sind. Das Team um Daniel Hägele von der Arbeitsgruppe Spektroskopie der kondensierten Materie arbeitet mit dem sogenannten kalorischen Effekt: Manche festen Materialien reagieren mit einer Temperaturveränderung, wenn sie gedehnt werden oder in ein elektrisches Feld oder Magnetfeld eingebracht werden. Wer das selbst ausprobieren möchte, findet eine Anleitung für ein Mini-Experiment auf Seite 66.

Hägeles Team befasst sich schon viele Jahre mit dem kalorischen Effekt. Zunächst nutzten die Forscher Magnetfelder, um Kälte mit Feststoffen zu erzeugen. Allerdings braucht es dafür Feldstärken wie in einem Kernspintomografen – für einen Kühlschrank oder eine Klimaanlage wäre das nicht praktikabel. Daher arbeiten Hägele und seine Kollegen Jörg Rudolph und Jan Fischer nun mit elektrischen Feldern. „Im Grunde kann man Strom aus der Steckdose nutzen“, sagt Fischer. „Zu Versuchszwecken verstärken wir die Spannung aber auf einige Tausend Volt.“

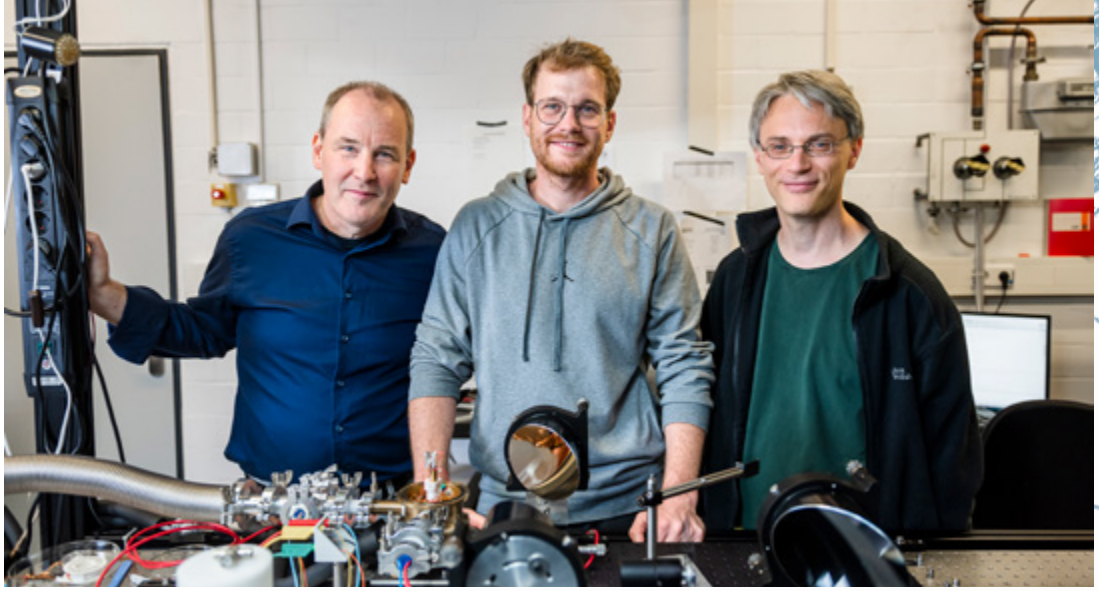
Denn das Bochumer Team ist an speziellen Effekten interessiert. Die Forscher bestimmen für verschiedene Materialien, wie diese auf das äußere elektrische Feld reagieren, beispielsweise wie stark sich die Temperatur verändert. Vor allem aber interessieren sie sich für zeitaufgelöste Effekte, also wie schnell die Temperatur sinkt oder steigt, wenn sich das äußere elektrische Feld verändert. „Wir können Veränderungen von einem Tausendstel Grad in einer Tausendstel Sekunde detektieren – so schnell kann das sonst niemand“, beschreibt Fischer die Besonderheit des Bochumer Ansatzes.

Dass die Gruppe sich für diese winzigen Veränderungen interessiert, mag auf den ersten Blick paradox erscheinen. „Eigentlich suchen wir Materialien mit möglichst großen Temperatureffekten“, gibt Hägele zu. „Aber manchmal muss man klein anfangen.“ Die kleinen Veränderungen auf der Zeitskala verraten den Forschern viel über die grundlegenden Prozesse, die zu den Temperaturveränderungen in den Feststoffen führen. Hinzu kommt, dass Materialien, die schnell ihre Temperatur ändern können, für die Anwendung besonders interessant wären. „In einem kalorischen Kühlprozess wird die Wärme päckchenweise abtransportiert“, erklärt Jörg Rudolph. „Für die Effizienz ist es von Vorteil, wenn man die Wärmepäckchen schnell hintereinander wegschaffen kann.“

Nicht zuletzt ermöglichen die schnellen Messungen auch einen unverfälschten Blick auf die Materialeigenschaften. Denn die sich erwärmenden und abkühlenden Proben tauschen im Lauf der Zeit Wärme mit ihrer Umgebung aus, zum Beispiel mit der Unterlage, auf der sie montiert sind. Erfolgt



Blitzschneller Versuchsaufbau: Die Probe befindet sich in einer Vakuumkammer mit Kühlelement (geöffneter Messing-Zylinder vorne rechts). Die von der Probe ausgehende Wärmestrahlung wird über vier Spiegel fokussiert und zu einem Infrarot-Detektor (roter Zylinder links) geleitet. Der Detektor misst die Wärmestrahlung. Wird eine Spannung an die Probe angelegt, registriert der Detektor die Veränderungen in der abgestrahlten Wärmemenge.



Daniel Hägele, Jan Fischer und Jörg Rudolph (von links) forschen zum elektrokalorischen Effekt.

die Messung sehr schnell, ist keine Zeit für diesen Wärmetransfer, und die Forscher können den reinen kalorischen Effekt messen.

Was aber macht die Bochumer Technik so schnell? „Temperatur messen – das klingt vielleicht im ersten Moment einfach“, sagt Jörg Rudolph. „Kleine Temperaturunterschiede genau zu messen, ist jedoch erstaunlich kompliziert. Man kann nicht einfach ein Thermometer an die Probe halten.“ Zum einen ist die Probe dafür viel zu klein, nämlich weniger als einen Millimeter dick. Zum anderen würde ein Wärmeaustausch zwischen Probe und Thermometer stattfinden und die Messungen verfälschen.

Daher hat sich Daniel Hägele schon vor Jahren einen Versuchsaufbau speziell für diese Art von Messungen ausgedacht, den sein Team nun weiter optimiert hat. Die von der Probe ausgestrahlte Wärmeenergie wird dabei berührungslos mit einem Infrarot-Detektor gemessen. Der Versuchsaufbau steht in einem klimatisierten Raum auf einem schwingungsstabilisierten Tisch, dessen Installation einige Komplikationen mit sich brachte. „Der Tisch wiegt eine Tonne, wir konnten ihn nicht einfach in den Aufzug stellen. Um ihn ins Labor zu bekommen, mussten wir zwei Fenster ausbauen und ihn mit einem Kran hineinbefördern lassen“, erinnert sich Daniel Hägele. „Er darf auch nur an einer bestimmten Stelle im Raum stehen, damit er nicht durch den Boden brechen kann“, ergänzt Jörg Rudolph.

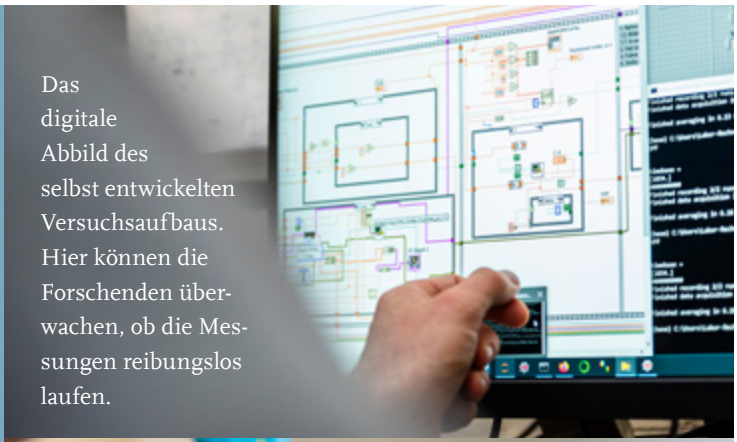
Mittlerweile steht der Aufbau seit Jahren sicher im Labor, sodass Hägele, Rudolph und Fischer schon viele Materialien vermessen konnten. Neben den schnellen Temperaturveränderungen können sie eine zweite Materialeigenschaft der Feststoffe, die Polarisation, erfassen, und zwar parallel zur Temperatur – eine weitere Besonderheit des Bochumer Versuchsaufbaus. Nützlich ist das, weil hoch polarisierbare Materialien Vorteile bei der Kälteerzeugung mit sich bringen.

Neben etablierten Materialien wie der seltenen Erde Gadolinium und verschiedenen Metalllegierungen untersuchen die Bochumer auch andere Materialklassen wie Keramiken und Kunststoffpolymere. Diese haben ebenfalls vielversprechende Kandidaten hervorgebracht. Ein Fokus liegt dabei auf umweltfreundlichen und ungiftigen Materialien. Aus einigen davon haben andere Gruppen bereits Demonstratoren gebaut. „Dass unsere Grundlagenforschung einen so konkreten Anwendungsbezug hat, ist toll“, findet Jörg Rudolph. „Das gibt zusätzliche Motivation bei der Arbeit.“

Die Kühlung basierend auf dem kalorischen Effekt ist dabei ein mehrstufiger Prozess. Denn in der Regel schafft ein Material auf einen Schlag nur eine Abkühlung von drei bis vier, maximal sechs Grad Celsius. Ein Kühlsystem könnte aber aus mehreren Kammern bestehen, an deren Übergängen jeweils eine Abkühlung um einige Grad erfolgt, sodass insgesamt eine ausreichend große Kühlung erzielt würde.

Anders als bei herkömmlichen Kühlschränken würde die Kälte dann nicht mehr mithilfe eines Gases oder einer Flüssigkeit erzeugt, sondern mit einem festen Material. „Einen Festkörper zu verwenden ist von Vorteil, weil darin mehr Atome pro Kubikzentimeter vorliegen“, erklärt Hägele. „Damit ließen sich kompaktere Kühlgeräte bauen.“ Und potenziell auch effizientere. Nützlich könnte das nicht nur für Kühlschränke und Klimaanlagen sein, sondern beispielsweise auch für die Wasserstoffverflüssigung. Anwendungen gäbe es in einer immer wärmer werdenden Welt jedenfalls genug.

Text: jwe, Fotos: dg



Das digitale Abbild des selbst entwickelten Versuchsaufbaus. Hier können die Forschenden überwachen, ob die Messungen reibungslos laufen.



Ein einfaches Beispiel für einen kalorischen Effekt: Wird ein Luftballon gedehnt, erhitzt sich das Gummi, wie hier im Thermobild zu sehen.



Übers Heizen denken viele nicht lange nach – es läuft im Hintergrund.

Sozialwissenschaft

LUXUSGUT MOLLIG WARME WOHNUNG

Beim Heizen ließe sich jede Menge Energie sparen. Sabrina Glanz weiß, was es so schwierig macht.





Sabrina Glanz befragte rund 1.400 Personen nach ihrem Heizverhalten.

Etwa 70 Prozent des Energieverbrauchs privater Haushalte entfallen auf die Heizung. Wenn es ums Energiesparen geht, müsste hier ein Potenzial zu finden sein. Doch die vorhergesagten Einsparungen durch technische Anpassungen wie Heizungsmodernisierung oder energetische Sanierung von Gebäuden werden in der Realität häufig nicht erreicht. Warum ist das so? „Rein technikzentrierte Ansätze lassen den Faktor Mensch außen vor“, sagt Sabrina Glanz. Für ihre Doktorarbeit, die sie an der Fakultät für Sozialwissenschaft der Ruhr-Universität Bochum bei Prof. Dr. Rolf Heinze schreibt, hat sie Menschen befragt, wie sie heizen.

Rund 1.400 Personen beteiligten sich an ihrer Online-Umfrage, die sie im Jahr 2019 durchführte – wohlgemerkt vor der Energiekrise 2022/23. Deutschlandweite Daten zum Heizverhalten unabhängig vom Heizsystem waren bis dahin selten. Bewusst fragte Sabrina Glanz nicht danach, auf wie viel Grad Celsius die Menschen ihre Wohnungen im Winter heizen. „Aus anderen Studien ist bekannt, dass die Angaben häufig unzuverlässig sind und von den tatsächlich gemessenen Raumtemperaturen stark abweichen“, meint die Forscherin. Vielmehr interessierte es sie, wie das Heizen in den Alltag eingebettet ist, was die Leute wissen, was sie beherzigen, warum sie heizen.

So fragte Glanz neben soziostrukturellen Daten, Wohnsituation im sanierten oder nicht sanierten Haus, Art der Heizung und Zusammensetzung des Haushalts zum Beispiel die Höhe der jährlichen Heizkosten ab. „Aufschlussreich war für mich, dass 63 Prozent der Befragten diese Kosten nicht kannten, aber dennoch über 70 Prozent angaben, energiesparend zu heizen, um Kosten zu sparen“, berichtet sie. Einen Einfluss von soziostrukturellen Faktoren wie Alter, Geschlecht oder Einkommen auf energiesparendes Heizverhalten konnte sie nicht belegen. Dennoch gaben knapp 10 Prozent der Befragten an, dass das Haushaltseinkommen nicht ausreichend sei, um den Wohnbereich angemessen zu heizen. Wenig überraschend war, dass 80 Prozent der Teilnehmenden mit fossilen Brennstoffen heizten, überwiegend Gas oder Öl. Dies entspricht in etwa der Verteilung in der Grundgesamtheit. Die Versorgungssicherheit schätzten damals fast alle als unproblematisch ein. Auch wurde im Alltag kaum über das Heizen nachgedacht und kaum Zeit dafür aufgebracht. „Diese Antworten unterstreichen, dass das Heizen in den meisten Fällen etwas vollkommen Routiniertes ist, das im Hintergrund abläuft und das man sich im Alltag gar nicht bewusst macht“, sagt Sabrina Glanz. Das mache es auch so schwierig, hier Energie einzusparen.

Langfristig zeigt die Veränderung der sogenannten Materialitäten Wirkung, das heißt die Änderungen an Geräten und Gebäuden, die auch durch das sogenannte Heizungsgesetz beschleunigt werden sollen. „Ohne eine Veränderung des Verhaltens der Menschen wird das Einsparpotenzial aber nicht ausgeschöpft werden können.“ Dazu sei es auch wichtig, noch mehr Wissen zu vermitteln und Bewusstsein zu schaffen. „Nur etwa 15 Prozent der Teilnehmenden meiner Umfrage haben angegeben, energiesparendes Heizen als schwierig zu empfinden, und 50 Prozent meinen, auch sparsamer zu heizen als die Menschen in ihrem sozialen Umfeld“, berichtet Sabrina Glanz. Dennoch werden Sparpotenziale nicht eingelöst, die die Technik ermöglicht. Gewisse Grundwahrheiten hätten die Menschen zwar bereits verinnerlicht, zum Beispiel dass man nicht dauerhaft kipplüften, sondern lieber hin und wieder stoßlüften solle. „Gerade falsches Lüften führt auch

> „Letztlich heizen wir für unseren Komfort – und die Vorstellung von Komfort kann sich auch wandeln.“
>
> Sabrina Glanz

in energetisch sanierten Wohnungen zu unnötigem Energieverbrauch, wie andere Studien zeigen. Wenn etwa in gut gedämmten Wohngebäuden zu Zwecken der Abwärme gelüftet wird, weil die Wohnungen überheizt sind, oder wenn in Passivhäusern nicht auf die Fensterlüftung verzichtet werden will“, gibt sie ein Beispiel. „Der Mensch wird aus dem Blickwinkel der Technik als der Störfaktor betrachtet.“

Der Schlüssel zur Einsparung liegt in unseren Ansprüchen. „Zwischen den 22 Grad, die heute als Wohlfühltemperatur gelten, und einer zu niedrigen Temperatur, die Mensch und Gebäude schadet, ist ein großer Spielraum, auch je nach Tätigkeit oder gesundheitlicher Verfassung“, sagt sie. Das unterstützen auch die Ergebnisse ihrer Befragung. 50 Prozent der Teilnehmenden gaben an, dass eine geringere Raumtemperatur ihre Lebensqualität nicht oder nur teilweise einschränken würde. 13 Prozent meinten sogar, sie bräuchten gar keine warm beheizte Wohnung, um sich wohlzufühlen. Die Diskussionen um die Appelle zur Senkung der Wohnraumtemperatur auf 19 Grad im Winter 2022/23, in dem die Versorgungssicherheit mit Erdgas bedroht war, sagen etwas anderes aus. „Aber letztlich heizen wir für unseren Komfort – und die Vorstellung von Komfort kann sich auch wandeln“, so Sabrina Glanz. Sie gibt zu bedenken, dass vor der flächendeckenden Verbreitung der Zentralheizung mit Einzelöfen geheizt wurde, die man selbst anfeuern musste. Noch vor 60 Jahren war es keineswegs üblich, dass die Wohnung morgens schon warm und alle Zimmer immer angenehm temperiert waren. „Heizen war deutlich aufwändiger, und man hat sich meist auf einzelne Räume beschränkt“, sagt sie. Die Räume waren zudem häufig kleiner als heute, wo der Trend zu immer offeneren Wohnkonzepten geht und die Wohnfläche pro Person immer größer wird. „Wenn wir Energie einsparen wollen, müssten sich auch solche Trends wandeln“, meint sie.

Aus dem Wärmemonitor des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, welcher jährlich den Heizenergieverbrauch in Zwei- und Mehrfamilienhäusern in Deutschland untersucht, lässt sich ablesen, dass im Jahr 2022 insgesamt fünf Prozent Heizenergie eingespart wurde. „Da das für das ganze Kalenderjahr ausgewertet wird, wird die Einsparung im Winter 2022/23 vielleicht etwas höher ausgefallen sein“, schätzt Sabrina Glanz. Diese Einsparungen resultieren wohl vor allem aus der Angst vor den drohenden hohen Kosten. „Wenn die Kosten wieder sinken, wird auch der Verbrauch wieder ansteigen“, prophezeit sie. „Oder wer kann, gewöhnt sich auch an die höheren Preise.“ Als eine Stellschraube der Wärmewende komme es daher zukünftig darauf an, Maßnahmen zu entwickeln, die das Verständnis von Heizen langfristig verändern.

Text: md, Fotos: dg

63%

DER BEFRAGTEN KANNTEN IHRE JÄHRLICHEN HEIZKOSTEN NICHT.

PLASMATECHNIK IM **BADEZIMMER**

Kaltes Plasma wirkt antimikrobiell und entzündungshemmend. Das zeigen auch Studien an der Ruhr-Universität Bochum. Nun zeichnen sich vielversprechende Anwendungen in der Medizin und Kosmetik ab.

Feine lila Blitze zucken durch das Dunkel des Labors. Es knistert leise. Erzeugt werden die Blitze innerhalb eines 12-mal-12-Zentimeter großen Plasmareaktors. Nach nur wenigen Mikro-Sekunden ist das Spektakel vorbei. „Das ist ionisiertes, besonders energiereiches Gas oder Plasma. Die meisten kennen dieses bunte Phänomen von Polarlichtern, die nichts anderes sind als gasförmiges Plasma“, weiß Dr. Friederike Kogelheide vom Lehrstuhl für Angewandte Elektrodynamik und Plasmatechnik an der Ruhr-Universität Bochum. „Plasma kann als vierter Aggregatzustand nach fest, flüssig und gasförmig bezeichnet werden. Es gibt thermisches und nicht thermisches, also kaltes Plasma“, so Friederike Kogelheide weiter. Mit letzterem hat sich die Elektrotechnikerin in ihrer Doktorarbeit beschäftigt. Es zeichnet sich durch eine besonders geringe Temperatur aus – zumindest im Vergleich zu anderen Plasmen, die mehrere tausend Grad Celsius heiß werden können.

„Kaltes Plasma entspricht ungefähr unserer Körpertemperatur, also etwas mehr als 30 Grad Celsius und ist damit hautverträglich“, erklärt Kogelheide. Mit dem Einfluss von kaltem Plasma auf menschliche Hautzellen, genauer genommen, seiner antimikrobiellen Wirkung, hat sich Kogelheide eingängig befasst. Ihre Forschungserkenntnisse sind auch in die Gründung ihres Start-ups Glim Skin geflossen.

Seit etwa zehn Jahren untersuchen Forschende der Biologie, Chemie, Medizin und Elektrotechnik den Einsatz von kaltem Plasma in der Medizin. Insbesondere im Bereich der Wundversorgung und -heilung verspricht man sich hier viel. „So konnten Studien bereits zeigen, dass Moleküle, die durch Plasma erzeugt werden, wie etwa Stickstoffmonoxid, die Wundheilung beschleunigen können. Die förderliche Wirkung des kalten Plasmas wird außerdem auf die Ozon-Konzentration und die UV-Strahlung im Plasma zurückgeführt“, erklärt Kogelheide. Ein weiterer Vorteil von kaltem Plasma ist, dass es der körpereigenen Temperatur entspricht und somit sowohl schmerzfrei als auch kontaktlos an menschlicher Haut angewendet werden kann. Daher setzt man große Hoffnung in die Plasmaforschung.

Um die antimikrobielle Wirkung von kaltem Plasma zu erforschen, hat das interdisziplinäre Bochumer Forschungsteam um Kogelheide mit Sporen experimentiert. „Wir haben vor allem die Wirkung von Plasma auf sogenannte *Bacillus-subtilis*-Sporen untersucht. Diese Bakterien sind dafür bekannt, dass sie besonders widerstandsfähig sind; sogar im Permafrost können sie überleben. In Experimenten gelten sie daher als Goldstandard“, erklärt Kogelheide. Das Ziel der Forschenden war es, die Sporen mithilfe von kaltem Plasma gezielt zu reduzieren und vollständig zu töten.

„Wir sind kleinschrittig vorgegangen“, so Kogelheide. „Unser Hauptaugenmerk lag auf den biologischen Stoffen und Bausteinen, die durch das kalte Plasma produziert werden, also beispielsweise die UV-Strahlung, die Ozon-Konzentration, das Stickstoffmonoxid. Wie viel davon erzeugt unser Plasma? Wachsen die Sporen nach der Behandlung mit Plasma weiter? Welche Dosis zerstört die Sporen? Und welchen Anteil daran hat etwa das Ozon?“ Das Team um Kogelheide kontrollierte und veränderte immer wieder die Zusammensetzung des Gasgemisches, die Behandlungszeit und -intensität. Gemessen wurde mithilfe der Emissions- und Absorptionsspektroskopie. ▸



Im Labor begutachtet Friederike Kogelheide, wie sich das kalte Plasma auf die Bakterienkolonien ausgewirkt hat.



Mit kaltem Plasma behandelte Bakteriensporen werden auf einem Nährmedium angezüchtet. Die antimikrobielle Wirkung zeigt sich durch ein vermindertes Wachstum gegenüber unbehandelten Bakterien.

„WENN MAN DEMNÄCHST WUNDHEILUNGSCREMES DURCH EINE PLASMABEHANDLUNG ERSETZEN KÖNNTE, WÄRE DAS EIN RIESENVORTEIL.“

Friederike Kogelheide

Das Ergebnis: Nicht die einzelnen Komponenten, sondern nur das Zusammenspiel von Ozon und UV-Strahlung sowie Stickstoffmonoxid führte zur Inaktivierung der Sporen. „Die einzelnen Bausteine zeigten allein keine Wirkung. Das liegt daran, dass die Stoffe eine Synergie bilden. Eine interessante Erkenntnis war außerdem, dass eine natürliche Luftfeuchtigkeit von etwa 45 Prozent relativer Feuchtigkeit die Inaktivierung begünstigte“, erklärt Kogelheide.

Mit ihrem Ergebnis liefern die Bochumer Forschenden damit erneut den Beweis, dass kaltes Plasma antimikrobiell wirkt. Zudem konnten sie bestätigen, dass Plasma Stickstoffmonoxid erzeugt, welches Wunden schließen kann. „Wenn man demnächst Wundheilungscremes durch eine Plasmabehandlung ersetzen könnte, wäre das ein Riesenvorteil“, so Kogelheide. Denn: Die Anwendung von kaltem Plasma könne kontaktlos erfolgen. „Im Gegensatz zu Cremes ist das Infektionsrisiko bei Plasma-Anwendungen deutlich geringer“, erklärt die Wissenschaftlerin.

Entzündungshemmend, wundheilend, antimikrobiell: Auch wenn die Plasmaforschung noch in den Kinderschuhen steckt, zeichnen sich bereits jetzt vielversprechende Anwendungsgebiete ab. „Die Firmen stehen schon in den Startlöchern, um Kapital in die kassenärztliche Zulassung von plasmabasierten Medizinprodukten zu investieren“, beobachtet Kogelheide. Irgendwann wird es vielleicht selbstverständlich sein, dass die lila Plasma-Blitze durch alle Krankenhäuser zucken.

Text: lb, Fotos: rs



„DAS ZIEL WAR ES, DEN LABORAUFBAU ETWA AUF DIE GRÖSSE EINER ELEKTRISCHEN ZAHNBÜRSTE ZU MINIATURISIEREN.“

Friederike Kogelheide

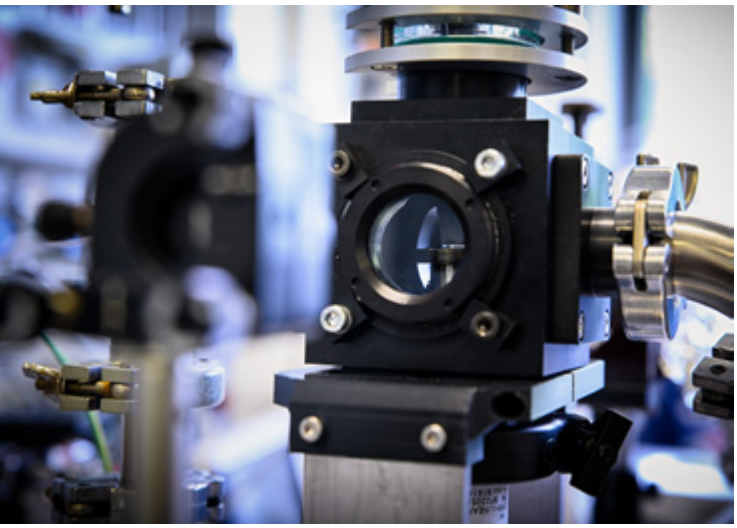
Im Gespräch

RAUS AUS DEM

Friederike Kogelheide ist von den förderlichen Eigenschaften des kalten Plasmas überzeugt. Als Plasmatechnikerin hat sie selbst Jahre daran geforscht. Nun möchte sie die Technologie vielen Menschen zugänglich machen. 2022 gründete Kogelheide darum das Start-up Glim Skin. Im Interview erzählt die Wissenschaftlerin vom Weg in die Selbstständigkeit.

Frau Kogelheide, wie kamen Sie auf die Idee, Glim Skin zu gründen?
Teilweise nehme ich die Universität noch immer als Elfenbeinturm wahr. Die Forschungsergebnisse kommen nur selten in der Gesellschaft an. Während der Doktorarbeit habe ich gedacht, dass dieses Wissen um die förderliche Wirkung von kaltem Plasma irgendwie nach außen dringen muss. Ich habe mich gefragt, wie man unsere Erkenntnisse der Gesellschaft niederschwellig zugutekommen lassen kann. Wie ist es möglich, diese in den Alltag aller zu bringen – ohne Unsummen in die Hand zu nehmen und auf die Zulassung eines Medizinproduktes zu warten?

Welches Produkt verbirgt sich hinter Glim Skin?
Probleme mit Akne und schmerzender Haut – das kennen wir ja alle. Glim Skin nutzt die Eigenschaften des kalten Plasmas, um gezielt entzündliche Hautirritationen zu behandeln und ein gesundes Hautbild zu fördern. Hinter Glim Skin steckt ein technologiebasiertes Kosmetikprodukt zur Bekämpfung kosmetischer Hautprobleme.



Im Labor können die Forschenden die Zusammensetzung des Gasgemisches kontrolliert verändern, um herauszufinden, wie die Sporen auf die Plasmabehandlung reagieren.



Nicht viel größer als eine Zahnbürste: Hinter Glim Skin steckt ein technologiebasiertes Kosmetikprodukt zur Bekämpfung kosmetischer Hautprobleme.

ELFENBEINTURM

Probleme mit Hautunreinheiten und schmerzender Haut kennen viele Menschen. Die Plasmatechnik hält eine Lösung dafür bereit. Ein Start-up steht schon in den Startlöchern.

Wie wirkt Glim Skin?

Glim Skin wirkt zum einen antimikrobiell, das heißt, es kämpft effektiv gegen Bakterien, Viren und Pilze, um die Haut gesund und rein zu halten. Zum anderen lindert es auch Entzündungen. Direkt nach der Anwendung ist eine Keimreduktion zu beobachten. Wie wir im Labor nachweisen konnten, tragen das UV-Licht und das generierte Ozon dazu bei, dass die entzündungsfördernden Mikroorganismen getötet werden. Eine kurzzeitige Absenkung des pH-Wertes der Haut schafft außerdem ein bakterienunfreundliches Milieu, wodurch verbleibende Bakterien sich nicht so schnell vermehren können.

Die Körperzellen schädigen wir dabei nicht. Tatsächlich erhöht das Plasma sogar die Durchblutung, regt die Zellerneuerung an und versorgt so die Haut mit Nährstoffen. Im Vergleich zu vielen Produkten gegen Pickel und entzündliche Hautirritationen ist unsere Plasma-Technologie obendrein chemikalienfrei und umweltfreundlich.

Glim Skin basiert auf Ihren Forschungserkenntnissen im Labor. Wie sah die Produktentwicklung aus?

Das Ziel war es, den Laboraufbau etwa auf die Größe einer elektrischen Zahnbürste zu miniaturisieren. Das Gehäuse habe ich gemeinsam mit einem Designbüro nach meinen Vorgaben entwickelt. Für die Elektronik konnte ich auf meine Erfahrungen aus meiner Promotionszeit zurückgreifen und habe zusätzlich einen Kollegen, einen gelernten Elektroniker, um Hilfe gebeten. Zusammen haben wir die Elektronik verkleinert, sodass sie in das geplante Gehäuse passt und nun mithilfe eines Akkus betrieben werden kann.

Dann habe ich immer wieder Messungen durchgeführt, geschaut, welche Intensität und welche Dosis sich empfiehlt. Das Produkt basiert auf den Ergebnissen aus den Experimenten, die wir im Labor mit Sporen durchgeführt haben.

Wann bringen Sie das Produkt auf den Markt?

Dank des Gründerstipendiums des Worldfactory Start-up Centers haben wir das Produkt nun zur Serienreife gebracht. Elektronik und Design sind fertig. Aktuell muss die Fertigung vorbereitet werden. Ich beschäftige mich also momentan mit Lieferketten, mit Spritzgussfertigern aus der Kunststoffindustrie, mit der Gehäuse- und Elektronikfertigung. Diese Woche erst habe ich zwei Firmen aus dem Werkzeugbau und der Systemintegration zusammengebracht, um eine regionale Produktion zu ermöglichen. Mir ist wichtig, dass unser Produkt in Deutschland produziert wird. Um ein Produkt auf dem europäischen Markt verkaufen zu dürfen, braucht es außerdem eine CE-Kennzeichnung. Der TÜV prüft derzeit die sichere Anwendbarkeit unseres Geräts. Anschließend wird das Prüfungsinstitut DermaTest eine unabhängige Studie mit Proband*innen durchführen, um die dermatologische Verträglichkeit zu prüfen.

Ich bin frohen Mutes, dass wir Anfang 2024 das erste Produkt verkaufen können werden.

Text: lb, Foto: rs



Im Gespräch

KÜHLUNG FÜR HEISSE OP-PHASEN

Im Operationssaal schwitzen die einen und frieren die anderen. Ein Projekt will mit spezieller Kühlkleidung Abhilfe schaffen.

In Operationssälen ist es beileibe nicht warm: Auf 19 Grad Celsius wird die Luft üblicherweise temperiert. Patienten und Teile des Personals frieren, doch Operateurinnen und Operateure sind trotzdem oft schweißgebadet. Mehr Komfort und Sicherheit für alle Beteiligten zu ermöglichen ist das Ziel eines Teilprojekts im Netzwerk InnoTecOP, an dem Privatdozentin Dr. Jennifer Herzog-Niescery beteiligt ist. Die Anästhesistin arbeitet im Klinikum der Ruhr-Universität Bochum im St. Josef Hospital und sorgt im Projekt für die Verbindung zur Praxis.

Frau Dr. Herzog-Niescery, 19 Grad Raumtemperatur – das klingt eigentlich gar nicht so, als könnte man schwitzen. Es schwitzen auch nicht alle, die im Operationssaal arbeiten – im Gegenteil. Ich als Anästhesistin zum Beispiel sitze am Kopf des Patienten und muss nicht steril sein. Das heißt, ich



Ein OP-Team bei der Arbeit: Die Kittel sind undurchlässig für alles, die Lampe strahlt zusätzlich Wärme ab. Da kann man schon ins Schwitzen kommen. (Foto: Adobe Stock)

trage wie alle anderen einen ärmellosen Kasack und eine lange Hose. Da sind 19 Grad schon frisch. Zudem wird im OP aus hygienischen Gründen die Luft sehr häufig ausgetauscht. Pro Stunde werden ungefähr 10.500 Kubikmeter Luft bewegt. Wenn man in diesem Luftstrom sitzt, ist der Zug durchaus spürbar. Ich ziehe mir da schon manchmal einen OP-Kittel oder eine Jacke über. Wenn die Temperatur um ein oder zwei Grad angehoben werden könnte, würde mich das freuen. Aber andere Kolleginnen und Kollegen sicher nicht.

Warum nicht? Wo ist das Problem?

Die Kolleginnen und Kollegen, die operieren, sind in einer ganz anderen Situation als ich. Sie müssen zum einen steril sein, das heißt, sie tragen über Kasack und Hose einen Kittel, der undurchlässig für alles ist. Sie stehen ganz nah am Patienten, der selbst und durch Wärmematten, auf denen er ▸

DIE ZULUFT IN OPERATIONSRÄUMEN WIRD AUF

19°C

TEMPERIERT.



Jennifer Herzog-Niescery friert mitunter im OP, weiß aber, dass viele Kolleg*innen häufig in Schweiß gebadet sind. (Foto: Katja Marquard)

liegt, Wärme abstrahlt. Hinzu kommen die Lampen, die auch wärmen. Dann müssen die Operateurinnen und Operateure während des Eingriffs die ganze Zeit stehen. Das ist allein schon anstrengend.

Manche Operationen erfordern außerdem einen kraftraubenden körperlichen Einsatz. Ein Metallteil in einen Knochen zu treiben ist anstrengender als einen Nagel in eine Wand zu schlagen. Bei einigen Eingriffen, die unter Röntgenkontrolle stattfinden, müssen die Kolleginnen und Kollegen dazu auch noch Bleischürzen tragen, die sehr schwer sind. Deswegen geraten sie doch ziemlich ins Schwitzen. Darunter leidet auch ihre Konzentration. Und sollte ein Schweißtropfen ins Wundgebiet fallen, wäre das natürlich auch für Patienten ein Risiko.

Wie wollen Sie da Abhilfe schaffen?

Erstmal wollen wir die Operateure noch wärmer anziehen: nämlich mit einer Art Skiunterwäsche, die unter Kasack und Hose getragen wird. Aber diese Wäsche besteht aus einem ganz besonderen Gewirk, das unsere Projektpartner am Sächsischen Textilforschungsinstitut entwickeln. Es ist mehrlagig und so beschaffen, dass es nicht in sich zusammenfällt, auch wenn man Druck darauf ausübt, etwa durch eine Bleischürze, die auf den Schultern lastet. So bleibt immer eine Luftzirkulation möglich.

Diese Zirkulation soll durch eine Schlauchverbindung entstehen, die einen Unterdruck erzeugt. Wie genau das System aussehen wird, kann ich jetzt noch nicht sagen, weil wir noch ganz am Anfang stehen. Jedenfalls ist es wichtig, dass der Luftstrom individuell steuerbar sein wird.

Warum ist das so bedeutend?

In einer Operation gibt es verschiedene Phasen. Denken wir uns mal einen Eingriff am Bauch. Da gibt es zuerst die Phase, in der man den Bauch öffnet, das ist noch recht entspannt. Wenn dann aber ein Tumor herauspräpariert werden muss, kann es durchaus hektisch und anstrengend werden, dann möchte man vielleicht mehr Kühlung. Später entspannt sich die ganze Sache dann wieder, und man möchte vielleicht wieder weniger Kühlung.

i ÜBER DAS PROJEKT

Das Forschungsvorhaben „OP-Kühlkleidung" hat im September 2023 begonnen und läuft über zwei Jahre. Es ist ein Teilprojekt im Rahmen der Netzwerkes InnoTecOP des „Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand" (ZIM), das über das Bundeswirtschaftsministerium gefördert wird. In dem Netzwerk kooperieren insgesamt 16 Unternehmen und vier Forschungseinrichtungen. Die Koordination liegt bei Prof. Dr. Hans-Martin Seipp und Prof. Dr. Thomas Steffens von der Technischen Hochschule Mittelhessen. Jennifer Herzog-Niescery ist seit September 2021 mit drei Forschungsprojekten und einem Anteil von 460.000 Euro beteiligt.

> „IN DIESEM FALL HABEN ALLE KOLLEGINNEN UND KOLLEGEN SOFORT GESAGT: MACHT DAS AUF JEDEN FALL. DAS PROBLEM IST RIESENGROSS."
>
> Jennifer Herzog-Niescery

Wie kann man so ein System regeln?
Das wissen wir noch nicht genau – entweder jemand tut das im Auftrag des Trägers der Kleidung, der ja steril bleiben muss, oder derjenige regelt das selbst über ein steriles Tablet, oder man kann zwischen beiden Optionen wählen. Wir stellen uns vor, dass es voreingestellte Settings gibt, die man individualisieren kann. Das System speichert dann, welche Person welche Vorlieben hat.

Was ist Ihr Part in dem Projekt?
Wir sind die Kliniker und damit die Verbindung zur Praxis. Wir haben mit den zu entwickelnden Patenten nichts zu tun, das heißt, wir haben kein ökonomisches Interesse. Das erlaubt es uns, auch offen zu sagen, wenn eine Entwicklung nicht funktioniert.

Meine Aufgabe ist es, erst einmal den Bedarf zu ermitteln: Gibt es einen? Wie sieht das OP-Personal das? In diesem Fall haben alle Kolleginnen und Kollegen sofort gesagt: Macht das auf jeden Fall. Das Problem ist riesengroß.

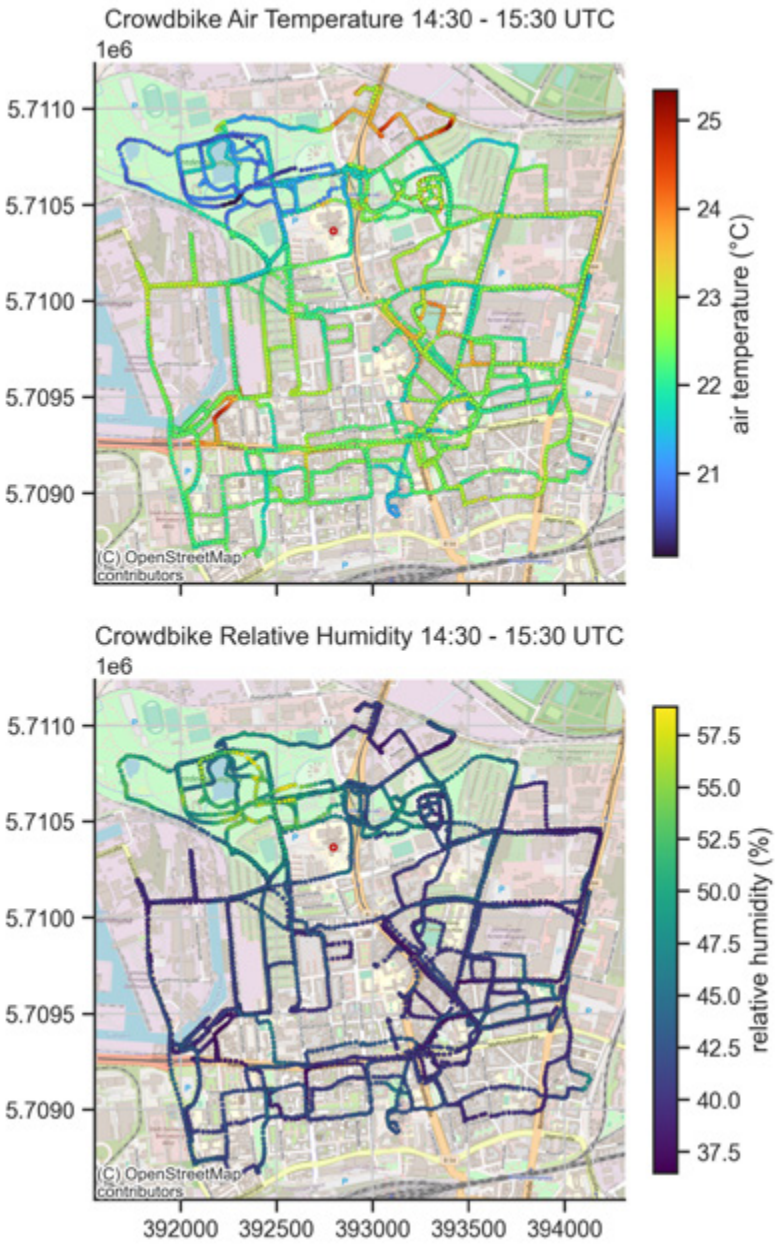
Dann ist interessant, für welche Art von OPs und Fachabteilungen es relevant ist. Bei Fünf-Minuten-Eingriffen braucht man so ein Kühlsystem natürlich nicht. Aber bei acht- oder zehnstündigen Operationen oder solchen mit Bleischürzen oder körperlich anstrengenden Prozeduren durchaus.

Dann müssen wir die Praktikabilität testen. Es bringt ja nichts, wenn das System toll funktioniert, aber wir zum Beispiel nicht ausreichend viele Andockstellen für die Vakuumabsaugung haben. Die Kühlkleidung darf natürlich auch den Operateur nicht behindern. Es geht viel um Compliance: Wenn das System zum Beispiel ein Geräusch erzeugt, das die Trägerin oder den Träger nervt, oder wenn es irgendwo zieht, sodass sie es nicht akzeptieren, bringt es nichts. Ich habe da aus vergangenen Projekten leider schon Erfahrung sammeln müssen, zum Beispiel haben wir einmal einen Gürtel mitentwickelt, der chirurgischen Rauch absaugt, der bei manchen Operationen entsteht. Der hat im Labor wirklich überzeugt, in der Praxis aber die Bewegungsfreiheit so eingeschränkt, dass er nicht akzeptiert worden ist. Da ich schon länger wissenschaftlich arbeite, sind die Kolleginnen und Kollegen es aber auch gewöhnt, dass ich sie zu solchen Dingen befrage oder mit Puppen in den OP gehe, um Dinge auszuprobieren.

Wie geht es im Projekt in den kommenden zwei Jahren weiter?
Wir werden verschiedene Varianten testen, auch verschiedene Kleidungsstücke wie Hosen und Oberteile mit langem oder kurzem Arm. Ziel ist es, am Ende der Laufzeit einen fertigen Prototypen entwickelt zu haben.

Wird es durch die Kühlkleidung dann auch für die frierenden Kolleginnen und Kollegen angenehmer im OP?
Wir hoffen, dass wir die Raumtemperatur dadurch ein wenig anheben können. Dadurch wird es auch für uns und für die Patientinnen und Patienten angenehmer. Viel wärmer kann es im OP aber nicht sein, weil Wärme auch das Wachstum von Mikroorganismen begünstigt.

md



Stadtklimatologie

EIN **BLINDER FLECK** IN DEN KLIMADATEN

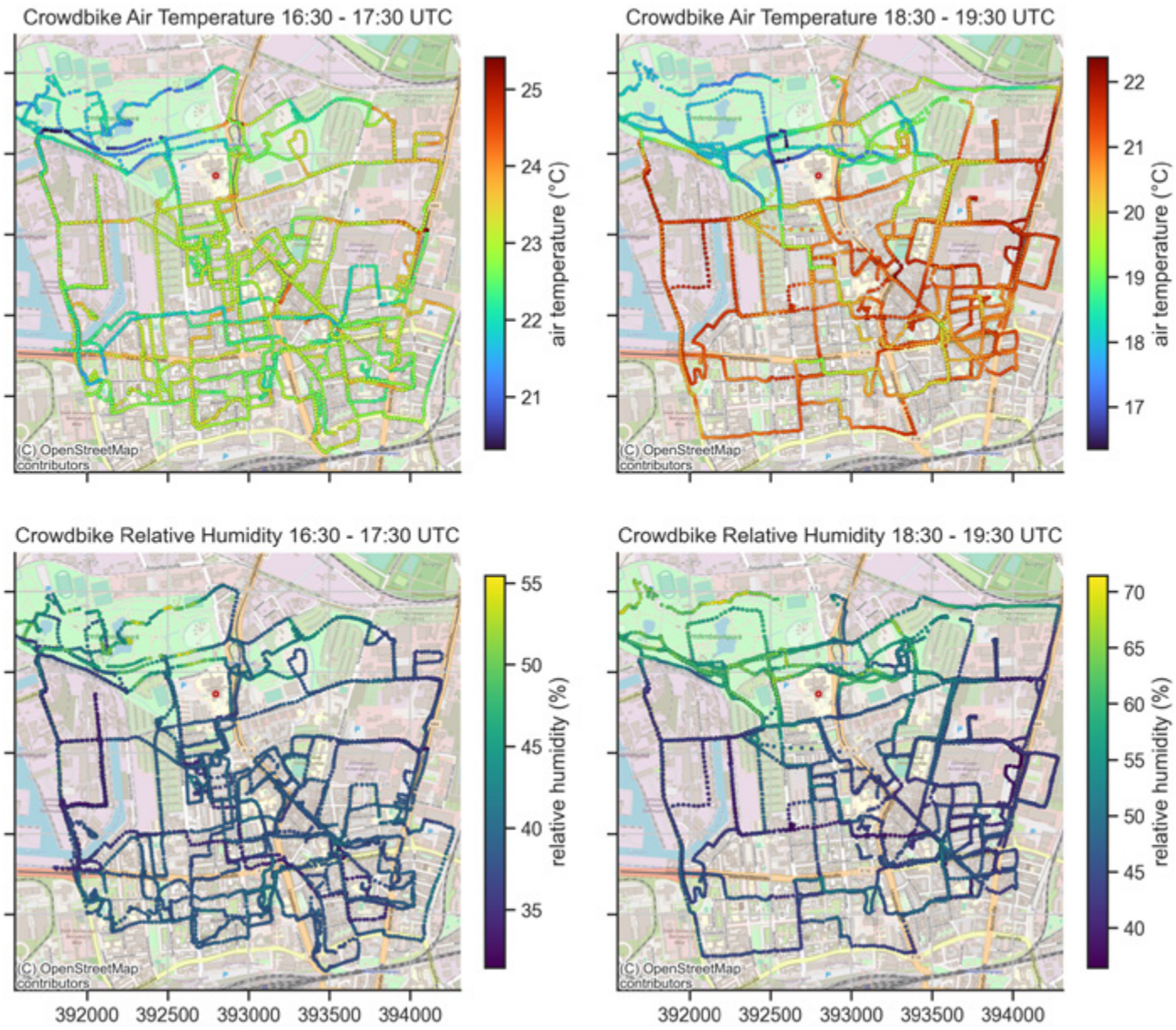
Gerade Städte sind vom Klimawandel besonders betroffen und müssen Maßnahmen zur Anpassung ergreifen. Um sie zu planen und zu bewerten, muss man aber erst einmal mehr Daten sammeln.

Mittlerweile ist spürbar, was seit Jahrzehnten vorhergesagt wurde: Die Sommer werden heißer und trockener, Regen kommt öfter als Starkregen, wenn er denn überhaupt kommt. Der Klimawandel ist global messbar. „Ungünstig ist, dass Städte in globalen Klimamodellen meistens fehlen, obwohl ein Großteil der Menschen in Städten lebt“, sagt Prof. Dr. Benjamin Bechtel, Leiter des Bochum Urban Climate Lab an der Fakultät für Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum. Städte sind teils über Jahrhunderte gewachsen und für ein bestimmtes Klima gebaut, das begonnen hat, sich zu verändern. „Nach einer Studie zu Klimaanalogen könnte das Klima in London im Jahr 2050 am ehesten dem Klima in Barcelona Ende des 20. Jahrhunderts ähneln“, verdeutlicht Benjamin Bechtel. „Dafür wurde die Stadt aber nicht gebaut.“

Aber die Unsicherheiten sind groß: Wie wird es wirklich kommen? Wo wird man welche Auswirkungen bemerken? Die Unterschiede innerhalb einer einzelnen Stadt sind erheblich. Schon zwischen einer Nachbarschaft und der angrenzenden kann das Stadtklima sich deutlich unterscheiden.

2050

KÖNNTE DAS KLIMA IN LONDON AM EHESTEN DEM KLIMA IN BARCELONA ENDE DES 20. JAHRHUNDERTS ÄHNELN.



Die Messung zeigt Lufttemperatur und relative Feuchte zu drei Zeitpunkten in der Dortmunder Nordstadt. Die Daten wurden im Juli 2023 mit Crowdbikes aufgenommen. (Bild: Urban Climate Lab)

Ganz davon abgesehen, dass Stadt nicht gleich Stadt ist. Weder gibt es eine allgemeingültige Definition, wie viele Menschen es braucht, um einen Ort Stadt zu nennen, noch gibt es verbindliche Aussagen dazu, welche Bebauung eine Stadt zur Stadt macht.

Bechtel und sein Team haben es sich zur Aufgabe gemacht, hier für mehr Systematik und vor allem für mehr gesicherte Daten zu sorgen. Nur so lässt sich messen, wie der Klimawandel sich auf Städte auswirkt und ob und wie Maßnahmen zur Klimaanpassung wirken oder nicht.

Die Forschenden erstellten eine globale Karte in einem System von zehn typischen Bebauungsformen, in die sich Städte kleinräumig einteilen lassen. Die verschiedenen Typen zeichnen sich unter anderem durch Gebäudehöhe und -dichte sowie durch bestimmte Oberflächeneigenschaften aus. Diese Faktoren beeinflussen das Mikroklima. „Je nach Bebauung vergrößert sich die Oberfläche stark und kann im Sommer mehr Hitze speichern und wieder abstrahlen“, verdeutlicht Benjamin Bechtel. „Enge Straßenschluchten lassen wenig Luftbewegung zu. Grünflächen dagegen speichern Wasser ▸

BOCHUMER KLIMASTATIONEN

Die Forschenden der Ruhr-Universität Bochum verfügen über zwei Messstationen im Stadtgebiet: die Ludger-Mintrop-Klimastation in der Nähe der Schmechtingswiese in der nördlichen Innenstadt und die Rudolf-Geiger-Klimastation hinter der Hochschule Bochum im Süden der Stadt. Beide Stationen zeichnen die Lufttemperatur in verschiedenen Höhen, die Luftfeuchte, Niederschlag, Staub, Wind, Sonnenscheindauer und Luftdruck auf. Die Station im Süden misst zudem kurzwellige und langwellige Strahlung.



Der Phönixsee in Dortmund dient auch als Regenrückhaltebecken für die Emscher, auch wenn diese sonst am See vorbeiführt. Eine gelungene Klimaanpassung und ein Beitrag zur Naherholung und zum Naturschutz. (Foto: Benjamin Bechtel)

und sorgen für dessen Verdunstung, was Kühlung bringt." Diese Effekte lassen sich messen – doch wie an detaillierte Klimadaten aus einer Stadt herankommen?

„Wir unterscheiden stationäre und mobile Messungen", erklärt Benjamin Bechtel. Leider gibt es in den wenigsten Städten ein dichtes Netz stationärer Messstationen, die Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und Strahlung aufzeichnen. „In Bochum betreiben wir zwei Stationen", sagt Bechtel. Also suchten die Forschenden nach Alternativen. Zum einen schwärmen sie gemeinsam mit Studierenden regelmäßig mit Fahrrädern aus. Zwölf bis 15 Personen radeln, ausgestattet mit kostengünstigen Sensoren, die Stadt ab. „Das Problem dabei ist, dass wir dadurch zum Beispiel Temperaturdaten erhalten, die sich räumlich und zeitlich ändern", so Bechtel. „Um ein korrektes Bild zu bekommen, sind Referenzdaten nötig, die wir nur über stationäre Messungen gewinnen können."

Zur Ergänzung der eigenen Messungen greifen die Forschenden auf Daten privater Wetterstationen zurück, die teils frei durch Hersteller verfügbar sind. „Durch dieses Crowdsourcing kommen wir an sehr viele Daten privater Wetterstationen heran, müssen aber Abstriche bei der Qualität machen", sagt Benjamin Bechtel.

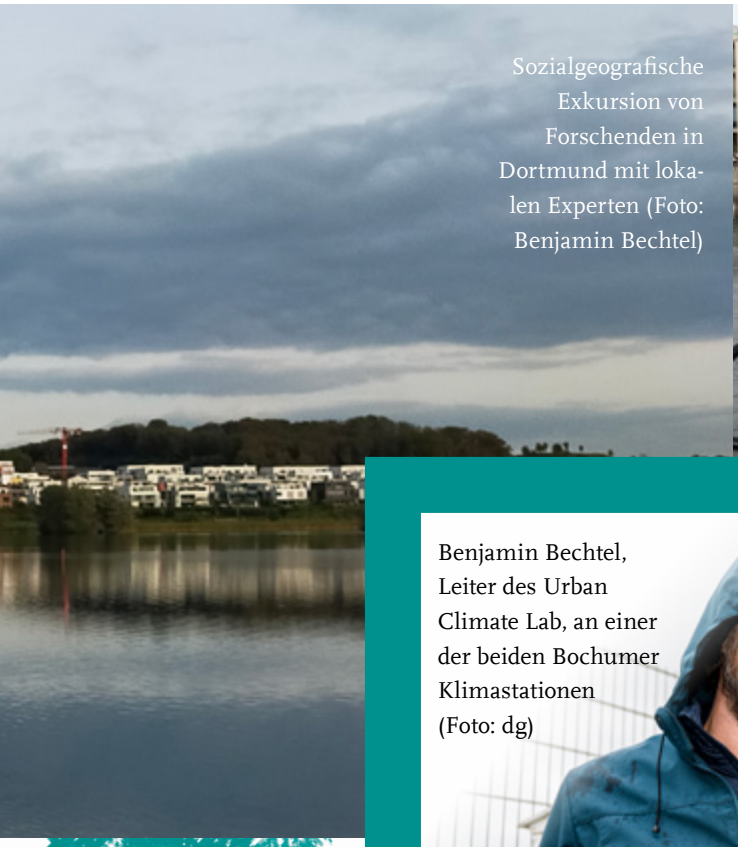
Auswertungen zeigen zum Beispiel eine auffällige Häufung von Messwerten, die rund ums Jahr Minustemperaturen belegen – vermutlich liegen die Sensoren in Gefrierschränken und wurden von deren Besitzern dazu zweckentfremdet, die Kühltemperatur zu überwachen. Auffällige Ausreißer nach oben deuten darauf hin, dass die Sensoren in der Sonne liegen. Auch diese Daten sind unbrauchbar.

Über eine eigens entwickelte Qualitätskontrolle können die Forschenden die Crowdsourcing-Daten bereinigen, sodass sie dennoch aussagekräftig sind. Was sie allerdings nicht verhindern können, ist, dass die Sensoren mit ihren Betreibern gelegentlich umziehen. Auch das verfälscht das Bild einer Stadt.

Trotzdem konnten die Crowdsourcing-Daten schon einige wertvolle Einblicke vermitteln. So belegte die Masterarbeit von Jonas Kittner auf ihrer Basis, wie sich eine Hitzeinsel in der Stadt durch Wind verändert. Wind aus einer Richtung treibt die Wärme in die andere Richtung und verschiebt die Hitzeinsel. „Solche Folgerungen kann man nur mit sehr vielen Messstationen ziehen", sagt Benjamin Bechtel.

Dennoch ist er überzeugt, dass die Städte eigene Messstationen betreiben müssen, wenn sie den Herausforderungen der Klimaanpassung gerecht werden wollen. In Bochum sind inzwischen in Zusammenarbeit vieler Akteure mehrere Messstationen an Schulen geplant. Die Stadt Gelsenkirchen hat bereits 15 bis 20 eigene Messstationen aufgebaut. Besonders hochwertige Daten erwarten die Forschenden aus Dortmund im Rahmen des Projekts „Data2Resilience", das Bechtel koordiniert und das durch den ICLEI Action Fund (ICLEI steht für International Council for Local Environmental Initiatives) mit Mitteln der Google-Stiftung finanziert wird. Ziel ist es, die Stadt Dortmund bei Maßnahmen für mehr Hitzeresilienz wissenschaftlich zu unterstützen. Dazu wird gemeinsam mit der Stadt ein flächendeckendes Sensornetzwerk aufgebaut, das es auch erlaubt, die Daten in den Bereichen zwischen den Messstationen abzuschätzen.

„Wir sind dabei, geeignete Orte auszuwählen, um die Sensoren anbringen zu können", so Benjamin Bechtel. Die Sensoren sollen an Laternenmasten angebracht werden, die rund um die Uhr über Strom verfügen. „Sie sind ausreichend hoch, damit wir die Messstationen außerhalb der Reichweite von Passanten in etwa dreieinhalb Metern Höhe anbringen



Sozialgeografische Exkursion von Forschenden in Dortmund mit lokalen Experten (Foto: Benjamin Bechtel)





Benjamin Bechtel, Leiter des Urban Climate Lab, an einer der beiden Bochumer Klimastationen (Foto: dg)

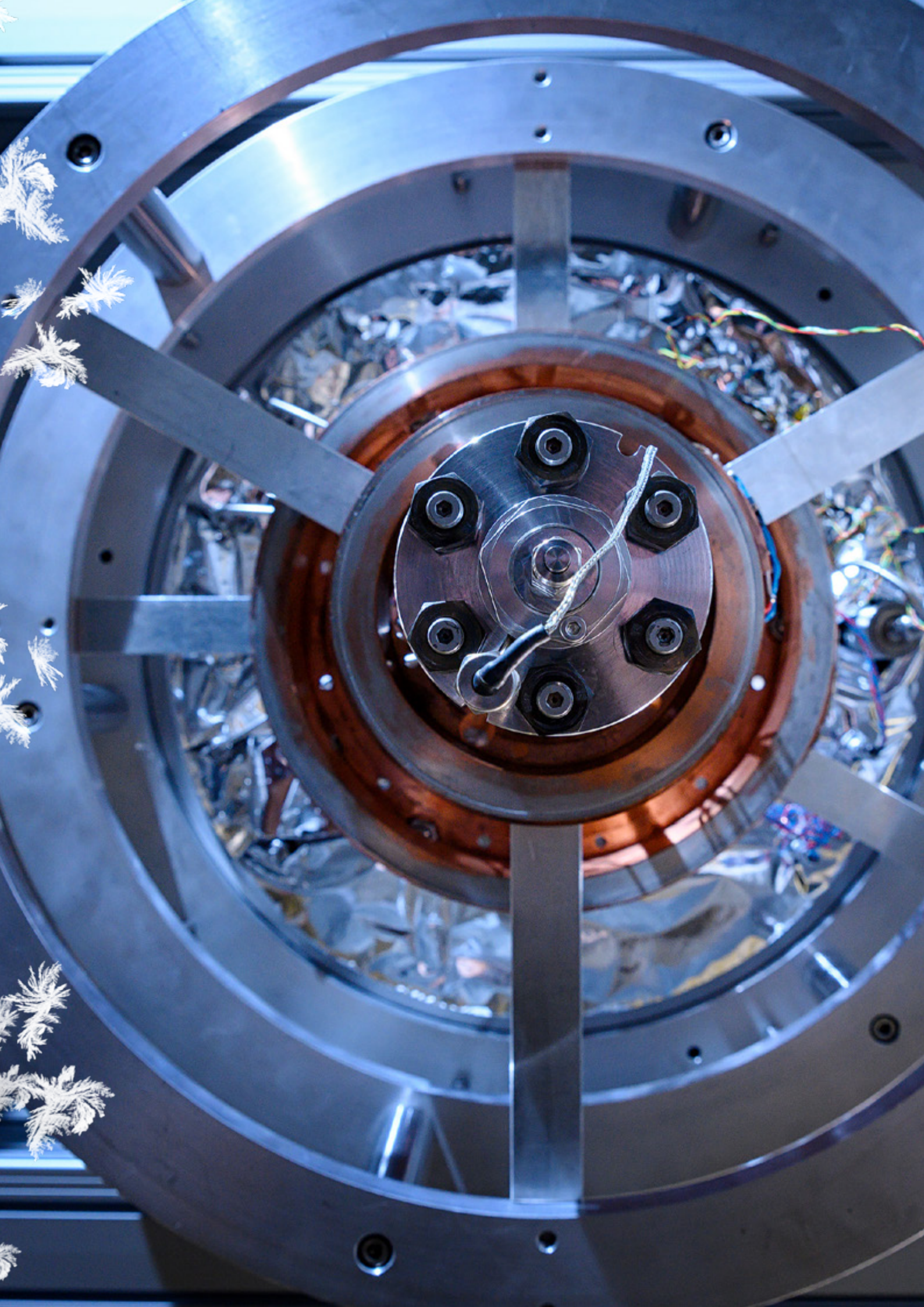
„GRÜNFLÄCHEN SPEICHERN WASSER UND SORGEN FÜR DESSEN VERDUNSTUNG, WAS KÜHLUNG BRINGT.“

Benjamin Bechtel

können“, erklärt der Forscher. Neben Temperatur- und Luftfeuchtesensor verfügen die Messstationen teilweise auch über eine schwarze Kugel, die die Strahlungstemperatur messen kann. Denn die Lufttemperatur ist nicht allein dafür verantwortlich, ob wir uns thermisch wohlfühlen oder nicht. Wer sich bei sommerlicher Wärme im Schatten aufhält, erträgt die Temperatur besser, als wer mitten in der prallen Sonne steht und deren Wärmestrahlung zusätzlich spürt.

Die Dortmunder Sensoren sollen helfen zu ermitteln, wo es in der Stadt thermisch besonders angenehm oder unangenehm ist, das Hitzemonitoring und die Gesundheitsberichterstattung unterstützen, aber auch belegen, wie Maßnahmen zur Klimaanpassung wirken. „Entsiegelung, Begrünung und Beschattung von Plätzen sind ein paar Beispiele der möglichen Maßnahmen, die Städte treffen können, um die Wirkung der Hitze im Sommer abzumildern“, erklärt Benjamin Bechtel. „Durch die Auswertung der Messdaten vorher und nachher können wir objektiv belegen, was solche Maßnahmen bringen.“ Im Sommer 2024 sollen die ersten Messdaten des kompletten Netzes vorliegen. Das Projekt wird seit 2023 für zwei Jahre gefördert. „Danach wäre ein Upscaling auf das ganze Ruhrgebiet natürlich toll“, wünscht sich Benjamin Bechtel.

md



Im Gespräch

FORSCHUNG NAHE DEM **NULLPUNKT**

Wer sich mit dem Thema Wasserstofftransport befassen will, muss das Thermometer weit herunterdrehen. Roland Span weiß, welche Herausforderungen das mit sich bringt – und wagt es trotzdem.

Der Blick von unten auf die Messzelle lässt den komplizierten Aufbau des Thermostaten erahnen, mit dem die Forschenden auch bei sehr tiefen Temperaturen Temperaturgradienten im Milli-Kelvin-Bereich realisieren können.

In der eigentlichen Messzelle herrschen während der Messung Drücke von bis zu 120 Bar.



Mit dieser selbst entwickelten Anlage messen die Bochumer Forschenden Dichten bei sehr niedrigen Temperaturen – beispielsweise von verflüssigtem Erdgas oder von Wasserstoff.

Das Heizungsgesetz hat im Sommer 2023 eine neue Debatte entfacht, was eigentlich die Energieträger der Zukunft sein sollen. Wasserstoff geistert schon lange als vielversprechender Kandidat herum. Aber um eine energieeffiziente Wasserstoffwirtschaft etablieren zu können, fehlt entscheidendes Grundlagenwissen – beispielsweise dafür, wie Wasserstoff effizienter als heute verflüssigt und transportiert werden kann. An dieser Frage forscht Prof. Dr. Roland Span mit seinem Team. Dazu müssen die Thermometer in den Thermodynamik-Laboren der Ruhr-Universität nah an den absoluten Nullpunkt heruntergedreht werden. Ein risikobehaftetes Unterfangen.

Herr Professor Span, um Wasserstoff transportieren zu können, muss er verflüssigt werden. Das klingt eigentlich einfach. Wo ist das Problem?

Das Problem ist, dass wir auf extrem niedrige Temperaturen herunterkühlen müssen: 20 Kelvin, das sind etwa minus 253 Grad Celsius. Zum Vergleich: Flüssiges Erdgas, auch als LNG bekannt, wird heute schon großtechnisch verflüssigt transportiert. Dafür braucht man im Tank etwa 115 Kelvin. Je tiefer die Temperatur, also je näher wir dem absoluten Nullpunkt kommen, desto aufwendiger werden die erforderlichen Techniken.

Mit welcher Technik bekommt man Wasserstoff denn in seine flüssige Form?

Wasserstoff oder auch Erdgas werden in großtechnischen Anlagen typischerweise mit einem kalten Gemisch vorgekühlt. Im Fall von Erdgas sind das zum Beispiel Gemische aus Stickstoff, Methan und Propan. Bei Wasserstoff braucht man deutlich tiefere Temperaturen, dafür eignen sich Gemische aus Helium und Neon. Zwischen den Strömen des zu kühlenden Gases und dem Kühlmittel findet eine Wärmeübertragung statt, das Kühlmittel entzieht dem zu kühlenden Gas also Wärme. Damit das effizient klappt, muss der Temperaturunterschied zwischen den Strömen extrem klein sein. Je näher am absoluten Nullpunkt wir uns befinden, desto störender werden die Temperaturunterschiede.

UM WASSERSTOFF ZU VERFLÜSSIGEN, MUSS ER AUF

−253 °C

HERUNTERGEKÜHLT WERDEN.

Kostet die Kühlung selbst nicht wahnsinnig viel Energie? Lohnt sich das überhaupt?

Die Verflüssigungsanlagen, die wir heute haben, stammen meist aus den 1960er- oder 1970er-Jahren. Sie sind vielfach für die Produktion von Raketentreibstoff gedacht gewesen. Wenn es heute heißt, der Energieaufwand für die Verflüssigung von Wasserstoff sei so groß, bezieht sich das auf eine Anlagentechnik, die nie wirklich energetisch optimiert worden ist. Wir können viel besser werden. Dann lohnt es sich auch, Wasserstoff flüssig zu transportieren.

Wie viel besser geht es?

Man hofft, den Energieverbrauch für die Wasserstoffverflüssigung in etwa halbieren zu können. Genau da setzt unsere Stoffdatenforschung ein.

Wofür braucht man Stoffdaten?
Stoffeigenschaften wie Dichten, Wärmekapazitäten oder Siedetemperaturen sind Größen, die man braucht, wenn man eine technische Anlage auslegen will. Sie verraten einem, wie die Anlage genau beschaffen sein muss, um ihren Zweck möglichst effizient erfüllen zu können. Je genauer ich die entsprechenden Stoffeigenschaften kenne, desto geringer werden die Unsicherheiten beim Auslegen der Anlage.

Roland Span

„ICH BIN ÜBERZEUGT DAVON, DASS WASSERSTOFF KOMMT. ABER VIELLEICHT ANDERS, ALS MANCHE LEUTE ES ERWARTEN.“

Wasserstoff wird schon lange als Energieträger gehandelt. Gibt es noch so viel Unbekanntes?
Tatsächlich sind die Stoffeigenschaften von Wasserstoff ungefähr zehnmal unsicherer als die von anderen Gasen, die wir großtechnisch verflüssigen, zum Beispiel Methan als Hauptkomponente von Erdgasen oder Stickstoff. Wir haben zwar viele Daten für Wasserstoff, aber sie stammen überwiegend aus den 1960er- und 1970er-Jahren und sind mit den damaligen Techniken gemessen worden. Heute gibt es modernere Verfahren, zum Beispiel die Magnetschwebewaagen-Technik, die wir hier in Bochum verwenden. Solche Verfahren sind niemals auf Wasserstoff bei tiefen Temperaturen angewendet worden. Es gibt auch weltweit keine Anlagen, die das könnten.

Also gibt es die Anlage, die man für die Messungen braucht, gar nicht?
Nein, es gibt weltweit keine geeigneten Messanlagen, die bei den wasserstofftypischen tiefen Temperaturen messen können. Moderne Verfahren zur Dichte- und Schallgeschwindigkeitsmessung sind bislang nur bis rund 100 Kelvin angewendet worden. Bei Wasserstoff reden wir über fünfmal tiefere Temperaturen. Sie zu realisieren ist Ziel des ERC Grants, den wir hier am Lehrstuhl bearbeiten. Wir wollen die Messtechnik aufbauen, mit der wir die modernen Messverfahren für Dichte und Schallgeschwindigkeit auf Temperaturen übertragen können, wie sie für Wasserstoff üblich sind. 20 Kelvin sind dazu technisch mindestens notwendig; aus wissenschaftlichen Gründen würden wir gerne bis hinunter zu 14 Kelvin messen können. Ob das klappt, ist keinesfalls sicher. Es ist ein Hochrisiko-Projekt. Aber wir haben hier in Bochum die besten Voraussetzungen.

Weil Sie bereits Erfahrungen aus LNG-Messungen haben?
Genau, unsere Anlage, mit der wir LNG vermessen haben, ist in dieser Genauigkeitsklasse die Anlage, die die tiefsten Temperaturen erreicht: 100 Kelvin. Die anderen Anlagen, die es weltweit gibt, messen typischerweise nur bis 230 oder 240 Kelvin. Wasserstoff mit 20 Kelvin ist aber noch mal eine ganz andere Liga. Hätten wir nicht die Erfahrungen aus den LNG-Messungen, hätte ich mich nicht getraut, dieses Projekt in Angriff zu nehmen. Der Schritt runter auf 100 Kelvin war ein großer. Die Erfahrungen werden uns helfen. ▸

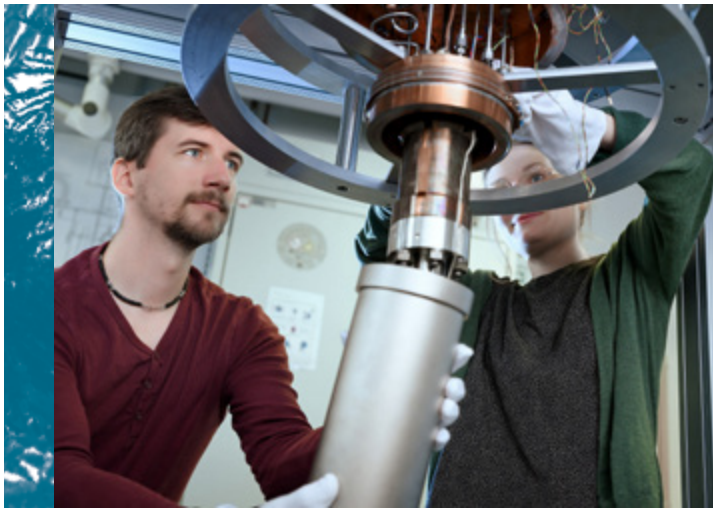


Roland Span leitet an der Ruhr-Universität Bochum den Lehrstuhl für Thermodynamik.

i ABSOLUTER NULLPUNKT
Der absolute Nullpunkt definiert die tiefste Temperatur, die theoretisch erreicht werden kann. Sie liegt bei 0 Kelvin, das entspricht minus 273,15 Grad Celsius.

LNG
Als LNG bezeichnet man flüssiges Erdgas. Die Abkürzung steht für Liquefied Natural Gas. LNG hat eine viel höhere Dichte als gasförmiges Erdgas. In flüssiger Form lassen sich also größere Mengen auf kleinerem Raum, beispielsweise in Schiffstanks, transportieren.

FORSCHUNGSFÖRDERUNG DURCH DEN ERC
Der Europäische Forschungsrat, auf Englisch European Research Council, kurz ERC, fördert exzellente Grundlagenforschung, die risikobehaftet ist, aber große Erkenntnisgewinne verspricht. 2022 hat Roland Span einen Grant aus diesem Förderprogramm für die Wasserstoff-Grundlagenforschung erhalten.



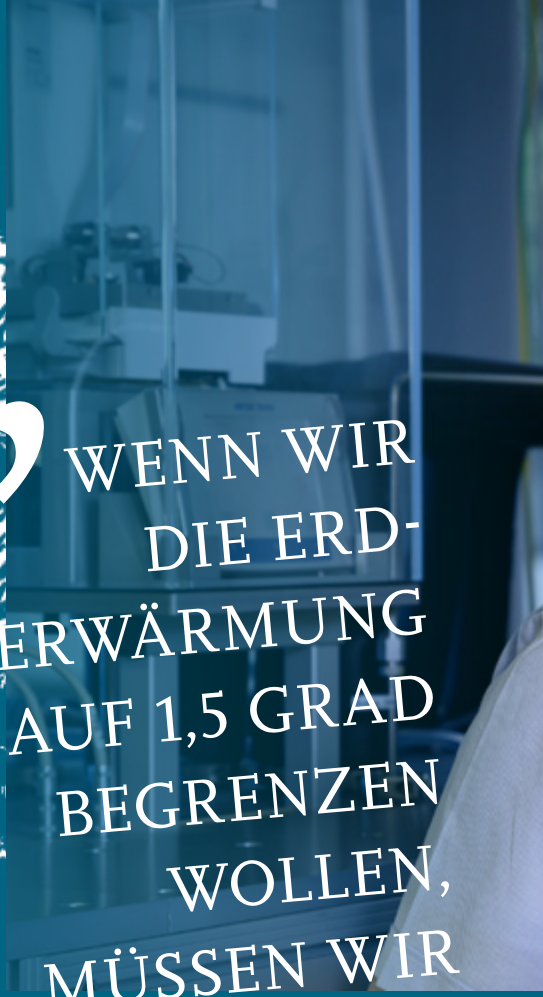
Nils von Preetzmann und Meret Rösler promovieren am Lehrstuhl für Thermodynamik. Hier montieren sie die innerste Stufe des Thermostaten.

Was würde es bedeuten, wenn das Unterfangen scheitert?
Dass wir bis auf Weiteres Schwierigkeiten haben werden, Anlagen so zu optimieren, dass der Wasserstofftransport deutlich energieeffizienter wird. Wir müssten dann nach dem Prinzip „Versuch und Irrtum“ vorgehen, die ganze Entwicklung könnte sich verzögern. Oder man würde letztendlich auf weniger energieeffizienten Lösungen sitzenbleiben.

Wie überzeugt sind Sie, dass sich Wasserstoff als Energieträger durchsetzen wird?
Ich bin überzeugt davon, dass Wasserstoff kommt. Aber vielleicht anders, als manche Leute es erwarten. Ich glaube zum Beispiel nicht, dass wir in großem Stil mit Wasserstoff statt mit Erdgas heizen werden. Alle, die sich heute noch Erdgasheizungen kaufen und glauben, dass sie später Wasserstoff verbrennen können, könnten ein böses Erwachen erleben. Im Vergleich mit Wasserstoff wird eine Wärmepumpe unschlagbar günstig sein. Wenn ich ein Haus mit einer modernen Wärmepumpe beheize, brauche ich dafür ganz grob sechsmal weniger grünen Strom, als wenn ich aus dem Strom Wasserstoff herstelle und den dann in einer Gasheizung verbrenne.

Wo könnte Wasserstoff stattdessen zum Einsatz kommen?
Es gibt ein paar Anwendungen, etwa für Brennstoffzellen oder als Treibstoff mit hoher Energiedichte, für die langfristig der Import von Wasserstoff die energetisch günstigste Lösung sein wird. Viel Wasserstoff brauchen wir außerdem für die chemische Industrie, zum Beispiel für die Herstellung von Dünger. Allerdings benötigt man für die Düngerproduktion im Grunde Ammoniak, also NH_3, nicht Wasserstoff, also H_2. Ammoniak kann man besser dort herstellen, wo der Wasserstoff produziert wird, und dann den Ammoniak transportieren – anstatt Wasserstoff zu verflüssigen, zu transportieren und am Zielort daraus Ammoniak herzustellen. Es ist also keine Frage von entweder oder. Verschiedene Techniken haben verschiedene Vorteile. Ich erwarte, dass wir sie nebeneinander sehen werden.

Text: jwe, Fotos: rs



„WENN WIR DIE ERDERWÄRMUNG AUF 1,5 GRAD BEGRENZEN WOLLEN, MÜSSEN WIR ZUNÄCHST GRUNDSÄTZLICH EXISTIERENDE TECHNOLOGIEN OPTIMIEREN.“

Roland Span



Standpunkt

„WIR MÜSSEN AUCH IN **ZIELGERICHTETE GRUNDLAGENFORSCHUNG** INVESTIEREN“

Für die Demonstration neuer Techniken oder ihren großtechnischen Einsatz werden massiv Fördermittel bereitgestellt. Das ist wichtig, um die Energiewende voranzubringen. Aber die Basis darf darüber nicht vergessen werden.

Für die Weiterentwicklung der Wasserstoffindustrie sind technische Demonstrationsprojekte unerlässlich. Aber das allein reicht nicht. Wir brauchen auch eine zielgerichtete Grundlagenforschung. Allerdings sind unsere Forschungsfördermechanismen dafür bislang nicht gut geeignet.

Am Lehrstuhl für Thermodynamik haben wir großes Glück, dass der Europäische Forschungsrat und die Deutsche Forschungsgemeinschaft unsere technisch relevante Grundlagenarbeit fördern. Diese Institutionen bewerten Forschungsanträge primär nach Exzellenz, nicht nach Relevanz für eine bestimmte technische Anwendung. Und das ist auch gut so – langfristig brauchen wir eine von Anwendungen zunächst unabhängige Grundlagenforschung. Daneben brauchen wir aber gerade in den Ingenieurwissenschaften auch eine Forschung, die mit Methoden der Grundlagenforschung konkrete technische Fragen aufgreift, etwa um Technologien zu optimieren.

Oft haben wir aber, wie Kolleginnen und Kollegen überall auf der Welt, im Wettbewerb um Fördermittel für zielgerichtete Grundlagenforschung Schwierigkeiten zu argumentieren, weil wir nicht die Voraussetzungen für anwendungsorientierte Förderprogramme erfüllen. Hier wird nach dem sogenannten Technology Readiness Level, kurz TRL, unterschieden, je nachdem wie nah an der Anwendung man forscht. Viele große Förderprogramme verlangen heute ein bestimmtes TRL. Daraus können Gutachtende schnell den Schluss ziehen, dass ingenieurwissenschaftliche Grundlagenforschung in solchen Programmen nichts zu suchen hat.

Die TRL-Skala mag sinnvoll sein, wenn man eine neue Technik von den Anfängen bis zum fertigen Produkt entwickelt. Aber sie taugt nicht für existierende Techniken, die weiterentwickelt werden sollen – so wie es bei der Verflüssigung von Wasserstoff der Fall ist.

In früheren Projekten haben wir gezeigt, dass wir bei der Optimierung bestehender Technologien in kurzer Zeit den Sprung von der Grundlagenforschung ans oberste Ende der TRL-Skala schaffen können. Eine von uns im Labor entwickelte Gleichung wurde zum Beispiel ein Jahr später für einen Großteil des weltweit gehandelten LNG als Standard für die Abrechnung eingesetzt.

Natürlich ist es richtig, dass die großen Pilotprojekte gefördert werden. Wir brauchen die Erfahrungen daraus. Nationale und internationale Fördermittelgeber dürfen aber nicht vergessen, dass es ebenso wichtig ist, in die zielgerichtete Grundlagenforschung zu investieren. Die Zeit drängt: Wenn wir die Erderwärmung auf 1,5 Grad begrenzen wollen, müssen wir zunächst grundsätzlich existierende Technologien optimieren. Das kann nur gelingen, wenn wir auch in zielgerichtete Grundlagenforschung investieren – nicht nur in der Wasserstofftechnik, sondern auch in vielen anderen Bereichen.

Prof. Dr. Roland Span, Lehrstuhl für Thermodynamik; Foto: rs

DREI

Neurowissenschaft

EISKALTE MINUTEN

Wie regulieren Männer und Frauen ihre Emotionen, wenn sie gestresst sind? Das zeigt eine neue Studie aus der Kognitionspsychologie, die den sozial evaluierten Kaltwassertest einsetzt.

Das Wasser misst null bis zwei Grad. „Legen Sie Ihre nicht dominante Hand in das Kaltwasserbecken. Und schauen Sie nun in die Kamera vor Ihnen“, so lautet die Anweisung. Ein Motor bringt das kalte Wasser zum Zirkulieren. Nach einer Weile färbt sich die Hand des Probanden leicht rot. Er lenkt sich ab, lässt den Blick schweifen, ballt eine Faust. Die Versuchsleiterin verzieht keine Miene und korrigiert: „Bitte sitzen Sie aufrecht, Hand ausstrecken, und in die Kamera schauen.“ Nach einiger Zeit wird der Proband angewiesen, die Hand wieder aus dem Wasser zu nehmen – wie alle der 80 Teilnehmenden.

„Unsere Versuchspersonen sollen das drei Minuten lang machen. Ich habe es nicht geschafft minutenlang die Kälte auszuhalten. Das ist ziemlich schmerzhaft,“ weiß Dr. Katja Langer, Postdoktorandin am Lehrstuhl für Kognitionspsychologie aus eigener Erfahrung. Die Wissenschaftlerin verwendet den sogenannten sozial evaluierten Kaltwassertest zur Stressinduktion. „Die Situation im Labor löst bei den meisten Probandinnen und Probanden eine physiologische und psychische Stressreaktion aus, deren Auswirkungen wir dann auf verschiedene kognitive und emotionale Prozesse untersuchen“, so Langer. In ihrer neusten Studie, veröffentlicht in der Zeitschrift „Psychoneuroendocrinology“, zeigt sie, dass sich der Einfluss von Stress auf die kognitive Emotionsregulation bei Männern und Frauen unterschiedlich stark auswirkt.

3 MINUTEN
HALTEN VERSUCHSPERSONEN IHRE HAND BEIM SOZIAL EVALUIERTEN KALTWASSERTEST IN KALTES WASSER.

Menschen reagieren unterschiedlich auf Stress. Einige sind leichter dafür anfällig, chronisch gestresst zu sein, gar depressiv zu werden, andere erholen sich recht schnell von stressigen Situationen. „Wir wollen herausfinden, welche Faktoren diese unterschiedlichen Anfälligkeiten erklären“, so Langer. Forschungen haben gezeigt, dass es zwei Hauptstresssysteme gibt. „Wenn wir unter Stress stehen, schüttet unser Körper zum einen das Stresshormon Kortisol aus. Zum anderen wird unser sympathisches Nervensystem aktiviert, und damit sind die Neurotransmitter Adrenalin und Noradrenalin gemeint. Wir spüren unser Herz rasen, merken, wie der Blutdruck steigt“, führt Langer aus.

Die Bochumer Forscherin interessiert sich vor allem für die unmittelbaren Reaktionen auf Stress. Sie untersucht, wie sich Stress kurzfristig auf unsere kognitive Emotionsregulierung auswirkt, also die Fähigkeit, unsere Empfindungen durch eigene Gedanken zu steuern. „Wir interessieren uns für zwei kognitive Strategien, nämlich das Umbewerten und das Ablenken“, erklärt Katja Langer. Wie schwer fällt uns das, wenn wir gestresst sind?

Der sozial evaluierte Kaltwassertest soll Erkenntnisse bringen. Die eingangs beschriebene Situation aktiviert bei den Probandinnen und Probanden beide Stresssysteme. Nach dem Handbad im kalten Wasser werden ihnen Bilder von negativen Ereignissen gezeigt. „Ihre Aufgabe ist es, die abgebildeten Situationen neu zu bewerten, neu zu interpretieren, sich ein positives Ende auszumalen oder sich abzulenken, etwa in dem sie an eine andere Situation denken, die nichts mit dem Bild zu tun hat“, so Langer.

Vor dem Kaltwassertest und im direkten Anschluss daran erhebt das Forschungsteam per Fragebögen, was die Probandinnen und Probanden empfinden. „Wir fragen nach Emotionen, die der differenziellen Affektskala entsprechen. Haben die Personen zum Beispiel Trauer, Wut, Ekel, Schuld, Angst oder eben auch Freude oder Interesse gespürt?“, so Langer. Außerdem wollen die Forschenden wissen, wie schwierig die Versuchspersonen es fanden, die Hand in kaltes Wasser zu halten, und wie gestresst sie sich dabei gefühlt haben. „Unsere Probandinnen und Probanden sollen ihre Erfahrungen hier auf einer Skala von 0 bis 100 einschätzen“, erklärt Langer. Auch die Reaktionen auf den Bildertest werden abgefragt: Wie erregt waren Sie? ▸



Beim sozial evaluierten Kaltwassertest werden Probandinnen und Probanden beobachtet und gefilmt. Das erzeugt zusätzlichen Stress.

0 – 2 GRAD

MISST DAS WASSER, IN DAS VERSUCHSPERSONEN IHRE HAND BEIM SOZIAL EVALUIERTEN KALTWASSERTEST HALTEN SOLLEN.

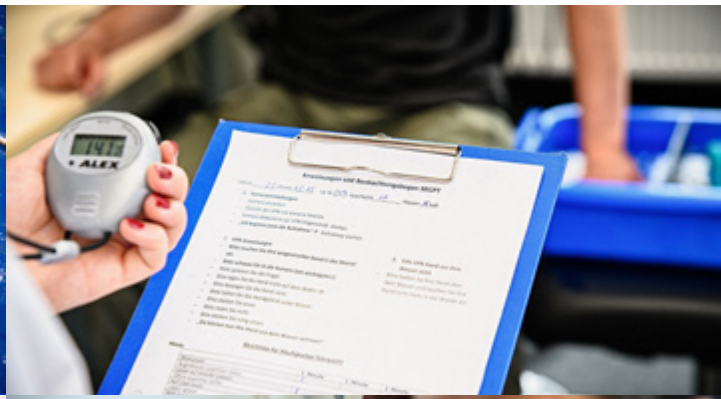
Wie negativ oder positiv haben Sie die jeweiligen Situationen eingeschätzt? Wie gut ist Ihnen die Regulation der Emotionen gelungen?

Als zusätzliches, objektives Maß erfasst Langer die verschiedenen physiologischen Reaktionen. Vor dem Test, währenddessen und danach werden nicht nur Blutdruck und Pulsfrequenz gemessen, um die eindeutige Stressreaktion zu bestätigen. Es werden auch Speichelproben entnommen, um Kortisol und das Enzym Alpha-Amylase nachzuweisen. Letzteres steht in Zusammenhang mit der Ausschüttung von Adrenalin und Noradrenalin. Außerdem wird die jeweilige Pupillenweitung erfasst. Langer erläutert: „Die Pupillenweitung ist ein bekanntes Maß für Erregung und kognitive Anstrengung. Je emotional erregter ich bin oder je stärker ich mich darauf konzentriere, etwas umzubewerten, desto größer meine Pupillen. Das hängt mit der Aktivierung des präfrontalen Cortex zusammen."

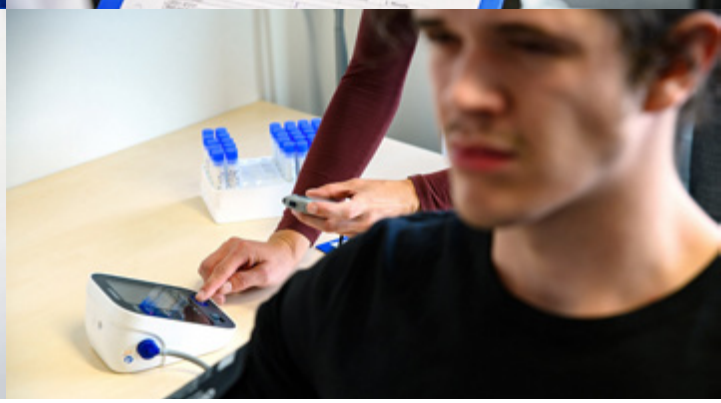
Insgesamt 80 Versuchspersonen, 40 Männer und 40 Frauen, haben an der Studie von Langer teilgenommen. Die Hypothese, dass allen, Männern und Frauen, die Emotionsregulierung im Stresszustand schwerer fällt, konnte nicht bestätigt werden. Die Ergebnisse deuten auf deutliche Unterschiede zwischen Frauen und Männern hin. Tatsächlich zeigten die Untersuchungen, dass sich Männer unter Stress deutlich besser ablenken konnten. „Bei Männern scheint der Stress zu einer verbesserten Emotionsregulierung geführt zu haben. Das hat uns total sprachlos gemacht", resümiert Langer. Bei Frauen hingegen deuteten die Ergebnisse eher in die andere Richtung: Die Stressreaktion stand hier mit einer schlechteren Emotionsregulierung in Zusammenhang.

Die Forscherin führt die Unterschiede zum einen auf den zeitlichen Ablauf der Studie und zum anderen auf hormonelle Unterschiede zurück. „Vorgängerstudien konnten bereits zeigen, dass Kortisol erst nach etwa 20 Minuten vermehrt ausgeschüttet wird. Die Aktivierung des sympathischen Nervensystems hingegen passiert innerhalb von Sekunden nach der Stressinduktion, als unmittelbare Reaktion auf das kalte Wasser. Kortisol wird als Reaktion auf die unangenehme Überwachungssituation zeitverzögert ausgeschüttet", erläutert Langer. Die Bilder-Aufgabe fand etwa zehn bis dreißig Minuten nach dem Kaltwassertest statt. Je nachdem, wann









Beim sogenannten sozial evaluierten Kaltwassertest müssen die Versuchspersonen ihre Hand für drei Minuten in ein Becken mit eiskaltem Wasser halten. Das Wasser misst null bis zwei Grad. Ein Motor bringt das kalte Wasser zum Zirkulieren. Die Forschenden messen vor dem Kaltwassertest, währenddessen und danach den Blutdruck sowie die Pulsfrequenz. Darüber hinaus bewertet der Proband vorher und nachher seinen Gefühlszustand und gibt Speichelproben ab.



Katja Langer ist Postdoktorandin am Lehrstuhl für Kognitionspsychologie und untersucht den Einfluss von Stress auf unsere kognitive Emotionsregulation.

> „BEI MÄNNERN SCHEINT DER STRESS ZU EINER VERBESSERTEN EMOTIONSREGULIERUNG GEFÜHRT ZU HABEN. DAS HAT UNS TOTAL SPRACHLOS GEMACHT.“
>
> Katja Langer

sich die Versuchsperson der Aufgabe widmete, war Kortisol bereits aktiv oder nicht. Langer teilte daraufhin das Studiendesign in zwei Phasen auf, um ihre Vermutung, dass Stress, je nach Zeitverzögerung, einen gegenläufigen Effekt erzeugt, zu bestätigen. Und tatsächlich: Die Männer waren erst besser in der Regulierung ihrer Emotionen, wenn nach dem Kaltwassertest 20 Minuten vergangen waren, also genau dann, wenn Kortisol besonders aktiv war. Bei Frauen war dies jedoch nicht der Fall.

Die Effekte von Kortisol auf die Emotionsregulierung scheinen also, je nach Geschlecht, unterschiedlich zu sein. Bei Männern führt Kortisol zu einer verbesserten Emotionsregulierung. Bei Frauen fällt die Beeinträchtigung in der Emotionsregulierung über das sympathische Nervensystem vermutlich stärker aus. Kortisol scheint bei Frauen keine oder zumindest geringere förderliche Effekte auf ihre Regulationsfähigkeit zu haben. Das Ergebnis könnte damit erklärt werden, dass Frauen vermindert Kortisol ausschütten und die sympathische Aktivierung von Adrenalin und Noradrenalin im Gehirn stärker ist. In Folgestudien möchte Langer diese Vermutungen bestätigen.

Dass Geschlechtshormone und Stresshormone stark miteinander interagieren, ist wissenschaftlich erwiesen. „Von Frauen, die hormonell verhüten, weiß man bereits, dass sie vermindert Kortisol ausschütten. Unsere Forschung legt nahe, dass sie damit auch in ihrer Fähigkeit eingeschränkt sind, auf Stress zu reagieren. Das müsste man gesondert erheben“, so Langer. In ihrer Studie haben die Forschenden nur Frauen als Probandinnen zugelassen, die nicht hormonell verhüten und in der Lutealphase ihres Zyklus und damit exakt drei bis neun Tage vor der Menstruation waren.

20 MINUTEN

DAUERT ES NACH EINEM STRESSAUSLÖSER, BIS DAS STRESSHORMON KORTISOL VERMEHRT IM KÖRPER AUSGESCHÜTTET WIRD.

Das Bochumer Forschungsteam will im nächsten Schritt den Fokus auf das sympathische Nervensystem legen: „Wir wollen Probandinnen und Probanden die Emotionsregulierungsaufgabe durchführen lassen, noch während der Körper Adrenalin und Noradrenalin ausschüttet, also während der Stressor aktiv ist, um zu schauen, ob es ihnen dann besonders schwerfällt, die Emotionen zu regulieren.“

Text: lb, Fotos: rs

Geologie

GÜNSTIGE WÄRME FÜR DEN WINTER SPEICHERN

Die Abwärme des Kühlens lässt im Sommer jede Menge Wärme entstehen – wenn sie keiner braucht. Im Untergrund könnte man sie bis zum Winter speichern und dann zum Heizen nutzen.

Die Ruhr-Universität Bochum produziert eine riesige Menge Abwärme, die derzeit einfach ungenutzt entweicht: Rund ums Jahr müssen etwa Serverräume und Labors klimatisiert werden, das Blockheizkraftwerk verfügt allein über zwei Kühltürme, und das ist noch lange nicht alles. „Da wird eine wahnsinnige Menge an Energie verschwendet“, sagt Prof. Dr. Tobias Licha, Leiter der Arbeitsgruppe Hydrogeochemie in der Fakultät für Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum. Wäre es nicht schön, wenn man all diese Energie aufheben könnte bis zum Winter und sie dann zum Heizen nutzen könnte? Diese Vision treibt ihn an. Er kooperiert im Projekt WINZER, kurz für „Wärmespeicherung in den Zechen des Ruhrgebiets“ mit Koordinator Dr. Mathias Nehler von der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG.

Seit 2022 befasst sich das Projektteam damit, die ehemalige Kleinzeche unterhalb des Campus des Fraunhofer IEG als natürliche Wärmflasche zu verwenden. Das Prinzip ist einfach: Man entnimmt der Zeche Grubenwasser, heizt es über Wärmetauscher mittels Abwärme oder Sonnenenergie auf und pumpt es in die alten, ungenutzten Bergwerksschächte zurück. Hier erhitzt es das umgebende Gestein, das die Wärme lange speichern kann. Wird die Wärme im Winter zum Heizen gebraucht, holt man das warme Wasser aus der Zeche heraus und entzieht ihm die Wärme wiederum über den Wärmetauscher.

Ganz so einfach ist die Sache jedoch nicht. „Die Kleinzechen wie am Fraunhofer IEG bieten sich deswegen für solche Speicherkonzepte an, weil dort Kohle in nicht allzu großer Tiefe von nur 30 bis 60 Metern abgebaut wurde“, erklärt Mathias Nehler. Neuere, tiefere Zechen sind zwar genauer kartiert, aber die Bohrungen in große Tiefen sind aufwändiger und komplizierter, die Investitionskosten höher. Die Zeche am Standort des Fraunhofer IEG hat darüber hinaus den Vorteil, dass sie ein in sich geschlossenes Volumen hat und das erwärmte Wasser die Hohlräume der Zeche nicht verlässt. Es entspricht einem technischen Pufferspeicher mit einem relativ gut bekannten Volumen zur thermischen Nutzung. Im Gegensatz dazu sind die tieferen Großzechen durch die zentrale Grubenwasserhaltung der RAG Aktiengesellschaft (ehemals Ruhrkohle AG) beeinflusst und unterliegen ▸



Die Stollen der Kleinzechen – hier ein Beispiel einer Museumszeche – wurden nach deren Aufgabe einfach zurückgelassen. Sie stürzten ein und sind voller losem Geröll, das für Wasser durchlässig ist. (Foto: Katja Marquard)



> „Es wäre ein leichtes, die Abwärme der Uni zur Erwärmung von Wasser zu nutzen und damit im Winter das ganze Quartier mit zu heizen."
>
> Tobias Licha

i DAS PROJEKT

Das Projekt WINZER wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung seit 1. Juli 2022 bis zum 30. Juni 2025 im Programm Geoforschung für Nachhaltigkeit (GEO:N) gefördert (Förderkennzeichen 03G0912A). Partner sind neben der koordinierenden Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG das Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik der Ruhr-Universität Bochum und das Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik der Technischen Universität Bergakademie Freiberg sowie die delta h Ingenieurgesellschaft.

dadurch einem ständigen Grundwasserstrom. Diese bilden also ein offenes System.

Die Stollen der Kleinzechen, die überwiegend nach dem Zweiten Weltkrieg gegraben wurden, wurden nach dem Ende der Abbauarbeiten einfach verlassen und sind dann eingestürzt. Sie sind voll mit losem Geröll, das aber für Wasser durchlässig ist. „Das umgebende Gestein ist mehr oder weniger wasserdicht", beschreibt Tobias Licha. „Und das Gestein in den Stollen wird durch das Wasser mit erwärmt und hilft so bei der Speicherung der Wärme. Das kann man sich so vorstellen wie einen Berliner Kachelofen."

Bevor die Forschenden aber loslegen und Wärme in der Zeche zu speichern versuchen, wollen sie das zu erwartende Potenzial und die möglichen Herausforderungen genau untersuchen, die das Verfahren mit sich bringen könnte. „Es gibt viele Wechselwirkungen in diesem komplexen System", betont Tobias Licha. „Wir wollen vorher genau wissen, was passieren wird." Neben einem seismischen und biochemischen Monitoring der Zechenumgebung arbeitet das Team daher intensiv im Labor.

Mathias Nehler untersucht Gesteinsproben darauf, wie sie sich verhalten, wenn sie zyklisch erwärmt und abgekühlt werden. Halten die Gesteine diese mechanischen Belastungen aus oder bilden sich womöglich Risse etwa an natürlichen Strukturen im Gestein aus, zum Beispiel an Trennflächen? Diese könnten schlimmstenfalls sogar zu einem Versagen der Stabilität der Zechenwand führen und müssen daher vorher im Labor experimentell bestimmt werden.



Stefan Klein (links) und Mathias Nehler bei Inbetriebnahme der Anlage in der Technikzentrale. Vorne links sind das Druckhalteventil und Zuleitungen zur Entnahme- und Reinjektionsbohrung zu sehen. (Foto: dg)



Das Bohrgerät BO.REX (Bochum Research and Exploration Drilling Rig) ist eine mobile 40-Tonnen-Bohranlage, mit der bisher zu Forschungszwecken rund 10.000 Bohrmeter bis in Teufen von 500 Meter abgeteuft wurden. Sie wurde für die Erschließung des Grubengebäudes genutzt. (Foto: dg)

Tobias Licha schaut sich an, was mit den Kohleüberresten passiert, die noch in den Zechen lagern. Proben werden im Labor wochenlang durchgespült, und das Wasser wird danach genauestens analysiert. Lösen sich Schadstoffe? Wie sieht es mit Bakterien aus? Sie würden den technischen Geräten zusetzen und das ganze Konzept gefährden. „Unsere Tests mit Anthrazitkohle zeigen, dass es da sehr gut aussieht“, berichtet Tobias Licha. „Esskohle und Gasflammkohle müssen wir noch untersuchen.“

Für den Fall, dass sich für diese Kohlearten anderes ergibt, würde man in der entstehenden Machbarkeitsstudie mit Gefährdungsbeurteilung darauf hinweisen und Empfehlungen geben, wie man die Nachteile umgehen kann. Die maximal mögliche Wassertemperatur, die das gespeicherte Wasser haben dürfte, könnte etwa begrenzt werden.

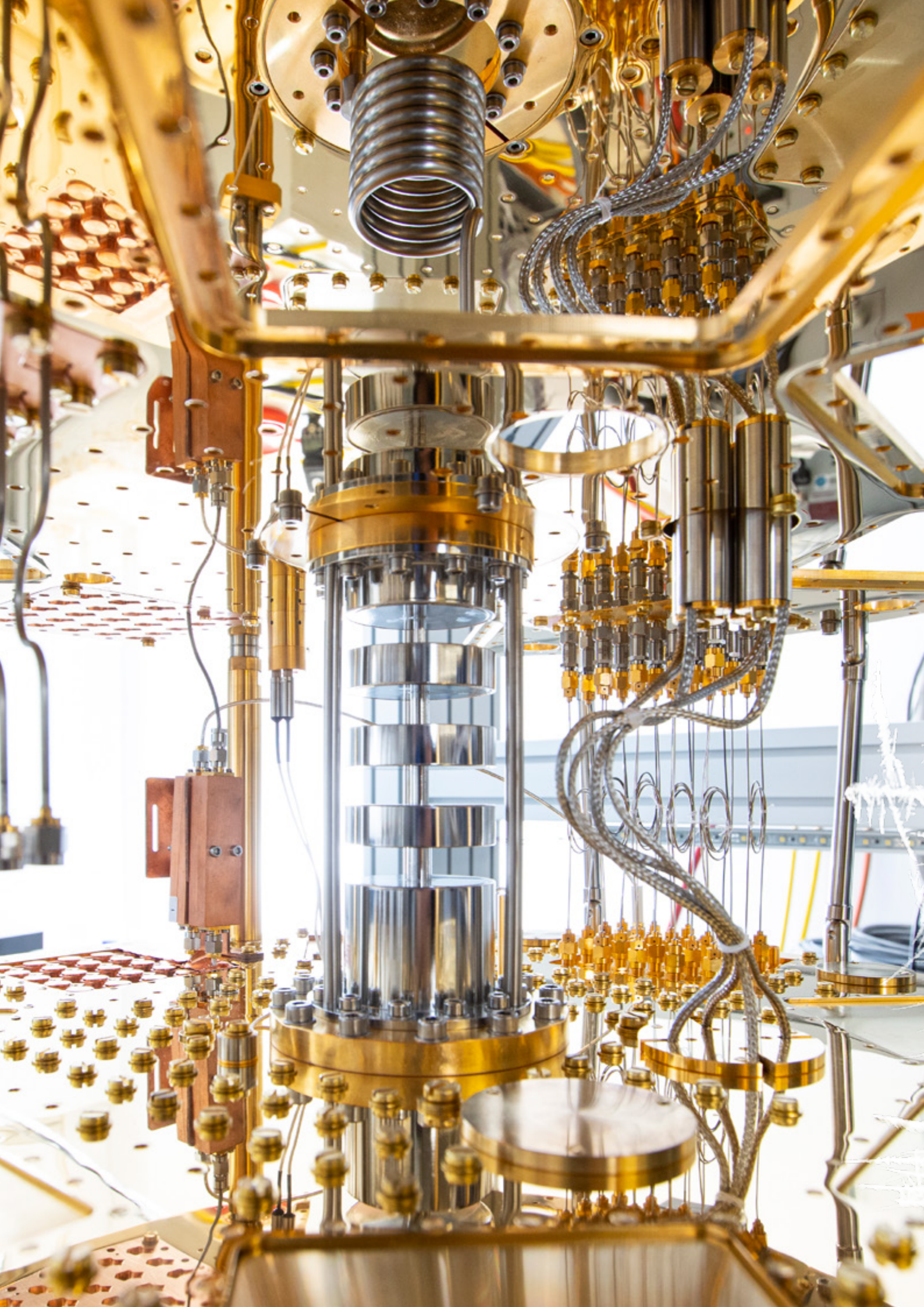
Die Frage nach der optimalen Temperatur treibt auch Mathias Nehler um. Er beschäftigt sich damit, wie man das Speichersystem besonders energieeffizient betreiben könnte. „Ist es besser, viel nicht ganz so heißes Wasser in die Zeche zu pumpen, oder ist es günstiger, weniger, dafür aber wärmeres Wasser hineinzubringen?“, verdeutlicht er. Noch gibt es dafür kein Ergebnis. Durch die Untersuchung verschiedener Wärmetauscher-Designs an einem Versuchsstand versuchen die Forscher, die Anlageneffizienz zu optimieren und für den Betrieb möglichst viele Fragen vorab zu beantworten: Wann lagern sich Salze ungünstig ab? Wo tritt Korrosion auf? Und wie verhindert man, dass Algen und Bakterien im System sich ausbreiten?

Allererste Tests, warmes Wasser in die Zeche zu bringen, haben im Sommer 2023 stattgefunden. Das Wasser wurde dabei solarthermisch erwärmt. Allerdings war die Menge recht gering, sodass sich noch nicht ableiten lässt, ob und wie gut die Speicherung der Wärme funktioniert. Im kommenden Frühjahr werden die Forschenden früher beginnen, warmes Wasser in die Zeche zu pumpen. Ihr Ziel sind zunächst 35 Megawattstunden im Jahr 2024 testweise einzuspeisen, was etwa dem Jahresbedarf eines Durchschnittshaushalts entspricht.

Tobias Licha und Mathias Nehler sind von der Machbarkeit im Grunde überzeugt. „Die Pumpstation liegt in direkter Nähe zu einer kreisförmigen Versorgungsleitung, die den ganzen Campus umfasst“, so Tobias Licha. „Es wäre ein Leichtes, die Abwärme der Uni zur Erwärmung von Wasser zu nutzen und damit im Winter das ganze Quartier mit zu heizen.“

Beide Forscher sind sich sicher, dass solchen maßgeschneiderten, innovativen Lösungen auf der Ebene von Quartieren bei der Energiewende eine bedeutende Rolle zukommt. „Wir schauen schon auf die Zeche Dannenbaum unter dem Gelände Mark 51°7, da sind die Gegebenheiten zwar anders, aber unsere Ergebnisse lassen sich darauf übertragen“, erklärt Mathias Nehler. Und gerade im Ruhrgebiet gibt es so viele Zechen und Industrie, die Abwärme produziert, dass das Konzept für viele Standorte aussichtsreich erscheint.

md



RÄTSELHAFTE RECHENOPERATIONEN BEI EISESKÄLTE

Quantencomputer gelten als revolutionär für die Informationstechnik. Auf dem Weg dorthin gibt es aber noch viele Forschungsfragen zu lösen.



Nicht nur große Firmen arbeiten an der Entwicklung von Quantencomputern, auch Forschungseinrichtungen haben entsprechende Rechner in Betrieb genommen. Hier ist der Kryostat eines Quantencomputers zu sehen, der im Rahmen des europäischen Projekts „OpenSuperQ“ am Forschungszentrum Jülich aufgebaut wurde. Die Ruhr-Universität Bochum kooperiert mit dem Jülicher Team im neuen Quantencomputing-Netzwerk „EIN Quantum NRW“. (Foto: FZ Jülich / Sascha Kreklau)

Quantencomputer – den Begriff liest man inzwischen häufiger. Und dazu sieht man Bilder von exotisch anmutenden hängenden Gebilden, in denen zahlreiche Leitungen mehrere goldene Etagen miteinander verbinden. Mit dem Aussehen klassischer Computer, die in jedem Haushalt stehen, haben sie nichts gemein. Und sie sind auch weit davon entfernt, in jedem Haushalt stehen zu können. Denn viele von ihnen benötigen spezielle Umgebungsbedingungen für den Betrieb: beispielsweise möglichst tiefe Temperaturen – nahe dem absoluten Nullpunkt.

„Das liegt daran, dass Quantenbits, die Speichereinheiten der Quantencomputer, sehr klein und deshalb auch sehr empfindlich sind“, erklärt Prof. Dr. Michael Walter, Leiter des Lehrstuhls für Quanteninformation an der Ruhr-Universität Bochum. Je höher die Temperatur, desto mehr bewegen sich die Teilchen in einem Quantencomputer. Dieses mikroskopische Rauschen stört die Quantenbits.

Das Besondere: Anders als in klassischen Computern ist es sehr viel schwieriger, Information in Quantencomputern redundant zu speichern. Wird also ein einziges Quantenbit gestört, kann schnell Information verloren gehen. „Aktuelle Quantencomputer sind deshalb noch auf wenige tausend Rechenoperationen begrenzt“, weiß Michael Walter. Um die ▸

i FÜR DIE QUANTENINFORMATIKER*INNEN VON MORGEN

Quantencomputer – klingt interessant? Aber irgendwie auch rätselhaft? Dann ist Quantum Quest genau das Richtige: Auf der Onlineplattform www.quantum-quest.de bietet der Lehrstuhl von Michael Walter zusammen mit Partnern von der Universität Amsterdam regelmäßig einen mehrwöchigen Onlinekurs an, bei dem sich Schülerinnen und Schüler auf die Suche nach den Geheimnissen des Quantencomputings begeben können. Für das Programm im November 2023 haben sich 400 Interessierte angemeldet. Auch 2024 soll der Kurs wieder stattfinden. Das Kursmaterial ist ganzjährig online zu finden.

Systeme in die Anwendung zu bekommen, müssen sie also zunächst robuster werden. „Das Zauberwort lautet Fehlerkorrektur“, so Walter. Theoretisch ist das gut verstanden. Es wird aber noch einige Jahre Entwicklungsarbeit benötigen, das in die Realität umzusetzen.

Unabhängig vom aktuellen Hardware-Entwicklungsstand zielt Michael Walters Forschung darauf ab, zu ergründen, was die Existenz von stabil laufenden Quantencomputern bedeuten würde. Quantencomputer werden gängige Verschlüsselungsverfahren mühelos brechen können. Wie lässt sich sicherstellen, dass das nicht auch mit neuartigen Verschlüsselungsverfahren passiert? Wie können Quantencomputer helfen, für mehr Sicherheit zu sorgen? Wie lassen sich Quantendaten verschlüsseln? Walters Arbeit rund um IT-Sicherheitsfragen ist eingebettet in das Exzellenzcluster CASA – Cybersicherheit im Zeitalter großskaliger Angreifer.

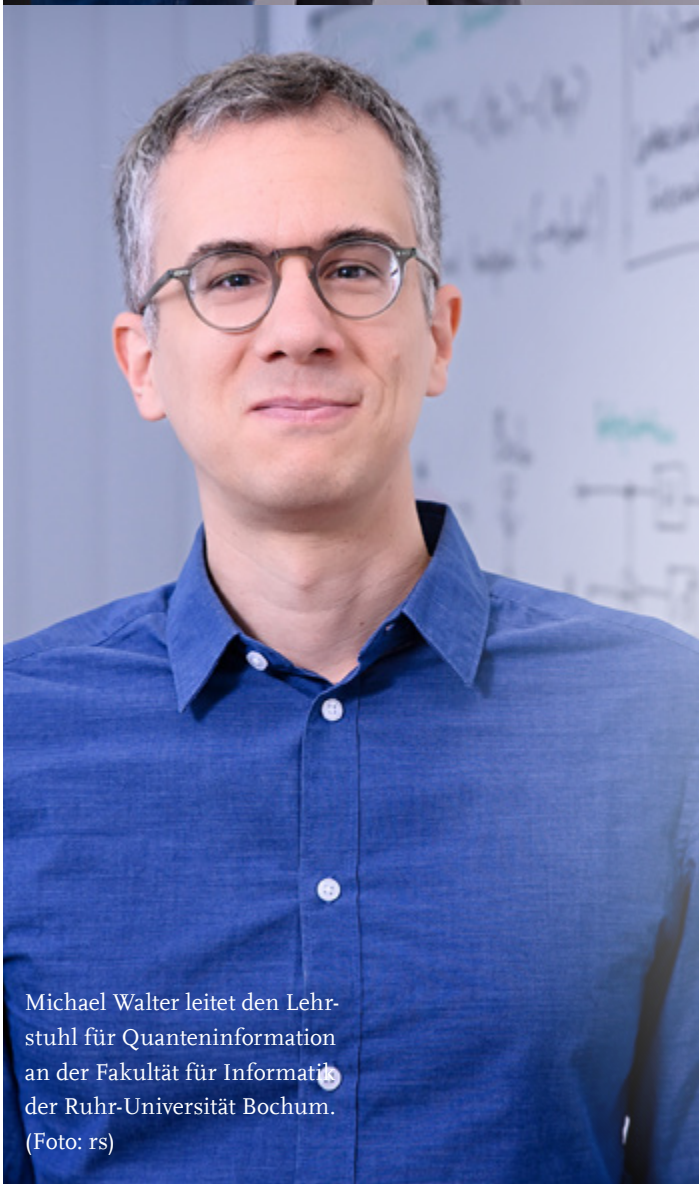
Eine Herausforderung, die den Informatiker besonders umtreibt, ist der Wunsch, mit Quantencomputern für mehr Sicherheit zu sorgen. Ein Problem heutiger Verschlüsselungstechniken ist, dass verschlüsselte Nachrichten prinzipiell abgefangen, gespeichert und in vielen Jahren mithilfe von Quantencomputern entschlüsselt werden könnten. Eine Verschlüsselung mit everlasting security hingegen würde sicherstellen, dass eine Information, die im Moment des Abfangens nicht geknackt werden kann, auch später nicht mehr entschlüsselt werden kann. Mit Quantenbits ist das möglich. Die Forschenden gehen dabei von folgendem Szenario aus: Alice will Bob eine geheime Information schicken. Das passiert in Form eines Quantenbits, kurz auch Qubit genannt. Eve versucht, dieses Qubit abzufangen, zu speichern und unbemerkt durch ein anderes Qubit auszutauschen – ein sogenannter Person-in-the-middle-Angriff.

Verhindern lässt sich dieser Angriff mit folgendem Trick: Alice schickt Bob ein Qubit, das mit einem anderen Qubit verschränkt ist. Verschränkung bedeutet, dass die beiden Qubits zwar räumlich voneinander getrennt sind, aber dennoch miteinander verbunden. Dadurch kennt das eine Qubit den Zustand des anderen. Versucht Eve also das versendete Qubit zu manipulieren, so können Alice und Bob diesen Eingriff feststellen. Die Idee für eine sichere Kommunikation basierend auf verschränkten Qubits ist nicht neu. „Bislang war allerdings nicht bekannt, wie viel Interaktion dafür wirklich notwendig ist“, erklärt Michael Walter. Zusammen mit CASA-Partnern entwickelte seine Gruppe ein neues Protokoll, das diese grundlegende Frage beantwortet.

Unabhängig von den IT-Sicherheitsaspekten interessiert sich das Team von Michael Walter für viele andere Fragen in der Quanteninformatik. Dabei wird er auch von einem prestigeträchtigen ERC Grant des Europäischen Forschungsrats unterstützt. Ein Fokus liegt dabei auf Algorithmen, mit denen Quantencomputer bestimmte Aufgaben schneller lösen können. Beispielsweise das sogenannte Erreichbarkeitsproblem. Ziel dabei ist, in einem Graphen einen Weg von A nach B zu finden. „Man kann es sich vorstellen wie die Suche nach einem Weg von einer Stadt zur anderen in einem komplexen Netz aus Straßen und Orten“, beschreibt der Informatiker.



Was werden Quantencomputer alles leisten können? Einige Antworten auf diese Frage verbergen sich hinter Formeln wie diesen. Michael Walter entwickelt mit seinem Team Algorithmen, die später einmal auf Quantencomputern laufen könnten. (Foto: rs)

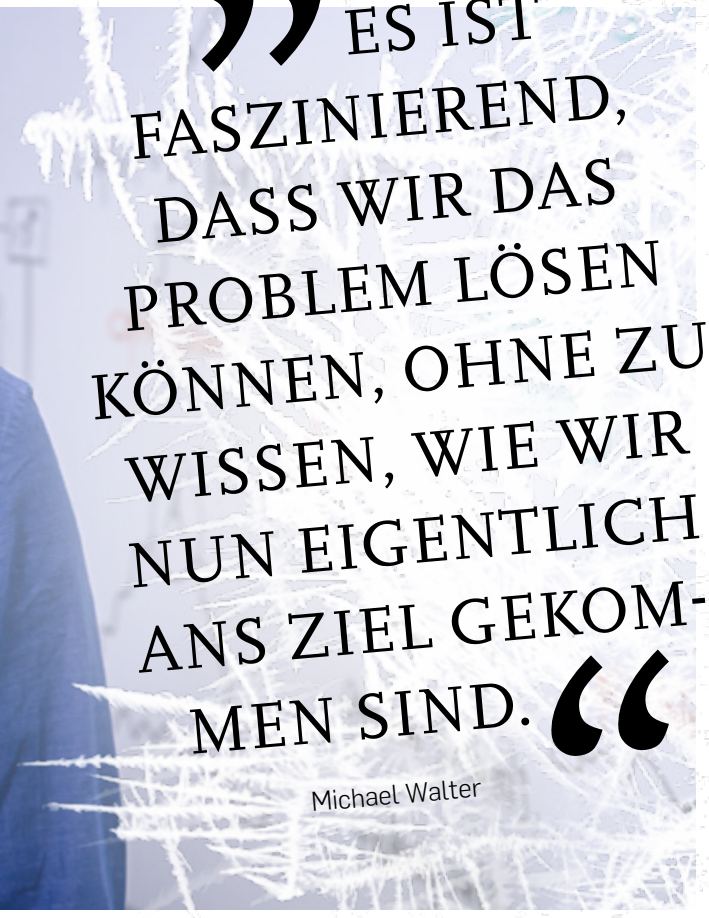


Michael Walter leitet den Lehrstuhl für Quanteninformation an der Fakultät für Informatik der Ruhr-Universität Bochum. (Foto: rs)



i SO FUNKTIONIERT EIN QUANTENCOMPUTER

Während klassische Computer auf Bits basieren, die die Zustände „0“ und „1“ annehmen können, basieren Quantencomputer auf Quantenbits. Diese können sich in Zuständen befinden, die eine Überlagerung von „0“ und „1“ sind, also mehrere Zustände gleichzeitig annehmen. Diese Überlagerung bricht jedoch zusammen, wenn man misst, in welchem Zustand sich ein Quantenbit befindet. Im Moment der Messung nimmt es entweder den Wert „0“ oder den Wert „1“ an, womit die Quantennatur zerstört wird.



> „ES IST FASZINIEREND, DASS WIR DAS PROBLEM LÖSEN KÖNNEN, OHNE ZU WISSEN, WIE WIR NUN EIGENTLICH ANS ZIEL GEKOMMEN SIND.“
>
> Michael Walter

„Das Problem könnte man lösen, indem man versucht, sich einen Überblick über die Karte zu verschaffen. Dazu müsste man die gesamte Karte oder zumindest einen großen Teil speichern, sodass man den Weg von A nach B sehen kann.“

Ein alternativer Ansatz wäre, einen zufälligen Weg zu gehen. „Das wäre so, wie wenn eine betrunkene Person aus einer Bar kommt und versucht, nach Hause zu finden, indem sie an jeder Straßenecke eine zufällige Entscheidung trifft“, veranschaulicht Walter. „Das ist wenig zielgerichtet, funktioniert aber genauso, wenn auch langsamer. Der Vorteil: Der Algorithmus muss sich keinerlei Information merken, außer den Ort, an dem man sich gerade befindet.“ Diese Methode – auch random walk oder Zufallssuche genannt – klingt nicht intuitiv, aber: „Wir haben einen Random-Walk-Algorithmus für Quantencomputer gefunden, der das Problem viel schneller löst als die klassische Zufallssuche“, schildert Walter.

Während es bei klassischen Computern einen Wettstreit zwischen Speicherplatz und Geschwindigkeit gibt – wenig Speicher bedeutet zugleich langsam –, zeigt Walters Forschung, dass diese Einschränkung für Quantencomputer nicht gelten würde. Die Quanten-Zufallssuche braucht minimalen Speicherplatz und findet trotzdem schnell eine Lösung für das Erreichbarkeitsproblem. Aber: „Aufgrund der Natur der Quantencomputer würde der Algorithmus nur die Information ausgeben, dass es einen Weg von A nach B gibt, nicht aber den Weg selbst“, so Michael Walter. Denn in dem Moment, in dem man den Zustand der Qubits misst, um herauszufinden, welchen Weg der Algorithmus gerade nimmt, würde man den Quantenzustand zerstören und die Rechnung unterbrechen.

„Gerade wenn man einen neuen Algorithmus entwickelt, wäre es praktisch, in seine Arbeitsweise hineinschauen zu können“, bedauert Walter. „Andererseits ist es auch faszinierend, dass wir das Problem lösen können, ohne zu wissen, wie wir nun eigentlich ans Ziel gekommen sind“, sagt er.

Häufig liest man, dass Quantencomputer viel leistungsfähiger sein werden als klassische Computer, weil in ihnen vieles parallel geschieht. „So einfach ist das zum Glück nicht“, erklärt der Forscher. „In Quantencomputern passiert so einiges, aber sie rechnen nicht einfach parallel, sondern folgen völlig anderen Spielregeln als gewöhnliche Rechner.“ Die eigentliche Herausforderung sei es, aus den vielen Dingen, die gleichzeitig passieren, am Ende ein einziges Ergebnis zu erzeugen. „Man kann sich das wie ein Orchester vorstellen“ vergleicht Michael Walter. „Nur wenn alle Instrumente auf die richtige Weise zusammenwirken, entsteht wohlklingende Musik. Genauso es ist mit den Qubits in einem Quantenalgorithmus.“

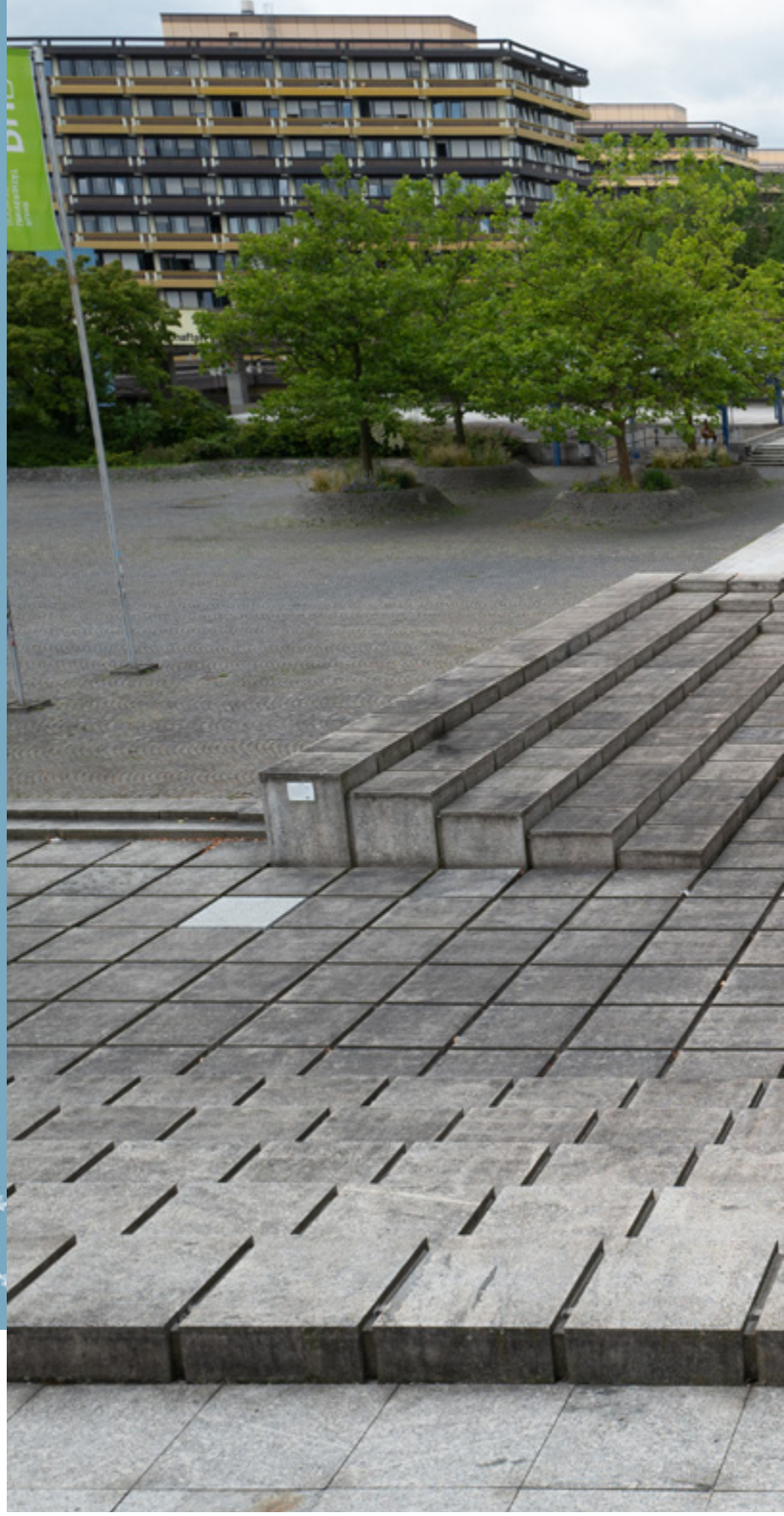
Bis es Entwicklerinnen und Entwicklern gelingt, das Orchester richtig zu trainieren und die exotisch anmutenden goldenen Gebilde in Routinearbeiten einsteigen können, werden noch ein paar Jahre vergehen. Aber wenn es so weit ist und Quantencomputer etabliert sind, werden Michael Walter und sein Team schon einige Algorithmen bereithaben, die dem Orchester zu neuen Klängen verhelfen.

jwe

Psychologie

GEMEINSAM EINSAM

Das Gefühl der Einsamkeit kennen wir alle. Warum wir uns manchmal so fühlen, was das Gefühl begünstigt, wie es wirkt und was wir dagegen unternehmen können.



Während der Corona-Pandemie haben plötzlich viele unter dem Fehlen menschlicher Wärme im Alltag gelitten. Einige haben in dieser Zeit große Solidarität und Fürsorge erfahren. Andere Menschen fühlten sich alleingelassen. Das Thema Einsamkeit ist dadurch in den Fokus gerückt. An der Ruhr-Universität Bochum ist es das schon lange. Das Team der Arbeitsgruppe Psychologische Methodenlehre an der Fakultät für Psychologie forscht seit vielen Jahren zu Einsamkeit.

Im Interview erzählen Prof. Dr. Maike Luhmann und Doktorandin Debora Brickau, wie verbreitet Einsamkeit ist, wer ein besonders großes Risiko hat, sich einsam zu fühlen, und was die Folgen davon sind.

Frau Brickau, Sie befassen sich in Ihrer Promotion mit dem Thema Einsamkeit – ein klassisches Tabuthema. Ist es für Sie leicht, über Einsamkeit zu sprechen?

Debora Brickau: Mir persönlich fällt es nicht so schwer, über Einsamkeit zu sprechen. Der Begriff ist oft negativ behaftet, aber ich möchte das Stigma wegnehmen und mich anderen gegenüber öffnen, um es ihnen leichter zu machen, mit mir über das Thema zu reden.

Frau Professorin Luhmann, Sie befassen sich intensiv mit Einsamkeit. Was ist die Motivation für diese Forschung?

Maike Luhmann: Ein Grund, warum ich das Thema so spannend finde, ist die gesellschaftliche Relevanz von Einsamkeit.



Alleinsein ist nicht mit Einsamkeit zu verwechseln. Wenige soziale Kontakte sind aber ein Risikofaktor für Einsamkeit.

Fast jeder Mensch fühlt sich in seinem Leben einmal einsam. Früher wurde darüber kaum gesprochen, im Studium habe ich beispielsweise nichts dazu gelernt. Aber seit der Corona-Pandemie ist Einsamkeit auch in der Öffentlichkeit ein Thema.

Hat die Pandemie die Einsamkeit verstärkt?

Luhmann: Während der Pandemie haben deutlich mehr Menschen unter Einsamkeit gelitten als zuvor. Und vor allem waren andere Altersgruppen betroffen. Vorher war Einsamkeit am stärksten in der Gruppe der 80-Jährigen und Älteren verbreitet. In der Pandemie waren die 18- bis 30-Jährigen besonders einsam.

Gibt es dazu auch Zahlen?

Luhmann: Genaue Prozentzahlen zu nennen ist schwierig. Einsamkeit ist kein binäres Phänomen, das entweder da ist oder nicht. Manche Menschen erleben Einsamkeit selten im Leben, manche hin und wieder und manche fühlen sich fast immer einsam. Man kann keine klare Grenze ziehen, ab wann jemand einsam ist. Studien können aber Anhaltspunkte geben: In einer Auswertung des Sozioökonomischen Panels waren zwischen 2013 und 2017 etwa 14,5 Prozent der unter 30-Jährigen manchmal oder öfter einsam. Während der Corona-Pandemie ging dieser Wert auf etwa 48 Prozent hoch. Auch wenn man mit den genauen Prozentzahlen vorsichtig sein muss, wird klar, dass es einen deutlichen Anstieg gab. ▸

> „EINSAMKEIT IST KEIN BINÄRES PHÄNOMEN, DAS ENTWEDER DA IST ODER NICHT."
>
> Maike Luhmann



Maike Luhmann ist an der Ruhr-Universität Bochum Professorin für Psychologische Methodenlehre.

Mittlerweile hat sich das soziale Miteinander normalisiert. Ist die Einsamkeit unter den Jugendlichen wieder zurückgegangen?

Luhmann: Das untersuchen wir derzeit mit unseren Partnern der Universitätsallianz Ruhr in Dortmund und Duisburg-Essen im Auftrag der Staatskanzlei NRW. Wir haben in zwei verschiedenen Studien insgesamt 2.000 Jugendliche und junge Erwachsene aus NRW zu Einsamkeit befragt. Ziel ist es herauszufinden, wie einsam sie sich fühlen, welche Risikofaktoren für Einsamkeit es in dieser Gruppe gibt und mit welchen Strategien sie versuchen, das negative Gefühl zu bewältigen.

Welche Ergebnisse erwarten Sie?

Luhmann: Ich rechne mit erhöhten Einsamkeitswerten bei den Jugendlichen.* Natürlich lasse ich mich aber gern positiv überraschen, wenn sie niedriger ausfallen als erwartet.

Nun haben wir schon viel über Einsamkeit gesprochen. Ab wann ist ein Mensch eigentlich einsam?

Brickau: Einsamkeit ist definiert als das negative Gefühl, dass die sozialen Bedürfnisse sowohl quantitativ als auch qualitativ nicht ausreichend befriedigt werden. Einsamkeit darf aber nicht mit sozialer Isolation verwechselt werden. Man kann viele soziale Kontakte haben und sich trotzdem einsam fühlen. Ebenso kann man sich auch mit wenigen sozialen Kontakten nicht einsam fühlen. Nicht zu verwechseln ist der Begriff mit dem Alleinsein. Alleinsein wird häufig als etwas Positives erlebt, zum Beispiel wenn man allein in die Natur geht. Einsamkeit ist immer etwas emotional Negatives.

Aber viele soziale Kontakte helfen sicher gegen Einsamkeit.

Brickau: Wer viele soziale Kontakte hat, hat in der Tat ein geringeres Risiko, einsam zu sein. Es ist daher nicht verwunderlich, dass Begegnungsorte einen Einfluss auf das Einsamkeitserleben haben. Eine Studie in Deutschland hat beispielsweise gezeigt, dass die wahrgenommene Entfernung zu öffentlichen Parks sowie Sport- und Freizeiteinrichtungen mit Einsamkeit zusammenhängt. Wichtig ist vor allem, dass die Begegnungsorte ohne Kosten aufgesucht werden können. Viele Begegnungsorte wie zum Beispiel Restaurants, Nachtclubs, oder auch das Theater sowie Museen sind mit Kosten verbunden. Daher sind geringe finanzielle Mittel ein weiterer Risikofaktor für Einsamkeit.

Luhmann: Auch Menschen ohne Partnerin oder Partner fühlen sich im Durchschnitt öfter einsam – was natürlich nicht heißt, dass jeder Single einsam ist. Gesundheitliche Beeinträchtigungen, die eine Teilhabe im Alltag einschränken, sind ebenfalls ein Risikofaktor.

Gibt es Länder, in denen sich die Menschen einsamer fühlen als in anderen?

Luhmann: Eine Studie vor der Pandemie hat gezeigt, dass Menschen in südlichen und östlichen EU-Ländern einsamer sind als in anderen Regionen der EU. In Spanien und Italien beispielsweise fühlten sich die Menschen häufiger einsam. Da spielen Faktoren wie sozioökonomischer Status, Gesundheit oder Arbeitslosigkeit mit rein.

Mittlerweile ist Einsamkeit auch auf der politischen Agenda angekommen, und auch Sie engagieren sich in diesem Bereich.

Luhmann: Ja, das begann 2018, als in Großbritannien eine Einsamkeitsministerin berufen wurde. So rückte das Thema auch in anderen Ländern auf die politische Tagesordnung. In NRW wurde beispielsweise schon vor der Corona-Pandemie eine Enquete-Kommission dazu eingesetzt, an der ich als Sachverständige beteiligt war.

* Die Ergebnisse dieser Studie lagen bei Redaktionsschluss noch nicht vor. Sie werden Ende November 2023 veröffentlicht.

Ist Ihnen das politische Engagement wichtig?
Luhmann: Für mich ist das die Möglichkeit schlechthin mitzugestalten. Ich empfinde es als meine Verantwortung als Wissenschaftlerin, mich nicht zu verstecken, sondern mich zu äußern, wenn ich etwas zu sagen habe. Das macht nicht immer Spaß, aber es ist immer interessant.

Was war das Fazit der Enquete-Kommission?
Luhmann: Die Kommission hat der Staatskanzlei NRW empfohlen, einen Einsamkeitsbeauftragten einzusetzen und mehr Wissen über die Mechanismen der Einsamkeit zu sammeln. Denn letztendlich ist Einsamkeit auch ein gesellschaftliches Problem.

Inwiefern?
Luhmann: Es gibt beispielsweise Studien, die zeigen, dass Jugendliche, die unter Einsamkeit leiden, schlechtere Schulleistungen zeigen und später weniger Erfolg im Beruf haben. Wer in jungen Jahren einsam ist, bleibt häufig auch in höherem Alter einsam. Daher ist es wichtig, früh Strategien dagegen zu finden. Mein Kollege Alexander Langenkamp aus Frankfurt hat außerdem gezeigt, dass einsame Menschen dazu neigen, sich weniger gesellschaftlich und politisch zu engagieren – und häufig extremere Einstellungen haben, beispielsweise öfter rechts wählen.

Brickau: Einsamkeit kann weitreichende Folgen haben – psychisch und körperlich. Sie kann zu Depressionen oder Angststörungen führen, aber auch zu Fettleibigkeit oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Einsamkeit wird auch mit einer kürzeren Lebensdauer in Verbindung gebracht. Daher ist es wichtig, mehr zu diesem Thema zu forschen.

Text: jwe, Fotos: Tim Kramer

WAS TUN BEI EINSAMKEIT?

„Das Gefühl der Einsamkeit hat eine evolutionäre Bedeutung“, erklärt Peter Mohr, Doktorand im Team von Maike Luhmann und Mitarbeiter im Deutschen Zentrum für Psychische Gesundheit. Denn Menschen sind soziale Wesen. „Einsamkeit soll uns motivieren, Kontakte zu suchen. Gelingt uns das nicht, empfinden wir die Situation irgendwann als bedrohlich“, so der Forscher. Wer sich einsam fühlt, sollte sich trauen, Orte aufzusuchen, an denen Menschen sich begegnen können, sich etwa einer Gruppe anschließen. „Natürlich gibt es Situationen, in denen es schwer ist, zusätzliche Kontakte zu suchen, zum Beispiel wenn man körperlich eingeschränkt ist“, sagt Peter Mohr. „Dann kann es helfen, die Erwartungen anzupassen. Menschen können lernen, die Situation zu akzeptieren, wie sie ist.“ Manchmal helfe ein humorvoller Umgang mit der Situation oder auch Ablenkung, etwa durch digitale Medien.

Während digitale Tools wie Soziale Medien vor der Pandemie eher Risikofaktoren für Einsamkeit waren, haben sie während der Pandemie auch ihre positiven Seiten gezeigt. Werden sie als Werkzeug für die soziale Interaktion eingesetzt, können sie nützlich sein. Passiver Konsum hingegen kann das Gefühl der Einsamkeit verstärken.

Einsamkeit kann auch chronisch werden. Dann fällt es Menschen immer schwerer, Kontakte zu suchen. Es kommt zu kognitiven Verzerrungen: Eigentlich neutrale Situationen werden negativ bewertet, eine Negativspirale entsteht. In solchen Situationen können psychotherapeutische Strategien helfen.



Forschen gemeinsam an der Ruhr-Universität Bochum zum Thema Einsamkeit: Peter Mohr, Bernd Schäfer, Debora Brickau und Maike Luhmann (von links)

TUNNELBAU MITHILFE EINES **EISMANTELS**

Wenn der Boden schwierig ist oder Grundwasser beim Tunnelbau stört, kann es von Vorteil sein, die Baustelle vorübergehend tiefzukühlen.



Tunnel erleichtern uns das Reisen; wir bewegen uns abseits von Verkehrsstaus durch die Stadt und düsen im Zug oder Auto durch Berge oder unter Gewässern hindurch, deren Überquerung sonst Stunden dauern würde. Der Bau solcher Tunnel wurde über lange Zeit perfektioniert, hält aber noch immer Herausforderungen bereit. Bei Tunnelvortrieben im Grundwasser und mit geringer Überdeckung, insbesondere bei der Unterfahrung innerstädtischer Bereiche, ist der Untergrund nicht immer ausreichend tragend, als dass der Tunnelvortrieb ohne schädliche Setzungen und die damit verbundenen Rissbildungen an empfindlichen Gebäuden erfolgt. Hinzu kommen Grundwasserströmungen, die mal mehr und mal weniger kräftig sind und den Tunnelbau beeinträchtigen können.

Mit diesen Herausforderungen in Zusammenhang mit der Anwendung von künstlicher Bodenvereisung im Tunnelbau beschäftigt sich Doktorand Rodolfo Javier Williams Moises aus dem Team von Prof. Dr. Günther Meschke, Inhaber des Lehrstuhls für Statik und Dynamik an der Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften der Ruhr-Universität Bochum.

Im Tunnelbau wird die Bodenvereisung häufig zur temporären Verfestigung und Abdichtung von Böden eingesetzt. „Das Prinzip besteht darin, 30 bis 100 Meter lange Gefrierlanzen in den Boden einzuführen“, erklärt Rodolfo Javier Williams Moises. „Sie werden permanent von einem kalten Fluid durchströmt, wodurch um sie herum nach einiger Zeit die Temperatur so stark absinkt, dass das Porenwasser im Boden zu Eis gefriert. Als Kältemittel für die Bodenvereisung kann entweder Sole oder Flüssigstickstoff verwendet werden. Bei der sogenannten Solevereisung zirkuliert in einem geschlossenen Kreislauf eine Salzlösung, die in der Regel eine Gefrierrohrtemperatur zwischen minus 40 Grad Celsius und minus 25 Grad Celsius schafft.“ Der Zeitraum, bis der Boden ausreichend gefroren ist, hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab – hier können zwischen zehn Tagen und vier Wochen vergehen. Bei Bodenvereisungen in Gebieten mit starker Grundwasserströmung kann das Grundwasser so viel Wärme transportieren, dass die Gefrierleitungen längere ▸



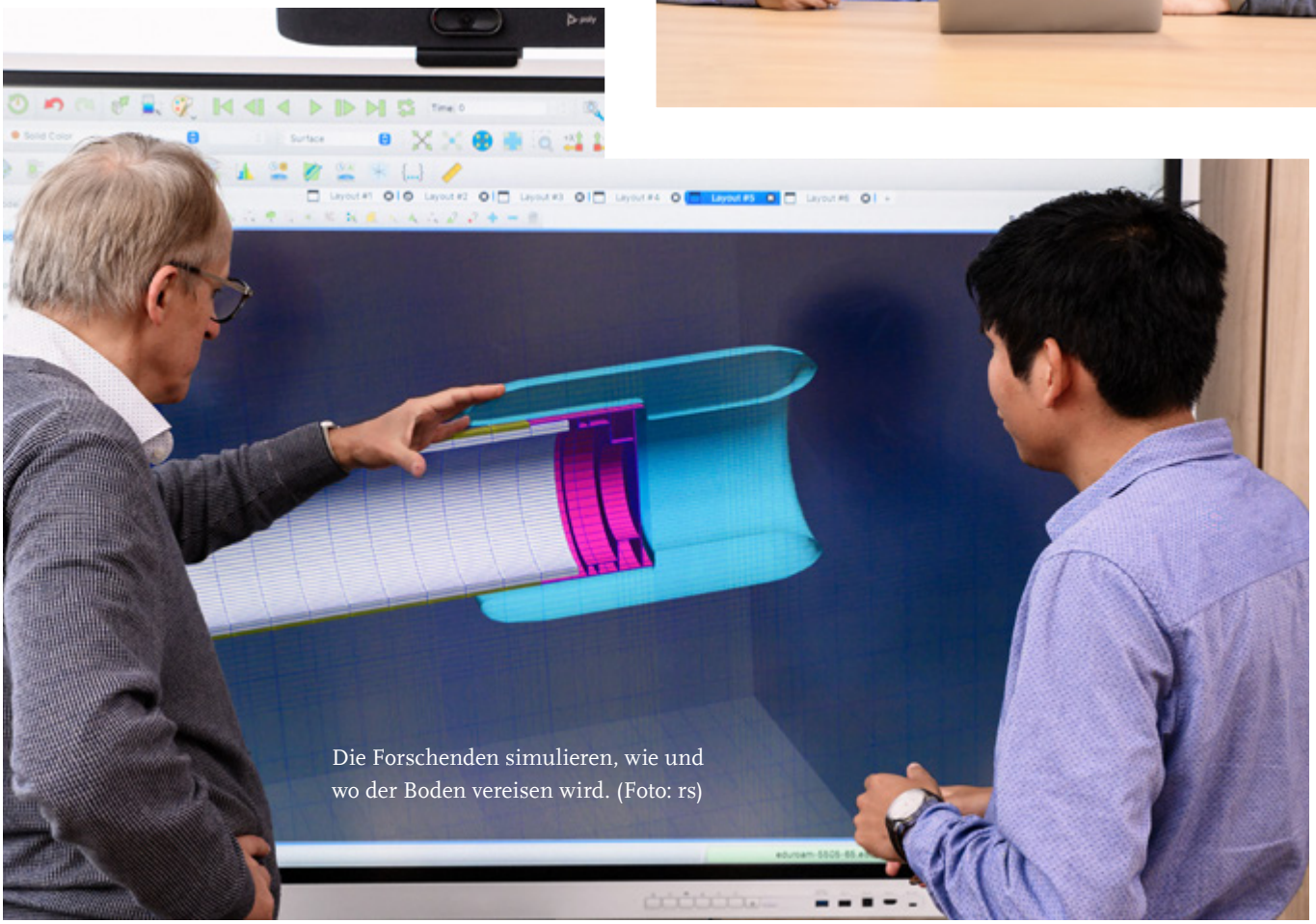
Im Schutz des Eismantels können Tunnel auch bei schwierigen Bodenverhältnissen vorgetrieben werden. (Foto: Firmengruppe Max Bögl)



Die Software erlaubt es, die Entwicklung der Eisschicht im Boden bei verschiedenen Bedingungen vorherzusagen. (Foto: rs)



Rodolfo Javier Williams Moises (links) und Günther Meschke verfeinern die Tunnelbausimulationssoftware weiter. (Foto: rs)



Die Forschenden simulieren, wie und wo der Boden vereisen wird. (Foto: rs)

BIS ZU

100 m

LANG SIND DIE GEFRIERLANZEN, DIE RUND UM EINEN GEPLANTEN TUNNEL IN DEN BODEN GETRIEBEN WERDEN.

Zeit brauchen, bis die Umgebung ausreichend abgekühlt ist und sie schließlich vereist.

Die Position der Gefrierlanzen ist häufig in einem Halbkreis um den geplanten Tunnel herum angeordnet, der aber etwas größer als der Tunnelquerschnitt ist. Der Vereisungsdurchmesser beträgt im Normalfall fünf bis zehn Meter, es kann allerdings auch mehr sein. „Man treibt den Tunnel dann innerhalb der gefrorenen Zone vor und berührt dabei nur ihren inneren Rand“, beschreibt Günther Meschke. „So arbeitet man in einer Art schützendem Eismantel.“ Im Inneren des Eismantels spielen Grundwasserströmungen keine Rolle, und aufgrund der höheren Festigkeit des gefrorenen Bodens erübrigen sich auch etwaige Setzungen, die zu Gebäudeschäden führen können.

„Gegenüber anderen Bauhilfsmaßnahmen für problematische Bodenverhältnisse hat diese Methode den Vorteil, dass sie bei allen Bodenarten eingesetzt werden kann. Außerdem werden keine Fremdstoffe in den Boden oder das Grundwasser eingebracht, die dort verbleiben könnten“, erklärt Rodolfo Javier Williams Moises. „Die Methode ist also umweltfreundlich.“ In einer vorangegangenen Doktorarbeit am Lehrstuhl für Statik und Dynamik wurde bereits analysiert, wie die Gefrierlanzen unter verschiedenen Bedingungen optimal platziert werden können. Die Forschungsergebnisse zeigten, dass es zielführender ist, die Lanzen auf der Seite des einströmenden Grundwassers dichter aneinander zu positionieren; dafür sind auf der Seite des abfließenden Grundwassers größere Abstände praktikabel. Mit diesen optimierten Anpassungen spart man beim Tunnelbau, insbesondere bei hohen Grundwassergeschwindigkeiten, sowohl Energie als auch Zeit.

Aktuell beschäftigen sich die Forschenden mit der Simulation möglicher Risiken bei der Vereisung von Tunnelbaustellen. „Vorrangig interessiert uns dabei die Vereisung beim maschinellen Tunnelbau, da sie in diesem Gebiet noch wenig erprobt ist“, erklärt Günther Meschke.

Gegenüber der bergmännischen Tunnelbauweise, bei der zunächst ein Hohlraum ausgehoben wird, der dann mit Beton ausgekleidet wird, werden Tunnel bei der maschinellen Bauweise vollautomatisch durch eine unterirdische Fabrik gleichzeitig gegraben und befestigt. „Dazu wird eine Tunnelbohrmaschine durch einen Schacht in die Tiefe gelassen, während häufig die Vereisung zur Stabilisierung der Schachtwände eingesetzt wird. Danach bahnt sich die Maschine ihren Weg durch die Erde, indem sie bohrt, das Aushubmaterial durch ihr Inneres abtransportiert und die entstehende Tunnelröhre sofort von innen heraus mit sogenannten Tübbingen ausbaut und somit befestigt.

Während dieses Prozesses entsteht um die Maschine herum ein sogenannter Ringspalt, der schnell verfüllt werden muss, damit über dem entstehenden Tunnel keine Setzungen auftreten. „Weil dieser Prozess automatisch abläuft, ohne dass man – anders als bei der bergmännischen Bauweise – die Gegebenheiten vor Ort sehen kann, wollen wir mithilfe von Simulationen herausfinden, welche möglichen Bedingungen existieren, die Einfluss auf die Vereisung nehmen könnten“, so Rodolfo Javier Williams Moises. Das Bochumer Team führt als weltweit erstes solche Simulationen an einem vollständigen Modell durch. In die Simulation fließen sämtliche möglichen Einflussfaktoren ein, so wird zum Beispiel berücksichtigt, dass sich die Tunnelbohrmaschine an der Ortsbrust, dem Ort des Bodenabtrags, erwärmt. Wärme wird ebenfalls in die Frostzone eingebracht, weil der Boden vor der Ortsbrust durch eine Flüssigkeit gestützt werden muss, damit er stabil bleibt. Im wassergesättigten Boden kann das Gefrieren aufgrund der Volumenvergrößerung beim Phasenübergang von flüssigem Porenwasser zu Eis sogar zu einer Erhebung an der Oberfläche über der Frostzone führen. „Alle diese Faktoren integriere ich in unsere Tunnelbau-Simulationssoftware und entwickle somit unser Programm weiter“, erklärt Rodolfo Javier Williams Moises. Als Bestandteil der Tunnelbausimulationssoftware sind diese Entwicklungen auch auf Szenarien des bergmännischen Tunnelbaus übertragbar.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Methode der Vereisung im maschinellen Tunnelbau ein sehr sicheres Verfahren ist. Zwar kann die Wärme der Maschine selbst, zum Beispiel bei längerem Stillstand, dazu führen, dass der gefrorene Boden auftaut. Allerdings taut das Eis eher im unteren Bereich des Tunnelquerschnitts, wo dies kein Risiko darstellt. Auch die Bohrungswärme hat einen geringen Einfluss, der ebenfalls nicht sicherheitsrelevant ist.

„Da es aber bereits Unfälle beim maschinellen Tunnelbau unter Vereisung gegeben hat, wollen wir herausfinden, wo die Grenzen der Methode liegen“, äußert sich Günther Meschke. „Wir wollen wissen: Was muss passieren, damit etwas schiefgeht?“ Die Ergebnisse der Doktorarbeit von Rodolfo Williams Javier Moises werden helfen, darauf eine Antwort zu finden.

md

REDAKTIONSSCHLUSS



Fotos: RUB, Marquard

Festkörperphysik – das mag zunächst abstrakt klingen. Aber einige Phänomene, mit denen diese Disziplin arbeitet, lassen sich leicht erfahren, zum Beispiel der kalorische Effekt. Manche Materialien können durch eine bestimmte Behandlung Wärme oder Kälte erzeugen, etwa indem man sie in ein Magnetfeld einbringt oder indem man sie dehnt. Das lässt sich leicht mit einem Luftballon ausprobieren, der für das Experiment nicht aufgepustet sein sollte: 1) Den Ballon ruckartig auseinanderziehen. 2) Das gedehnte Gummi an die Lippen halten. Das Material hat sich erwärmt. 3) Den Ballon anschließend von den Lippen entfernen und – weiterhin gedehnt – ein paar Sekunden in die Luft halten, sodass das Gummi auf Umgebungstemperatur abkühlen kann. 4) Dann den Ballon zusammenschnacken lassen. 5) Jetzt schnell wieder an die Lippen halten. Der entspannte Ballon ist nun kälter als die Umgebungsluft. Wie man den kalorischen Effekt eines Tages für den Bau von Kühlschränken nutzen könnte, lesen Sie auf Seite 20.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER: Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation der Ruhr-Universität Bochum (Hubert Hundt, v.i.S.d.P.)

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT: Prof. Dr. Christian Albert (Geowissenschaft), Prof. Dr. Birgit Apitzsch (Sozialwissenschaft), Prof. Dr. Thomas Bauer (Fakultät für Wirtschaftswissenschaft), Prof. Dr. Gabriele Bellenberg (Philosophie und Erziehungswissenschaften), Prof. Dr. Maren Lorenz (Geschichtswissenschaften), Prof. Dr. Markus Kaltenborn (Jura), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Günther Meschke (Prorektor für Forschung und Transfer), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Nils Pohl (Elektro- und Informationstechnik), Prof. Dr. Markus Reichert (Sportwissenschaft), Prof. Dr. Tatjana Scheffler (Philologie), Prof. Dr. Gregor Schöner (Informatik), Prof. Dr. Sabine Seehagen (Psychologie), Prof. Dr. Roland Span (Maschinenbau), Prof. Dr. Martin Tegenthoff (Medizin), Prof. Dr. Marc Wichern (Bau- und Umweltingenieurwissenschaft), Prof. Dr. Peter Wick (Evangelische Theologie)

REDAKTIONSANSCHRIFT: Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion Rubin, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, rubin@rub.de, news.rub.de/rubin

REDAKTION: Dr. Julia Weiler (jwe, Redaktionsleitung); Meike Drießen (md); Lisa Bischoff (lb); Raffaela Römer (rr)

FOTOGRAFIE: Damian Gorczany (dg), Schiefersburger Weg 105, 50739 Köln, Tel.: 0176/29706008, damiangorczany@yahoo.de, www.damiangorczany.de; Roberto Schirdewahn (rs), Offerkämpe 5, 48163 Münster, Tel.: 0172/4206216, post@people-fotograf.de, www.wasaufdieaugen.de

COVER: Roberto Schirdewahn

BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS: Teaserfoto für Seite 16: Andreas Pflitsch, Seite 20: Damian Gorczany, Seite 32: Jennifer Herzog-Niescery, Seite 40: Roberto Schirdewahn, Seite 50: Katja Marquard

GRAFIK, ILLUSTRATION, LAYOUT UND SATZ:
Agentur für Markenkommunikation, Ruhr-Universität Bochum,
www.einrichtungen.rub.de/de/agentur-fuer-markenkommunikation

DRUCK: LD Medienhaus GmbH & Co. KG, Van-Delden-Str. 6-8, 48683 Ahaus, info@ld-medienhaus.de, www.ld-medienhaus.de

ANZEIGEN: Dr. Julia Weiler, Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion Rubin, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, rubin@rub.de

AUFLAGE: 3.900

BEZUG: Rubin erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation der Ruhr-Universität Bochum. Das Heft kann kostenlos abonniert werden unter news.rub.de/rubin/abo. Das Abonnement kann per E-Mail an rubin@rub.de gekündigt werden.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren

Die nächste Ausgabe von RUBIN erscheint am 3. Juni 2024.

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

WISSENSCHAFT ZUM NULLTARIF

Abonnieren Sie kostenlos das Forschungsmagazin »Rubin« als digitalen Newsletter oder Printmagazin.



RUBIN ABONNIEREN

→ news.rub.de/rubin

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM

RUB



UNSERE HALTUNG. UNSERE ZUKUNFT.

Jetzt mehr erfahren
built-to-change.de

Unterstützt von

WORLD FACTORY

EXZELLENZ START-UP CENTER NORDRHEIN-WESTFALEN