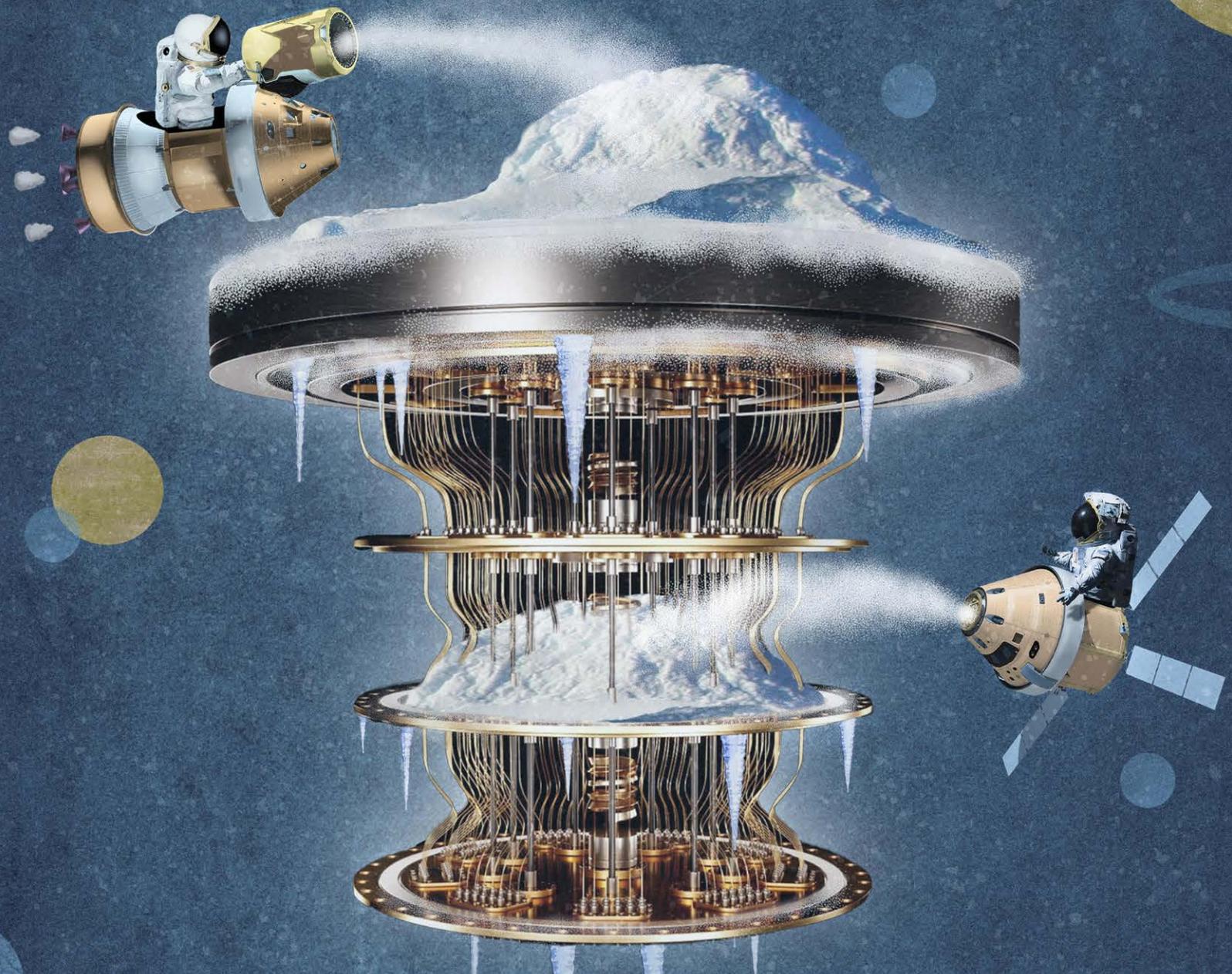


effzett

DAS MAGAZIN AUS DEM FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH

1-22



Eisige Maschinen

In Quantencomputern ist es kälter als im All.
Nun wird Elektronik für diese Extrembedingungen entwickelt.

WIE DAS GEHIRN

Unser Denkorgan als Vorbild
für Computer

WIE IN ECHT

Großversuch stellt Gedränge
in Bahnhöfen nach

WIE EINE HAUT

Neues Material soll Wearables
verbessern



Grüner Strom und innovative Landwirtschaft

So etwas könnte künftig häufiger auf Ackerflächen stehen. Das ist kein Unterstand für Vieh, sondern eine Agri-/Horti-Photovoltaik-Anlage. Damit lassen sich Flächen doppelt nutzen: Das Dach aus Solarmodulen erzeugt Strom, darunter wachsen Feldfrüchte. Das Dach schützt empfindlichere Pflanzen auch vor Hitze und Hagel. Mit zusätzlicher Technik lassen sich zudem Wachstum und Wasserverbrauch kontrollieren. „Wir sind noch in der Testphase, aber die ersten Erfahrungen sind sehr positiv“, sagt Projektleiter Dr. Matthias Meier-Grüll vom Jülicher Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-2). Die Anlage ist Teil der Strukturwandelinitiative BioökonomieREVIER.

Mehr zu Pflanzenproduktion und Photovoltaik: go.fzj.de/agri-horti-pv

NACHRICHTEN**5****TITELTHEMA****Cooler Rechner**

Qubits in Quantencomputern mögen es meist eiskalt. Herkömmliche Elektronik ist dafür nicht ausgelegt. Das sollen neue Mikrochips aus Jülicher Labors ändern.

8**Maschinenpark JUNIQ**

Jülicher Infrastruktur ermöglicht Zugang zu verschiedenen Quantenrechnern.

14**Europas Nr. 1 hat über 5.000 Qubits**

Quantenannealer von D-Wave in Jülich in Betrieb genommen

16**FORSCHUNG****Hautnah**

Künstliche Roboterhaut oder Wearables sind Einsatzgebiete für ein neues hautähnliches Material.

18**Wegbereiter einer neuen Computerära**

Das Gehirn als Vorbild: Zwei Jülicher Forscher entwickeln mit ihren Teams neuromorphe Rechner.

20**Ein Leuchtturm für die Energiewende**

Das Rheinische Revier soll Wasserstoff-Modellregion werden. Interview mit Prof. Peter Wasserscheid.

22**Ab ins Gedränge**

Über tausend Menschen haben für die Wissenschaft Zugreisende gespielt – mit dabei unser Reporter.

24**Preiswerter Durchblick**

Neuer Infrarot-Detektor ermöglicht günstige Kamerachips.

29**RUBRIKEN****Aus der Redaktion****4****Impressum****4****Woran forschen Sie gerade?****23****Besserwissen****30****Gefällt uns****31****Forschung in einem Tweet****32**

Kälter geht nicht!

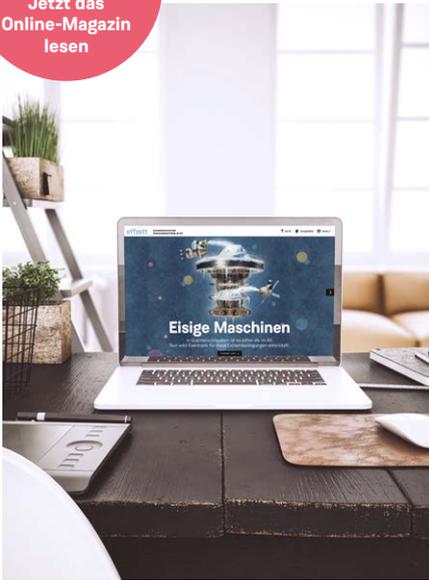
Es war ein Extremwinter. 1929 ließ eine wochenlang anhaltende Kälteperiode Flüsse und Seen in Europa zu Eis erstarren. Im Februar sank das Thermometer im oberbayerischen Wolnzach auf minus 37,8 Grad Celsius – laut Deutschem Wetterdienst Kältere rekord für Deutschland. Deutlich kälter, nämlich minus 93 Grad Celsius, ist der Tieftemperaturrekord auf der Erde, gemessen 2013 von einem NASA-Satelliten auf einem Plateau in der Ost-Antarktis. Das ist so eisig, dass menschliches Leben praktisch unmöglich ist. Und trotzdem noch weit entfernt vom absoluten Temperaturnullpunkt. Dieser liegt bei minus 273,15 Grad Celsius oder 0 Grad Kelvin. Bei dieser Temperatur stoppt sogar die Eigenbewegung der Atome. Knapp darüber liegt die Wohlfühltemperatur für viele Qubits, die Recheneinheiten der Quantencomputer. Für diese extremen Bedingungen entwickeln Jülicher Forscher:innen sogenannte Kryo-Elektronik, die die Qubits ansteuert. Warum und wie sie das machen, das erzählt unsere Titelgeschichte.

Warum spezielle Bedingungen oft spezielle Lösungen erfordern, zeigen auch unsere anderen Beiträge: Sie drehen sich um neuromorphe Computer, die so ähnlich rechnen wie unser Gehirn, um Fußgängerexperimente, die helfen, Bahnhöfe sicherer zu machen, und um neue Materialien für Wearables – kleine vernetzte Computer, die in der Kleidung stecken oder am Körper getragen werden.

Viel Spaß beim Blick in unsere Forschung wünscht
Ihre effzett-Redaktion

Noch mehr drin!

Jetzt das Online-Magazin lesen



↑ Die effzett können Sie auf allen Endgeräten lesen – vom Smartphone bis zum PC. Einfach online aufrufen: effzett.fz-juelich.de

Impressum

effzett Magazin des Forschungszentrums Jülich, ISSN 1433-7371

Herausgeber: Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich

Konzeption und Redaktion: Annette Stettien, Dr. Barbara Schunk, Christian Hohlfeld, Dr. Anne Rother (Vi.S.d.P.)

Autor:innen: Marcel Bülow, Dr. Janosch Deeg, Dr. Frank Frick, Christian Hohlfeld, Katja Lüers, Dr. Regine Panknin, Dr. Arndt Reuning, Dr. Barbara Schunk, Tobias Schlößer, Angela Wenzik, Erhard Zeiss.

Grafik und Layout: SeitenPlan GmbH, Dortmund

Bildnachweise: Forschungszentrum Jülich (31, 32), Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau (3 Mitte u. und re., 6 o., 16-17 (Hintergrundbild), 22 u., 23, 24-28, Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach (2, 11 u., 12 o., 20-21 (Porträts)), Forschungszentrum Jülich/Mercedes Alfonso-Prieto (6 u.), Natasa Adzic, Universität Wien (5 u.), HI ERN/Kurt Fuchs (7 li.), Diana Köhne (30 (Illustration)), Andrzej Koston (Titel, 3 li. o. und u., 8-17 (alle Illustrationen)), Bernhard Ludwig (19), NASA (29), NASA Worldview – NOAA/NESDIS/STAR (5 o.), Nord Stream 2/ Paul Langrock (7 re.), René Otten (10 o.), SeitenPlan GmbH (20-21

(Illustration)), Bernd Struckmeyer (22 o.), Baohu Wu (18); alle im Folgenden genannten Motive sind von Shutterstock.com: best pixels (4 (Montage: SeitenPlan)), Phonlamai Photo (3 Mitte o., 19 u.), spacezerocom (30 (Hinterlegung))

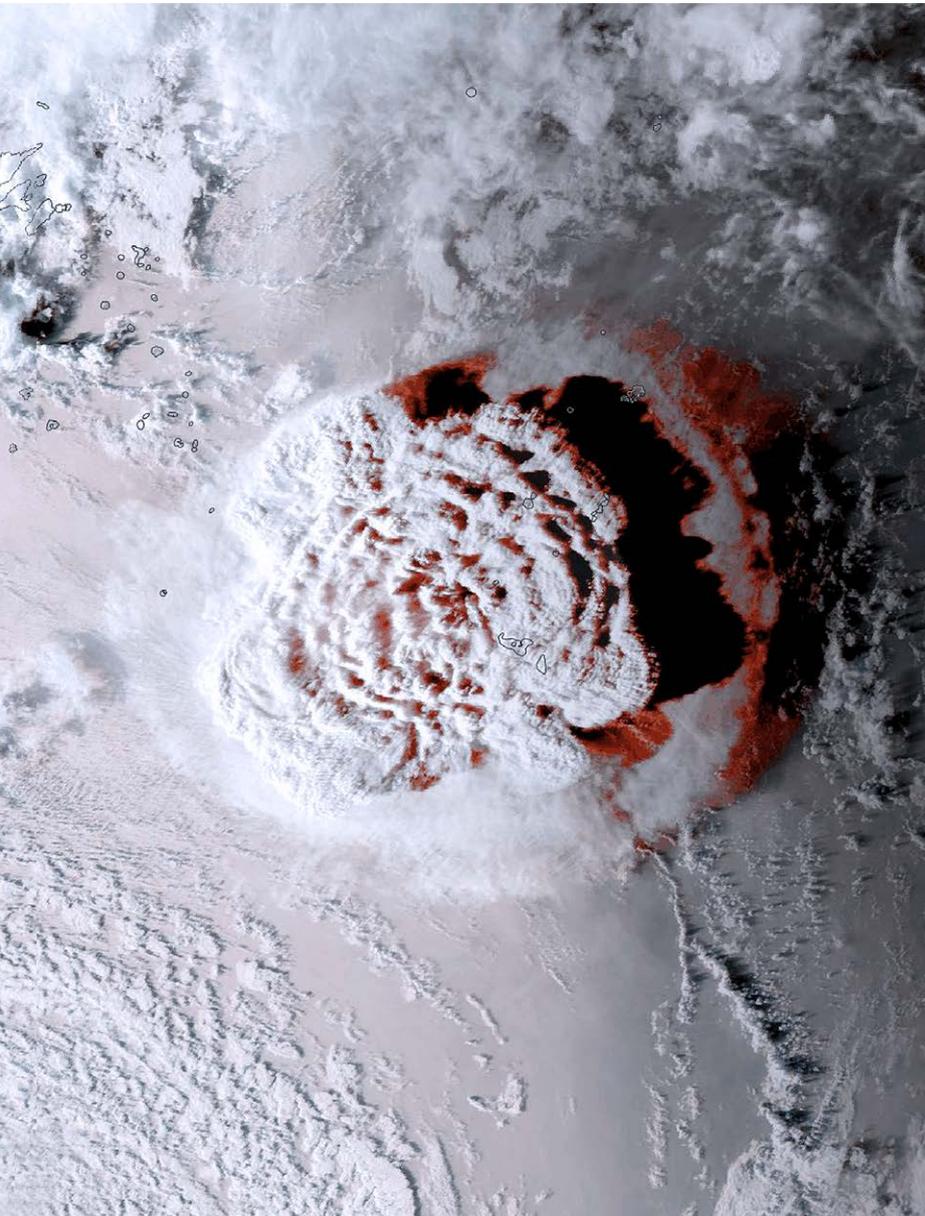
Kontakt: Geschäftsbereich Unternehmenskommunikation, Tel.: 02461 61-4661, Fax: 02461 61-4666, E-Mail: info@fz-juelich.de

Druck: Schloemer Gruppe GmbH

Auflage: 2.800



Alle in der effzett verwendeten Bezeichnungen sind geschlechtsneutral zu verstehen. Wird auf eine Nennung verschiedener Varianten der Bezeichnungen verzichtet, geschieht das allein aus Gründen der besseren Lesbarkeit.



ATMOSPHÄRENFORSCHUNG Vulkanausbruch, der Wellen schlägt

Am 15. Januar 2022 brach Unterwasservulkan Hunga Tonga-Hunga Ha'apai im Südpazifik aus. Es war die stärkste explosive Eruption seit rund 140 Jahren, sie löste einen Tsunami aus und richtete schwere Schäden in dem Inselstaat Tonga an. Der Ausbruch sorgte darüber hinaus für einen unerwarteten Effekt: Neben den typischen Druckwellen in Bodennähe kam es zu Luftschwingungen in höheren Schichten der Atmosphäre. Das ergab die Analyse von Satellitendaten mit dem Jülicher Supercomputer JUWELS. Diese sogenannten Schwerewellen beeinflussen Klima und Wetter. Mit den Daten soll nun geprüft werden, ob Klima- und Wettermodelle die Bildung und Ausbreitung solcher Schwerewellen korrekt wiedergeben.

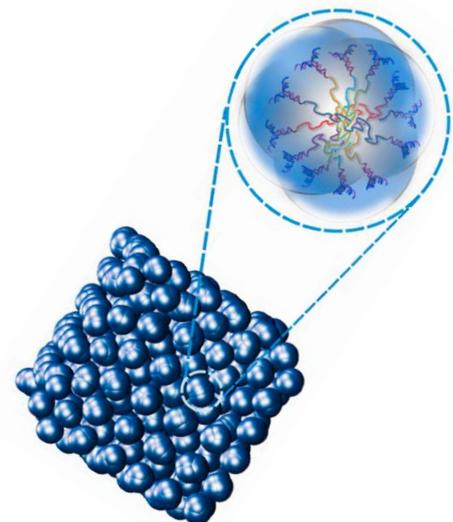
- JÜLICH SUPERCOMPUTING CENTRE -

MATERIALFORSCHUNG

Ein neuer Materiezustand

Mehrere Materieteilchen können sich zu einer größeren Einheit, einem Cluster, zusammenschließen – vorausgesetzt, sie ziehen einander an. Doch unter bestimmten Bedingungen könnten auch abstoßende Teilchen Cluster bilden. Das haben jedenfalls Forscher:innen vor rund 20 Jahren theoretisch vorhergesagt. Nun hat ein Team aus Jülich, Wien und Siegen erstmals so einen Zustand verwirklicht. Der Clusterkristall besitzt wie kristalline Festkörper eine regelmäßige, gitterförmige Struktur, in der Teilchen einen festen Platz haben. Das Besondere: Diese Gitterplätze sind bei dem neuen Kristall von Clustern besetzt, die aus mehreren rein abstoßenden Teilchen bestehen.

- INSTITUT FÜR BIOLOGISCHE INFORMATIONSPROZESSE -





„Treibhausgasneutralität bis 2045 ist möglich, sowohl technisch als auch ökonomisch.“

PROF. DETLEF STOLTEN

Eine Analyse von Jülicher Wissenschaftler:innen zeigt, wie Deutschland eine treibhausgasneutrale Energieversorgung erreichen kann.

Mehr zu diesem Thema: go.fzj.de/treibhausgasneutral

INFORMATIONSTECHNOLOGIE

Doppelter Quantenschub

Die Erforschung der Quantentechnologien wird weiter ausgebaut. Im neuen Projekt QSolid, das das Forschungszentrum Jülich koordiniert, entsteht ein deutscher Quantenrechner. Er soll auf supraleitenden Qubits basieren, die eine geringe Fehlerrate aufweisen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie die Industrie unterstützen das Vorhaben mit insgesamt 76,3 Millionen Euro.

Das Bundesland Nordrhein-Westfalen bündelt die Quantentechnologie-Forschung im neuen Netzwerk „EIN Quantum NRW“ – das EIN steht für Education, Innovation und Networking. Das Netzwerk soll Universitäten, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und die Wirtschaft zusammenbringen. Dafür stehen in den kommenden fünf Jahren bis zu 20 Millionen Euro zur Verfügung. Jülich wird ein starker Treiber der Vernetzung und Zusammenarbeit sein.

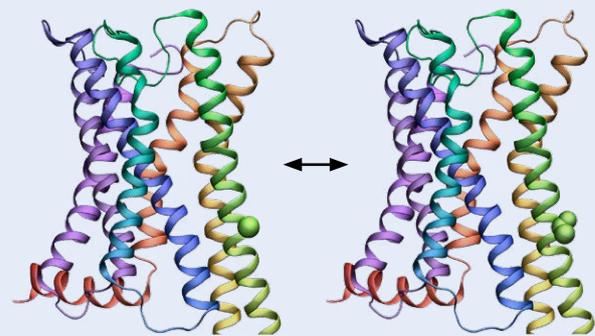
- PETER GRÜNBERG INSTITUT/JÜLICH SUPERCOMPUTING CENTRE/ZENTRALINSTITUT FÜR ENGINEERING, ELEKTRONIK UND ANALYTIK, SYSTEME DER ELEKTRONIK -

HIRNFORSCHUNG

Kleine Variation mit großen Folgen

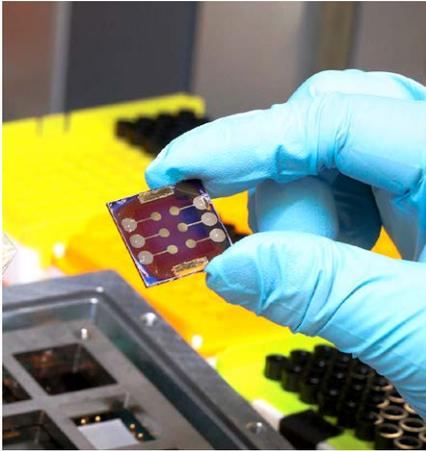
Das Hormon Oxytocin beeinflusst unser soziales Verhalten, fördert Vertrauen und Empathie. Es wird im Gehirn ausgeschüttet und löst eine Kette von Reaktionen in Nervenzellen aus. Mutationen im Rezeptor dieses „Kuschelhormons“ werden schon länger mit Autismus in Verbindung gebracht. Eine Studie von Regensburger und Jülicher Forscher:innen zeigt nun erstmals im Detail, wie schon eine kleine genetische Variation des Rezeptors die Wirkung des Hormons auf molekularer und zellulärer Ebene verändert. Ihre Ergebnisse könnten langfristig zu neuen Therapien führen, um Patienten mit dieser Mutation zu behandeln.

- INSTITUTE FOR ADVANCED SIMULATION UND INSTITUT FÜR NEUROWISSENSCHAFTEN UND MEDIZIN -



Oxytocinrezeptor

A218T Oxytocinrezeptor-Variante



1.450

Betriebsstunden,

ohne nennenswert an Leistung einzubüßen – so lange hielt erstmals eine von Jülicher Wissenschaftler:innen entwickelte Perowskit-Solarzelle durch. Perowskite sind eine Materialklasse mit einer speziellen Kristallstruktur, die auch aus organischen und anorganischen Materialien bestehen kann. Sie gelten als vielversprechende Kandidaten für die Solarmodule der Zukunft, denn solche Module lassen sich einfach, kostengünstig und energiesparend herstellen. Ihr großer Nachteil war bislang die sehr schnell sinkende Leistung.

- HELMHOLTZ-INSTITUT ERLANGEN-NÜRNBERG FÜR
ERNEUERBARE ENERGIEN -

NEUTRONENFORSCHUNG

Pipelines mit Neutronen kontrollieren

Verstopfungen in Ölpipelines können verheerende Folgen für die Versorgung haben. Umso wichtiger ist es, sie zügig zu finden. Doch bei Pipelines unter Wasser funktionieren gängige Methoden wie Wärmebildkameras oder Gammastrahlen nicht. Ein Forschungsteam mit Jülicher Beteiligung hat einen neuen Ansatz gefunden: Neutronen. Mit ihnen lässt sich selbst durch Rohrwände hindurch die Wasserstoffkonzentration messen. Diese verrät, ob sich im Rohr Öl, Gas oder die häufig für Verstopfungen verantwortlichen Hydrate befinden. Um die Konzentration zu messen, könnte künftig ein mobiler Detektor mit einer kleinen Neutronenquelle entlang der Pipeline hin- und herfahren.

- JÜLICH CENTRE FOR NEUTRON SCIENCE -



FUSIONSFORSCHUNG

Neuer Energie-Rekord

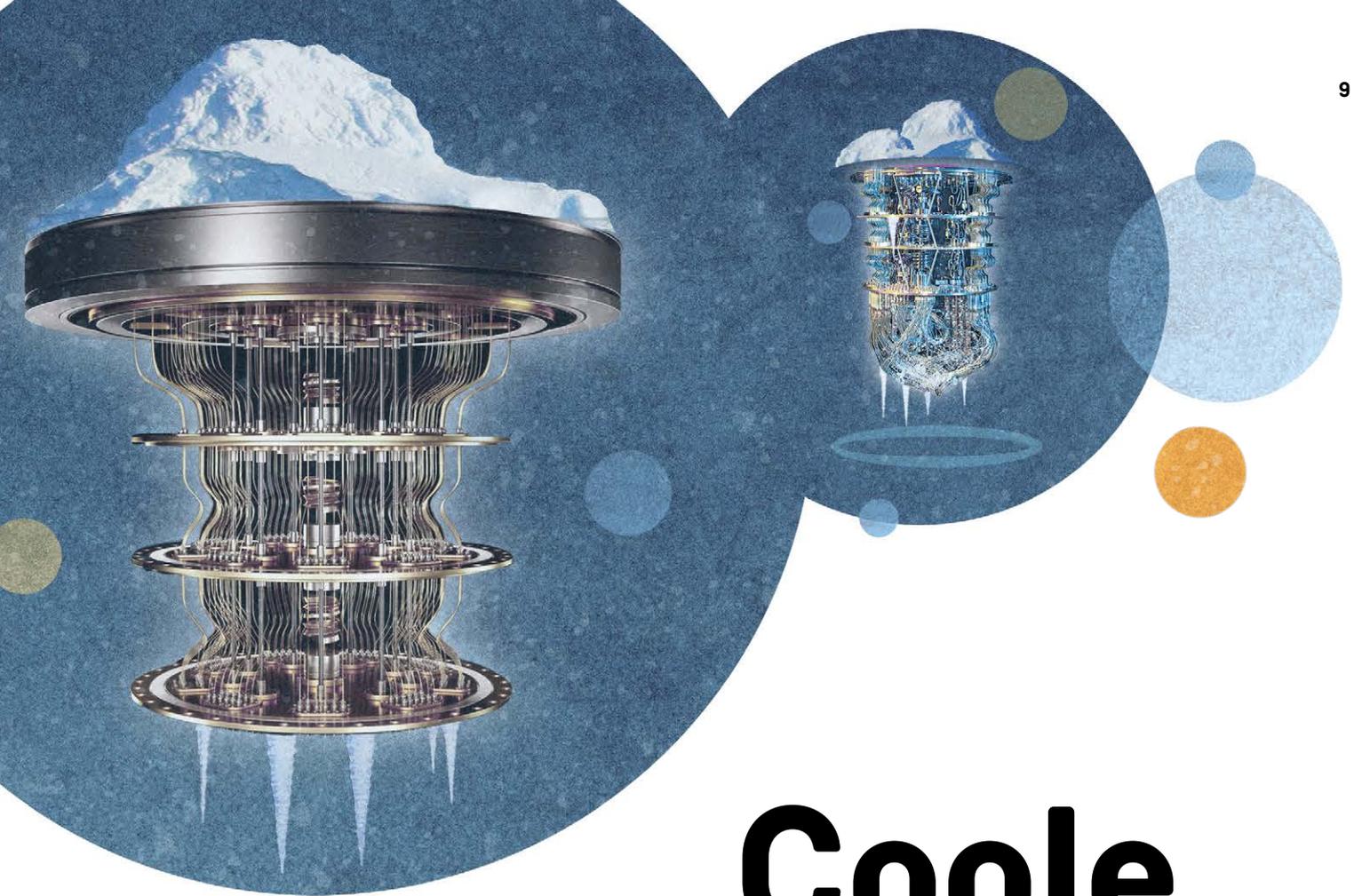
Forschende des europäischen Konsortiums EUROfusion haben einen Meilenstein bei der Erzeugung von Fusionsenergie erreicht. In der Versuchsanlage JET setzten sie 59 Megajoule Energie frei, doppelt so viel wie beim bisherigen Rekord aus dem Jahr 1997.

Fusionsreaktoren könnten künftig einen Teil des globalen Energiebedarfs decken.

An EUROfusion sind auch Jülicher Forschende beteiligt.

- INSTITUT FÜR ENERGIE- UND KLIMAFORSCHUNG -





Cooler Rechner

Minus 273 Grad Celsius, kälter als irgendwo im Universum – für dieses Extrem ist klassische Elektronik nicht ausgelegt.

Doch das soll sich ändern. Jülicher Forscherinnen und Forscher arbeiten an Mikrochips, die bei den frostigen Bedingungen störungsfrei funktionieren. Sie sollen die Rechner der Zukunft steuern: Quantencomputer mit Millionen von Qubits, die nur bei solchen Temperaturen arbeiten.





↑ René Otten promoviert am Institut für Quanteninformation der Jülich Aachen Research Alliance (JARA). Kryogene Elektronik mit Quantencomputern zu verbinden, ist sein Schwerpunkt.

Ein rotgold glänzendes Gebilde hängt in einem rund 2,50 Meter hohen Gestell: Es verknüpft über vier Ebenen Metallspiralen und viele gebogene metallische Leitungen. Das kunstvolle Geflecht in der Laborhalle des 2. Physikalischen Instituts der RWTH Aachen gehört zu einem Experiment, das wegweisend sein könnte für die universellen Quantencomputer der Zukunft. Deren Rechenleistung verspricht, das Rechenvermögen von heutigen Supercomputern hinter sich zu lassen wie ein Rennwagen einen Traktor.

Die schimmernde Konstruktion ist ein Kühlgerät der Extraklasse, ein Kryostat. Er kann durch Mischung von zwei unterschiedlichen Sorten des Edelgases Helium auf eine Temperatur nahe dem absoluten Nullpunkt kühlen, also auf fast minus 273,15 Grad Celsius – kälter als jemals im Universum gemessen. So extrem benötigen es die meisten Qubits, die empfindlichen Recheneinheiten der Quantencomputer. Nur dann laufen sie stabil und fast fehlerfrei. Die vielen elektrischen Leitungen sind gebogen, damit sie durch die extreme Kälte nicht zerreißen. Zusammen mit den Kühlschlangen und dem Gestänge verleihen sie dem Kryostat sein typisches Aussehen eines eigenwilligen Kronleuchters. „Fotografen lieben das Motiv – es ist fast zum Sinnbild eines Quantencomputers geworden“, sagt der Physiker René Otten vom JARA-Institut für Quanteninformation

und muss schmunzeln: „Dabei ist der eigentliche Quantencomputer, der Quantenprozessor, nur ganz klein und recht unscheinbar ganz unten am Kryostaten.“

ZU VIELE KABEL

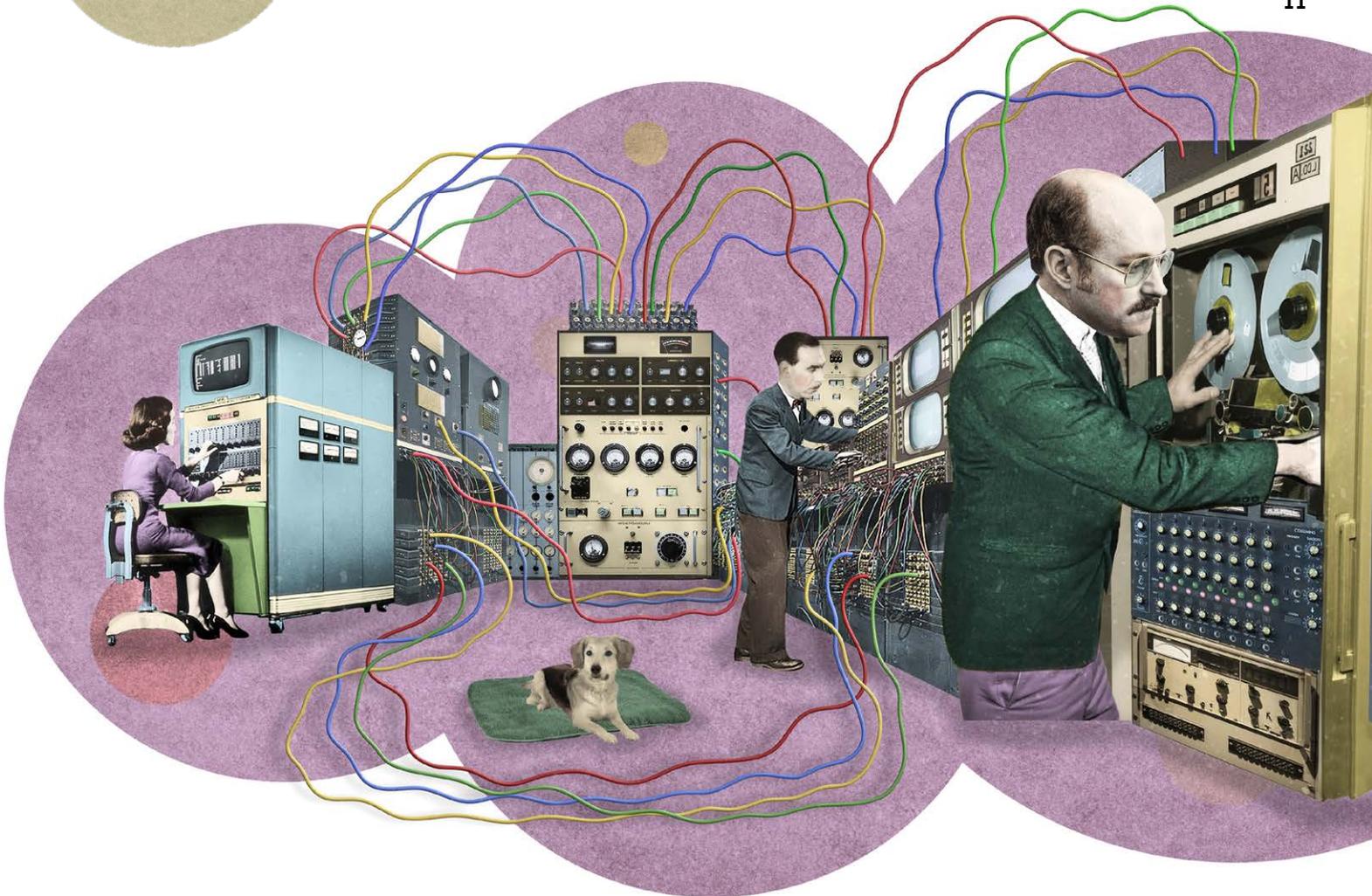
Gesteuert wird dieser Quantenprozessor über die zahlreichen Leitungen. Doch genau da liegt ein Problem, das den Weg zu künftigen Quantencomputern mit Millionen Qubits erschwert. Denn um die Qubits anzusteuern und auszulesen, nutzen Forschende herkömmliche Elektronik. Diese ist aber nicht für Temperaturen unterhalb von minus 40 Grad Celsius ausgelegt. Deshalb befindet sie sich außerhalb des Kryostaten. Die elektronischen Geräte erzeugen also bei Raumtemperatur Signale, die dann über die Leitungen durch den Kryostat laufen und schließlich beim tiefgekühlten Quantenprozessor ankommen.

„Bei 50 Qubits, die etwa Quantencomputer von IBM und Google heute verwenden, oder auch bei 100 Qubits funktioniert das noch. Aber nicht mehr bei Quantencomputern in zehn oder mehr Jahren, die über eine Million Qubits haben sollen“, ist Dr. Carsten Degenhardt vom Jülicher Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik (ZEA-2) überzeugt. „Wir könnten bei den Quantencomputern in einigen Jahren in eine Lage kommen wie die Betreiber herkömmlicher Rechenanlagen Ende der 1950er Jahre.“ Damals entwarfen die Ingenieure immer komplexere Schaltungen, um die Rechenleistung der Computer zu steigern: Lötstellen und die Verkabelung der einzelnen Komponenten untereinander nahmen dabei in einem Maße zu, dass der Platzbedarf und die Wahrscheinlichkeit von Verbindungsfehlern enorm stiegen. Ähnliches droht bei den Qubits: Je mehr anzusteuern sind, desto mehr Leitungen werden benötigt. Das ist nicht nur ein Platzproblem: Die Leitungen sind störanfällig und je mehr Leitungen, desto mehr Störungen. Hinzu kommt, dass die Drähte Wärme abgeben und diese dann in den Kryostaten gelangt – Gift für die kältebedürftigen Qubits.

In den 1950er Jahren konnte das Kabelwirrwarr durch die Erfindung der integrierten Schaltung beseitigt werden, den Mikrochip: ein Halbleiterplättchen, auf das die elektronischen Komponenten – Transistoren, Widerstände, Kondensatoren – samt ihren Verbindungen aufgebracht wurden. Ein Mikrochip soll es nun auch wieder richten und die elektronischen Leitungen fast überflüssig machen. Die Herausforderung dieses Mal: Der Chip muss bei Temperaturen von rund

„Es war völlig unklar, ob etwa Transistoren nahe dem absoluten Nullpunkt überhaupt funktionieren.“

DR. CARSTEN DEGENHARDT



minus 273 Grad Celsius arbeiten und digitale Eingaben genauso zuverlässig in Signale für den Quantencomputer umwandeln wie bei Raumtemperatur. Solche unerwartet toleranten Bauteile gibt es allerdings nicht zu kaufen.

FROSTIGES NEULAND

Vor fünf Jahren begannen die Expert:innen des ZEA-2 daher mit den Arbeiten an eigenen Chips. Zuerst galt es zu klären, welche speziellen Anforderungen ein Quantenprozessor an einen solchen Chip stellt. Dafür nahmen das Team des ZEA-2 Kontakt auf zu den Physikern des JARA-Instituts für Quanteninformation um Prof. Hendrik Bluhm, der im Projekt QUASAR an einen Halbleiter-Quantenprozessor „made in Germany“ arbeitet. Zwischen den Forschenden um Bluhm, insbesondere René Otten, und dem ZEA-2 entwickelte sich eine enge Zusammenarbeit. „Gemeinsam legten wir beispielsweise die Höhe und die Abstufung der Spannungen fest, die der Chip erzeugen soll. Und die elektrische Leistung, die er dazu maximal verbrauchen darf, um die Qubits nicht zu sehr zu erwärmen. Das sind die Grundlagen für einen Schaltplan“, sagt Dr.-Ing. Patrick Vliex, beim ZEA-2 zuständig für den Entwurf des Prototyps.

Bis dahin bewegte Vliex sich weitgehend auf den vertrauten Pfaden der Raumtemperaturelektronik. Doch mit dem nächsten Schritt betrat er unbekanntes Gebiet. Denn um den Schaltplan zu erstellen und in die konkrete Bauanleitung für den Mikrochip zu überführen – also für das Chipdesign –, benötigte er präzise Angaben über das Verhalten der einzelnen mikroelektronischen Bauelemente wie Widerstände und Transistoren. Diese Angaben liegen zwar vor, allerdings nur bis minus 40 Grad. „Es war völlig unklar, ob etwa Transistoren nahe dem absoluten Nullpunkt, also noch einmal über 230 Grad Celsius kälter, überhaupt funktionieren. Deshalb haben wir bei uns erst einmal entsprechende Tests gemacht“, sagt Carsten Degenhardt. Zum Glück erwiesen sich die Bauelemente als unerwartet tolerant: Sie verhielten sich bei sehr tiefen Temperaturen zwar anders als bei Raumtemperatur, aber erfüllten noch ihre Funktion. Die Wissenschaftler entschieden daher, weiter am Entwurf des Chips zu arbeiten und Simulationen durchzuführen.

Mit Simulationen lassen sich etwa die Spannungssignale prüfen, die der entworfene Chip aufgrund digitaler Eingaben produziert. Stimmt etwas nicht, kann das Chip-Layout ohne große



↑ Der Physiker Carsten Degenhardt entwickelt mit seinem Team in Jülich integrierte nano- und mikroelektronische Systeme – unter anderem für Quantencomputer.



↑ Der Elektroingenieur Patrick Vliex hat den Prototyp für den neuen Kryo-Chip konzipiert.

Kosten geändert werden, bevor die Produktion startet. Auch den neuen Chip hat das ZEA-2 noch einmal mithilfe von Simulationen überprüft. „Wir waren uns allerdings darüber im Klaren, dass diese Simulationen unseren Kryo-Chip nur eingeschränkt widerspiegeln, denn in sie fließen eben nur die bisher erhältlichen Modelle und Daten bis maximal minus 40 Grad Celsius ein“, sagt Vliex. Die Ergebnisse dieser Simulationen waren denen der kryogenen Testmessungen aber ähnlich genug, um weiterzuarbeiten. Zudem konnte Patrick Vliex beim Chipdesign einige der möglichen Abweichungen im Verhalten der Bauelemente bei rund minus 273 Grad berücksichtigen, indem er beispielsweise zusätzliche Transistoren vorsah, die bei Bedarf zugeschaltet werden können.

QUBIT TRIFFT CHIP

Nach rund einjähriger Entwicklung beauftragten die Jülicher Elektroingenieure schließlich eine Chipfabrik damit, aus dem fertigen Entwurf einen echten Chip herzustellen. Dann hieß es erst mal warten: „Etwa ein halbes Jahr später hat die Chipfabrik den Prototyp in mehrfacher Ausfertigung geliefert, und damit war alles bereit für unseren ersten Probelauf zusammen mit den Aachenern“, erzählt Vliex. Die hatten in der Zwischenzeit weiter an ihrem halbleitenden Qubit geforscht. Das Qubit wird in einem halbleitenden Plättchen aus mehreren Schichten erzeugt (siehe Kasten), das Plättchen ist auf einer Platine aufgebracht. Auf diese Platine setzte René Otten auch den Tieftemperatur-Chip des ZEA-2.

Im März 2022 war es dann so weit: René Otten schloss die wärmeisolierende Hülle des Kryostaten und startete das Experiment im Aachener Physikgebäude. Die folgenden mehrtägigen Messungen zeigten, dass die Signale des Chips im Kryostaten den Qubit-Chip wie gewünscht ansteuern. „Das hat perfekt funktioniert. Der nächste Schritt ist zu prüfen, ob der Chip auch Signale ausliest wie gewünscht. Langfristig wollen wir ein Verfahren etablieren, mit dem wir Kryoelektronik-Chips auf die gleiche Weise entwerfen wie heute schon Raumtemperatur-Mikrochips. Dazu gehört es auch, die bestehenden Modelle für Simulationen anzupassen“, sagt Degenhardt. Das soll bereits in einem weiteren Quantencomputerprojekt zusammen mit Partnern aus Forschung und Industrie umgesetzt werden: im 2022 gestarteten Projekt QSolid.

Das rotgold glänzende Leitungsgeflecht für die elektronische Steuerung könnte also schon bald weitgehend wegfallen. Der Kryostat wäre dann vermutlich weniger fotogen. Dafür ist der Einstieg in eine Technologie gemacht, die in zehn oder zwanzig Jahren einen Millionen-Qubits-Quantenrechner ermöglichen soll.

FRANK FRICK



Mehr zum Quantencomputing in Jülich: go.fzj.de/quanten



Ein offenes Rennen

Eine Möglichkeit, Qubits zu erzeugen, sind Halbleiter. Das Team um Prof. Hendrik Bluhm vom JARA-Institut für Quanteninformation nutzt zwei einzelne Elektronen, die in einem winzigen Plättchen in einer Art Falle gefangen sind. Sie bilden das Qubit. Das Plättchen besteht aus fünf halbleitenden Schichten, die sich in ihrer Zusammensetzung geringfügig unterscheiden, aber hauptsächlich die Elemente Gallium, Arsen und Aluminium enthalten. Auf der obersten Schicht haben die JARA-Wissenschaftler in der Jülicher Helmholtz Nano Facility eine winzige gitterartige Struktur aus Metall aufgebracht.

Aufgrund des speziellen Schichtaufbaus existiert im Plättchen eine Ebene, auf der sich Elektronen hin- und herbewegen, ohne die Ebene verlassen zu können. Den verbliebenen Freiraum der Elektronen in der Ebene können die Wissenschaftler einschränken, indem sie eine elektrische Spannung an dem Metallgitter anlegen. Denn die negative Ladung am Metall bildet eine unüberwindbare Hürde für die ebenfalls negativ geladenen

Elektronen: Die Falle, die als Quantenpunkt bezeichnet wird, ist zugeschnappt.

Die halbleitenden Qubit-Plättchen der JARA-Forschenden sind besonders eng mit den Chips der heutigen Mikroelektronik verwandt. Weil die Industrie mit der Produktion von Mikrochips seit Jahrzehnten umfangreiche Erfahrungen gesammelt hat, könnten sich Halbleiter-Qubits für eine künftige Hochskalierung besonders eignen.

Es gibt aber noch weitere Ansätze, um Qubits zu erzeugen. Welche Technologie am Ende das Rennen macht, ist noch offen. In Jülich forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch an supraleitenden Qubits. Dieser Ansatz gilt derzeit als führend, Google und IBM setzen zum Beispiel darauf. Dabei werden Qubits aus Strömen erzeugt, die widerstandslos in supraleitenden Schaltkreisen fließen. Bei diesen Qubits ist noch unklar, ob sich damit Computer mit Tausenden Qubits entwickeln lassen.

Während für die Halbleiter- und supraleitenden Qubits bereits funktionierende Systeme entwickelt wurden, steht die Forschung für Hybrid-Qubits noch ganz am Anfang. Die Idee: Auf einem gewöhnlichen Supraleiter wird ein sogenannter topologischer Isolator aufgetragen. Jülich, aber auch Microsoft, forschen daran. Topologische Isolatoren sind eine Materialklasse, die vereinfacht gesagt innen die Eigenschaften eines Isolators hat und außen die eines Leiters. Zumindest theoretisch ließe sich so ein Qubit erzeugen, das weniger störanfällig ist als etwa halb- oder supraleitende Qubits. Diese sind sehr empfindlich, schon bei kleinsten Störungen können Fehler auftreten.

Kandidaten für Hybrid-Qubits sind Majorana-Teilchen, die sich aber nur schwer erzeugen lassen, und sogenannte Gatemons, bei denen ein supraleitendes Qubit durch einen topologischen Isolator verändert wird.



Maschinenpark JUNIQ

In Jülich entsteht ein Eldorado für alle, die Quantencomputer nutzen wollen. Erste Systeme sind bereits verfügbar.

Quantencomputer gelten als Rechner der Zukunft. Bis dahin ist es noch ein weiter Weg, aber erste experimentelle Systeme, Prototypen und kommerzielle Geräte können schon heute genutzt werden. JUNIQ, kurz für „Jülicher Nutzer-Infrastruktur für Quantencomputing“, verschafft Wissenschaft und Wirtschaft den Zugang zu verschiedenen dieser Quantenmaschinen. Einige Systeme stehen direkt in Jülich, andere befinden sich in Partneereinrichtungen. Teil dieser Infrastruktur sind auch die Jülicher Supercomputer, die hier mit Quantensystemen verknüpft werden.

JUNIQ unterstützt darüber hinaus Nutzerinnen und Nutzer bei der Entwicklung von Algorithmen und Anwendungen fürs Quantencomputing.

Emulatoren

Emulatoren sind Programme, die auf gewöhnlichen Computern laufen und Quantencomputer nachahmen. So lassen sich zum Beispiel schon heute Algorithmen testen, die künftig auf Quantencomputern laufen sollen.

JUQCS – Jülich Universal Quantum Computer Simulator

Zugriff: seit Januar 2022

Standort: Jülich

Qubit-Zahl: 43 (simuliert auf dem Jülicher Superrechner JUWELS)

Besonderheit: JUQCS läuft sowohl auf Laptops als auch auf Supercomputern. Aber nur mit Supercomputern können mehr als 32 Qubits simuliert werden. JUQCS hält hier den Rekord mit 48 Qubits, simuliert auf K (Japan) und Sunway TaihuLight (China).

ATOS Quantum Learning Machine

Zugriff: seit Januar 2022

Standort: Jülich

Qubit-Zahl: 30 (simuliert auf Jülicher ATOS QLM-30)

Besonderheit: Der Emulator läuft auf einer speziellen Hardware-Infrastruktur – etwa in der Größe eines einfachen Business-Servers – mit großer Speicherkapazität. In seiner maximalen Konfiguration kann ein ATOS-QLM bis zu 41 Qubits simulieren.

Quantenannealer

Ein Quantenannealer nutzt wie andere Quantencomputer die Quantenmechanik, um Berechnungen durchzuführen. Aber Annealer sind nicht universell programmierbar, sondern Spezialisten für das Optimieren von Aufgaben und Prozessen, zum Beispiel um Lieferketten zu vereinfachen oder Verkehrsflüsse zu steuern.

D-Wave Advantage System JUPSI

Zugriff: seit Januar 2022

Art: First Production System

Standort: Jülich

Qubit-Typ: supraleitende Qubits

Qubit-Zahl: max. 5.760

Besonderheit: erster Quantenrechner in Europa mit über 5.000 Qubits. Der Annealer soll in die Jülicher Supercomputer-Infrastruktur integriert werden, um die Fähigkeiten der Systeme zu kombinieren. (siehe Seite 16/17)

Quantensimulatoren

Ein Quantensimulator ist eine Art abgespeckter Quantencomputer – also auch ein Quantensystem, aber weniger flexibel und nur für bestimmte Probleme geeignet, etwa wenn viele Teilchen miteinander wechselwirken. Im Grunde geht es darum, mit einem bekannten, kontrollierbaren Quantensystem ein anderes, meist komplexeres Quantensystem zu simulieren. Im Laufe des Jahres 2023 soll ein Quantensimulator mit etwa 100 Qubits in Jülich den Betrieb aufnehmen.

Besonderheit: Der Jülicher und ein weiterer Quantensimulator sollen im EU-Projekt „High-Performance Computer and Quantum Simulator hybrid“ (HPCQS) eng mit zwei europäischen Supercomputern – darunter Jülichs Superrechner JUWELS – verbunden werden. Dieses Hybridsystem soll es ermöglichen, die Leistung von Quantencomputern für die ersten praktischen Hybridanwendungen zu nutzen.

Quantencomputer

Sie sind sozusagen die Königsklasse und – so die Hoffnung – künftig in der Lage, komplexe Aufgaben zu lösen, an denen heutige Supercomputer scheitern. Fachleute sprechen von „universell programmierbaren Quantencomputern“ – also von Quantencomputern, die jede Berechnung, die von Computern durchführbar ist, ausführen können.

OpenSuperQ

Zugriff: voraussichtlich Ende 2022

Art: experimentelles Quantensystem

Standort: Jülich

Qubit-Typ: supraleitende Qubits

Qubit-Zahl: 6

Besonderheit: Das Projekt OpenSuperQ ist Teil der 2018 gestarteten EU-Forschungsinitiative „Quantum-Flagship“. Ziel ist ein europäischer Quantencomputer mit 50 Qubits.

QSolid

Zugriff: voraussichtlich ab 2024

Art: experimentelles Quantensystem

Standort: Aachen

Qubit-Typ: supraleitende Qubits

Qubit-Zahl: 10

Besonderheit: In dem vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekt QSolid werden seit Anfang 2022 Quantendemonstratoren entwickelt, deren Qubits eine geringe Fehlerquote aufweisen sollen. Bis 2027 sollen 30 Qubits erreicht werden.

DAQC

Zugriff: voraussichtlich ab 2024

Art: experimentelles Quantensystem

Standorte: Jülich und München

Qubit-Typ: supraleitende Qubits

Qubit-Zahl: 54

Besonderheit: In dem Projekt wird ein digital-analoger Quantencomputer (DAQC) aufgebaut, der die Vorteile eines wenig fehleranfälligen analogen Quantenrechners mit der Flexibilität digitaler Schaltkreise kombiniert. Der DAQC soll mit Supercomputern gekoppelt werden und dort die Aufgabe eines Rechenbeschleunigers übernehmen.

QUASAR

Zugriff: voraussichtlich ab 2027

Stand: neues Hardwarekonzept

Standort: Aachen oder Jülich

Qubit-Typ: spinbasierte Qubits (Halbleiter-Qubits)

Qubit-Zahl: 25 (bis 2027)

Besonderheit: In dem vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekt QUASAR wird an einem Halbleiter-Quantenprozessor „made in Germany“ gearbeitet. In einem voraussichtlichen Nachfolgeprojekt soll ein System mit 25 Qubits entstehen.

Europas Nr. 1 hat über 5.000 Qubits

So sieht Europas Nr. 1 aus. Seit Januar 2022 läuft am Forschungszentrum Jülich ein Quantenrechner mit mehr als 5.000 Qubits – so viele Recheneinheiten bietet kein anderes System in Europa. Den Computer namens „Advantage“ hat die kanadische Firma D-Wave Systems entwickelt. Es gibt nur zwei ähnliche Exemplare, die seit 2020 bei D-Wave in Kanada laufen.

Bei diesen Systemen handelt es sich um sogenannte Quantenannealer. Sie sind anders aufgebaut als universelle Quantencomputer, wie sie etwa IBM und Google, aber auch Jülicher Forschende entwickeln, und daher nicht universell programmierbar. Stattdessen sind sie auf einen bestimmten Rechenprozess festgelegt, was sie zu Spezialisten macht für anspruchsvolle Optimierungsprobleme. Zum Beispiel: Verkehrsflüsse effizient steuern oder künstliche neuronale Netze für Anwendungen der Künstlichen Intelligenz trainieren. Auch für die Industrie ist diese Fähigkeit von großem Interesse. Mit den Quantenannealern von D-Wave hat beispielsweise eine Bank die Rendite eines Investmentportfolios gesteigert, ein Supermarktkonzern seine Lieferketten verbessert und ein Automobilhersteller die Arbeitsabläufe in der Lackiererei optimiert. Zugriff sowohl auf „Advantage“ als auch auf Annealer in Kanada erhalten Wirtschaft und Wissenschaft über die Jülicher Nutzer-Infrastruktur JUNIQ, deren Angebot an Quantenrechnern und Supercomputern immer weiter ausgebaut wird (siehe Seite 14).

Dadurch, dass „Advantage“ in Jülich steht, ergeben sich auch neue Erkenntnisse und neue Möglichkeiten für die Forschung. Zum einen soll der Annealer eng in die Jülicher Supercomputing-Infrastruktur eingebunden werden, zum anderen können Jülicher Forschende das System sozusagen auf Herz und Nieren prüfen. Denn die Technik ist so neu, dass noch nicht komplett geklärt ist, für welche Probleme das Quantenannealing tatsächlich einen Vorteil gegenüber klassischen Rechnern bringt. Jülicher Kooperationen etwa mit der Autoindustrie oder mit Energieversorgungsunternehmen sollen helfen, das herauszufinden.

CHRISTIAN HOHLFELD

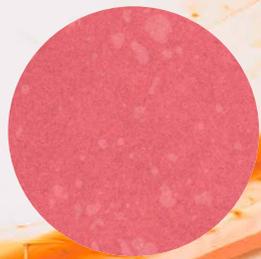


Mehr zum Quantenannealer unter:
juelich-quantum.de



advantage

advantage



Hautnah

Ihnen gehört die Zukunft: Wearables – kleine vernetzte Computer, die in der Kleidung stecken oder am Körper getragen werden. Ein neues hautähnliches synthetisches Material könnte die Technologie voranbringen oder auch als künstliche Haut für Roboter genutzt werden.

Einmal über den Jackenärmel gewischt, und das Wohnzimmerlicht schaltet sich aus, mit der Hand an den Mantelkragen getippt, und der Chef wird angerufen: Was nach Science-Fiction klingt, ist in der Wissenschaft und auch in der Bekleidungsindustrie längst angekommen. Es gibt kaum ein Thema, das die Fantasie der Menschen mehr anregt als kleine vernetzte Computer, sogenannte Wearables, die am Körper getragen oder in die Kleidung integriert werden.

Schon heute wird diese tragbare Technik vor allem im Sport eingesetzt: Smartwatches und Fitness-Armbänder messen Puls, Herz- und Atemfrequenz. Smarte Shirts überwachen den Schlaf oder helfen bei Yoga und Pilates Bewegungen richtig auszuführen. Diese Oberteile sind mit Sensoren ausgestattet, die Körperhaltung und Muskelbewegungen erfassen und durch leichten Druck an der jeweiligen Stelle auf falsche Bewegungen hinweisen. Inzwischen gibt es sogar Fitnessanzüge, die die Muskeln trainieren, ohne dass man sich selbst bewegen muss. Dabei stimulieren eingearbeitete winzige Elektroden die Muskeln von außen.

HOHE ANFORDERUNGEN

Wearables erobern aber auch andere Bereiche: Diabetiker können damit ihren Blutzuckerspiegel messen, Datenbrillen projizieren Bilder direkt auf die Netzhaut und Wearables in Windeln tracken die Schlafphasen von Babys. Dabei geht es nicht nur um technische Herausforderungen wie etwa die Entwicklung winziger Sensoren, sondern auch um das stromleitende Material. Es muss robust und zugleich strapazierfähig sowie dehnbar sein – und natürlich angenehm zu tragen.



↑ Der Physiker und Instrumentenwissenschaftler Baohu Wu untersucht Materie mithilfe von Neutronen.

„Eine zweite Haut sozusagen“, erklärt Dr. Baohu Wu. Am Jülich Centre for Neutron Science (JCNS) am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) in Garching beschäftigt sich der Physiker und Instrumentenwissenschaftler mit Materialien, auch für Wearables.

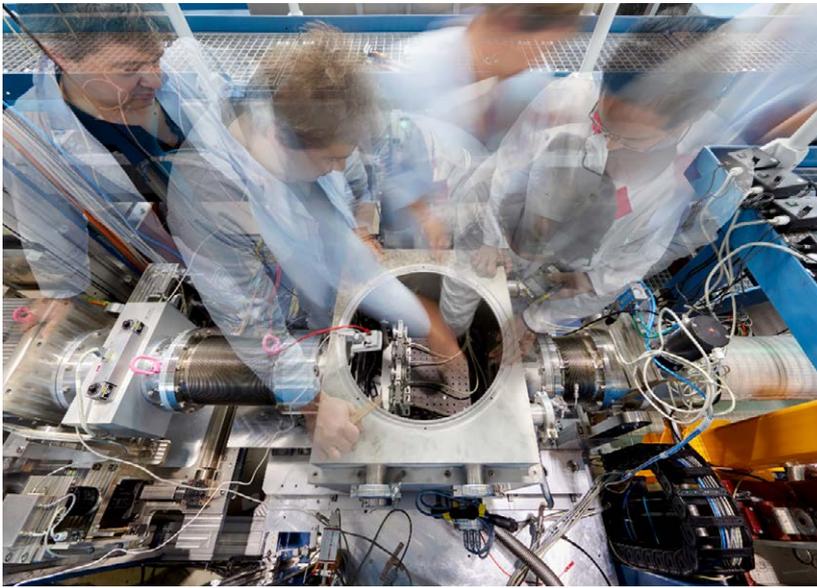
Seine Inspiration holt er sich aus der Natur: aus biologischen Materialien, die Ionen, in diesem Fall elektrisch geladene Makromoleküle, leiten. Um die Beziehung zwischen der Struktur dieser Materialien und deren Eigenschaften im Detail zu verstehen, setzt er auf Neutronen- und Röntgenstromethoden. Mithilfe dieser Methoden ist es Wu gelungen, gemeinsam mit Forschenden der chinesischen Donghua University in Shanghai ein hautähnliches synthetisches Material zu entwickeln, das alle Anforderungen an Materialien für Wearables erfüllt. Auch smarte Kleidung könnte profitieren. „Selbst künstliche Haut für Roboter ist denkbar“, erklärt Wu. Aufgrund der besonderen Eigenschaften des Materials könnten Roboter ihre Umwelt detaillierter und feinfühlicher ertasten als bisher, spricht: menschlicher werden.

1.600
Prozent

beträgt die Dehnbarkeit des neuen Elastomers. Das bedeutet, es lässt sich auf seine 16-fache Größe ausdehnen. Zum Vergleich: Ein Luftballon lässt sich etwa auf seine 7-fache Größe aufblasen.

Quelle: www.deutschlandfunk.de/kaum-zu-ueberdehnen-100.html

Bei dem Material handelt es um sich ein sogenanntes Elastomer, einen Kunststoff, der sich leicht dehnen lässt, ohne zu reißen. „Unser Elastomer bildet weit besser als bisherige Materialien sowohl die Elastizität unserer Haut nach als auch deren Fähigkeit, stabiler zu werden, wenn sie verformt wird. Und unser Kunststoff hat sogar deren Selbstheilungskräfte, kann also Beschädigungen selbst reparieren und die Funktionalität wieder herstellen“, erklärt Wu. Bislang war es kaum möglich, diese Eigenschaften in einem einzigen Material zu realisieren.



Wu hofft, dass das neue Material die Forschung voranbringt. Er glaubt fest an die Zukunft der Wearables: „Sie werden kontinuierlich an Bedeutung gewinnen. Und viele weitere Anwendungen sind denkbar, wenn es uns gelingt, noch kleinere und leistungsfähigere Sensoren und haltbarere Geräte zu entwickeln, die sich auch noch angenehm auf der Haut tragen lassen“, ist der Forscher überzeugt.

KATJA LÜERS

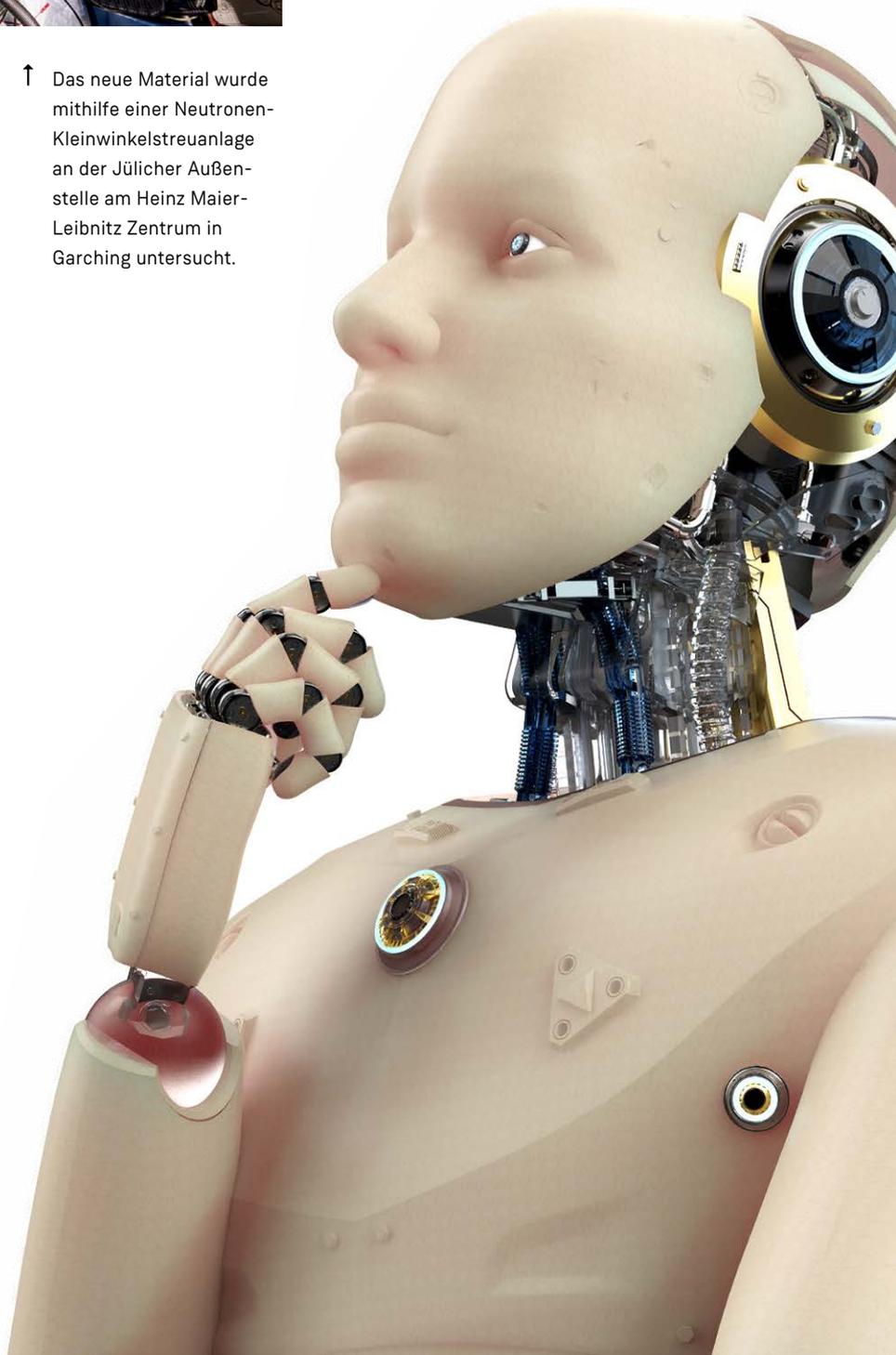
Der Trick von Wu und seinen Kolleginnen und Kollegen: Sie haben für ihr Material zwei dynamische Polymer-Netzwerke kombiniert, die miteinander wechselwirken und sich in ihren Eigenschaften optimal ergänzen: Das eine Netzwerk löst chemische Bindungen schnell. Das bedeutet, ein Material aus diesem Polymer-Netzwerk lässt sich zwar gut dehnen, reißt aber sehr schnell beziehungsweise leiert aus.

DEHNBAR UND REISSFEST

Im anderen Netzwerk bleiben die chemischen Bindungen dagegen stabil. Ein Material daraus reißt also nicht, wäre aber eher steif und kaum verformbar. Dank der Kombination lässt sich das neue Material extrem gut dehnen, ohne zu reißen, rutscht dann aber schnell wieder in seine ursprüngliche Form zurück. „Einfach formuliert: Es passt sich wie eine zweite Haut an. Nach unseren vorläufigen Erkenntnissen wäre es beispielsweise möglich, tragbare Geräte wie Elektrokardiographen wie eine zweite Haut auf dem Körper zu tragen“, so der Jülicher Forscher.

Hinzu kommt: „Die Eigenschaften unseres Elastomers können die Lebensdauer der Materialien von Wearables erhöhen, die Austauschkosten senken, die abbaubedingte Ineffizienz dieser Materialien verringern und die Produktsicherheit verbessern“, resümiert Wu. Indem er die Zusammenhänge zwischen den Strukturen und den gesuchten Eigenschaften aufgedeckt hat, hat er einen entscheidenden Beitrag dazu geleistet, dass seine Kolleginnen und Kollegen gezielt die erfolgversprechenden Materialien entwickeln konnten.

↑ Das neue Material wurde mithilfe einer Neutronen-Kleinwinkelstreuungsanlage an der Jülicher Außenstelle am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum in Garching untersucht.



Wegbereiter einer neuen Computerära

Vorbild Gehirn: Neuromorphe Computer setzen auf eine Architektur, die so ähnlich funktioniert wie das Netz aus Nervenzellen in unserem Denkorgan. John Paul Strachan und Emre Neftci sind nach Jülich gekommen, um solche Rechner praxisreif zu machen.

Unser Gehirn ist ein Meisterwerk der Evolution. 86 Milliarden Nervenzellen sind in einem gigantischen Netzwerk über Synapsen miteinander verknüpft und vollbringen verblüffende Lern- und Denkleistungen. John Paul Strachan und Emre Neftci kommen gleichermaßen ins Schwärmen, wenn sie über das menschliche Gehirn sprechen – von seiner Komplexität, von seinen Fähigkeiten, von seiner Energieeffizienz. Die beiden Physiker wollen Computer bauen, die nach Art des Gehirns rechnen, sogenannte neuromorphe Computer.

Die Fähigkeiten des menschlichen Gehirns auf Computer zu übertragen, klingt verlockend. „Die neuronalen Netze in unserem Gehirn verarbeiten und speichern riesige Mengen an Information. Dafür verbrauchen sie anders als Computer nur sehr wenig Energie. Und sie passen sich immer wieder flexibel an neue Lernprozesse und Erfahrungen an“, beschreibt Neftci. Technische Systeme mit solchen Fähigkeiten wären ideal, etwa um Autos autonom durch den Straßenverkehr zu steuern oder damit Computer selbst lernen.

Erste Modellschaltkreise von neuromorphen Systemen gibt es zwar bereits, in der Praxis wurden sie allerdings noch nicht häufig eingesetzt. Strachan und Neftci wollen das ändern. Dazu sind die beiden 2021 aus der US-amerikanischen Hightech-Region Kalifornien nach Jülich gekommen. „Hier sind Expertinnen und Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen vertreten, die wir für diese Art von interdisziplinärer Forschung brauchen“, sagt Neftci. Er und Strachan ergänzen die Jülicher Riege aus Hard- und Softwareingenieuren, Halbleiterexperten, Grundlagenwissenschaftlern, Theoretikern und Neurowissenschaftlern.



↑ Der Fokus des Schweizamerikaners Prof. **Emre Neftci** liegt auf der für neuromorphe Chips nötigen Software. Zuletzt arbeitete er als Assistenzprofessor an der University of California in Irvine. Davor hatte Neftci an der ETH Zürich im Bereich Neuroinformatik promoviert und geforscht.

Um einen Computer zu bauen, der ähnlich wie unser Gehirn arbeitet, braucht es allerdings spezielle Bauteile, eine besondere Architektur und neue Algorithmen. Anders als unser Gehirn verarbeiten und speichern Rechner Daten an unterschiedlichen Stellen. Diese zwischen Prozessor und Speicher hin- und herschicken, kostet Zeit und verbraucht Energie. John Paul Strachan arbeitet mit seinem Team an Chips, die Daten gleichzeitig an einem Ort verarbeiten und speichern. Diese sogenannten neuromorphen Chips sind der Struktur von neuronalen Netzen im Gehirn nachempfunden und bestehen aus hochgradig vernetzten künstlichen Neuronen und Synapsen.

Gleichzeitig entwickeln die Forscher:innen neue Konzepte für die Architektur von neuromorphen Computern, für die sie weitere Bauteile und passende Schaltungen entwerfen. Solche Computer sollen gespeicherte Daten nutzen, um die eigenen Fähigkeiten weiterzuentwickeln. Sie bauen und optimieren wie unser Gehirn interne Informationsverbindungen, kurz gesagt: Sie lernen. So sollen Rechner Aufgaben lösen, für die sie zunächst nicht programmiert wurden.

NEUE KI-KONZEPTE

„Neuromorphe Technologien könnten außerdem die Künstliche Intelligenz, kurz KI, grundlegend verändern“, meint Emre Neftci: Bisherige KI-Konzepte nutzen mathematische Algorithmen, ohne dass Effizienz dabei eine Rolle spielt. Das könnte sich mit neuromorphen Computern ändern, da sie ähnlich konzipiert sind wie ihre natürlichen – sehr effizienten – Vorbilder.

Neue Hardware und neue KI-Konzepte benötigen allerdings auch passende Software und Algorithmen. Hier kommen der Softwareexperte Neftci und sein Team ins Spiel. „Die für das herkömmliche Rechnen genutzten Algorithmen lassen sich nicht einfach auf das neuromorphe Computing



↑ Der in Costa Rica geborene US-Amerikaner Prof. **John Paul Strachan** arbeitete im Silicon Valley bei Hewlett Packard Laboratories, einem der Pioniere auf dem Gebiet des neuromorphen Rechnens. Strachan leitete dort ein Team, das an neuromorpher Hardware forscht. Er hält mehr als 50 Patente und studierte an den beiden amerikanischen Eliteuniversitäten MIT und Stanford.

36

Millionen Euro

steckt das Bundesministerium für Bildung und Forschung in die Entwicklung von Hardware und Algorithmen für Computer nach dem Vorbild des Gehirns. Das Ministerium fördert damit die zweite Phase des interdisziplinären Projekts NEUROTEC, an dem auch John Paul Strachan und Emre Neftci beteiligt sind. Koordiniert vom Forschungszentrum, führt NEUROTEC die Kompetenzen von Jülich, der RWTH Aachen und zahlreichen regional ansässigen Unternehmen zusammen. Die Partner wollen dazu beitragen, dass künftige Computer für Künstliche Intelligenz verstärkt aus Deutschland und der EU kommen.

übertragen. Es gelten dort andere Gesetze und Einschränkungen“, beschreibt er die Herausforderung. Um passende Programme zu realisieren, arbeiten er und sein Team eng mit anderen Jülicher Forschenden zusammen – etwa aus der Hirnforschung. „Deren Erkenntnisse können uns helfen, Software für das Maschinlernen weiterzuentwickeln“, so Neftci.

Auch Strachan erhofft sich wichtige Impulse von der fachübergreifenden Zusammenarbeit: „Neurowissenschaftler könnten mit unseren neuromorphen Systemen ihre Modelle für neuronale Netze überprüfen und das Gehirn besser verstehen“, erklärt er. Deren Ideen und Erfahrungen sollen ihm und seinem Team wiederum helfen, die Hardwaresysteme weiter zu verbessern. So bereichert am Ende jede Disziplin die andere, und gemeinsam nähert man sich dem großen Ziel: einem neuromorphen Rechner.

JANOSCH DEEG/CHRISTIAN HOHLFELD



Mehr über ihre Forschung berichten Emre Neftci und John Paul Strachan in der Vortragsreihe „Wissenschaft online“.

Vortrag
Emre Neftci:



go.fzj.de/neftci-effzett22

Vortrag
John Paul Strachan:

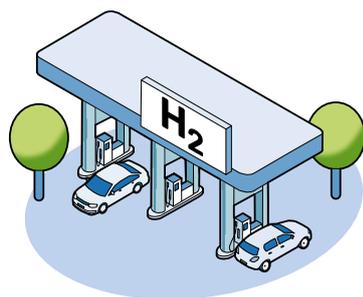


go.fzj.de/strachan-effzett22

Ein Leuchtturm für die Energiewende

Interview mit Prof. Peter Wasserscheid, seit dem 1. November 2021 Leiter des neuen Instituts für nachhaltige Wasserstoffwirtschaft (INW).

Das INW soll sich zum innovativen Kern des 2021 bewilligten „Helmholtz-Cluster für nachhaltige und infrastrukturkompatible Wasserstoffwirtschaft“ (HC-H2) entwickeln. Das Cluster ist ein wichtiger Baustein, um im Zuge des Strukturwandels aus dem Rheinischen Revier eine Wasserstoff-Modellregion mit europaweiter Strahlkraft zu machen.



860

Millionen Euro

aus den Fördermitteln für den Strukturwandel der Kohleregionen stellt der Bund für den Aufbau des HC-H2 bereit. Auch das Land Nordrhein-Westfalen beteiligt sich.

Herr Wasserscheid, Sie haben sich zum Amtsantritt als Geburtshelfer bezeichnet. Wie geht es dem heranwachsenden Hoffnungsträger?

Wir sind dabei, das Kinderzimmer einzurichten. Im Brainergy Park bei Jülich wird eine große Forschungslandschaft entstehen, um die herum sich Unternehmen ansiedeln sollen. Bis zum Einzug in den Neubau des INW werden Bürocontainer, Laborgebäude und eine Technikums-halle errichtet, sodass die Forschung möglichst schnell starten kann. Und wir suchen Arbeits-

kräfte: Forschende ebenso wie Handwerkerinnen und Handwerker. Außerdem wollen wir Kommunen, Verkehrsbetriebe und andere Forschungseinrichtungen als Partner gewinnen.

Was bringt das Forschungscluster?

Zunächst schafft es neue Arbeitsplätze. 100 entstehen alleine bei uns bis Ende des Jahres, bis 2025 sollen es 500 am INW sein. Aber es geht um mehr: Wir wollen einen Leuchtturm für die Energiewende aufbauen, also eine nachhaltige Zukunft ermöglichen mit innovativen Wasserstoff- und Energietechnologien aus dem Rheinischen Revier, die weltweit verkauft werden.

Um welche Technologien geht es konkret?

Um Technologien, mit denen Wasserstoff in großen Mengen transportiert, gelagert sowie schnell, einfach und kostengünstig bereitgestellt werden kann. Es geht etwa darum, Tankstellen für Busflotten mit grünem Wasserstoff zu beliefern oder eine Glashütte zu versorgen, die künftig mit Wasserstofftechnologie statt mit CO₂-trächtigen Verbrennungstechnologien arbeiten soll. Mit Demonstratoren wollen wir zeigen, dass unsere Innovationen auch im Industriemaßstab funktionieren und wirtschaftlich sein können.

Wann könnten die ersten Demonstratoren starten?

Bis Ende 2022 wollen wir im Rheinischen Revier vier Demonstratoren aufbauen, die gleich das ganze Spektrum innovativer Wasserstofftechnologien abbilden sollen. Den Anfang machen die Bereitstellung von Wasserstoff für ein stationäres Energieversorgungssystem und eine Anwendung aus dem Mobilitätssektor.

ZUR PERSON

Der Chemiker Peter Wasserscheid ist Direktor des 2013 gegründeten Helmholtz-Instituts Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI ERN), eine Jülicher Außenstelle. Seit 2003 ist er zudem Inhaber des Lehrstuhls für Chemische Reaktionstechnik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Für seine Forschung erhielt er den Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (2006) sowie zwei Advanced Investigator Grants des Europäischen Forschungsrats (2010, 2018).





Woran forschen Sie gerade, Frau Rhoden?

**Dr. Imke Rhoden, Wissenschaftlerin am Institut für Energie- und Klimaforschung,
Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEK-STE)**

„Ich möchte, dass bestimmte Stoffe von ausrangierten Kühlschränken nicht mehr verbrannt, sondern wiederverwertet werden. Konkret: Hartschaumstoffe, die zur Dämmung genutzt werden – auch in der Bauindustrie. Im EU-Projekt CIRCULAR FOAM erforschen wir mit Partnern aus acht Ländern Möglichkeiten für eine Kreislaufwirtschaft, bei der die Abfälle für Hochleistungskunststoffe genutzt werden. Ich analysiere dafür die ökonomischen Rahmenbedingungen. Ziel ist ein Modell, das regional angepasste Entwicklungspläne ermöglicht.“

Mehr zu CIRCULAR FOAM in den Jülich Blogs: go.fzj.de/juelichblog-rhoden

Voll ausgestattet und
startbereit: Reporter
Arndt Reuning →

Ab ins Gedränge

In Düsseldorf haben im Oktober 2021 über tausend Menschen an einem Großversuch teilgenommen – darunter auch unser Reporter. Sie alle haben Daten für das Projekt CroMa geliefert. Es möchte die Sicherheit der Fahrgäste an Bahnhöfen verbessern.



Ein sonniger, kühler Herbstmorgen im Düsseldorfer Volksgarten. Vielleicht einer der letzten freundlichen Tage in diesem Jahr. Und ich? Habe nichts Besseres zu tun, als ihn in einer fensterlosen Siebzigerjahre-Halle zu verbringen, zusammengedrängt mit einem Haufen von Fremden. Als Reporter für das effzett-Magazin nehme ich an dem CroMa-Großversuch teil.

Noch weiß ich nicht genau, was mich erwartet. Auf der Website des Projekts heißt es, zu rechnen sei mit „großer Menschenmenge mit zeitweise hohen Dichten und Drücken“. Enger körperlicher Kontakt ist mir eher unangenehm. Ich meide Ansammlungen von Menschen, so gut es eben geht. Gerade in der Pandemie. Daher habe ich ein mulmiges Gefühl im Magen, als ich Richtung Mitsubishi Electric Halle gehe.

„Bahnhöfe in Deutschland sind nicht für die steigenden Fahrgastzahlen ausgelegt, mit denen wir in Zukunft rechnen. In besonderen Situationen könnten dann außergewöhnliche Spitzen auftreten: bei Konzerten, Fußballspielen oder einfach nur bei schlechtem Wetter. Im CroMa-Projekt möchten wir Konzepte entwickeln, wie man schon heute die Bahnhöfe so verändern kann, dass sie einer stärkeren Belastung gewachsen sind. Wir suchen nach Wegen, den vorhandenen Platz optimal zu nutzen, den Komfort für die Fahrgäste zu steigern und, das Wichtigste, die Sicherheit am Bahnsteig zu erhöhen.“

Armin Seyfried

1.200 Freiwillige

haben Anfang Oktober vier Tage lang für die Wissenschaft Zugreisende gespielt. Sie warteten, drängelten und liefen mit und ohne Gepäck herum, um typische Situationen an Bahnhöfen nachzustellen.

Nach einem Schnelltest betrete ich mit FFP2-Maske über Mund und Nase den Eingangsbereich der Halle. Dort geht es dann zu wie am Fließband: Ich erhalte eine Nummer, ein hellblaues Armbändchen und einen laminierten QR-Code. Ich fülle einen Fragebogen aus und werde gemessen: Schulterbreite, Körpergröße, Gewicht. Eine Helferin setzt mir ein grünes Kopftuch auf und klebt den QR-Code obendarauf. Auf die Schultern kommen zwei große Klebepunkte: himmelblau rechts, schweinenrosa links.

Auch eine Frage der Sicherheit: Ein Corona-Schnelltest war für alle Pflicht.



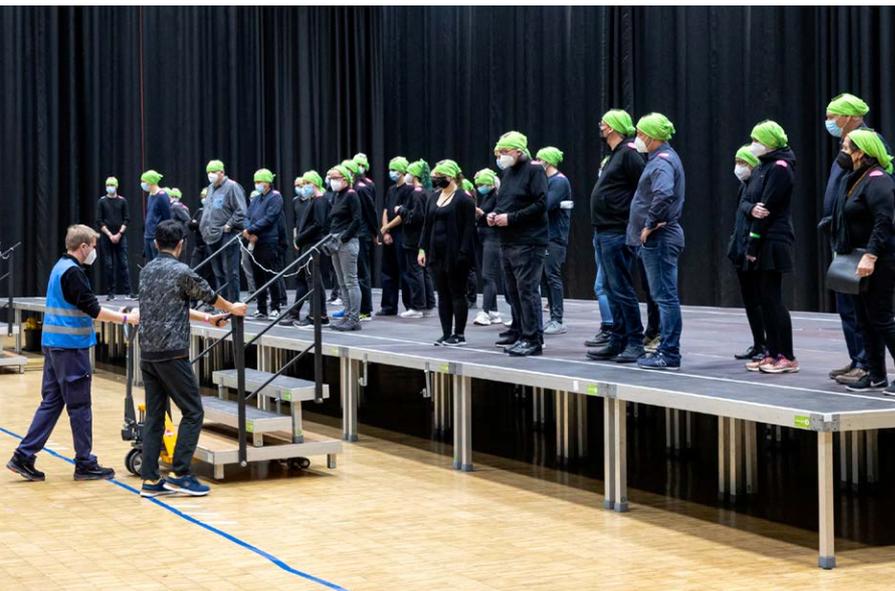


↑ **Dr. Maik Boltes**

- Mathematiker und Informatiker
- Leiter der Gruppe Empirie der Fußgänger-dynamik am IAS-7

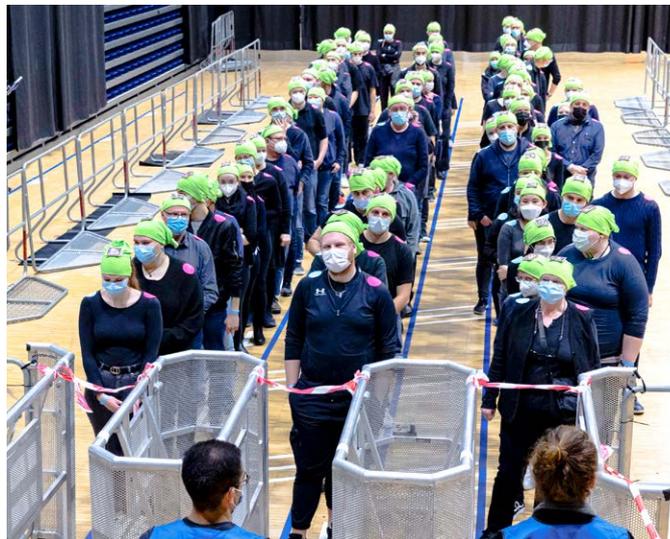
„Mit dem CroMa-Experiment haben wir gewaltige Datensätze gesammelt. Kameras unter der Hallendecke konnten über den Code auf den Köpfen der Beteiligten jederzeit deren Position und Laufwege aufzeichnen. Die Bewegungsprofile verknüpfen wir mit anderen Daten. Spezielle Sensoren haben Herzraten und den Hautwiderstand bei ausgewählten Teilnehmern gemessen. Diese Daten verraten uns, ob jemand unter Stress steht. Außerdem haben wir mit speziellen Anzügen die 3D-Bewegung der Teilnehmer aufgezeichnet: Wie setzen sie ihren Körper ein, um sich zum Beispiel ihren Weg in einen Zug oder durch eine Einlassschleuse zu bahnen?“

Maik Boltes



↑ Station 1: Die Teilnehmer:innen verteilen sich auf dem improvisierten Bahnsteig.

Die erste Station naht. Bis jetzt ist es mir gut gelungen, auf Distanz zu den anderen rund 80 Teilnehmern in meiner Gruppe zu bleiben. Nun geht es darum, einen improvisierten Bahnsteig über ein paar Stufen zu betreten und dort auf einen imaginären Zug zu warten. Das hatte ich mir schlimmer vorgestellt. Zu jeder Zeit bleibt mir genug Platz. Die ganze Prozedur wiederholen wir mehrmals, jedes Mal mit leichten Variationen: mal sind die Gruppen größer, die gleichzeitig am Bahnsteig ankommen, mal lässt der Zug länger auf sich warten.



← Station 2: In der ersten Runde warten die Teilnehmer:innen noch diszipliniert an den Einlassschleusen.



← Station 3: Wie in einem Zug während des Berufsverkehrs stehen die Teilnehmer:innen dicht an dicht in einem nachgestellten Wagon.

An der zweiten Station sollen wir durch eine von drei Einlassschleusen gehen. Es läuft eher gesittet ab. Schon weit vor der eigentlichen Barriere ordnen wir uns in drei Schlangen an. Beim zweiten Mal sollen wir uns vorstellen, wir seien in Eile. Tatsächlich beginnen manche, zu überholen und sich vorzudrängeln. An den Schleusen kommt es zu einem kleinen Auflauf. Manche Teilnehmer scheinen in ihrer Rolle aufzugehen. Aber ist es überhaupt möglich, in solch einem Experiment das wahre Verhalten von Menschen abzubilden?

„Viele Menschen betreten den Bahnsteig über die Treppen und bleiben dann um die Aufgänge herum stehen. Auch wenn genug Platz vorhanden ist, wird er oft nicht ausgenutzt. Das kann zum Beispiel an Hindernissen auf dem Bahnsteig liegen. Dann könnte es helfen, die Plattform baulich zu entschlacken oder die Menschen gezielt von den überfüllten Bereichen wegzuleiten. Doch dazu müssen wir zunächst einmal wissen, wie die Menschen sich in unterschiedlichen Situationen auf dem Bahnsteig verhalten.“

Anna Sieben



↑ **Prof. Dr. Armin Seyfried**

- Projektkoordinator CroMa
- Physiker und Sicherheitsforscher
- Leiter des Jülicher Institutsbereichs Zivile Sicherheitsforschung IAS-7 und Professor für Computersimulation für Brandschutz und Fußgängerverkehr an der Bergischen Universität Wuppertal

„In manchen Situationen verhielten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer rabiater als vermutet, zum Beispiel an den Einlassschleusen. Das löste dann eine durchaus realistische Dynamik aus. Genau das ist der Vorteil des Experimentes gegenüber den Feldstudien: Wir können die Randbedingungen einstellen und die Reaktionen der Menschen darauf beobachten.“

Armin Seyfried

An der dritten Station wird es wirklich eng: Dort ist ein improvisiertes Bahnabteil aufgebaut. Wir sollen ein- und aussteigen. In ständig neuen Variationen: mit Rucksack, mit Rollkoffer oder Kinderwagen. Eine Mitarbeiterin gibt Anweisungen: „Der Zug fährt ein. Der Zug hält an. Die Türen öffnen sich.“ Immer und immer wieder. Ich frage mich, wie das Gewimmel für die Kamera über unseren Köpfen aussehen mag. Könnte man unsere Bewegungen beim Ein- und Aussteigen vielleicht sogar rein mit physikalischen Formeln beschreiben?

„Als Psychologin bin ich überrascht, wie viel Physik hinter diesen Phänomenen steckt. In der Fußgängerforschung können wir Menschen oft einfach als Kugeln betrachten: Wenn es eng wird, müssen sie irgendwie aneinander vorbeikommen – strikt nach den Regeln der Physik. Aber es gibt auch Phänomene, bei denen man sich das individuelle Verhalten anschauen muss: Wie viel Kraft setzt jemand ein, um sich nach vorne zu drängeln? Wie nehmen andere das wahr? Auch soziale Normen beeinflussen das. Physik und Psychologie müssen zusammenkommen, damit man eine realistische Beschreibung der Situation erhält.“

Anna Sieben

Etwas, was sich durch den ganzen Tag hindurchzieht: das Ausfüllen von Fragebögen. Habe ich mich eingeengt gefühlt? Habe ich mich unter Körpereinsatz nach vorn gedrängelt? Gab es genug Platz auf der Plattform? Und ganz am Ende nach den Experimenten dann noch ein letztes Formular. Darin geht es um die Pandemiesituation: Habe ich mich sicher gefühlt? Habe ich heute oft an Corona denken müssen?



↑ **Dr. Anna Sieben**

- Psychologin und Sozialwissenschaftlerin
- Leiterin der Gruppe Sozialpsychologie der Fußgängerdynamik am IAS-7 und wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Sozialtheorie und Sozialpsychologie der Ruhr-Universität Bochum

Später auf dem Heimweg an der S-Bahn-Haltestelle klingt es in meinen Ohren nach: „Der Zug fährt ein. Der Zug hält an. Die Türen öffnen sich.“ Doch im Gegensatz zum Experiment muss ich mich diesmal wirklich extrem eng an anderen Fahrgästen vorbeiquetschen, als die Bahn einfährt. Ich seufze. Vielleicht trägt das CroMa-Projekt ja dazu bei, dass sich bald etwas daran ändert.

ARNDT REUNING

Es war eine Herausforderung, solch ein Experiment mit über 1.200 Personen in Zeiten der Pandemie durchzuführen. Wir mussten es mehrmals verschieben. Das war sehr kräftezehrend. Wir waren ständig im Austausch mit dem Gesundheitsamt und mit dem Krisenstab im Forschungszentrum. Unser Sicherheits- und Hygienekonzept mit Masken und Schnelltests hat dazu beigetragen, dass sich die Teilnehmer sicher fühlen konnten.

Maik Boltjes



Mehr Bilder und weitere Informationen über das Projekt (Video): effzett.fz-juelich.de/1-22/ab-ins-gedraenge

Sicher und funktionsfähig

CroMa steht für „Crowd Management in Verkehrsinfrastrukturen“. Durch umfassende Untersuchungen zum Verhalten von Fußgängern in großen Menschenmengen will das Projekt Bahnhöfe optimieren. Gerade in Stoßzeiten sollen diese funktionsfähig und sicher für die Fahrgäste bleiben. Das Projektteam wird dazu Empfehlungen entwickeln, zum Beispiel wie sich die Fußgängerströme durch gezielte Informationen oder Umbauten am Bahnsteig steuern lassen. An dem Projekt beteiligt sind die Bergische Universität Wuppertal als Koordinatorin, das Forschungszentrum Jülich, die Ruhr-Universität Bochum sowie unter anderem Verkehrsunternehmen, Veranstalter, Rettungsdienste, Feuerwehr und die Bundespolizei. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert das Projekt vier Jahre lang mit insgesamt 3,4 Millionen Euro.

↑ Immer wieder Fragebögen ausfüllen: So ließen sich Eindrücke und Empfindungen abfragen.



... und im kurzwelligigen Infrarot

Preiswerter Durchblick

Durch Nebel, Regen und Dunst hindurchsehen,
farblose Flüssigkeiten eindeutig auseinanderhalten – ein neuer
Infrarot-Detektor ermöglicht dafür günstige Kamerachips.

Nebel liegt über der Bucht. Wie so oft in San Francisco hüllen dichte Schwaden das Wahrzeichen der Stadt ein, die Golden Gate Bridge. Den Durchblick ermöglicht SWIR, kurzwelliges Infrarot. Kameras mit SWIR-Fotochips können durch Nebel, Regen und Dunst hindurchsehen. Sie liefern üblicherweise gestochen scharfe Bilder in Graustufen. Solche Kameras bieten sich etwa für autonom fahrende Autos oder in der Luftfahrt an, wo eine freie Sicht unabdingbar ist.

Die sehr hohen Herstellungskosten verhindern jedoch oft ihren Einsatz im Alltag. Das könnte eine preiswerte Alternative ändern, die die Gruppe von Dr. Dan Buca vom Peter Grünberg Institut (PGI-9) gemeinsam mit Kolleg:innen vom Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik in Frankfurt (Oder) und von der Universität Mailand entwickelt hat. Herzstück ist ein Germanium-Zinn-Halbleiter aus Jülich. Dessen Elemente sind gut

mit Silizium verträglich, dem Standardmaterial für Chips. Daher kann der neue Detektor mit etablierter Technik hergestellt und auf bestehende Chips integriert werden. So ließen sich sehr günstige Kamerachips konstruieren, die in heutigen Smartphones und Kameras verbaut werden könnten.

Der Detektor kann auch zwischen zwei Bereichen der Infrarot-Strahlung geschaltet werden, dem nahen Infrarot (NIR) und dem „short-wave“-Infrarot (SWIR). Das hilft zum Beispiel, um Flüssigkeiten eindeutig zu unterscheiden, die für das menschliche Auge farblos aussehen, aber NIR- und SWIR-Strahlung unterschiedlich stark absorbieren. Die Partner wollen nun ihren Forschungsdetektor weiterentwickeln, um dessen Anwendungsmöglichkeiten besser zeigen zu können.



SUPRALEITER

Supraleiter sind Metalle und Verbindungen, in denen Strom ohne elektrischen Widerstand fließen kann. Sie benötigen dazu extreme Kälte oder extremen Druck.

VIER PHYSIK-NOBELPREISE

1913
Entdeckung des Effekts

1972
Theorie



1987
Supraleitung in keramischen Materialien

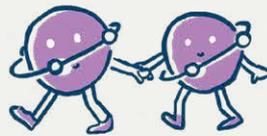
2003
Neue Theorie

DAS MACHT SUPRALEITER AUS



SPRUNGHAFT

Der Übergang vom leitend zu Supraleitend erfolgt sprunghaft. Bei Blei etwa passiert das bei einer Sprungtemperatur von genau minus 265,95 Grad Celsius.



ZWEISAM

Bei Supraleitung bewegen sich Elektronen ohne Widerstand. Wie genau, ist nicht immer klar. Eine Erklärung: Die Elektronen bilden Paare. Das ändert ihre Quanteneigenschaften.

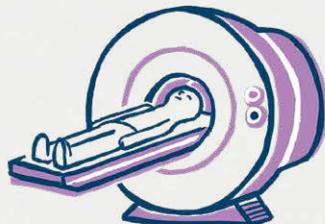


ABGEHOBen

Supraleiter verdrängen von außen angelegte Magnetfelder aus ihrem Inneren. Daher kann ein Magnet, der über einem Supraleiter platziert wird, schweben.

IM EINSATZ

Supraleiter messen kleine und erzeugen große Magnetfelder, etwa in Teilchenbeschleunigern, Fusionsreaktoren und Kernspintomographen. Sie werden auch in Quantenrechnern, für Energiespeicher und Stromleitungen genutzt.



WAS MACHEN JÜLICHER FORSCHENDE?

Sie beschäftigen sich mit passenden Materialien, erzeugen Qubits in supraleitenden Schaltkreisen und nutzen Supraleiter für Fusionsanlagen und Messungen am Herz.



GEFÄLLT UNS

YOUTUBE-KANAL:
KLIMA WANDEL DICH

Zeit für die Klimalösung

Bestsellerautoren sind sie bereits: Nun haben die Schöpfer der beiden Kassenschlager „Kleine Gase – Große Wirkung: Der Klimawandel“ und „Machste dreckig – machste sauber: Die Klimalösung“ ein neues Projekt gestartet. Auf YouTube gehen sie in selbst gedrehten Videos Märchen rund um den Klimawandel auf den Grund. Die beiden Wirtschaftsstudenten nähern sich Fragen wie „Tofu gefährdet den Regenwald?!“ oder „Windräder schreddern Vögel?!“.

- [WWW.YOUTUBE.COM/CHANNEL/
UCNBM61BXBKTNSTGGJVTG](http://WWW.YOUTUBE.COM/CHANNEL/UCNBM61BXBKTNSTGGJVTG) -



TAG DER NEUGIER IN JÜLICH

Wissenschaft hautnah erleben

Pandemiebedingt war der Jülicher Campus in den vergangenen Monaten eher spärlich besucht. Das soll sich in diesem Sommer ändern: Bis zu 20.000 Besucher:innen erwarten wir bei unserem „Tag der Neugier“ am 21. August 2022. Wir laden Sie ein, unter dem Motto „Wandel gestalten“ den Campus zu erkunden und Wissenschaft live zu erleben. Freuen Sie sich auf leicht verständliche Präsentationen und viele Mitmach-Aktionen. Kurzum: auf ein Programm für Groß und Klein, das die Neugier weckt. Am besten schon jetzt im Kalender vormerken!

- WWW.TAGDERNEUGIER.DE -

ERKLÄRVIDEOS VON TERRA X

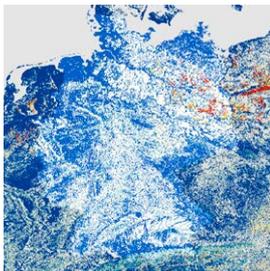
ZDF-Mediathek bietet Download an

Ob Klimawandel, Viruserkrankungen oder spektakuläre Naturphänomene – die ZDF-Dokureihe Terra X erklärt mithilfe anschaulicher Bilder wissenschaftliche Grundlagen und Zusammenhänge. Ausschnitte der aufwendigen Produktionen stellt das ZDF nun in seiner Mediathek zum Download bereit. Eine Fundgrube etwa für Wissenschaftler:innen und Lehrer:innen, die die Clips dank Creative-Commons-Lizenz zum Beispiel für Vorträge oder den Unterricht frei nutzen können.

- [WWW.ZDF.DE/DOKUMENTATION/TERRA-X/
TERRA-X-CREATIVE-COMMONS-CC-100.HTML](http://WWW.ZDF.DE/DOKUMENTATION/TERRA-X/TERRA-X-CREATIVE-COMMONS-CC-100.HTML) -

FORSCHUNG IN EINEM TWEET

Alles im grünen Bereich?
Der #WasserMonitor zeigt tagesaktuell
an, wie es um die Wasserversorgung
Ihrer Pflanzen bestellt ist.



Mit dem interaktiven Online-Tool ...

... können etwa Landwirte und Hobbygärtner kontrollieren, wie viel Wasser den Pflanzen an ihrem Standort zur Verfügung steht. Eine Suchfunktion erlaubt eine schnelle und einfache Orientierung in ganz Deutschland. Die Vorhersagen bis zu neun Tage im Voraus werden tagesaktuell in einer Auflösung von 600m berechnet. Basis sind Simulationen mit dem Hydrologie-Modell ParFlow des Instituts für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3).

wasser-monitor.de