

effzett

DAS MAGAZIN AUS DEM FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH

3-18

Volle Kraft voraus!

Die Forschung zu Quantencomputern nimmt Fahrt auf

PROBIEREN

Was beim Schmecken
im Gehirn geschieht

PROBLEME

Mehr Klimaschutz
dank 1,5-Grad-Ziel?

PROGNOSEN

Künstliche Intelligenz
wertet Hirnscans aus



Mess-Kunst

Stange um Stange wächst das Gebilde. Moderne Kunst? Mitnichten! Das ist Forschung. Bei dem vielarmigen Konstrukt handelt es sich um eine Eddy-Kovarianz-Station, die Wasser- und Spurengasaustausch zwischen Atmosphäre und Boden auf einem Acker bei Jülich misst. Prof. Nicolas Brüggemann und seine Kollegen erweitern die Station gerade um eine neue Komponente: einen Isotopenanalysator. Damit lässt sich herausfinden, woher das Treibhausgas Kohlendioxid und die Wassermoleküle stammen, die die Station erfasst. Das verraten bestimmte Atomarten in den Stoffen, sogenannte stabile Isotope. Deren Mengenverhältnisse unterscheiden sich nämlich je nach Ursprungsort.

NACHRICHTEN

5

TITELTHEMA



Ein offenes Rennen

Wissenschaftler weltweit arbeiten an verschiedenen Konzepten für Quantencomputer – unter anderem im neuen Forschungs-Flaggschiff der EU.

8

FORSCHUNG



Hirnforschung mit künstlicher Intelligenz

Selbstlernende Software ermittelt aus Hirnscans Informationen über Persönlichkeitsmerkmale und psychische Erkrankungen.

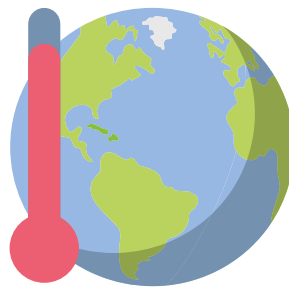
16

Mikrowelle statt Backofen

Energie sparen bei der Werkstoffverarbeitung: Elektrische und magnetische Felder machen es möglich.

20

1,5-Grad-Ziel geht jeden an!



Ein Gespräch mit der Klimaexpertin Prof. Astrid Kiendler-Scharr

22

Fest und flott

Neues Konzept verkürzt Ladezeit von Festkörperbatterien.

25

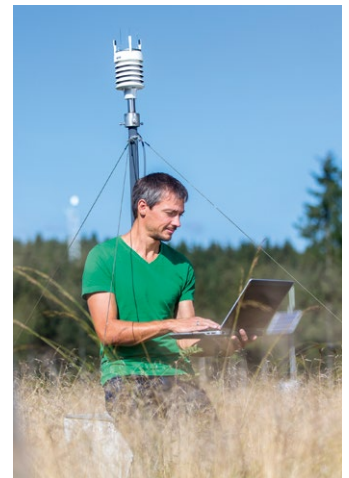
Frau Ohla schmeckt



Die Psychologin untersucht, wie andere Sinne das Schmecken beeinflussen und was dabei im Gehirn passiert.

26

Fürs Klima ackern



Wintersaat statt Brache: So könnten wir mehr CO₂ abbauen.

29

RUBRIKEN

Aus der Redaktion

4

Impressum

4

Woran forschen Sie gerade?

19

2,2 plus

30

Gefällt uns

31

Forschung in einem Tweet

32

Von kleinen und großen Sprüngen

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

Ein neues Mobiltelefon, eine Finanzreform oder eine Diagnosemethode – bahnbrechende Neuerungen werden im Alltag oft als Quantensprung bezeichnet. Diese Definition findet sich sogar im Duden. Dabei ist ein Quantensprung ursprünglich alles andere als groß. Der Begriff wurde vor rund hundert Jahren eingeführt, um einen Vorgang in der Welt der Atome anschaulich zu beschreiben: den winzigen Sprung oder – physikalisch präziser – den Übergang eines Elektrons in einem Atom von einem Energiezustand in einen anderen. Kein Wunder, dass der Quantensprung als Metapher für großen Fortschritt bei vielen Physikern eher Stirnrunzeln auslöst. Das bleibt bei Ihnen hoffentlich aus, wenn Ihnen Prof. Q*bit in unserer Titelgeschichte einen Blick auf seinen Alltag in der Quantenwelt gewährt und Sie sich über den aktuellen Stand beim Wettlauf um den ersten Quantencomputer informieren.

Von da ist es auch nur ein kleiner Sprung auf die nächsten Seiten: mitten hinein in den Zusammenhang zwischen Hirnscans und Persönlichkeitsmerkmalen sowie Erkrankungen, den Einfluss von Riechen und Sehen auf unseren Geschmack und die Frage, ob das Klimaziel 1,5 Grad überhaupt erreichbar ist.

Wir wünschen viel Vergnügen beim Lesen!

Ihre effzett-Redaktion

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 (V.i.S.d.P.)

Autoren: Marcel Bülow, Dr. Frank Frick, Christian Hohlfeld, Katja Lüers, Dr. Regine Panknin, Sabine Prall, Dr. Arndt Reuning, Tobias Schloßer, Dr. Barbara Schunk, Brigitte Stahl-Busse, Dr. Janine van Ackeren, Erhard Zeiss

Grafik und Layout: SeitenPlan GmbH, Corporate Publishing Dortmund

Bildnachweise: Forschungszentrum Jülich (5 u.), Forschungszentrum Jülich/Nikolai Kiselev (7 o.), Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau

(3 li. u./mitte u./re., 13, 16, 19, 20, 22, 26, 28, 32), Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach (2, 11, 12), Forschungszentrum Jülich/Moritz Nabel (7 u.), Manolo Gamboa Naon (Titel, 3 li. o., 8–9, 10, 14–15 (Hinterlegung), Jens Neubert (14–15 Illustrationen), PNRA/IPEV/ESA – Carmen Possnig (31), SeitenPlan (24–25 (Grafiken), 29 (Grafik); alle im Folgenden genannten Motive sind von Shutterstock.com: Kaspars Grinvalds (4), iamlukyeee (5 o.), Petr Kovalenkov (23), manfredxy (30), Lisa S. (6)

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

Druck: Schloemer Gruppe GmbH

Auflage: 4.500



KLIMAFORSCHUNG

Ozon-Hotspot China

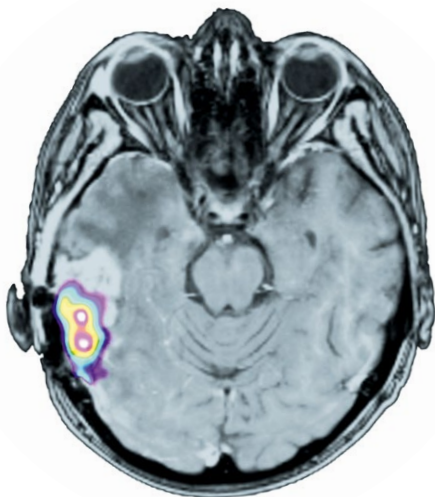
China hat die höchste Ozon-Belastung der Welt: Während die Konzentration von bodennahem Ozon in Europa und den USA rückläufig ist, nimmt sie im Reich der Mitte seit Jahren zu – in den chinesischen Großstädten werden heute ähnlich hohe Spitzenwerte erreicht wie 1980 in den USA. Zu diesen Ergebnissen kommen chinesische, amerikanische und Jülicher Forscher: Sie verglichen aktuelle chinesische Messdaten mit Werten aus der weltweiten Ozon-Datenbank TOAR am Jülich Supercomputing Centre.

- JÜLICH SUPERCOMPUTING CENTRE -



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Verbesserte Hirntumordiagnostik



Um Hirntumore zu erkennen, setzen Ärzte verschiedene bildgebende Verfahren ein, wie die Magnetresonanztomografie (MRT) oder die Positronen-Emissions-Tomografie (PET). Jülicher, Kölner und Aachener Forscher haben nun mithilfe künstlicher Intelligenz wertvolle Zusatzinformationen aus MRT- und PET-Bildern gewonnen, die Ärzten ansonsten verborgen bleiben. Sie erhalten so Informationen über die Genetik des Tumors, die sonst nur mittels Gewebeproben zugänglich wären. Diese Informationen sind mitentscheidend für die Art der Behandlung. Die Ergebnisse müssen nun in weiteren Studien bestätigt werden, bevor Mediziner sie möglicherweise im klinischen Alltag einsetzen.

- INSTITUT FÜR NEUROWISSENSCHAFTEN UND MEDIZIN -



KLIMAFORSCHUNG

Efeu filtert Feinstaub

Schlechte Luftqualität und sogenannte Hitze-Inseln sind in vielen Städten ein Problem. Dagegen könnten begrünte Fassaden helfen, wie Kölner und Jülicher Wissenschaftler nachgewiesen haben. Efeubewuchs wirkt im Winter wärmeisolierend und im Sommer kühlend auf die Fassaden. Außerdem absorbiert er gesundheitsschädliche Stickoxide und filtert Feinstaubpartikel. Das ergaben Temperaturvergleiche von begrünten und blanken Fassaden in Bonn sowie Experimente im Jülicher Stickoxid-Messlabor.

- INSTITUT FÜR ENERGIE- UND KLIMAFORSCHUNG -

Lichtgesteuerte Antibiotika

Einige fluoreszierende Eiweißmoleküle aus der Familie der Flavin-bindenden Proteine wirken antibiotisch, wenn man sie mit Blaulicht bestrahlt. Das haben Forscher aus Jülich und Düsseldorf gemeinsam mit spanischen und argentinischen Wissenschaftlern herausgefunden. Diese nun entdeckten Eigenschaften machen die „leuchtenden“ Proteine interessant für neue biomedizinische Anwendungen und Therapieansätze.

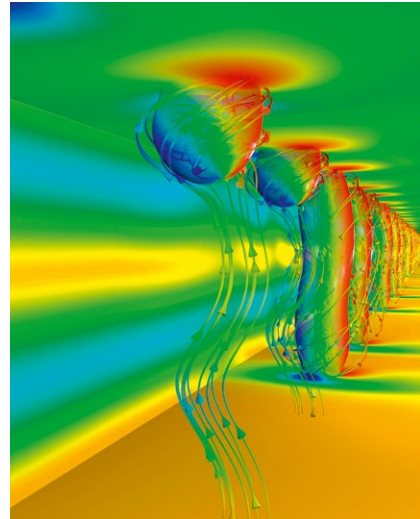
- INSTITUT FÜR BIO-UND GEOWISSENSCHAFTEN/INSTITUTE OF COMPLEX SYSTEMS -

5

Mal mehr ...

... Biomasse liefert die Energiepflanze *Sida hermaphrodita*, wenn sie auf Gärresten aus Biogasanlagen wächst – das berichten Pflanzenforscher aus Jülich und Lüneburg. Anfangs mieden die Jungpflanzen das Dünger-Depot, die Wurzeln wuchsen in andere Richtungen. Nach kurzer Zeit entwickelten sie jedoch ein dichtes Wurzelgeflecht im Dünger-Depot aus Gärresten und wuchsen außergewöhnlich gut. Die Startschwierigkeiten erklären die Forscher mit der großen Menge Ammonium in den Gärresten: Bodenbakterien müssen dieses erst in Nitrat umwandeln. Die Depotgedüngte Staude könnte helfen, nährstoffarme Böden wie in Mecklenburg-Vorpommern nachhaltig nutzbar zu machen.

- INSTITUT FÜR BIO- UND GEOWISSENSCHAFTEN -



DATENSPEICHERUNG

Skyrmionen – nicht die einzigen ihrer Art

Jülicher Wissenschaftler haben eine neue Klasse von winzigen magnetischen Objekten für das Speichern von Daten experimentell nachgewiesen. Die flachen dreidimensionalen Strukturen treten an der Oberfläche spezieller Legierungen auf. Sie sind nur wenige Millionstel Millimeter klein und werden von den Forschern als „chiral magnetic bobbys“, auf Deutsch „chirale magnetische Schwimmer“, bezeichnet.

Die Schwimmer könnten die bereits bekannten Skyrmionen – winzige magnetische Wirbel – ergänzen und zusammen mit diesen zu platz- und energiesparenden Speichereinheiten der Zukunft werden.

- PETER GRÜNBERG INSTITUT -

ERFOLGREICH

57 Exzellenzcluster wählte die Exzellenzkommission aus 88 Anträgen zur Förderung ab 2019 aus. Das Forschungszentrum steht für vier Cluster als starker Partner an der Seite der jeweiligen Hochschule. Im Fokus der Wissenschaftler stehen nachhaltige Energiesysteme, Pflanzenwissenschaften und die Quantentechnologie.

ERGIEBIG

Große Speicherkapazität, kurze Ladezeiten und hohe Sicherheit: Ziel des mit rund 16 Millionen Euro geförderten Clusters „FestBatt“ ist es, Festkörperbatterien der nächsten Generation in die Anwendung zu bringen. Beteiligt sind an dem dreijährigen Projekt neben dem Forschungszentrum 13 weitere wissenschaftliche Einrichtungen.

EHRENVOLL

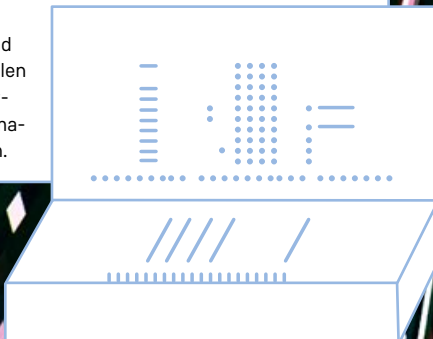
Er hat die Batterieforschung in Deutschland entscheidend geprägt: Prof. Martin Winter, Gründungsdirektor des Helmholtz-Instituts Münster, einer Außenstelle des Forschungszentrums. Der Chemiker erhielt für seine herausragenden Verdienste kürzlich das Bundesverdienstkreuz 1. Klasse.



1. COMPUTERGENERATION (BIS ETWA 1945)

Mit Relais

1938 stellt Konrad Zuse die Z1 fertig – einen mechanischen Rechner, der erstmals mit binären Zahlen und nicht mit dem Dezimalsystem arbeitet. Drei Jahre später fertigt er mit der Z3 eine Rechenmaschine, die mit elektromagnetischen Schaltern, sogenannten Relais, arbeitet. Die Z3 ist der erste Universalrechner der Welt. Dies sind Rechner, die nicht für einen speziellen Zweck gebaut wurden, sondern verschiedene Aufgaben durch mathematische Berechnungen lösen können.



Ein offenes Rennen

Computer, die nach den Regeln der Quantenphysik rechnen, könnten möglicherweise spezielle Aufgaben schneller lösen als heutige Superrechner. Doch noch existieren universelle Maschinen dieser Art nur als Experiment im Labor.

Das Rennen hat längst begonnen: Wer wird den ersten Quantencomputer bauen, der heutigen Superrechnern weit überlegen ist? Firmen wie Intel, IBM, Google und Microsoft beteiligen sich an dem Wettlauf. Die USA, Kanada, China und Japan investieren erhebliche Summen in die Entwicklung dieser exotischen Rechenmaschinen. Die US-Regierung etwa unterstützt die Forschung an Quantentechnologien jährlich mit rund 170 Millionen Euro. Peking lässt in der Wissenschaftsmetropole Hefei ein Quantenlabor für fast 9 Milliarden Euro errichten. Und die EU hat gerade ein Förderprogramm im Umfang von einer Milliarde Euro für Quantentechnologien aufgelegt; ein wichtiger Teil dieses Flaggschiffprogramms widmet sich den Quantencomputern.

„Die Entwicklungen in diesem Bereich werden mit großem Eifer vorangetrieben“, sagt der Physik-Professor David DiVincenzo vom Peter Grünberg Institut (PGI-2), ein Pionier auf dem Gebiet der Quanteninformatik. Denn die exotischen Computer wecken hohe Erwartungen. Viele Experten sind sich sicher, dass so eine Maschine bestimmte mathematische Probleme deutlich schneller löst als alle heutigen Rechner zusammen. Quantencomputer könnten in Sekundenschnelle etwa riesige Datenbanken durchforsten, komplexe Logistikprobleme bearbeiten und die Eigenschaften von Molekülen für Chemie und Materialforschung berechnen. Und sie wären auch in der Lage, die Standardverfahren auszuhebeln, mit denen derzeit Daten im Internet verschlüsselt werden. Heutige Computer sind zu langsam, um die vielen Rechenschritte zur Entschlüsselung der Daten in vertretbarer Zeit zu bewältigen. Mit der Rechenleistung eines Quantencomputers wäre das spielend möglich.

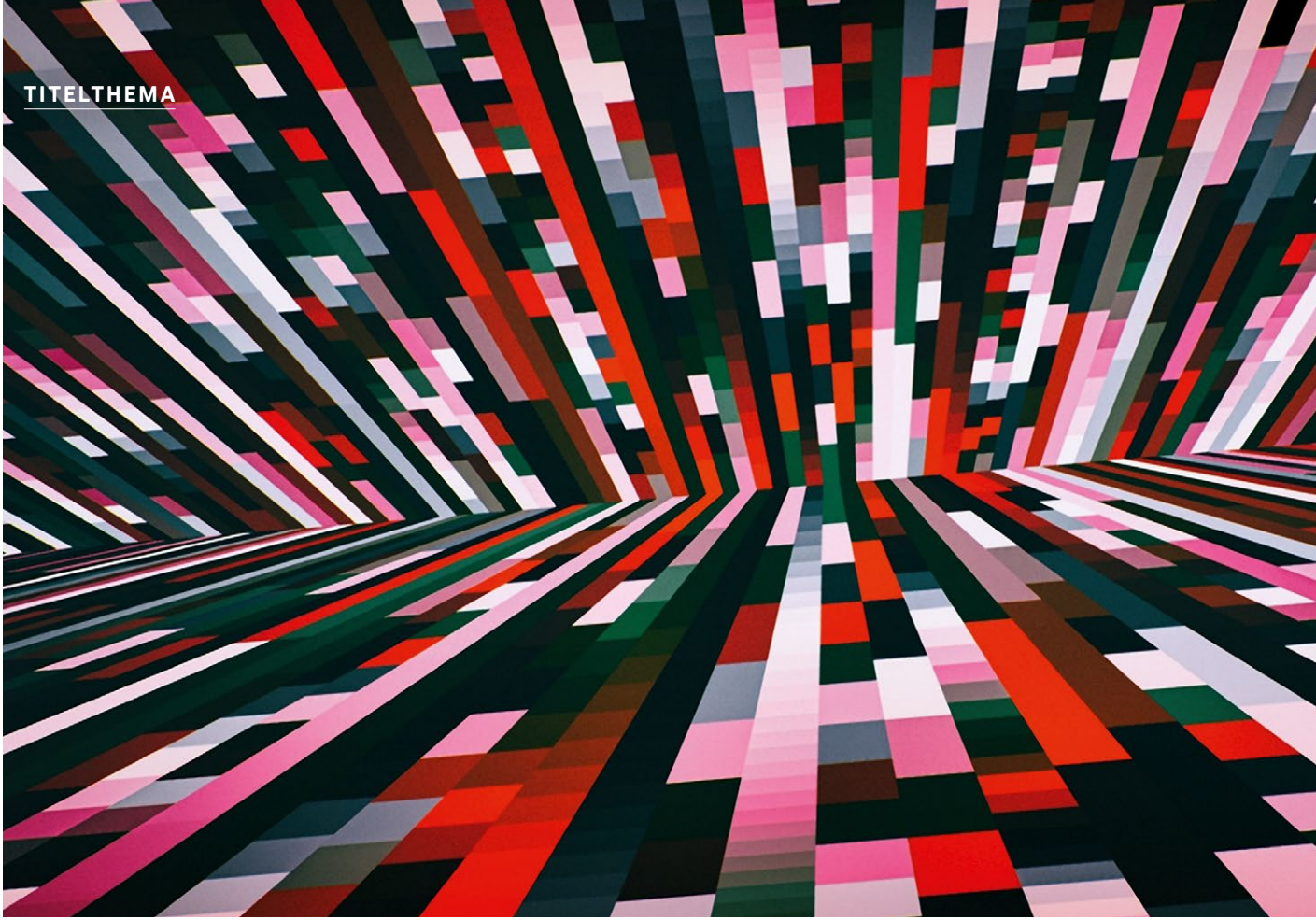
Allerdings: Das bisher Erreichte bleibt hinter den Erwartungen zurück. Für David DiVincenzo keine Überraschung: „Die Teilnehmer an diesem Rennen laufen nicht besonders schnell. Es ist so, als schlepten sie alle einen 50-Kilogramm-Rucksack mit sich herum. Das sind quasi die gewaltigen technischen Herausforderungen, die es noch zu meistern gilt. Kein Rennen also wie bei den Olympischen Spielen“, erläutert der Jülicher Forscher und schmunzelt. Der Physiker hatte bereits vor über zwanzig Jahren fünf grundlegende Kriterien formuliert, die ein universeller Quantencomputer theoretisch erfüllen muss. An ihnen muss sich jedes neu entwickelte Modell im Labor messen lassen.

VOM BIT ZUM QUBIT

Um die Herausforderungen und Tücken besser zu verstehen, muss man sich klar machen, dass Quantencomputer nicht wie konventionelle Computer arbeiten. Deren Welt besteht aus den Bits, aus Nullen und Einsen. Ein Bit ist die kleinstmögliche Informationseinheit. Um ein Bauteil als Träger einer Information nutzen zu können, muss es vor allem eine Eigenschaft besitzen: Es muss zwei unterschiedliche Zustände einnehmen können, die der Null und der Eins entsprechen. Herkömmliche Computerchips rechnen mit Milliarden von mikroskopisch kleinen Halbleitertransistoren, die wie winzige Kippschalter für den elektrischen Strom funktionieren. Eine Steuerspannung kann sie zwischen „an“ und „aus“, zwischen null und eins hin- und herwechseln.

Quantencomputer hingegen rechnen mit Quanten-Bits, sogenannten Qubits. Sie können nicht nur den Zustand Null oder Eins, sondern gleichzeitig jeden beliebigen Wert dazwischen annehmen. Das liegt an den Informationsträgern, die verwendet werden. Es sind die kleinsten Objekte, die wir kennen, wie etwa Atome, Ionen, Elektronen oder Photonen. Für sie gelten völlig andere Regeln als für die klassische Mikroelektronik – sie unterliegen nämlich den oftmals bizarren Regeln der Quantenwelt (siehe auch S. 14). Eine dieser Regeln ist die mögliche

← Die Bilder sind Arbeiten des Kreativ-Programmierers Manolo Gamboa Naon aus Buenos Aires, Argentinien. Er programmiert Kunstwerke, unter anderem interaktive Installationen. Hierfür experimentiert er mit verschiedenen Sprachen wie Processing, Pure Data und Javascript.



Überlagerung von Zuständen. Die Fachleute nennen das Superposition. Sie erlaubt Quantenobjekten, gleichzeitig mehrere Zustände einzunehmen. Hinzu kommt: In einer Anordnung von Qubits lassen sich die einzelnen Teilchen miteinander verschränken. Sie sind dann wie durch Geisterhand miteinander verbunden. Aufgrund dieser beiden Phänomene sind Quantencomputer in der Lage, mit jedem Schaltvorgang viele Rechenoperationen gleichzeitig auszuführen. David DiVincenzo resümiert: „Mit dieser Parallelverarbeitung sollten sie bei gewissen Aufgabenstellungen konventionelle Rechner, die die Befehle nacheinander abarbeiten, schlagen können.“

Soweit zumindest die Theorie. Doch in der Praxis macht den Experten ein Phänomen namens Dekohärenz einen Strich durch die Quantenrechnung. Dahinter verbirgt sich die Tatsache, dass Quantenbits empfindlich auf äußere Einflüsse reagieren, etwa auf Wärme oder Strahlung. Diese Störfaktoren lassen die verschränkten Zustände nach einigen Mikrosekunden wieder zerfallen. Die Lebensdauer einer Quanteninformation hängt also auch davon ab, wie gut es den Forschern gelingt, den Rechner von der Umwelt abzuschirmen.



KÄFIGE, KETTEN UND FEHLSTELLEN

Die Forschergruppen, die sich weltweit an dem Wettrennen um den Quantencomputer beteiligen, haben verschiedene Wege gewählt, um dieses Ziel zu erreichen. Die Ideen für das Herzstück solcher Rechner, die physikalischen Speicherzellen, sind vielfältig: Manche Experten setzen auf Fehlstellen, die sie gezielt in dünne Diamantschichten einbauen, oder auf exotische Materialien, die eigentlich Isolatoren sind, auf ihrer Oberfläche aber Strom leiten. Andere Forscher halten eine Kette aus Ionen zwischen zwei Elektroden im Vakuum in der Schwebe. David DiVincenzo beschäftigt sich mit Quantenpunkten. Das sind Halbleiterkäfige, in die einzelne Elektronen gesperrt werden. Ihr Drehimpuls, sozusagen die Richtung ihrer Eigenrotation, kann den Wert des Qubits speichern. „Der Vorteil besteht darin, dass über die Herstellung dieser Halbleiter-Strukturen bereits viel Know-how existiert: Denn die konventionelle Chip-Produktion beruht ebenfalls auf Halbleitern.“

3. COMPUTERGENERATION (BIS ETWA 1966)

Mit Transistoren

Ab Mitte der 1950er Jahre verdrängt ein neues, kleines und leichtes Bauelement die bisher eingesetzten schweren und raumfüllenden Relais und Röhren: der Transistor. Er schaltet und steuert elektrische Impulse. Der erste Computer mit Transistoren ist der TRansistorized Airborne Digital Computer (TRADIC), den das US-amerikanische Unternehmen Bell Labs 1954 vorstellt.

Firmen wie IBM und Google favorisieren supraleitende Schaltkreise. In deren Leiterschlaufen kann der Strom in unterschiedlichen Richtungen kreisen und so den Wert des Qubits widerspiegeln: im Uhrzeigersinn, entgegengesetzt dazu oder in einer beliebigen Überlagerung der beiden Drehrichtungen. Das Äußere dieser Maschinen erinnert nicht gerade an Computer, wie wir sie heutzutage kennen: Sichtbar ist bloß der riesige, tonnenförmige Kühlbehälter. In seinem Inneren verbirgt sich die eigentliche Messapparatur: ein Gewirr von Leitungen und Metallteilen, das einem avantgardistischen Kronleuchter ähnelt.

In regelmäßigen Abständen überbieten sich die Unternehmen mit Angaben zur Zahl der verschränkten Qubits, die sie mit ihren Systemen erzeugen konnten. So meldete Google den Rekord mit 72 Qubits, IBM folgt mit 50 Qubits. Die Zahl der verschränkten Quanten-

Bits steigt also, die Lebensdauer dieser Systeme liegt aber immer noch im Bereich von Mikrosekunden. Denn umso mehr Qubits miteinander verbunden sind, desto fragiler wird ihr gemeinsamer Quantenzustand. Und umso mehr Anstrengungen müssen die Forscher unternehmen, um die Systeme von der Umgebung abzuschirmen. Sonst treten Rechenfehler auf, die umständlich korrigiert werden müssen. Die Physikerin Kristel Michielsen vom Jülich Supercomputing Centre (JSC): „Das ist vor allem ein technisches Problem. Die Leistungsfähigkeit heutiger Quantencomputer liegt unter dem Wert, der aus der Theorie zu erwarten wäre.“ Auf den Superrechnern des JSC erprobt die Forscherin die Algorithmen, die auf Quantencomputern ablaufen könnten. Dazu simuliert sie einen Quantenrechner, der ohne äußere Störungen seine Kalkulationen durchführt. Ihr Rekord liegt bei einem System mit 48 verschränkten Qubits: „Diese Simulationen arbeiten perfekt, wie im Lehrbuch. Das erlaubt uns, die Fehlerrate realer Quantensysteme mit derjenigen einer idealen Quantenrechenmaschine zu vergleichen.“ Bei 48 Qubits dürfte allerdings auch die Grenze der Simulationen liegen. Denn für jedes weitere Qubit, das hinzukommt, verdoppelt sich der benötigte Speicher. Und das übersteigt die Kapazitäten selbst der schnellsten heutigen Superrechner.

Welches Modell schließlich das Rennen machen wird, und wann das sein wird, sei im Moment noch schwer abzuschätzen, erklärt Kristel Michielsen. Schnell werde das Wettrennen wohl nicht zu Ende gehen. Gute Aussichten haben aus ihrer Sicht Quantensysteme, die auf spezielle Problemstellungen zugeschnitten sind,



„Quantencomputer sollten bei gewissen Aufgabenstellungen konventionelle Rechner, die die Befehle nacheinander abarbeiten, schlagen können.“

DAVID DIVINCENZO



bei denen es darum geht, aus einer großen Zahl möglicher Lösungen die beste herauszufinden. Diese Quanten-Annealer beispielsweise werden nicht mit Schaltsignalen in Form von Laserstrahlen, Mikrowellen oder Spannungspulsen angesprochen. „Stattdessen setzt man darauf, dass die Qubits von selbst die Lösung des Rechenproblems finden, indem sie so lange hin- und herhüpfen, bis das System sein Energieminimum erreicht“, sagt die Expertin. „Man legt zu Beginn die Parameter fest und lässt dann das System sich entwickeln, bis man eine Antwort erhält.“ Das geht jedoch auf Kosten der Flexibilität: Lösen lassen sich damit nur

gewisse Aufgabenstellungen: Optimierungsprobleme, etwa für die Berechnung von Verkehrsflüssen, aber auch Deep-Learning- und Quanten-Simulationsprobleme. Die Annealer können so zwar für Hunderte von Autofahrern in den Straßenschluchten einer Großstadt die schnellsten Wege von A nach B herausfinden, aber sie werden niemals in der Lage sein, eine Verschlüsselung im Internet zu knacken.

Die Physikerin hofft, im Zuge des EU-Flaggschiffprogramms einen Schwerpunkt für Quantencomputing am Jülich Supercomputing Centre etablieren zu können, der nicht nur Experten des Forschungszentrums offenstünde: „Ich stelle mir das vor als eine Plattform, auf der verschiedene Typen von Quantencomputern verfügbar sind. Wir hätten dann eine Nutzerinfrastruktur, die Benutzerunterstützung und Zugriff auf verschiedene experimentelle Gerätetypen mit unterschiedlichem technologischen Reifegrad bietet, ergänzt durch unsere Simulationen. Möglicherweise hätten wir Fernzugriff auf Quantenrechner von kommerziellen Anbietern. Und wir würden einen europäischen Quantencomputer und einen Quanten-Annealer betreiben. Nutzer könnten sich so aus einer breiten Palette das System aussuchen, das für ihr Problem am besten geeignet ist.“ Dann stünden die Zeichen im Wettrennen um den Quantencomputer auf Kooperation und nicht auf Konkurrenz. Denn zusammen läuft es sich vielleicht doch am besten.

ARNDT REUNING

„Man setzt darauf, dass die Qubits von selbst die Lösung des Rechenproblems finden, indem sie so lange hin- und herhüpfen, bis das System sein Energieminimum erreicht.“

KRISTEL MICHIENSEN





„Hier werden nicht nur neue Theorien und Ideen geboren. Die Ansätze können durch die umfangreiche Infrastruktur auch experimentell überprüft werden.“

TOMMASO CALARCO

Leinen los für das Quanten-Flaggschiff!

Mitte 2017 ist es vom Stapel gelaufen: Das dritte Forschungs-Flaggschiff der Europäischen Kommission. Ausgestattet mit einer Milliarde Euro Fördergeldern für zehn Jahre soll es die Entwicklung der Quantentechnologien in Europa vorantreiben. Zusätzlich fördert die Bundesregierung die Entwicklung der Quantentechnologien in Deutschland mit 650 Millionen Euro bis 2021. „In der EU verfügen wir über eine hohe wissenschaftliche Exzellenz in der Quantentechnologie. Das Flaggschiff soll helfen, dass wir zusammen mit der Industrie dieses Potenzial in kommerzielle Produkte überführen. Sonst laufen wir Gefahr, dass Erkenntnisse, die in Europa initiiert worden sind, außerhalb des Kontinents zu marktreifen Anwendungen weiterentwickelt werden“, erklärt der Physiker Tommaso Calarco, der im September 2018 von der Universität Ulm nach Jülich an das Peter Grünberg Institut (PGI-8) gewechselt ist. Er gehört zu den geistigen Vätern des Quanten-Manifestes, eines zwanzigseitigen Thesenpapiers, das das neue Flaggschiff angestoßen hat.

Das Programm soll Technologien vorantreiben, die einzelne Atome, Elektronen oder Photonen manipulieren. In der ersten Runde werden seit Oktober 2018 zwanzig Projekte gefördert. Die Konstruktion eines Quantencomputers sei dabei der „Heilige Gral“ dieser Forschung, erklärt Calarco: „Doch daneben sehe ich weitere Missionen von großer gesellschaftlicher Relevanz, etwa die Sicherung der europäischen Kommunikationsnetzwerke durch Quantenkryptografie.“ Dahinter verbirgt sich der abhörsichere Austausch von Nachrichten, bei dem der geheime Schlüssel in Form von Quanteninformationen übertragen wird. Ein Lauscher würde die Quanteneigenschaften stören und sich so selbst verraten. Darüber hinaus sollen hochpräzise Navigationsgeräte und empfindliche Sensoren für die

medizinische Diagnostik entwickelt werden. Jülich ist in drei der zwanzig Projekte eingebunden. Unter anderem soll dort im Rahmen des Projekts OpenSuperQ ein Quantencomputer auf der Basis von supraleitenden Schaltkreisen entstehen – der erste dieser Art in Europa. Das Besondere: Hardware- und Softwarearchitektur werden offengelegt und zugänglich sein, sodass die gesamte Forschungsgemeinschaft an seiner Entwicklung teilhaben und den Rechner nutzen kann. Das Forschungszentrum spiele dabei eine Schlüsselrolle, sagt Calarco. Überzeugend sei die Vielfalt der Expertise entlang der quantentechnologischen Entwicklungskette: „Hier werden nicht nur neue Theorien und Ideen geboren. Die Ansätze können durch die umfangreiche Infrastruktur auch experimentell überprüft werden.“



Die Forschung im neuen Quantentechnologie-Flaggschiff verteilt sich auf vier Säulen. Welche das sind, erläutert Tommaso Calarco im Interview in unserem Web-Magazin: effzett.fz-juelich.de



PROF. Q*BITS KURIOSE QUANTENPLAUDEREI



Als Bewohner der Quantenwelt fällt es mir nicht leicht, von meinem Alltag zu berichten. Die Dinge sind so anders hier bei uns. Sie folgen ihren eigenen Regeln. Den Regeln der Quantenphysik eben, beherrscht von einer gewissen **UNSCHÄRFE**. Fragt mich mein Assistent zum Beispiel, wo ich mich heute Nachmittag exakt um drei Uhr aufhalten werde, so antworte ich: „Im Büro und im Labor.“ Er will natürlich wissen: „Wo denn nun? An welchem Ort genau?“ Und ich erwidere: „Na, an beiden!“ Für Menschen und andere Nicht-Quanten mag das schwer vorstellbar sein. Aber ich kann Ihnen versichern: Für mich hat sich das oft schon als ausgesprochen nützlich erwiesen.



Auch plagen wir uns in der Quantenwelt mit Fragen der Identität. Es ist immer dasselbe: Man möchte von mir wissen, ob ich denn nun ein Teilchen sei oder eine Welle. Ich zucke mit den Schultern, seufze kurz und sage: „Was wohl? Ich bin beides. Das nennt man die **WELLE-TEILCHEN-DUALITÄT**.“

In der Quantenwelt kennen wir keine Stimmungen. Wir befinden uns in Zuständen. Und zwischen denen hüpfen wir hin und her. Die reinsten Quantensprünge sind das. Wenn ich zum Beispiel tanze und im Kreis wirbele, gehorcht mein Spin – das ist mein Eigendrehimpuls – den Regeln der Quantenphysik. Ich kann mich dann nur links herum um meine Achse drehen oder rechts herum. Zwischen beiden Richtungen springe ich hin und her. Doch da ich auch Eigenschaften einer Welle besitze, können sich meine Zustände überlagern. Das bezeichnen wir als **SUPERPOSITION**, eine Mischung aus beiden Spins. Dann drehe ich mich links herum – und gleichzeitig rechts herum. Unvorstellbar eigentlich, aber bei uns Quanten funktioniert das so.



Beziehungen in der Quantenwelt sind ausgesprochen speziell. Und das liegt am Phänomen der **VERSCHRÄNKUNG**. Nähe und Ferne schließen sich daher bei uns nicht aus. Meine Frau und ich zum Beispiel, wir haben uns miteinander verschränkt. Wie über ein unsichtbares Band sind wir miteinander verbunden, egal wie weit wir uns voneinander entfernen. Und wenn wir unsere Eigenschaften ändern, dann tun wir das nicht alleine, wir ändern sie beide gleichzeitig. So ist es bei uns Quanten. Allerdings habe ich mir sagen lassen, dass auch in der Menschenwelt innige Beziehungen über weite Ferne existieren – und das ganz ohne Verschränkung.

Simon Eickhoff will
dem menschlichen Hirn
Informationen über den
künftigen Verlauf von
psychischen und neuro-
logischen Krankheiten
entlocken. →



Unser Hirn ist hochkomplex. Bei allem, was wir tun, arbeiten verschiedene Hirnregionen zusammen – und zwar in sogenannten funktionellen Netzwerken. Mit diesen Netzwerken und deren Aktivitätsmustern beschäftigt sich Prof. Simon Eickhoff, Direktor am Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM-7). Der Neurowissenschaftler hat ein großes Ziel: Er möchte beurteilen, inwieweit diese Muster bei Menschen verändert sind, die an Depressionen, Schizophrenie oder Morbus Parkinson erkrankt sind. Er hofft, dass sich aufgrund dieser Information der weitere Verlauf einer Krankheit individuell vorhersagen lässt.

Mit seinem Team hat Eickhoff untersucht, wie sich mithilfe künstlicher Intelligenz Informationen aus Hirnscans gewinnen lassen. Dazu trainierten die Forscher eine selbstlernende Software, um Persönlichkeitsmerkmale von Menschen anhand von deren Gehirnscans vorherzusagen. Für drei von fünf Merkmalen lieferte das Programm vielversprechende Prognosen: für Offenheit, Verträglichkeit und emotionale Stabilität. Die Forscher stellten mithilfe der Software außerdem fest, dass bei Menschen mit Schizophrenie oder Parkinson bestimmte funktionelle Netzwerke im Hirn gestört sind. Die effizienteste Zusammenarbeit hat mit Herrn Eickhoff gesprochen.

Hirnforschung mit künstlicher Intelligenz

Jülicher Wissenschaftler zeigen, dass es möglich ist, aus Hirnscans Informationen über Persönlichkeitsmerkmale und psychische Erkrankungen zu gewinnen.

Inwiefern könnten Menschen mit psychischen oder neurologischen Krankheiten in Zukunft von Ihrer Forschung profitieren?

Nehmen wir die Depression: Bis zu 30 Prozent aller Menschen, die sich von einer schweren Depression erholt haben, erkranken später erneut. Für viele Patienten ist es sehr wichtig zu erfahren, ob sie wohl betroffen sein werden. Das kann ihnen aber derzeit kein Arzt seriös vorhersagen. Wir denken, dass unsere Methoden das Potenzial haben, eine individuelle Prognose zu geben, also die individuelle Wahrscheinlichkeit für einen Rückfall.

Ein anderes Beispiel ist Morbus Parkinson. Viele Erkrankte wollen zum Beispiel wissen, ob sie in absehbarer Zukunft eine Demenz entwickeln werden – eine Frage, die auch Angehörige sehr interessiert. Auch hier sehe ich ein sehr wichtiges Anwendungsfeld für prognostische Verfahren.

Wie soll das gehen?

Die Idee lässt sich anhand zweier Patienten erläutern, deren aktueller Krankheitszustand äußerlich gleich ist, bei denen aber unsere Algorithmen auf Basis der Hirnscans auf Unterschiede hinweisen. Sie legen nahe, dass der Zustand des einen eigentlich besser sein müsste, der des anderen schlechter. Sie weisen also möglicherweise auf verschiedene Krankheitsverläufe hin, noch bevor die Symptome für den Arzt erkennbar sind. Solche Unterschiede bei den funktionellen Netzwerken könnten mittels neuer Verfahren des maschinellen Lernens aus MRT-Aufnahmen sichtbar gemacht werden. Im besten

Fall könnten Ärzte daraus auf den weiteren Krankheitsverlauf schließen und entsprechend therapieren.

Betonen möchte ich: Noch sind wir weit von der klinischen Anwendung unserer Methoden entfernt. Aber insbesondere die Ansätze zur Netzwerkcharakterisierung und zur individuellen Vorhersage laufen schon sehr vielversprechend.

Aber es gibt doch sicher Depressive oder Parkinson-Kranke, die ihre Zukunft gar nicht kennen wollen ...

Ja. Und ich bin ein Verfechter des Rechts auf Nichtwissen. Aber ich habe andererseits als Arzt erfahren, dass die Frage „Wie geht es weiter?“ für die meisten Patienten und Angehörigen die wichtigste und drängendste ist. Denn viele psychiatrische und neurologische Krankheiten verlaufen schubweise, so etwa die Schizophrenie, oder langsam fortschreitend, wie zum Beispiel Demenzen.

Könnten Ihre Ergebnisse künftig auch die Behandlung psychischer und neurologischer Krankheiten verändern?

Ich hoffe es sehr. Ein anderes Problem ist ja, dass nicht jedes Medikament bei jedem Patienten hilft, es profitiert zum Beispiel nicht jeder Depressive von jedem Antidepressivum. Ähnlich ist die Situation bei der Schizophrenie. Bei ausbleibendem Erfolg muss etwas Neues ausprobiert werden, was sehr unbefriedigend ist. Unser Ziel wäre es, Signaturen im Gehirn zu finden, die uns sagen: Diesen Patienten sollten wir am besten mit Medikament A behandeln und nicht mit Medikament B. Hier stehen wir aber noch am Anfang.

Sie nutzen für Ihren Ansatz Methoden des maschinellen Lernens. Es gibt Kritik und Sorgen angesichts des Einsatzes von künstlicher Intelligenz und dem möglichen Missbrauch von Patientendaten. Wie stehen Sie dazu?

Diese Befürchtungen sind auf jeden Fall ernst zu nehmen. US-amerikanische Versicherungsunternehmen überlegen zum Beispiel derzeit, Hirnscan-Daten auszuwerten. Sie wollen das Erkrankungsrisiko einzelner Menschen berechnen, und ich befürchte, dass sie damit Risikofälle vorausschauend ausschließen wollen. Oder man denke an das „Social Credit System“, das in China bereits erprobt wird: Der Staat bewertet das Verhalten der Bürger mithilfe künstlicher Intelligenz.

Die Konsequenz kann aber nicht sein, dass wir in Deutschland die Forschung an diesen Themen einstellen. Wir haben hier in Jülich die Chance, die Entwicklung im Gesundheitsbereich mitzuprägen und die Möglichkeiten und Grenzen dieser Technologien transparent zu machen. Die Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft sind der Gesellschaft verpflichtet: Wir forschen nicht, um Gewinne zu maximieren, sondern um Antworten auf große gesellschaftliche Herausforderungen zu finden. Diese Chance sollten wir nutzen.

INTERVIEW: FRANK FRICK

Vom Hirnscan zur Prognose





Woran forschen Sie gerade, Herr Gonzalez-Julian?

**Junior-Prof. Jesus Gonzalez-Julian, Institut für Energie- und Klimaforschung,
Bereich Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren (IEK-1)**

„An einer heißen Sache: Ich entwickle mit meinem Team neue Materialien, die besonders hitzebeständig sind, zum Beispiel für Turbinen in Kraftwerken und Flugzeugen oder für Solarkraftwerke. Diese sogenannten MAX-Phasen verbinden die positiven Eigenschaften von Keramiken und Metallen. Keramik hält hohe Temperaturen aus, ist aber spröde, Metall ist sehr stabil, verformt sich aber in der Hitze. Die MAX-Phasen sind hitzestabil und nicht brüchig.

Wir sind außerdem die ersten weltweit, die MAX-Phasen mit Fasern aus Siliziumcarbid verbinden. Das soll die mechanischen Eigenschaften zusätzlich verbessern.“

Der Materialwissenschaftler →
Olivier Guillon sieht großes
Potenzial in der Werkstoff-
verarbeitung mit elektri-
schen und magnetischen
Feldern.

Mikrowelle statt Backofen

Mit weniger Energie mehr erreichen – das ist ein wichtiges Ziel der Energiewende. Neue Verfahren könnten den Verbrauch bei besonders energieintensiven Prozessen in der Industrie reduzieren – und zwar mithilfe von elektrischen und magnetischen Feldern.

Jedes Kind kennt sie: die Mikrowelle. Sie steht in fast jeder modernen Küche. Schnell und unkompliziert lässt sich mit dem Gerät ein Becher Milch erwärmen. Außen wird nichts heiß und auch innen bleibt der Mikrowellenherd kalt. Der Trick dahinter:

Elektromagnetische Felder bringen die Wassermoleküle in der Milch zum Schwingen. Durch die Reibung der Wassermoleküle aneinander entsteht Wärme, die Milch wird heiß.

Prof. Olivier Guillon, Direktor am Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-1), möchte dieses Prinzip nutzen, um Energie zu sparen – aber nicht in der Küche, sondern bei Produktionsprozessen in der Industrie. „Elektrische und magnetische Felder könnten helfen, den Energieverbrauch vor allem bei der Verarbeitung von Metallen und Hochleistungskeramiken drastisch zu senken – wir denken, in einigen Fällen um über 50 Prozent“, so der Materialexperte. Hochleistungskeramiken sind keine exotischen Werkstoffe. Wir nutzen sie in Haushaltsgeräten, in Fahrzeugen oder bei der Kommunikation. Sie gelten als Schlüsselwerkstoffe für die Energieumwandlung und -speicherung. Aber ihre Verarbeitung verbraucht viel Energie. Etwa 7 Prozent des Primärenergiebedarfs wird in Deutschland für industrielle Wärmebehandlungen verwendet.

Das liegt bei den Keramiken vor allem an deren hohen Schmelzpunkten. Um die Werkstoffe zu bearbeiten, müssen hohe Temperaturen erzeugt werden. Denn erst bei großer Hitze können sie wie gewünscht verdichtet und verformt werden. Das geschieht heute meist nach dem „Backofenprinzip“: Wie beim Kuchenbacken heizt man einen Ofen vor, er wird sowohl außen als auch innen heiß und wärmt noch lange nach. „Dabei wird sehr viel Energie aufgebracht, von der nur ein Bruchteil in die tatsächliche Verarbeitung des Werkstücks fließt“, erklärt Guillon.

Genau das lässt sich mithilfe elektromagnetischer Felder vermeiden. Wie bei der Milch in der Mikrowelle wird die Wärme allein im Bauteil erzeugt. „Dadurch wird die zugeführte Energie effizienter genutzt. Außerdem beschleunigt das den Herstellungsprozess, denn das Bauteil erreicht mit dieser Methode viel schneller seine gewünschte Betriebstemperatur als durch das Aufheizen nach dem Backofenprinzip“, sagt der Wissenschaftler. Ein mögliches Einsatzgebiet für das Verfahren haben Jülicher Forscher bereits getestet: Sie haben keramische Bauteile für Festkörperbatterien nach dem Prinzip gefertigt.

Die neuen Herstellungsverfahren könnten dazu beitragen, dass Deutschland seine hochgesteckten Ziele bei der Energiewende erreicht: Neben der Umstellung auf regenerative Energien soll nämlich der Energieverbrauch bis 2020 gegenüber 2008 um 20 Prozent gesenkt, bis 2050 sogar halbiert werden. Auch die Internationale Energieagentur IEA hat die Energieeffizienz als eine von vier zentralen Maßnahmen definiert, um die globale Erwärmung auf maximal zwei Grad bis 2100 zu begrenzen.

„Die Werkstoffverarbeitung mit elektrischen und magnetischen Feldern eröffnet aber noch weitere Möglichkeiten“, sagt Olivier Guillon, der seit 2016 das Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zu dem Thema leitet. Gemeinsam mit Kollegen aus dem Programm hat er vor Kurzem in einer Studie den Stand der Forschung zusammengefasst. So arbeiten Wissenschaftler daran, mittels elektrischer und magnetischer Felder die Eigenschaften bestimmter Werkstoffe zu verbessern, indem sie durch die Felder die Bewegung der Atome aktivieren. Dadurch lassen sich Materialien besser verdichten und umformen oder die atomare Struktur gezielt beeinflussen.

Es lassen sich aber auch Rohstoffe einsparen, beispielsweise bei Permanentmagneten. Diese sind heutzutage in nahezu jedem elektronischen Gerät verbaut: in Kühlschränken, Mobiltelefonen oder auch in den Generatoren von Windkraftanlagen. Besonders leistungsfähige Magnete enthalten oft wertvolle Rohstoffe, wie die Seltenerdmetalle Neodym und Dysprosium, die unter bedenklichen Umweltbedingungen fast ausschließlich in China gewonnen werden.

DIE STÄRKSTEN MAGNETE DER WELT

Mit Neodym lassen sich aktuell die stärksten Magnete der Welt bauen, Dysprosium wiederum macht die Magnete hitzestabil. Die verbauten Mengen sind beachtlich: Allein in einer 3-Megawatt-Windturbine stecken 1,8 Tonnen Neodym-Eisen-Bor-Magnete. Kollegen aus dem DFG-Schwerpunktprogramm setzen externe elektromagnetische Felder ein, um Atome in der Mikrostruktur der Magnete zu dirigieren: „Damit werden die Eigenschaften des Magneten verbessert und weniger Seltenerdmetalle verbraucht“, so Guillon.

Allerdings werden solche Verfahren vermutlich erst in rund 10 bis 15 Jahren praxisreif sein. Noch müssen Grundlagen erforscht werden. So gilt es etwa, mehr über die Wechselwirkungen zwischen elektrischen oder magnetischen Feldern und der Materie herauszufinden. „Die Prozesse laufen auf unterschiedlichen Zeitskalen und in unterschiedlichen Größenordnungen ab: von Nanosekunden bis Stunden, vom Atom bis zum makroskopischen Teil“, erläutert der Jülicher Wissenschaftler. „Das DFG-Schwerpunktprogramm ist hier ein wichtiger Schritt nach vorne: Es bringt die Forschergruppen zusammen, die bislang unabhängig voneinander die unterschiedlichen Phänomene untersucht haben.“ Zweifelsohne: Effiziente Forschung, um die Energieeffizienz und damit die Energiewende voranzutreiben.

KATJA LÜERS



Wie funktioniert eine Mikrowelle?
Mehr dazu in unserem Web-Magazin:
effzett.fz-juelich.de

1,5-Grad-Ziel geht jeden an!

Anfang Oktober veröffentlichte der Weltklimarat IPCC seinen Sonderbericht zum 1,5-Grad-Klimaziel. Der Tenor: Es eilt! Um die Erderwärmung deutlich unter zwei Grad Celsius zu halten, sind alle gefordert: Regierungen, Wirtschaft und Bürger. Klimaexpertin Prof. Astrid Kiendler-Scharr hat als Gutachterin am Bericht mitgearbeitet. Wir baten sie um ihre Einschätzung.



↑ Prof. Astrid Kiendler-Scharr, Institutsleiterin am Institut für Energie- und Klimafor-schung (IEK-8), findet die Berichte des IPCC wichtig, weil sie das Wissen der weltweiten Forschungs-gemeinschaft zum Klima-geschehen bündeln. Sie selbst erforscht die Rolle von Aerosolen im Klimage-schehen. Das sind kleinste Partikel, die zum Beispiel als Wolkenkeime dienen. An dem aktuellen IPCC-Bericht zum 1,5-Grad-Ziel war sie als Gutachterin beteiligt.

Im Pariser Klimaabkommen hat sich die internationale Staatengemeinschaft darauf geeinigt, die Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad, möglichst auf 1,5 Grad, zu begrenzen. Ist das überhaupt noch möglich?

Der Bericht zeigt, dass es schwierig, aber durchaus möglich ist. Um dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen, brauchen wir einen starken Wechsel der Energietechnologie hin zu den erneuerbaren Energiequellen. Dass Kohle und andere fossile Energieträger für das Klima nicht zuträglich sind, ist – zumindest in Deutschland und der Mehrzahl der anderen Nationen – völlig unbestritten. Trotzdem ist die Dringlichkeit, mit der Maßnahmen zum Klimaschutz ergriffen werden müssten, der Politik und einer breiteren Öffentlichkeit noch nicht klar oder die notwendigen Schritte wurden bisher nicht umgesetzt.

Welche Schritte wären das?

Alle Prozesse, die Treibhausgase ansteigen lassen, sollten möglichst minimiert werden. Das umfasst zum Beispiel die industrielle Produktion, die Landwirtschaft oder die Nutztviehhaltung. Ebenfalls wichtig: Wir brauchen ein neues Bewusstsein für unseren Lebensstil, basierend auf Wissen und Gewissen. Es reicht nicht, einmal im Leben einen Baum zu pflanzen. Wir müssen uns gut fühlen, wenn wir in allen Bereichen nachhaltig handeln. Politisch führt ein gangbarer Weg meist über Förderungen oder steuerliche Vergünstigungen: Radwege, öffentlicher Nahverkehr, Speicher für

die erneuerbaren Energien – das sind Projekte, bei denen die Politik aktiv werden und Klimaschutz damit für jeden Einzelnen attraktiver machen kann.

Hat der Sonderbericht den Druck auf die Politik erhöht?

Zunächst einmal gilt es festzuhalten, dass der Bericht vonseiten der Politik angefordert wurde. Die Wissenschaft hat die Fakten vorgelegt und die Konsequenzen aufgezeigt. Es ist jedoch nicht die Aufgabe der Forschung, Politik zu betreiben. Und das ist auch gut so. Nicht die Wissenschaft, sondern die Politik muss nun entscheiden, wie entsprechende Lösungen herbeigeführt werden können. Auf jeden Fall hat der Bericht das Thema Klimawandel wieder aktueller gemacht.

Sehen Sie auch schon Konsequenzen in der Politik?

Das wird sich in den nächsten Monaten zeigen müssen. Die Entscheidung der EU-Umweltminister, die Grenzwerte für den Kohlendioxid-Ausstoß von Neuwagen um 35 Prozent zu senken und nicht bei 30 Prozent zu belassen, könnte ein Hinweis sein. Um ambitionierte Klimaziele zu erreichen, sind aber zahlreiche Maßnahmen notwendig, wie der Bericht darlegt. Alle aktuellen Berechnungen zeigen zum Beispiel, dass wir CO₂ aktiv aus der Atmosphäre herausnehmen müssen, um eine Temperaturerhöhung von über 1,5 Grad zu vermeiden.

Was wäre, wenn ...?

Weltweiter Temperaturanstieg und seine Folgen im Jahr 2100

+5°C

Der Meeresspiegel steigt örtlich um bis zu zwei Meter. Große Gebiete in Küstennähe sind überflutet, Millionenstädten wie Miami in den USA oder Guangzhou in China droht zumindest eine Teilevakuierung. Alle Eisschilde schmelzen, der weitere massive Anstieg des Meeresspiegels beginnt.

+4°C

Die weltweite Wasserverteilung verschiebt sich drastisch. Ohnehin trockene Regionen werden noch trockener, besonders dürrgefährdet sind das südliche Afrika, der Südwesten der USA und die Mittelmeerregion. Auf der Hälfte der Erdoberfläche nimmt die Häufigkeit von extremen Fluten zu. Der Meeresspiegel steigt um bis zu einem Meter.

+2°C

Es kommt noch häufiger zu Wetterextremen. Die Arktis ist im Sommer eisfrei. Der Meeresspiegel steigt um bis zu 90 Zentimeter. Forscher befürchten einen Kipppunkt. Dieser führt zum Abschmelzen der Eisschilde Grönlands und der West-Antarktis. Dadurch würde der Meeresspiegel im Lauf der folgenden Jahrhunderte um mehrere Meter steigen.

+1,5°C

Wetterextreme wie Starkregen, Überflutungen, Hitzewellen, Dürren und die Intensität von Stürmen nehmen zu. Der Meeresspiegel steigt um bis zu 80 Zentimeter.

Quellen: IPCC-Berichte, 4-Grad-Bericht der Weltbank, Aufsätze in Fachzeitschriften wie Nature und PNAS u. a. *

Wieso das?

CO₂ gehört zu den langlebigen Treibhausgasen. Es dauert über hundert Jahre, bis es abgebaut wird. Durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe seit Beginn der Industrialisierung gelangte jedoch weit mehr CO₂ in die Atmosphäre, als die Erde im gleichen Zeitraum wieder hätte aufnehmen können. Selbst wenn man heute die CO₂-Emissionen auf null fahren würde, würden natürliche Senken wie Wälder und Ozeane bei Weitem nicht ausreichen, um den CO₂-Anteil in wenigen Jahrzehnten deutlich zu reduzieren. Das gelänge nur, wenn man es zusätzlich aktiv aus der Atmosphäre entfernt. Anders sieht es da mit den kurzlebigen Spurengasen und Luftschadstoffen aus.

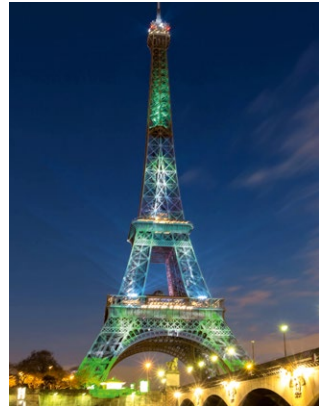
Welche Rolle spielen diese kurzlebigen Stoffe im Klimageschehen?

Kurzlebige Klimatreiber, das sind zum Beispiel atmosphärisches Ozon, Methan oder Aerosole, also Schwebeteilchen. Sie haben eine klar begrenzte Aufenthaltszeit in der Atmosphäre. Wenn man das 1,5- oder 2-Grad-Ziel erreichen möchte, muss man sich massiv diesen kurzlebigen Stoffen zuwenden. Bodennahes Ozon etwa wird durch anthropogene Luftschadstoffe gebildet. Es ist nicht nur schädlich für Mensch und Umwelt, sondern auch ein starkes Treibhausgas. Maßnahmen zur Luftqualitätsverbesserung haben hier also einen direkten Effekt auf das Klima.

Gelten Aerosole nicht als kühlend für das Klima?

Ja und nein. Bei Aerosolen ist die Sachlage kompliziert. Die Gesamtheit aller Aerosole führt netto zu einer Kühlung, manche Aerosoltypen wie etwa Ruß können aber auch wärmend wirken. Gleichzeitig wirken sie als Wolkenkeime. Wolken wiederum haben je nach Zusammensetzung, Tageszeit und Höhenlage einen kühlenden oder wärmenden Effekt. Wenn wir diese komplexen Zusammenhänge besser verstehen, gibt es die Chance, in naher Zukunft Erfolge im Klimageschehen zu erzielen. Dieses Wissen könnte in der Übergangsphase nutzen, bis die Reduktion von CO₂ weiter fortgeschritten ist.

Das Einhalten der Ziele bei der CO₂-Reduktion schien bisher nicht so richtig zu funktionieren. Ist das 1,5-Grad-Ziel besser geeignet, um einen effektiven Klimaschutz zu erwirken?



Das Klimaabkommen von Paris

Im Pariser Klimaabkommen von 2015 hatten 196 Staaten beschlossen, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur bis 2100 auf „deutlich unter 2 Grad“ zu begrenzen, wenn möglich jedoch sogar auf 1,5 Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau. Dadurch sollen die Risiken und Auswirkungen des Klimawandels entscheidend reduziert werden. Die UN beauftragte den Weltklimarat IPCC mit einer Studie, ob und wie dieses Ziel zu erreichen ist. Seit 8. Oktober 2018 liegt dieser Sonderbericht zum 1,5-Grad-Ziel nun vor.

* Da sich die wissenschaftlichen Einschätzungen etwa zur Stabilität der Eisschilde bei den verschiedenen Temperaturszenarien unterscheiden, schwanken die Angaben zum Anstieg des Meeresspiegels.

Sich ein Temperaturziel zu setzen, ist in jedem Fall ein Paradigmenwechsel, der erstmals beim Klimaabkommen von Paris vereinbart wurde. Zuvor wurde die Klimafrage von der Emissionsseite her diskutiert: Welche Konzentrationen von welchen Treibhausgasen darf man noch emittieren, bis ein bestimmtes Limit überschritten ist? Diese Klimaziele und deren Umsetzung waren aber offensichtlich keine Erfolgsstory. Bis 2020 sollen zum Beispiel die Emissionen in Deutschland um 40 Prozent sinken gegenüber den Werten von 1990. Dies wird jetzt, 2018, schwierig zu erreichen sein. Es bleibt abzuwarten, ob das Temperaturziel tatsächlich dazu führt, verpflichtende Maßnahmen zu ergreifen, oder ob es als Ausrede benutzt wird, sich nicht auf unpopuläre konkrete Emissionsziele festlegen zu müssen.

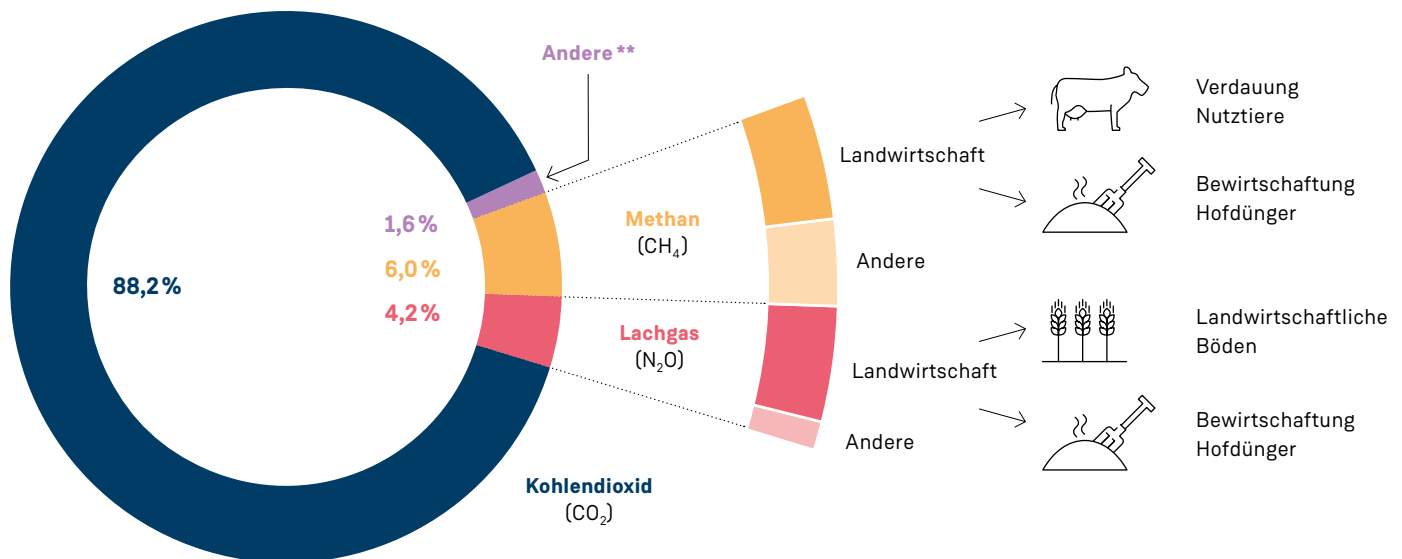
Und wie wirkt sich der Paradigmenwechsel auf die Forschung aus?

Es gibt eindeutig eine gesteigerte Erwartungshaltung gegenüber der Wissenschaft. Sie muss nun klare Aussagen treffen, welche atmosphärische Zusammensetzung, welche Treibhausgas- und Luftschadstoffkonzentrationen mit welcher Temperaturerhöhung verbunden sind. Dadurch fällt mehr Aufmerksamkeit auf Details, wie zum Beispiel die Auswirkungen von langlebigen Treibhausgasen und kurzlebigen Klimatreibern. Es steht daher nicht nur viel Arbeit für die Politik an, sondern auch für die Wissenschaft.

INTERVIEW: BRIGITTE STAHL-BUSSE

Treibhausgase ...

Anteile an den 909 Millionen Tonnen Gesamtemissionen 2016 in Deutschland in CO₂-Äquivalenten *

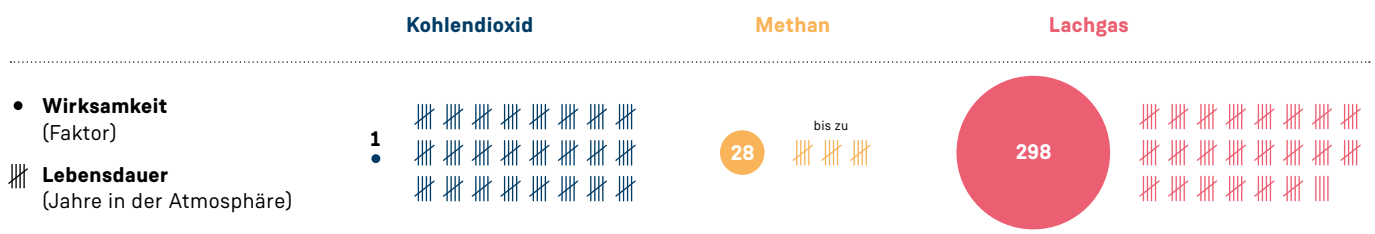


* CO₂-Äquivalent beschreibt das Treibhauspotenzial eines Gases im Vergleich zur entsprechenden Menge CO₂.
 ** Wasserstoffhaltige Fluorchlorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid.

Quelle: Umweltbundesamt

... und wie wirksam sie sind

Wirksamkeit und Lebensdauer im Vergleich



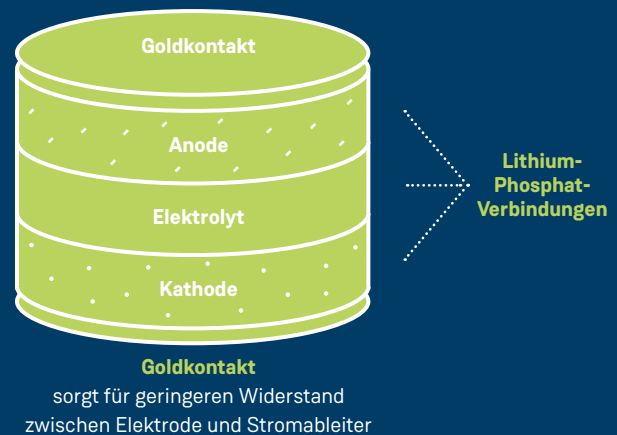
Fest und flott

Mit Festkörperbatterien sind aktuell große Hoffnungen verbunden. Sie enthalten keine flüssigen Teile, die auslaufen oder in Brand geraten könnten. Daher gelten sie als sicherer, zuverlässiger und langlebiger als herkömmliche Lithium-Ionen-Batterien. Bislang benötigen sie aber sehr lange zum Laden und Entladen. Forscher des Instituts für Energie- und Klimaforschung (IEK-9) haben dieses Problem nun behoben – und zwar durch eine clevere Materialwahl.

Die neue Festkörperbatterie

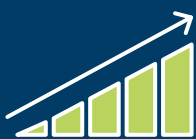
Konzept der Jülicher Wissenschaftler

Anode, Kathode und Elektrolyt sind aus sehr ähnlichen Materialien aufgebaut. Sie enthalten alle verschiedene Lithium-Phosphat-Verbindungen. Das behebt eine Schwachstelle bisheriger Festkörperbatterien: die Grenzflächen zwischen den festen Elektroden und dem festen Elektrolyt. Diese Grenzfläche ist nicht lückenlos, das behindert die Ionenwanderung durch die Batterie, folglich den Lade- und Entladestrom und somit auch die Ladedauer. Verringert man den Übergangswiderstand zwischen den Elektroden und dem Elektrolyt durch ähnliche Materialien, erhöht sich der mögliche Stromfluss.



Verbessert

gegenüber bisherigen Festkörperbatterien



Energiedichte erhöht
um etwa 30%



Ladezeit verkürzt
1 Stunde statt 12 Stunden

Noch zu tun

Kapazität verbessern

Derzeit 84 Prozent nach 500 Lade-/Entladezyklen. Theoretisch möglich sind Verluste von weniger als 1 Prozent nach 500 Zyklen.

Batterie vergrößern

Die Jülicher Feststoffbatterie hat zurzeit die Größe einer Knopfzelle.

Breiter Nutzen

Mögliche Einsatzbereiche für Festkörperbatterien



Elektroauto



Smart Phone



Mobiler Rechner



Medizintechnik



Smart Home





Frau Ohla schmeckt

Lebkuchen, Zimtsterne, Spekulatius: An Weihnachten schmeckt dieses Gebäck viel leckerer als an einem milden Oktobernachmittag oder in der ersten Frühlingssonne. Warum eigentlich? Kathrin Ohla kann diese Frage beantworten. Sie untersucht den Geschmack – wie er von anderen Sinneseindrücken beeinflusst wird und was beim Schmecken im Gehirn geschieht.

Plätzchenteller beim Fototermin im Frühherbst? Das ist nicht jedermanns Sache. Auch Kathrin Ohla, Psychologin am Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM-3), ist hin- und hergerissen. 20 Grad Celsius Außentemperatur und ein neutrales Büro lassen nicht direkt Weihnachtsstimmung aufkommen. Die anderen Sinne sind einfach noch nicht auf Weihachten eingestellt – genau die sind beim Schmecken aber wichtig. „Der Geschmackssinn alleine würde uns wenig Freude bereiten“, sagt Kathrin Ohla. „Er kennt vereinfacht gesagt nur die Richtungen süß, sauer, bitter, salzig und umami, was aus dem Japanischen stammt und sich am ehesten mit herzhaft übersetzen lässt.“ Ein bestimmtes Nahrungsmittel ausschließlich über den Geschmackssinn zu erkennen, ist folglich nicht möglich. Beispiel Bier: Der Geschmack erkennt nur „bitter“ – ein fader Eindruck. Erst unsere anderen Sinne lassen Bier zu dem werden, was es ausmacht. Unsere Augen sehen die weiß schäumende Bierkrone, unsere Nase riecht den Hopfen, unser Mund spürt das Prickeln der Kohlensäure. Und eben diese anderen Sinne lassen Weihnachtsplätzchen bei Kerzenschein und dem Duft von Zimt, Glühwein und Tannenbaum besser schmecken als bei der Grillparty am Baggersee.

Ohla und ihr Team haben in einer Serie von Studien das Zusammenspiel verschiedener Sinne untersucht. Alle bestätigen: Vor allem Sehen und Riechen beeinflussen den Geschmack. So schmecken viele Menschen bei rosa eingefärbtem leicht gezuckertem Naturjoghurt Aromen von Erdbeere oder Waldfrucht, obwohl gar keine enthalten sind. Und Aromen wie Banane oder Vanille etwa können über ihren Duft den süßen Geschmack verstärken. Die Verknüpfung von Geruch und Geschmack ist besonders stark, denn während des Kauens werden Moleküle aus der Nahrung freigesetzt, die wir rückwärtig durch die Nase einatmen – also direkt vom Mund in die Nase. Daher verwechseln wir im Alltag auch oft Riechen und Schmecken miteinander.

Bereits Neugeborene haben Präferenzen, was den Geschmack angeht: „Gibt man ihnen einen Tropfen Zuckerwasser auf die Lippen, reagieren sie positiv, während

sie bei einem Bitterstoff oder Zitronensaft das bekannte Zitronengesicht machen“, begeistert sich Kathrin Ohla. Diese angeborene Vorliebe beziehungsweise Abneigung ist lebensnotwendig. „So unterscheiden wir nahrhafte von schädlicher Nahrung“, weiß die Forscherin. „Bitter“ etwa ist ein potenzieller Hinweis darauf, dass etwas giftig sein könnte – schließlich schmecken die meisten Gifte bitter. Ein süßer Geschmack dagegen signalisiert, dass Kohlenhydrate und somit schnell verfügbare Energie in einem Lebensmittel stecken. Umami weist auf proteinreiche Nahrung und somit eine gute Energiequelle hin und wird ebenfalls von Geburt an bevorzugt. Ein saurer Geschmack dagegen hat eine ambivalente Funktion: Zum einen zeigt er an, dass wertvolles Vitamin C enthalten sein könnte, andererseits warnt er vor Verdorbenem, etwa saurer Milch. Ähnlich verhält es sich mit Salzigem. Zwar zeigt salziger Geschmack wichtige Elektrolyte an, zu viel Salz ist jedoch schädlich und wird daher abgelehnt. Die Dosis ist also entscheidend.

NAHRHAFT ODER UNGENIESSBAR?

Beim Geschmack geht es also häufig um die Frage: Nahrhaft oder ungenießbar? Weiteressen oder ausspucken? Aber wie schnell wissen wir das? Wie schnell verarbeitet unser Gehirn Informationen zum Geschmack und gibt sie dann zurück an unsere Zunge? Um diese Frage zu beantworten, hat Kathrin Ohla mit ihren Kollegen in einer Reihe von Studien die Hirnströme von Probanden mithilfe der Elektroenzephalografie (EEG) gemessen. Die Testpersonen kosteten bei den Untersuchungen verschiedene Proben und bearbeiteten gleichzeitig mehrere Aufgaben: Sie gaben zum Beispiel an, wann sie etwas schmecken, was sie schmecken und wie angenehm und intensiv der Geschmack war. Die Auswertung der Daten erfolgte anschließend mithilfe von maschinellem Lernen: Eine Software analysierte die Hirnstromdaten auf bestimmte Muster. Diese setzten die Forscher mit den Aussagen der Testpersonen in Beziehung. Damit trainierten sie den Computer, die subjektive Geschmackserfahrung den Gehirnströmen zuzuordnen. Sie konnten so anhand der Gehirnströme erkennen, wann die Geschmacksverarbeitung im Gehirn beginnt und wie sie mit dem Empfinden verknüpft ist.

Die wichtigste Erkenntnis: Geschmack wird viel schneller vom Gehirn verarbeitet als bisher angenommen. „Das erste messbare Signal ist der Auslöser für unser Verhalten auf den Geschmack, also ob etwas lecker ist oder vielleicht doch nicht so gut“, sagt Ohla. Das heißt, dass keine nachgeschalteten Verarbeitungsprozesse im Gehirn nötig sind. Etwa 175 Millisekunden dauert es, bis die Probanden merken, dass sie etwas schmecken. „Vor unseren Messungen gingen Forscher davon aus, dass das rund dreimal so lange dauert“, berichtet Ohla. Zum Vergleich: Einen ersten Seheindruck haben wir nach etwa 100 Millisekunden, Hören dauert etwa 80 Millisekunden. „Allerdings treffen die Geschmacksträger auch nicht direkt auf Rezeptoren, wie etwa das Licht auf die Netzhaut beim Sehen“, sagt Ohla. „Sie müssen erst den Speichel auf der Zunge durchdringen bis sie auf die Geschmacksknospen und die Rezeptoren darin gelangen. Schon allein das dauert grob geschätzt um die 50 Millisekunden.“

Außerdem zeigten die Forscher, dass es Unterschiede gibt, wie schnell wir bestimmte Geschmäcker wahrnehmen. Sauer und salzig schmecken wir schneller als süß und bitter – und auch das Gehirn entschlüsselt die Geschmäcker mit einem entsprechenden Zeitversatz. Bitter und süß können wir in dem Moment unterscheiden, indem wir sie auch schmecken. Anders ist es bei sauer und salzig: Die Studienteilnehmer



Kathrin Ohla im Selbstversuch: Riechen und sehen beeinflussen den Geschmack.



merkten zwar etwas schneller, dass sie etwas schmecken, brauchten aber dann länger, um festzustellen, was es ist – und verwechselten die beiden Geschmacksrichtungen auch öfters. „Evolutionär macht es Sinn, dass wir bitter – und damit potenziell giftig – sofort und zuverlässig von süß, also nahrhaft, unterscheiden können“, sagt Kathrin Ohla. „Warum bei salzig und sauer aber mehr Zeit vergeht zwischen Wahrnehmen und Unterscheiden des Geschmacks, ist noch unklar. Das müssen wir noch näher untersuchen.“

Wir können also sehr schnell feststellen, dass die Salatsoße nicht schmeckt. Ob aber das Essig oder das Salz ausgerutscht ist, ist nicht immer sicher zu beurteilen. Zu viel Bittermandelaroma im Plätzchenteig ist dagegen eindeutig. Und auch wenn ihre Befunde beim Plätzchenbacken keine unmittelbare Rolle spielen, hat Kathrin Ohla für diesen Fall einen Tipp: Mit etwas Zucker lässt sich die Bitterkeit „maskieren“. Dann muss für den guten Geschmack nur noch die restliche Stimmung passen.

JANINE VAN ACKEREN



Mit einem neuen Test will Kathrin Ohla herausfinden, wo das Gehirn Informationen zum Geschmack verarbeitet. Mehr dazu in unserem Web-Magazin: effzett.fz-juelich.de

Fürs Klima ackern

Die Ernte ist eingefahren, die Wintersaat schlummert bereits in den Böden. Doch in der Zeit zwischen Ernte und neuer Aussaat lag so manches Feld monatelang brach, einige bleiben sogar bis zum Frühjahr unbestellt. Das könnte sich in Zukunft ändern – dem Klima zuliebe. Denn der Anbau von Zwischenfrüchten könnte helfen, CO₂ abzubauen.

8

Tage länger als vor
50 Jahren liegen Felder
heute brach

„Wir beobachten, dass im Sommer etwa Getreidefelder immer früher abgeerntet werden. Die Aussaat im Herbst oder im Frühjahr verschiebt sich ebenfalls nach vorne, aber nicht so deutlich. Dadurch liegen Felder länger brach. Das bedeutet, der Zeitraum wird kürzer, in dem Ackerpflanzen mittels Fotosynthese CO₂ umwandeln“, sagt Dr. Alexander Graf vom Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3), der den CO₂-Austausch zwischen Böden, Pflanzen und Atmosphäre erforscht.

Einige Landwirte bauen nach der Ernte Zwischenfrüchte an, die nicht geerntet, sondern später untergepflügt werden, zum Beispiel Senf und Ölrettich. Das verhindert die Nitratauswaschung ins Grundwasser, spart Dünger und verbessert die Bodenqualität. Die Zwischensaat könnte offenbar auch dazu beitragen, den Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre zu bremsen und so den Klimawandel abzumildern.

Graf und sein Team haben festgestellt, dass ein Feld mit wiederholtem Zwischenfruchtanbau rund 60 Prozent mehr CO₂ aufnahm als ein Feld, das öfter und länger brach lag. Vier Jahre lang hatten sie Daten von zwei Ackerflächen gesammelt. „Wir müssen als Nächstes herausfinden, unter welchen Bedingungen Pflanzen und Böden welche Mengen CO₂ speichern und wieder abgeben“, betont er.

Dabei spielen nicht nur die jeweiligen Bodeneigenschaften eine Rolle, sondern auch die steigende Menge an CO₂ in der Atmosphäre, die auf einige Pflanzen wie zusätzlicher Dünger wirkt.

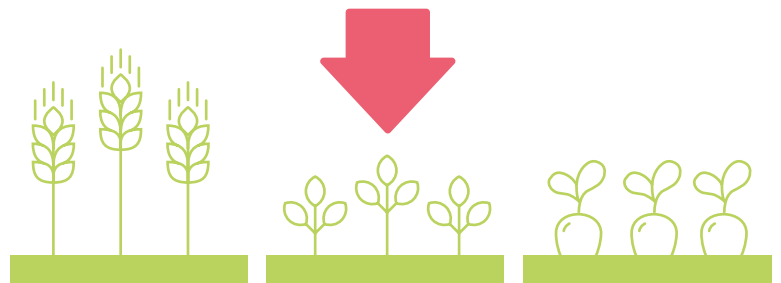
Oder die globale Erwärmung, die dafür sorgt, dass Organismen im Boden mehr CO₂ an die Luft abgeben. „Wenn wir diese Austauschprozesse besser verstehen, können wir konkret sagen, ob und wie welche Zwischenfrüchte gezielt zum Klimaschutz eingesetzt werden können“, so Graf.

CHRISTIAN HOHLFELD

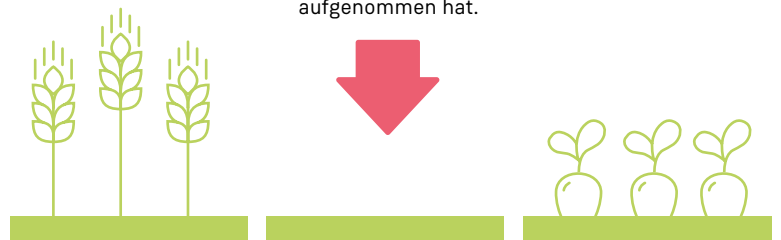
MIT WINTERSAAT MEHR CO₂ ABBAUEN



Ein Feld, das zwischen der Aussaat von Pflanzen wie Zuckerrüben und Weizen wiederholt mit Zwischenfrüchten bestellt wird, nimmt 60 Prozent mehr CO₂ auf als ...



... ein Feld, das bis zur nächsten Aussaat brach liegt. Während der Brache gibt ein Feld etwa die Hälfte des CO₂ wieder ab, das es zuvor aufgenommen hat.



Erlangen des Wissens

**2,2
plus**

2,2 Quadratkilometer misst der Campus des Forschungszentrums. Jülicher Wissenschaftler sind aber über den Campus hinaus aktiv – etwa im **Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg**.

Wieso dort?

Der Chemiker Florian Speck arbeitet am Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI ERN), das 2013 als Außenstelle des Forschungszentrums Jülich gegründet wurde.

Warum ist Erlangen für Sie ein guter Forschungsstandort?

Hier ballt sich viel Kompetenz rund um unseren Schwerpunkt, die Wasserstoff-Forschung. Wir kooperieren etwa mit der Universität, mit Siemens und dem Bayerischen Zentrum für Angewandte Energieforschung.

Woran forschen Sie konkret?

Wir beschäftigen uns mit Brennstoffzellen. Sie ermöglichen es, Fahrzeuge mit Wasserstoff statt mit Benzin anzutreiben. Wichtiger Bestandteil der Brennstoffzellen ist der Katalysator. Er enthält derzeit Platin, das wir möglichst weitgehend durch preiswertere Metalle ersetzen wollen.

Wie gehen Sie dabei vor?

Prof. Karl Mayrhofer, Direktor am HI ERN, hat eine einzigartige Methode entwickelt, mit der wir das Korrosionsverhalten verschiedener Katalysatoren genau und schnell charakterisieren können. Das verbessert unser grundlegendes Verständnis für langlebige Katalysatoren.



↑ Symbol für Neubürger: Mit dem Bau der Hugenottenkirche (1686–1736) wollte Markgraf Christian Ernst den aus Frankreich geflüchteten Protestanten zeigen, dass sie dauerhaft in Erlangen willkommen sind.

55

Wissenschaftler arbeiten derzeit am Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien

Ortskunde

Stadtradeln ...

ist eine Kampagne der Klima-Allianz. 2018 hat die Stadt Erlangen, in der der Radverkehrsanteil so hoch ist wie nirgends sonst in Bayern, erneut daran teilgenommen. Mit dabei waren 16 Mitarbeiter des HI ERN, die drei Wochen lang möglichst viele Kilometer mit dem Rad statt mit dem Auto zurücklegten – und dadurch 685 kg CO₂ einsparten.

Die Bergkirchweih ...

findet seit 1755 statt und ist damit das älteste Volksfest Deutschlands. Die Erlanger „5. Jahreszeit“ beginnt jeweils am Donnerstag vor Pfingsten und dauert zwölf Tage.

Glaubensflüchtlinge ...

aus Frankreich – die Hugenotten – veranlassten im 17. Jahrhundert den Markgrafen Christian Ernst von Brandenburg-Bayreuth, neben dem alten Erlangen eine neue, barocke „Idealstadt“ mit breiten, geraden Straßen und vielen Plätzen zu errichten. Später wuchsen die beiden Stadtteile zusammen.



GEFÄLLT UNS

SINGEN IM REINRAUM

Teamaktion zum Wissenschaftsjahr

„Wer singt am verrücktesten Ort?“, fragte die Initiative „Wissenschaftsjahr“ und suchte im Sommer 2018 stimmliche Talente. Nicht lange bitten ließ sich das Kollegium des Forschungszentrums Jülich und beteiligte sich mit dem Lied „Unser Stammbaum“ von den Bläck Fööss an der Aktion „Klingt nach Teamwork“. Dass für das Musikvideo gleich drei Institute ihre heiligen Hallen der Forschung öffneten, kam nicht nur bei den Zuschauern gut an. In ein echtes Reinraum-Labor kommen auch die Protagonisten aus dem Forschungszentrum nicht alle Tage.

- WWW.WISSENSCHAFTSJAHR.DE/2018/KLINGT-NACH-TEAMWORK/ -



TWEETS AUS DER ANTARKTIS

Hausgemachte Tiefkühlkost

Eier zum Frühstück, dazu ein Stück Brot mit Honig oder Schokoladencreme? Was für uns Mitteleuropäer Alltag ist, stellt die Besatzung der Concordia-Forschungsstation in der Antarktis vor große Herausforderungen – zumindest, wenn sie unter freiem Himmel essen will. Bei Temperaturen um -70 Grad Celsius verwandelt sich jede Mahlzeit binnen Sekunden in Tiefkühlkost. Wie das aussieht, zeigt Stationsleiter Cyprien Verseux eindrucksvoll auf seinem Twitter-Kanal, auf dem er Einblicke in das Leben in der eisigen Kälte gewährt.

- [HTTPS://TWITTER.COM/CYPRIENVERSEUX](https://twitter.com/cyprienverseux) -

WELTLITERATUR AUF YOUTUBE

Klassiker in Kurzform

Goethes „Faust“ in 9 Minuten oder „Die Verwandlung“ von Kafka in 11? Die dicken Schinken der Weltliteratur mit oft ein paar Hundert Seiten gibt es beim Dramaturgen Michael Sommer kurz, knapp und „zum Mitnehmen“. In seinem YouTube-Kanal „Sommer's Weltliteratur to go“ inszeniert er die Klassiker aus dem Deutschunterricht mithilfe von Playmobil so, dass Literaturlaien fortan mitreden können und selbst eingefleischte Kenner auf ihre Kosten kommen.

- [HTTP://SOMMERS-WELTLITERATUR.DE/](http://SOMMERS-WELTLITERATUR.DE/) -

FORSCHUNG IN EINEM TWEET

Drei Wodka und topfit? Trotz Schlafmangels klar im Kopf? Beides hat offenbar die gleiche biochemische Ursache im Gehirn. #Schlaf #Alkohol



Dr. David Elmenhorst

und seine Kollegen aus Köln und Jülich haben diese Zusammenhänge nachgewiesen. Sie hatten untersucht, wie Probanden auf Schlafentzug beziehungsweise Alkoholeinfluss reagieren. Die Forscher vermuten, dass es einen gemeinsamen biochemischen Mechanismus im Hirn gibt. Ihre Erkenntnisse könnten helfen, Unfälle durch Übermüdung zu vermeiden.

<http://www.fz-juelich.de/schlafmangel>