



KI fit machen

Dazu braucht es: das richtige Training, Rechenpower und eine realistische Einschätzung der Fähigkeiten

VERBESSERN

Vorbeugende Fehlersuche lässt PV-Module länger leben

VERSCHMELZEN

Intelligente Biochips mit Körperzellen koppeln

VERGRÖßERN

Neue Geräte und Gebäude für Elektronenmikroskopie



Faszinierende Fasern

Bricht es oder hält es? Während die Ränder wie abgesplittert aussehen, wirkt das zentrale Faserbündel zäh und unzerbrechlich. Diese Robustheit fasziniert den Jülicher Fusions- und Materialforscher Alexander Lau. Er analysiert und optimiert Materialien, die eines Tages für die Wände von Kernfusionsreaktoren verwendet werden könnten. Seine Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme, die beim Helmholtz Best Scientific Image Contest 2023 den zweiten Platz im „Participants Choice Award“ belegte, zeigt kunstvoll verflochtene Wolframfasern in einer Wolframmatrix. Diese Fasern – feiner als ein menschliches Haar – sollen die Belastbarkeit des Materials maßgeblich erhöhen.

Weitere Aufnahmen der Wolframfasern:
go.fzj.de/effzett-wolframfasern

NACHRICHTEN

5

TITELTHEMA



Der lange Sommer der KI

Der Boom der KI hat gerade erst begonnen. Was Jülich dazu beitragen kann.

8

Ist das sicher?

KI wird zunehmend in der Wissenschaft eingesetzt. Doch: Wie verlässlich sind die Ergebnisse?

12

Intelligente Wettervorhersage

Die Prognosen mit KI werden besser – ein Interview mit Martin Schultz.

18

Hirntumore präzise und schnell erkennen

KI unterstützt Ärzt:innen bei der Bewertung.

20



FORSCHUNG

Luftverpester aus dem Haushalt

Auch chemische Stoffe aus Putzmitteln und Kosmetik verschmutzen die Luft in den Städten.

22

Atome unter der Linse

Jülich bekommt fünf weltweit einzigartige Elektronenmikroskope.

24

Kühler Kompromiss

Bäume, Zwischenfrüchte oder andere Pflanzen – was dem Klima am ehesten nützt.

28



Lang lebe die PV-Anlage!

Mit verschiedenen Methoden spüren Forscher:innen frühzeitig Schäden in Solarmodulen auf.

30

Bioelektronik für den Menschen

Biochips sollen bei Fehlfunktionen von Körper und Gehirn helfen.

32

Pionierarbeit mit Langzeitwirkung

Das Human Brain Project ist beendet – die Ergebnisse wirken weiter.

34



Wissenschaft(ler) mit Vergnügen

Rainer Waser, Experte für neuromorphes Computing, passt in keine Schublade.

36

RUBRIKEN

Aus der Redaktion

4

Impressum

4

Woran forschen Sie gerade?

21

Besserwissen

27

Gefällt uns

39

Forschung in einem Tröt

40

Mensch oder Maschine?

1966 entwickelte Joseph Weizenbaum ein Programm, das heute als Mutter aller Chatbots gilt: ELIZA. Es ahmt eine Psychotherapie nach – und das so gut, dass viele Testpersonen bereitwillig ihr Herz ausschütteten und dem Programm menschliche Gefühle zuschrieben. Der Trick: ELIZA stellt Fragen und sucht in der Antwort nach Begriffen, die in seinem Wörterbuch vorkommen. Findet das Programm einen Treffer, gibt es aus seiner Sammlung eine passende Phrase oder Frage aus. Andernfalls schlägt es vor, das Thema zu wechseln. Weizenbaum war bestürzt über den Erfolg des Algorithmus – vor allem, dass einige das Programm ernsthaft in der Therapie einsetzen wollten. Für Weizenbaum war es völlig klar, dass ELIZA nur die Illusion eines Gesprächs lieferte. Zeitlebens blieb er ein Mahner in Sachen Computer und KI.

Heute sehen viele – auch Jülicher Forscher:innen – Künstliche Intelligenz als eine kommende Schlüsseltechnologie, bei der Deutschland nicht den Anschluss verpassen sollte. In einigen Bereichen sind die cleveren Programme bereits im Einsatz. Wie mit KI in der Wissenschaft umgegangen werden sollte und was Jülich mit KI alles macht, das verrät unsere Titelstrecke. Außerdem berichten wir über intelligente Biochips, Möglichkeiten, fehlerhafte Solarmodule aufzuspüren, und einen vergnügten Wissenschaftler.

Ihnen auch 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 (Vi.S.d.P.)

Autor:innen: Marcel Bülow, Dr. Janosch Deeg, Dr.-ing. Katja Engel, Dr. Frank Frick, Christian Hohlfeld, Guido Jansen, Katja Lüers, Dr. Regine Panknin, Dr. Arndt Reuning, Dr. Barbara Schunk, Tobias Schlößer, Erhard Zeiss.

Grafik und Layout: SeitenPlan GmbH, Dortmund

Bildnachweise: Forschungszentrum Jülich/Markus Axer (34-35 (Hinterlegung)); Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau (3 re., 10, 21, 28, 36-38); Forschungszentrum Jülich/Alexander Lau (2); Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach (6 o., 7 o. re. (Porträt), 9, 13, 17 re., 19, 26 (alle drei Portraits) und u., 33 u.); Juri Barthel/Forschungszentrum Jülich (24-25 Mitte); Annalisa Bonafede (5 o.); Mareen Fischinger (17 li., 34 (Porträt)); Thomas Gulde/KIT (7 li.); A. Husmann, M. McCartney, C. Boothroyd, R. Dunin-Borkowski (24-25 (vorderes Motiv)); Diana Köhne (27 (Illustration)); C.J. Moeser, JetPhotos (23 (Flugzeug)); Georg Pöhlein (7 o. li. (Porträt)); Markus Retzlaff @ Forschungszentrum Juelich (39);

SeitenPlan (11 (Illustration)); 29 (Grafik/Illustration); SeitenPlan mit Stable Diffusion und Adobe Firefly (Titel, 3 li., 8, 12, 14-16, 18, 20 u.); E. Simpson, Y. Hayashi, T. Kasama, R. Dunin-Borkowski (26 (Hinterlegung)); J. Thong, K. Harada, A. Tonomura, T. Akashi, T. Matsuda, Y. Togawa, C. Boothroyd, R. Dunin-Borkowski (24-25 (hinteres Motiv)); Michael Wodak/MFK (20 o., 22 li. (Porträt)); ZAE/Kurt Fuchs (30 u.); alle im Folgenden genannten Motive sind von Shutterstock.com: hvostik (3 Mitte o., 22-23 (Hintergrundillustration)); Lidiia (32-33 o.); Loke Yek Mang (5 u.); Sophon Nawit (3 Mitte u., 30-31 o.); Andrey_Popov (40); spacezerocom (27 (Hinterlegung)); Bjoern Wylezich (6 u.)

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.



TEILCHENPHYSIK

Nachweis gesucht

Das Weltall – unendliche Weiten, durchsetzt mit einem unbekanntem, unsichtbarem Stoff: der Dunklen Materie. Sie macht rund 80 Prozent der gesamten Materie im Universum aus, konnte bislang aber noch nicht nachgewiesen werden. Forscher:innen der internationalen JEDI-Kollaboration verfolgen einen neuen Ansatz: Sie wollen dunkle Materieteilchen mithilfe des Jülicher Teilchenbeschleunigers COSY nachweisen – und zwar über deren winzigen Einfluss auf den Spin von Teilchen. Erste Experimente zeigen, dass die Methode funktioniert und auch das Potenzial besteht, die Empfindlichkeit noch wesentlich zu verbessern. Das ist nötig, um den extrem kleinen Einfluss letztlich zu erfassen.

- INSTITUT FÜR KERNPHYSIK (IKP) -

BIOTECHNOLOGIE

Enzym aus der Tiefsee baut Plastik ab

Tiefseeorganismen produzieren ein Enzym, das den Kunststoff PET abbaut. Das könnte helfen, die zunehmende Verschmutzung von Meeren und Küsten, etwa mit Plastikflaschen aus PET, zu bekämpfen. Das Enzym ist das erste seiner Art, das in der Tiefsee entdeckt wurde, und anders aufgebaut als bisher bekannte PET-abbauende Enzyme. Es kann PET umfassend zersetzen und ist bei 70 Grad Celsius effizienter als vergleichbare Enzyme bei deren optimaler Temperatur. Aufgespürt und entschlüsselt haben das neue Enzym Forscher:innen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) unter der Beteiligung von Wissenschaftler:innen aus Jülich, Düsseldorf und Hamburg.

- INSTITUT FÜR BIO- UND GEOWISSENSCHAFTEN (IBG) -



„Exzellente Forschung braucht intern wie extern den lebendigen Austausch, um erfolgreich zu sein.“

Prof. Astrid Lambrecht – seit dem 1. August 2023 Vorstandsvorsitzende des Forschungszentrums – ist überzeugt, dass sich die großen Herausforderungen unserer Zeit nur interdisziplinär und durch Kooperation lösen lassen. Das Forschungszentrum wird hierzu zukünftig noch stärker mit Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zusammenarbeiten – in der Region, national und international. Die 56-jährige Quantenphysikerin wechselte 2021 in den Vorstand des Forschungszentrums. Zuvor war sie Direktorin am Centre national de la recherche scientifique (CNRS) in Paris.



MATERIALFORSCHUNG

„Metallischer“ Verwandter

2D-Materialien wie Graphen verfügen über einzigartige Eigenschaften und gelten als künftige Hoffnungsträger etwa für die Halbleiterindustrie. Forscher:innen aus Jülich, Indien und Australien haben einen metallischen Verwandten von Graphen hergestellt: Molybdänen, eine nur eine Atomlage dünne Schicht des Metalls Molybdän. Aufgrund seiner Stabilität sowie seiner besonderen elektrischen und thermischen Leitfähigkeit eignet sich Molybdänen zum Beispiel als Messspitze für Rasterkraftmikroskope.

- PETER GRÜNBERG INSTITUT (PGI) -



ENERGIEFORSCHUNG

Speichern statt sprühen

Dimethylether, kurz DME, steckt als Treibgas in vielen Deo-Sprühflaschen. Jülicher Wissenschaftler:innen schlagen vor, das Gas künftig auch zu nutzen, um Wasserstoff zu speichern und per Schiff über sehr große Entfernungen zu transportieren. Dazu wird etwa in Australien erzeugter grüner Wasserstoff vor Ort zusammen mit CO₂ in DME umgewandelt. Das Gas ließe sich ähnlich gut aufbewahren wie Butan in einer Campinggasflasche – ideal, um es in einem Speichertank zu verschiffen. Am Zielort angekommen, wird der Wasserstoff wieder freigesetzt. Das zweite Spaltprodukt, das CO₂, wird zurücktransportiert und wiederverwendet.

- INSTITUT FÜR NACHHALTIGE
WASSERSTOFFWIRTSCHAFT (INW) -

ATMOSPÄRENFORSCHUNG

Der Einfluss des Wasserdampfs

Wasserdampf ist das wichtigste natürliche Treibhausgas in der Erdatmosphäre. Er verdoppelt in etwa die Effekte anthropogener Treibhausgase wie Kohlendioxid (Wasserdampf-feedback). Modelle des Weltklimarats IPCC geben recht gut wieder, wie sich der Wasserdampfgehalt in der untersten Atmosphärenschicht, der Troposphäre, verändert. Das gilt jedoch nicht für den Übergang zur nächsthöheren Schicht, der Stratosphäre. Jülicher Forscher:innen ist es in Zusammenarbeit mit einem internationalen Team gelungen, die Abweichungen von Modellberechnungen gegenüber Satellitenmessungen stark zu reduzieren. Diese Verbesserungen helfen zudem, den Einfluss des Wasserdampfs auf Windsysteme besser einzuschätzen und damit Wettersimulationen zu verbessern.

- INSTITUT FÜR ENERGIE- UND KLIMAFORSCHUNG (IEK) -



FORSCHUNGSFÖRDERUNG

ERC Grants für zukunftsweisende Projekte

Zwei Jülicher Forscher können sich über eine Förderung von bis zu 10 Millionen Euro in den kommenden sechs Jahren freuen: Prof. Carsten Sachse und Prof. Karl Mayrhofer haben jeweils einen Synergy Grant des Europäischen Forschungsrats ERC erhalten. Die Grants fördern zukunftsweisende Vorhaben, die aufgrund ihrer Komplexität nicht von einzelnen Gruppen allein durchgeführt werden können. Das Team von Carsten Sachse, Direktor am Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen (ER-C), möchte zusammen mit Partnern aus Deutschland und der Schweiz ein kryo-elektronenmikroskopisches Verfahren entwickeln, mit dem sich die 3D-Struktur von Molekülen in Gewebeproben und biologischen Zellen noch genauer untersuchen lässt. Das Team von Karl Mayrhofer, Direktor am Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg (HI ERN), wird gemeinsam mit Forscher:innen aus Dänemark, Deutschland und der Schweiz nach langlebigen Katalysatormaterialien für die Herstellung von Wasserstoff fahnden.

- ERNST RUSKA-CENTRUM FÜR MIKROSKOPIE UND SPEKTROSKOPIE MIT ELEKTRONEN (ER-C)/HELMHOLTZ-INSTITUT ERLANGEN-NÜRNBERG (HI ERN) -

1.000.000.000.000.000.000

– in Worten: eine Trillion. So viele Gleitkomma-Operationen pro Sekunde schafft der erste europäische Exascale-Supercomputer JUPITER. Das entspricht der Rechenleistung von zehn Millionen modernen Notebooks. Der Rechner ist für Simulationen und KI-Anwendungen in Wissenschaft und Industrie ausgelegt und soll 2024 am Forschungszentrum Jülich in Betrieb genommen werden.

- JÜLICH SUPERCOMPUTING CENTRE (JSC) -

Weitere Informationen unter: go.fzj.de/effzett-jupiter

Der lange Sommer der KI

Der Boom der Künstlichen Intelligenz hat gerade erst begonnen. Jülich kann einen wichtigen Beitrag dazu leisten mit seiner einzigartigen Rechnerinfrastruktur und fachlicher Expertise.



← Diese und alle anderen Illustrationen zum Titelthema wurden mithilfe Künstlicher Intelligenz erstellt.

Künstliche Intelligenz ist nicht erst ein Phänomen der heutigen Zeit. Bereits im Jahr 1966 kann das Sprachprogramm ELIZA Computernutzer:innen vorspiegeln, dass sie einen Dialog mit einem echten Menschen führen. In den siebziger Jahren etablieren sich die ersten Expertensysteme, die aufgrund ihrer Wissensbasis dabei helfen sollen, komplexe Entscheidungen zu treffen. Das Programm MYCIN zum Beispiel schlägt Antibiotika vor, um Bakterien bei Blutinfektionen zu bekämpfen. Doch rund 15 Jahre später nimmt das Interesse an KI rapide ab. Enttäuschung macht sich breit, denn die Algorithmen können die hoch gesteckten Erwartungen nicht erfüllen. Dadurch sinkt auch die finanzielle Unterstützung für die ambitionierten Projekte.

Als „KI-Winter“ ist diese lähmende Phase in die Geschichte der Künstlichen Intelligenz eingegangen. Sie dauert über ein Jahrzehnt. Doch die Zeiten haben sich gewandelt, sagt Dr. Jenia Jitsev vom Jülich Supercomputing Centre (JSC): „Wir stehen am Beginn eines langen KI-Sommers. Die Früchte reifen. KI-Systeme liefern momentan Ergebnisse, die Umbruchcharakter besitzen, zum Beispiel im Bereich der Sprach- und Bildverarbeitung. Und aktuell gibt es keinen Hinweis auf eine fundamentale Blockade, die wieder zu einer Eiszeit führen könnte.“

ABITUR BESTANDEN

Der Computerwissenschaftler leitet am JSC das Scalable Learning & Multi-Purpose AI Lab. Er ist der festen Überzeugung, dass die Künstliche Intelligenz die Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts sein wird. Sprachprogramme wie ChatGPT haben die Leistungsfähigkeit der Technologie auch außerhalb der Fachwelt vielen Menschen vor Augen geführt. Mit dem Programm sind Unterhaltungen in natürlicher Sprache möglich. Es verfasst Reden und Gedichte, schreibt Zusammenfassungen, programmiert – und hat sogar schon das bayerische Abitur bestanden.

Dabei bringt der Algorithmus kein tieferes Verständnis für die Zusammenhänge auf, über die er schreibt. Er wurde mit einer unvorstellbar großen



↑ Experte für Künstliche Intelligenz:
Jenia Jitsev

Menge an Textdaten gefüttert: mit elektronischen Büchern und Websites. Anhand dieser Daten hat er sich eigenständig erschlossen, wie eine Sprache funktioniert, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein gewisses Wort auf ein anderes folgt.

„Natürlich sind diese Chatbots noch mit gewissen Unwägbarkeiten verbunden. Man darf nicht alles, was sie sagen, für bare Münze nehmen. Insbesondere bei Anwendungen in der Wissenschaft müssen wir genau hinschauen, wie plausibel Ergebnisse einer KI sind“, gibt Jenia Jitsev zu bedenken (siehe auch S. 12). „Aber als ausgereifte Werkzeuge könnten KI-Systeme in Zukunft wie ein persönlicher Assistent eine ganze Reihe von Aufgaben für uns übernehmen.“

Ein großes Sprachmodell wird derzeit in Jülich mitentwickelt: OpenGPT-X soll sich als europäisches Gegenstück zu den etablierten Systemen ganz an den Bedürfnissen auf dem Kontinent ausrichten. So entspricht es beispielsweise den Vorgaben des europäischen Datenschutzes. Trainiert wird es in Jülich mit hochwertigen Quellen in deutscher Sprache.



„Europa hat sowohl die notwendige Rechenleistung als auch Kompetenz in der Softwareentwicklung, um bei KI innovativ zu sein.“

THOMAS LIPPERT

Der „Motor“ hinter diesem Chatbot wird zu den Foundation-Models gerechnet (deutsch: Basismodelle). Das sind leistungsstarke Algorithmen, die mit einer großen Menge weitgehend unstrukturierter Daten vortrainiert wurden. Sie können durch einen zweiten Trainingsschritt an spezielle Aufgaben angepasst werden, zum Beispiel als Assistenzsysteme in der Medizin, die Ärzt:innen bei Diagnosen oder bei der Wahl einer Therapie helfen. Es sind diese Foundation-Models, die für einen großen Teil des aktuellen KI-Booms verantwortlich sind.

Für Modelle dieser Größe braucht es eine leistungsstarke, maßgeschneiderte Hardware. Und die hat Jülich zu bieten: „Seit Jahren entwickeln wir mit Partnern immer leistungsstärkere Rechner und stellen am JSC KI-Rechenzeit für Wissenschaftler:innen zur Verfügung“, erklärt der Direktor des JSC, Prof. Thomas Lippert, und fügt hinzu: „Speziell die Installation des GPU-basierten JUWELS Booster im Jahr 2020 – einer der schnellsten Supercomputer Europas – erwies sich als bahnbrechend für die Nutzung von KI-Modellen.“ (siehe Kasten)

Auf dem Großrechner JUWELS laufen mittlerweile rund 60 Projekte, die Methoden der KI und des maschinellen Lernens einsetzen. Neben OpenGPT-X zum Beispiel das Bildmodell der deutschen LAION-Initiative, das dem Bildgenerator Stable Diffusion unterliegt. Er erstellt anhand von kurzen Beschreibungstexten detaillierte professionelle Bilder. Thomas Lippert: „Diese KI-Modelle müssen vor kommerziellen Modellen aus den USA nicht zurückstehen. Aber sie haben den Vorteil, dass sie als Open Source veröffentlicht werden und datenschutzrechtlich vergleichsweise sicher sind.“

DURCHBRÜCHE ERMÖGLICHEN

Zusätzlich wird im Jahr 2024 in Jülich Europas erster Exascale-Rechner, JUPITER, ans Netz gehen, der die Marke von einer Trillion Rechenoperationen pro Sekunde brechen wird. Auch er verfügt über ein GPU-Booster-Modul, das einzigartige Durchbrüche im Bereich der Künstlichen Intelligenz ermöglicht. Im Rahmen der europäischen Supercomputing-Initiative EuroHPC JU soll das System für KI-Anwendungen in der Forschung und Industrie zur Verfügung stehen.

Denn in Jülich werden nicht nur die Grundlagen geschaffen, um KI nutzen zu können, indem KI-Modelle entwickelt und verbessert werden. Künstliche Intelligenz liefert auch Ergebnisse für verschiedene Jülicher Forschungsbereiche, etwa für die Lebenswissenschaften, die Medizin und die Neurowissenschaften, beispielsweise beim Erkennen von Hirntumoren (siehe S. 20). Maschinelles Lernen hilft außerdem bei der Erkundung neuer Materialien oder der Wettervorhersage (siehe S. 18).

Was sind GPUs?

GPUs sind Grafikprozessoren, die sich geradezu perfekt für das Trainieren von tiefen neuronalen Netzwerken eignen, die hinter den meisten Hochleistungs-KI-Algorithmen stecken. Die GPU-Rechenkerne sind zwar nicht ganz so leistungsstark wie diejenigen von universellen Prozessoren (CPUs). Aber dafür sitzen deutlich mehr davon auf einem einzelnen Prozessor. Dadurch können die GPUs Daten hochgradig parallel verarbeiten. Das bringt ihnen einen erheblichen Geschwindigkeitsvorteil bei Aufgaben des maschinellen Lernens, wo eine große Zahl eher einfacher Kalkulationen durchgeführt werden muss.

Bisherige Erfahrungen zeigen allerdings: Gerade beim Transfer des KI-Wissens aus der Forschung in die Industrie lassen sich noch weitere Potenziale erschließen. Zwar gehört Deutschland zur Spitzengruppe, was die Zahl der wissenschaftlichen Publikationen zur Künstlichen Intelligenz angeht. Trotzdem nutzt hierzulande bisher nur jedes achte Unternehmen entsprechende Technologien. Der KI-Aktionsplan der Bundesregierung soll dabei helfen, diese Lücke zu schließen: Rund 1,6 Milliarden Euro sollen in die Erforschung, Entwicklung und Anwendung von Künstlicher Intelligenz fließen. Die Jülicher Supercomputer mit ihren KI-Boostern werden hier eine wichtige Rolle spielen. Denn eines der im Aktionsplan identifizierten Handlungsfelder ist der zielgerichtete Ausbau der KI-Infrastruktur.

Im internationalen Vergleich dominieren noch immer die USA den KI-Markt. Besonders die großen Unternehmen wie Google oder die Facebook-Mutter Meta investieren in das maschinelle Lernen. Und der KI-Sektor in den USA, in Indien und China wächst im Moment wesentlich schneller als in Europa. Deutschland, Frankreich und Italien haben kürzlich angekündigt, bei der Entwicklung von KI enger zusammenarbeiten zu wollen. Denn es bleibt noch viel zu tun, damit der lange Sommer der Künstlichen Intelligenz nicht an uns vorbeizieht.

ARNDT REUNING

60

Projekte,

die Methoden der KI und des maschinellen Lernens einsetzen, laufen mittlerweile auf dem Jülicher Großrechner JUWELS.

Künstliche Intelligenz in Jülich

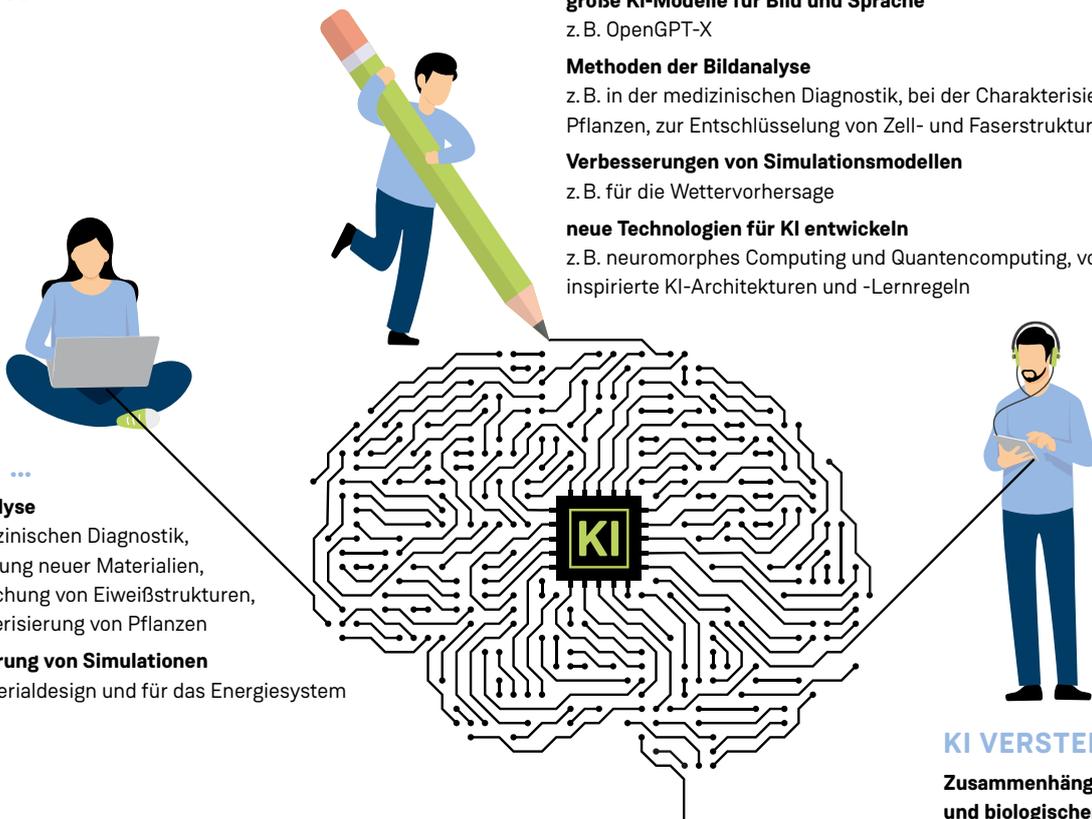
KI NUTZEN ...

... zur Datenanalyse

z. B. in der medizinischen Diagnostik, bei der Entwicklung neuer Materialien, bei der Untersuchung von Eiweißstrukturen, bei der Charakterisierung von Pflanzen

... zur Verbesserung von Simulationen

z. B. für das Materialdesign und für das Energiesystem



KI WEITERENTWICKELN

große KI-Modelle für Bild und Sprache

z. B. OpenGPT-X

Methoden der Bildanalyse

z. B. in der medizinischen Diagnostik, bei der Charakterisierung von Pflanzen, zur Entschlüsselung von Zell- und Faserstrukturen im Gehirn

Verbesserungen von Simulationsmodellen

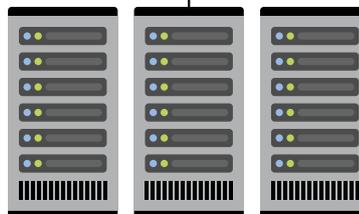
z. B. für die Wettervorhersage

neue Technologien für KI entwickeln

z. B. neuromorphes Computing und Quantencomputing, vom Gehirn inspirierte KI-Architekturen und -Lernregeln

KI ERMÖGLICHEN

- **Recheninfrastruktur bereitstellen**
z. B. Exascale-Computer JUPITER ab 2024
- **neue Hardware entwickeln**
- **Support für KI-Nutzer:innen**
- **Nutzen und Risiken bewerten**



KI VERSTEHEN

Zusammenhänge künstlicher und biologischer Netzwerke untersuchen

neue Methoden zur Erklärbarkeit von KI entwickeln

Ist das sicher?

KI etabliert sich mehr und mehr als Werkzeug in der Wissenschaft. Wer es nutzen will, sollte auch um die Beschränkungen dieser Methoden wissen: Wieweit lässt sich den Ergebnissen eines Algorithmus trauen? Wie viel Kontrolle ist möglich?



Allwissende Algorithmen, die in Windeseile Aufsätze zu einem beliebigen Thema verfassen, Gedichte schreiben oder Bücher zusammenfassen. Kompetente Chatbots, die wie ein menschlicher Gesprächspartner plaudern. Oder Grafikprogramme, die anhand einer knappen Beschreibung Bilder erzeugen, die zugleich fotorealistisch und surreal erscheinen. Die Werkzeuge der Künstlichen Intelligenz (KI) scheinen in der Mitte der Gesellschaft angekommen zu sein.

Auch in der Wissenschaft spielt KI bereits seit Jahren eine gewichtige Rolle – in der Medizin zum Beispiel als Diagnosehilfe. Die Mustererkennung ist ein Paradebeispiel: Intelligente Algorithmen können beispielsweise auf Computertomografie-Aufnahmen des Gehirns kritische Aneurysmen erkennen, das sind gefährliche Erweiterungen von Blutgefäßen, oder Hautkrebs klassifizieren – in gutartige und bösartige Tumoren.

Doch auch Algorithmen können falsche Ergebnisse liefern. „Bei 100 Fällen liegen sie vielleicht 99-mal

richtig und einmal daneben. Was es schwierig macht: Wir verstehen oft gar nicht, warum sie in dem einen Fall falsch liegen“, sagt Prof. Bert Heinrichs, der am Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM-7) die Arbeitsgruppe „Neuroethik und Ethik der KI“ leitet.

Das Unverständnis der Fachleute liegt daran, dass sich die Algorithmen üblicherweise nicht in ihre Karten schauen lassen. Sie fällen ihre Entscheidungen nicht nach vorgegebenen Regeln, sondern lernen selbsttätig. Im Fall der Hautkrebserkennung wird die KI mit unzähligen Fotos von malignen Melanomen – bösartigen Tumoren – gefüttert. Anhand dieser Trainingsdaten sucht sie sich spezifische Merkmale, die diese Krebsform ausmachen. Nach jeder Runde erhält die KI eine Rückmeldung, ob sie falsch- oder richtiglag.

Aufgrund dieser Rückmeldung justiert die KI jeweils die Suchmuster nach. Auf diese Weise werden die KI-Ergebnisse während des Trainings immer besser. Aber: An welchen konkreten Eigenschaften eines Bildes die KI ihre Entscheidung festmacht, lässt sich nicht ohne Weiteres sagen. Sie gleicht einer Blackbox. Für Anwender:innen stellt sich daher immer wieder die Frage: Wie verlässlich sind KI-Aussagen? Kann ich den Algorithmen vertrauen?

ERST ÜBERLEGEN, DANN RECHNEN

„Gerade in der Forschung lassen sich diese Fragen oft eben nicht so einfach beantworten. Bei einer medizinischen Diagnose kann ich zum Beispiel einen Arzt überprüfen lassen, ob ein Ergebnis korrekt ist. Aber wenn mir die KI einen neuen Werkstoff vorschlägt, kann ich ohne Tests nicht sicher sein, ob er wirklich das leistet, was er soll“, sagt Dr. Stefan Kesselheim. Er leitet am Jülich Supercomputing Centre (JSC) das Simulation and Data Lab „Applied Machine Learning“. Es unterstützt Forschungsgruppen bei der Implementierung neuer KI-Anwendungen. „Eine KI ist immer eine komplizierte Rechenvorschrift, in die eine Eingabe eingeht und ein Ergebnis herauskommt. Bevor ich loslege, muss ich mir genau überlegen, was ich mit dem Ergebnis anfangen kann. Auch bei dieser Einschätzung helfen wir“, so Kesselheim.



↑ Die Jülicher Experten Bert Heinrichs (li.) und Stefan Kesselheim raten dazu, KI-Ergebnisse immer mit einer gewissen Skepsis zu betrachten.

Wie verlässlich das gelieferte Ergebnis ist, hängt von vielen Faktoren ab: „Aufgrund des Blackbox-Problems weiß ich nicht genau, wie das Ergebnis zustande gekommen ist.“ Dabei spielt die Auswahl und Art der Daten, mit denen man eine KI einlernt, eine wichtige Rolle. Generell gilt: „Je umfangreicher und vielfältiger die Trainingsdaten, desto besser sind die Vorhersagen“, erklärt der Physiker. Anwender:innen müssen diese Einschränkungen kennen, um die Aussagekraft von KI-Resultaten zu bewerten. „KI ist ein mächtiges Tool, aber nicht allmächtig – und auch nicht wirklich intelligent“, schränkt Kesselheim ein. „So scheitern die Methoden häufig bei der Verallgemeinerung von Erlerntem auf Daten, die sie nicht im Training gesehen haben.“

Wie Kesselheim rät auch Bert Heinrichs dazu, KI-Ergebnisse immer mit einer gewissen Skepsis zu betrachten, also dem Algorithmus nicht blind zu vertrauen. Als Philosoph tut er sich jedoch schwer mit dem Begriff Vertrauen. „Vertrauen ist ein Konzept, das dem zwischenmenschlichen Bereich entstammt: Wir vertrauen anderen Menschen: etwa einer Ärztin oder einem Kollegen“, erläutert er.

In der Umgangssprache verwenden wir den Begriff aber auch im Hinblick auf Gegenstände, räumt er ein. „Ein Bergsteiger würde möglicherweise sagen, dass er seinem Seil vertrauen kann. Das bedeutet, dass er davon ausgeht, dass das Seil nicht im nächsten Augenblick reißen wird“, beschreibt Heinrichs. Er bevorzugt statt Vertrauen den Begriff Verlässlichkeit. In Bezug auf KI bedeutet das: „Wir müssen lernen, ihre Verlässlichkeit einzuschätzen, das heißt lernen, angemessen damit umzugehen, dass wir keinen Einblick in die Blackbox haben – und Methoden entwickeln,

„Wir müssen lernen, die Verlässlichkeit von KI einzuschätzen, also lernen, angemessen damit umzugehen, dass wir keinen Einblick in die Blackbox haben.“

BERT HEINRICHS

mit denen wir beurteilen können, ob ein Ergebnis sinnvoll ist“, so der Jülicher Forscher.

Ob ein Kletterseil verlässlich ist, lässt sich anhand verschiedener Kriterien überprüfen: beim Kauf etwa anhand der Europäische Norm EN 892 oder bei Verschleiß durch Sicht-, Tast- und Belastungstests. Vergleichbare Kontrollkriterien sind auch für die Ergebnisse der KI nötig – und in einigen Fällen auch möglich. Das zeigt etwa die Forschung von Prof. Alexander Schug, der die NIC-Forschungsgruppe „Computational Structural Biology“ leitet. Den Physiker interessieren Proteine: komplexe Eiweißmoleküle, die eine Vielzahl von Aufgaben im Organismus übernehmen. Daher bieten sie ein interessantes Ziel für die Arzneimittelentwicklung. Dazu ist es wichtig, die Funktion eines Proteins im Körper genau zu verstehen. Der Schlüssel dafür verbirgt sich in deren dreidimensionaler Struktur.

HEILIGER GRAL RÜCKT NÄHER

Diese Struktur experimentell zu ermitteln, ist aufwendig. Daher gibt es schon lange Bestrebungen, die Molekülstruktur aus der Sequenz der einzelnen Bausteine herzuleiten. „Das ist der Heilige Gral der Strukturbiologie“, sagt Alexander Schug. KI-Programme können die dreidimensionale Struktur eines beliebigen Proteins mittlerweile mit erstaunlich hoher Qualität vorhersagen – und das innerhalb weniger Minuten. Die experimentelle Bestimmung benötigt hingegen Wochen, wenn nicht sogar Monate. Ein weiterer Vorteil dieser KI-Methoden: Viele liefern nicht nur eine Vorhersage, sondern gleichzeitig eine Abschätzung, inwieweit man dem Ergebnis trauen sollte. Dennoch ist auch für Schug Skepsis unabdingbar: „Man muss jede errechnete Struktur kritisch anschauen und sich fragen, ob dieses Ergebnis plausibel ist. Und wenn wirklich Zweifel bestehen, muss man das Ganze einfach doch experimentell überprüfen“, so der Jülicher Forscher.

Allerdings lassen sich nicht immer die Ergebnisse der KI-Verfahren von Experten kontrollieren, etwa bei der Forschung von Prof. Timo Dickscheid. Er setzt KI am Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM-1) ein, um riesige Mengen an Bilddaten auszuwerten – und zwar von feinsten Schnitten durch das Gehirn. Die KI hilft unter anderem dabei, Nervenzellen zu erkennen oder die zweidimensionalen Bilder am Rechner wieder zum dreidimensionalen Gewebe zusammensetzen. „Solche Algorithmen sind heute ein verbreitetes und sehr hilfreiches Tool in den Neurowissenschaften, zur Überprüfung müssen wir aufgrund der großen Datenmenge aber anders vorgehen als rein experimentell“, sagt Dickscheid.

Stattdessen könne man dafür ein zweites KI-Programm einsetzen, das unabhängig von der ersten KI arbeitet und automatisiert die Qualitätskontrolle übernimmt. „Es vergleicht etwa, wie viele Zellen das erste KI-Programm bei der Auswer-





tung der Bilddaten von Gewebeschnitten markiert hat, und ist darauf spezialisiert, „Überraschungen“ in dem Datenstrom aufzuspüren. Sind bei einem Bild zum Beispiel unerwartet wenige Zellen markiert, schlägt die Kontroll-KI Alarm. „Sie meldet dann ‚Das Ergebnis sieht irgendwie merkwürdig aus, da musst Du noch einmal manuell draufschauen‘“, erläutert Dickscheid.

VERZERRUNGEN VERMEIDEN

Eine weitere Kontrollmöglichkeit besteht darin, Licht in die Blackbox zu werfen – indem man den Algorithmus so gestaltet, dass die von ihm gelieferten Ergebnisse erklärbar werden. „Das nennt sich Explainable AI, so bekommen wir vereinfacht gesagt einen Einblick in die Denkweise der KI“, erläutert Dickscheid. In der Medizin könnte solch eine KI zum Beispiel in Form eines kurzen Textes erläutern, warum sie anhand eines Röntgenbildes zu einem bestimmten Diagnosevorschlag kommt. Dazu wird das Analysetool mit einem Sprachmodell gekoppelt, das Sätze

in natürlicher Sprache formuliert und etwa anhand der Verdickung einer Arterie erläutert, warum sich hier ein Aneurysma ausgebildet hat. „Dieses Modell muss natürlich auf den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden. Es sollte also anhand von Fachliteratur trainiert werden, so dass es für seine Antworten aus einem geeigneten Pool von Sachverhalten schöpfen kann“, sagt der Informatiker.

Umfassendes Training ist generell die Basis für verlässliche Aussagen. Aber auch hier warten Fallstricke, warnt Bert Heinrichs: Für manche Anwendungen liegen einfach nicht genug Daten vor, etwa wenn es um seltene Krankheiten geht. Oder es ist extrem aufwendig, überhaupt Daten zu produzieren. In den Materialwissenschaften kann beispielsweise das Herstellen eines Bildes von keramischen Beschichtungen einen halben Tag dauern. In solchen Fällen lassen sich möglicherweise nicht genügend Daten in einer angemessenen Zeit produzieren.



„Das nennt sich Explainable AI, so bekommen wir vereinfacht gesagt einen Einblick in die Denkweise der KI.“

TIMO DICKSCHEID

Doch selbst wenn ausreichend Daten vorhanden sind, kann es zu Verzerrungen kommen. Das passiert zum Beispiel, wenn einseitig trainiert wird, also die Trainingsdaten nicht ausgewogen sind. „Solch eine Verzerrung kann durchaus subtil sein“, sagt Heinrichs. Ist zum Beispiel bei der Hautkrebserkennung in den Trainingsbildern eine bestimmte Hautfarbe überproportional vertreten, dann könnte das dazu führen, dass die KI ein falsches Muster lernt und dadurch manche Tumore übersieht.

Ein anderes Beispiel sind Sprachmodule etwa für Chatbots wie ChatGPT, für Smartphones oder

Haushaltsgeräte, bei denen Sprachassistenten auf verbale Fragen und Befehle reagieren. Hier gilt es etwa zu beachten, dass Sprache rassistisch sein kann. Trainingsdaten sollten daher eine gewissen Heterogenität aufweisen, so dass sie das Resultat nicht in eine bestimmte Richtung verzerren.

DER FAKTOR MENSCH

Allerdings sollten die Forscher:innen aus Sicht von Heinrichs stets im Hinterkopf behalten, dass selbst bei sorgfältiger Auswahl der Daten eine gewisse Verzerrung droht: „Zum einen geht jeder Mensch mit einer speziellen Perspektive durch die Welt. Das bedeutet, dass unsere Wertannahmen etwa bei der Auswahl von Trainingsdaten immer ein Stück weit mit drinstecken“, gibt er zu bedenken. „Und zum anderen: Wir wissen gar nicht immer hundertprozentig genau, wie ein heterogener Trainingsdatensatz aussieht. Mögliche Verzerrungen lassen sich deshalb nicht ohne Weiteres antizipieren.“

Wie sehr sich die Fachleute aus der Wissenschaft auf einen KI-Algorithmus verlassen können, hängt also von mehreren Faktoren ab: Wie gut erprobt ist die Methode, welche Kontrollen gibt es, welche Ausgangsdaten standen zur Verfügung? Eine große Rolle spielen aber auch die Konsequenzen, die ein fehlerhaftes Ergebnis nach sich ziehen würde. Wird die Struktur eines Proteins zur Entwicklung von Medikamenten falsch vorgeschlagen, würde sich das spätestens in vorklinischen Studien zeigen. Auch das wäre eine Art Qualitätskontrolle.

Ähnliches gilt für Wettervorhersagen: Zum einen lassen sich Ergebnisse zeitnah überprüfen, zum anderen gelten hier Fehler als weniger dramatisch, da heutige Wettervorhersagen auch nicht immer hundertprozentig zuverlässig sind. Etwas anders sieht es aus bei Klimamodellen, deren



Vorhersagen sich auf weitaus größere Zeiträume beziehen. „Es wäre etwa hochproblematisch, wenn eine KI zu dem Schluss käme, der Temperaturanstieg ließe sich mit einer bestimmten Maßnahme stoppen. Und nach Umsetzen dieser Maßnahme stellt sich 20 Jahre später heraus, sie wirkt gar nicht“, gibt Stefan Kesselheim zu bedenken. KI-Ergebnisse sollten nicht als die eine Wahrheit betrachtet werden, sondern nur als Hinweis, so der Physiker.

„Es gilt, eine Art ganzheitlichen Common Sense zu bewahren und uns immer wieder klarzumachen, dass diese Algorithmen nur einen Ausschnitt sehen. Sicherlich kann die KI uns bestimmte Aufgaben sehr effizient abnehmen. Aber in Sachen Verlässlichkeit müssen wir sehr wachsam bleiben und Einzelergebnisse stets kritisch hinterfragen“, fasst Heinrichs zusammen. Auf das menschliche Verstehen von Zusammenhängen werden wir also wohl auch in Zukunft nicht verzichten können.

ARNDT REUNING

↑ Kontrolle von KI-Ergebnissen ist möglich: Strukturbiologe Alexander Schug (re.) braucht dafür aufwendige Experimente. Für Timo Dickscheid, der sich mit Bildern von Gehirnschnitten beschäftigt, kommt eher ein zweites KI-Verfahren oder Explainable AI in Frage.

KI mit Verantwortung

Ob Diskriminierung bei der Bewerbung für einen Job oder Desinformation im Internet: Künstliche Intelligenz braucht einen ethisch-rechtlichen Rahmen. In Europa soll der AI Act dafür sorgen, dass intelligente Algorithmen reguliert werden. Als Berater für mehrere Forschungsprojekte zur KI in Neurowissenschaften und Medizin hat Bert Heinrichs das Gesetzgebungsverfahren genau verfolgt: „Der AI Act sieht vor, dass KI-Systeme nach bestimmten Risikoklassen eingeteilt werden. Und je höher das Risiko, desto strenger werden die Dokumentations- und Prüfpflichten der Hersteller. Anwendungen in der Medizin beispiels-

weise gehören immer in diese Hochrisikokategorie.“ Auch beim Förderprogramm des renommierten Europäischen Forschungsrats ERC ist die Expertise des Philosophen gefragt – und zwar als Gutachter für die ethische Bewertung von Projektanträgen: „Hier geht es unter anderem ebenfalls um Aspekte einer möglichen Diskriminierung“, erklärt der Forscher. „Wenn wir etwa wissen, dass ein Algorithmus in der Medizin aufgrund einer Verzerrung der Trainingsdaten für eine bestimmte Minderheit nicht richtig funktioniert, dann ist fraglich, ob dafür öffentliche Gelder aufgewendet werden.“

Intelligente Wettervorhersage



Künstliche Intelligenz hat auch in die Wetter- und Klimaforschung Einzug gehalten, sagt Priv.-Doz. Martin Schultz vom Institute for Advanced Simulation (IAS). Noch vor fünf Jahren sind Meteorolog:innen den KI-Modellen mit Skepsis begegnet. Doch mittlerweile haben die Algorithmen ihre Leistungsfähigkeit bewiesen.

Was ist das Besondere an KI-Modellen zur Wettervorhersage?

Klassische Prognosemodelle beruhen auf Gleichungssystemen, die die Physik des Wettergeschehens widerspiegeln. Sie sind so komplex, dass sie nur mit großem Rechenaufwand gelöst werden können. Denn sie bestehen aus einer Vielzahl von Einzelgleichungen, die räumlich möglichst engmaschig berechnet werden müssen.

KI-Modelle hingegen lernen aus der Vergangenheit. Sie werden mit historischen Wetterdaten trainiert, die vier Jahrzehnte zurückreichen. Die KI-Modelle „merken“ sich, was in diesem Zeitraum passiert ist und können aus dieser Erfahrung Vorhersagen für das aktuelle Wettergeschehen treffen.

Was sind die Vorteile der KI-Algorithmen?

Zum einen liefern sie in bestimmten Bereichen tatsächlich bessere Vorhersagen als die klassischen Modelle. Zum anderen sind sie besonders effizient. Wenn ein KI-Modell erst einmal trainiert ist, sind die Kosten für die Rechenleistung deutlich niedriger – etwa hundert- bis tausendfach. Dadurch könnte man Vorhersagen sehr viel häufiger aktualisieren, zum Beispiel jede Stunde.

Welchen Einschränkungen unterliegen die neuen Modelle?

Das Training ist sehr aufwendig. Die Modelle rechnen sich eigentlich nur, wenn man mit wenigen Trainingsvorgängen auskommt und die Modelle lange nutzen kann. Außerdem gibt es Bereiche, in denen die KI-Algorithmen den klassischen Modellen unterlegen sind. Es kann sein, dass ein Taifun auf konventionelle Weise früher vorhergesagt wird, ein Kälteeinbruch hingegen von der Künstlichen Intelligenz besser prognostiziert wird. Hier sammeln wir im Moment noch Erfahrungen, in welchen Fällen das eine oder andere Modell sich besser eignet.

Warum hatten vielen Meteorolog:innen lange Zeit Vorbehalte gegenüber den KI-Modellen?

Bis vor fünf Jahren konnten die Vorhersagen der KI nicht überzeugen. Denn der damalige Stand der Technik reichte einfach nicht aus, um belastbare Prognosen zu generieren. Die Modelle waren sehr viel kleiner. Sie waren nicht in der Lage, die Komplexität der Atmosphäre abzubilden. Doch das hat sich mittlerweile geändert, und die KI-Modelle sind erheblich größer geworden. Die jüngste Generation der KI-Modelle liefert Ergebnisse, die nahe bei den konventionellen Vorhersagen liegen oder sie sogar noch übertreffen.



↑ Lokale Starkregenschauer lassen sich oft nur wenige Minuten im Voraus ankündigen. Martin Schultz hofft, die Vorwarnzeit mit KI-Methoden vergrößern zu können.

Wie lässt sich die Vorhersagekraft eines Modells bewerten?

Es existieren umfangreiche Methoden zur Evaluierung von Wettermodellen, die auch für die Bewertung von KI-Modellen eingesetzt werden können. Damit lässt sich quantifizieren, wie gut die Vorhersagemuster mit der Realität übereinstimmen. Wichtig ist allerdings auch die Robustheit der Modelle, also wie gut sie Situationen vorhersagen können, zu denen es keine Trainingsdaten gibt. Hier gibt es erste Hinweise, dass große KI-Modelle anhand der Trainingsdaten tatsächlich so etwas wie ein Verständnis für die Physik hinter dem Wetter entwickelt haben – ohne diese Naturgesetze explizit zu kennen. Das stimmt hoffnungsvoll.

Eignen sich solche Modelle auch für langfristige Klimaprognosen?

Hier stehen wir noch am Anfang der Forschung. Denn die Simulationen in der Klimaforschung sind stark von den Randbedingungen abhängig: von den CO₂-Konzentrationen und der Eisbedeckung etwa. Also von Größen, die sich auf sehr langen Zeitskalen ändern. Doch von diesen Größen liegen gar nicht genug Daten vor. Ein aktueller Ansatz sind deshalb hybride Modelle: Im Kern sind sie ein klassisches physikalisches Modell, das auf einer eher groben Skala arbeitet. Und nur die kleinskaligen Prozesse, wie etwa die Wolkenbildung, werden von einer KI berechnet.

DIE FRAGEN STELLTE ARNDT REUNING.

Hirntumore präzise und schnell erkennen

Aminosäure-PET ist ein wichtiges Hilfsmittel bei der Diagnose von Hirntumoren. Die Größe eines Tumors damit exakt zu bestimmen, kostet jedoch Zeit und ist keine Routine. Eine KI soll das ändern. Sie kann PET-Bilder ähnlich gut wie erfahrene Ärzt:innen auswerten, aber wesentlich schneller.

Für Diagnose und Therapie eines Gehirntumors ist es wichtig, die Ausdehnung und das Volumen genau zu bestimmen. So kann etwa kontrolliert werden, ob der Tumor auf eine Behandlung anspricht oder weiterwächst. Kliniken nutzen dafür häufig die Magnetresonanztomographie (MRT). Sie erfasst insbesondere strukturelle Veränderungen des Gewebes. Diese spiegeln jedoch nicht unbedingt das tatsächliche Ausmaß des Tumors wider. Ein weiteres bildgebendes Verfahren, die Aminosäure-Positronenemissionstomographie (PET), erfasst den veränderten Stoffwechsel der Krebszellen und liefert häufig vom MRT abweichende Ergebnisse.

Das Tumorumfang über PET-Scans zu ermitteln, ist jedoch sehr zeitaufwendig. Deshalb wird die Methode routinemäßig kaum durchgeführt. Das soll künftig anders werden – dank Künstlicher Intelligenz (KI).

Forscher:innen aus Jülich, Heidelberg und Köln haben einen Deep-Learning-Algorithmus namens JuST_BrainPET* entwickelt, der Hirntumore auf PET-Scans automatisch erkennt und ihr Volumen bestimmt. Dazu hat das Team 699 PET-Scans von 555 Hirntumorpatienten verwendet. Die KI-Ergebnisse stimmen sehr gut mit den Werten überein, die Expert:innen aus PET-Scans ermitteln. Und: Die KI benötigt dafür mitunter nur wenige Minuten.

Das Forschungsteam ließ den Algorithmus außerdem die Erfolgsaussichten einer Behandlung von Patient:innen mit Gliomen, den häufigsten bösartigen Hirntumoren, beurteilen. „Die klinische Bewertung der KI hinsichtlich Ansprechen auf eine Therapie und Prognose war genauso gut wie die eines Facharztes – und benötigte lediglich den Bruchteil der Zeit“, sagt Studienleiter Priv.-Doz. Philipp Lohmann vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM-4). „Unser kostenloses, frei verfügbares KI-Werkzeug kann den Arzt nicht ersetzen, aber unterstützen. Wir hoffen, dass es Ärztinnen und Ärzte ermutigt, die Aminosäure-PET bei Hirntumorpatienten häufiger zu nutzen – vor allem dann, wenn sie bisher wenig Erfahrung mit der Methode haben.“

JANOSCH DEEG



↑ Philipp Lohmann forscht in der Arbeitsgruppe Nuklearmedizinische Hirntumor-diagnostik.

So funktioniert die PET

Die PET verwendet radioaktiv markierte Biomoleküle, um Stoffwechselprozesse sichtbar zu machen. Für die Darstellung von Hirntumoren haben sich besonders Aminosäuren bewährt. Die rasch wachsenden Krebszellen nehmen die Aminosäuren deutlich schneller auf als die gesunden Gehirnzellen. Auf den PET-Aufnahmen kann man anhand der angereicherten Aminosäuren feststellen, wo der stoffwechselaktive Tumor liegt und wie groß er ist.



Download JuST_BrainPET:
go.fzj.de/effzett-just-brainpet

* JUST_BrainPET:
 Jülich Segmentation
 Tool for Brain Tumor PET





Woran forschen Sie gerade, Frau Genzel?

Dr. Franziska Genzel, Wissenschaftlerin am Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-4)

„Ich möchte in dem Projekt ToxPot die oberirdischen Teile der Kartoffelpflanze nutzbar machen, also Blätter, Blüten und Beeren. Bislang landen diese meist auf dem Kompost. Sie enthalten aber wertvolle Substanzen: Alkaloide, die als Ausgangsstoffe für biobasierte Pflanzenschutzmittel und die pharmazeutische Industrie interessant sind. Meine Kolleg:innen und ich untersuchen, wie Sorte, Pflanzenorgane und Entwicklungsstadium der Pflanzen den Gehalt bekannter Alkaloide beeinflussen. Außerdem möchten wir weitere industriell nutzbare Inhaltsstoffe identifizieren.“

Luftverpester aus dem Haushalt

Nicht nur Autoabgase verschmutzen die Luft in unseren Städten. Auch chemische Stoffe in Putzmitteln und Kosmetikprodukten tragen dazu bei. Georgios Gkatzelis ist solchen Quellen auf der Spur.



↑ Organische Spurengase stehen im Mittelpunkt der Forschung von Georgios Gkatzelis am Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-8).

Der Himmel ist blau, die Sicht gut. Rasch ein Foto von der beeindruckenden Skyline von New York, dann widmet sich Dr. Georgios Gkatzelis wieder seinen Messgeräten. Mit den Instrumenten an Bord eines zum Labor umgebauten NASA-Flugzeugs (siehe Kasten) fangen er und seine Kolleg:innen den Atem von Großstädten ein – genauer gesagt dessen Bestandteile: Gemische aus Gasen und winzigen Schwebeteilchen, sogenannte Aerosole. „Aerosole, die in Städten entstehen, stellen eine große Gefahr für die Gesundheit des Menschen dar. Ein bekanntes Beispiel sind Autoabgase mit den darin enthaltenen Rußpartikeln“, sagt der promovierte Chemieingenieur, der in Jülich die Arbeitsgruppe „Organische Spurengase“ leitet. Die Messungen in dem fliegenden Labor sind Teil von AEROMMA, einer im Sommer 2023 durchgeführten Messkampagne zu Luftqualität und Klima über Nordamerika.

MEHR AEROSOLE ALS ERWARTET

Aerosole in der Luft stammen nicht nur aus Verbrennungsprozessen in Fahrzeugen oder der Industrie, sondern entstehen auch aus gasförmigen Emissionen von Putzmitteln, Pflege- und Kosmetikprodukten oder vom Kochen. Genau für diese Emissionen interessiert sich Gkatzelis besonders: „Mit Messungen am Boden konnten wir in US-Städten bereits nachweisen, dass Haushaltschemikalien die Autoabgase als größte Quelle organischer Spurengase abgelöst haben“, erzählt der Grieche. Aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften reagieren die Gase aus dem Haushalt in der Atmosphäre häufig zu sogenannten sekundären organischen Aerosolen,

kurz SOA. „In Modellen zur Luftverschmutzung werden Haushaltschemikalien aber bislang kaum berücksichtigt“, sagt Gkatzelis. „Das könnte erklären, warum die Modelle stets weniger SOA vorhersagen, als wir in der Praxis messen.“

Mehr Wissen zur Rolle der Haushaltschemikalien ist also dringend nötig. Gkatzelis und sein Team möchten diese Lücke schließen. Erste Auswertungen ihrer AEROMMA-Messungen über Chicago ergaben eine hohe Konzentration an chemischen Verbindungen aus Haushaltschemikalien. „Diese Verbindungen trugen zur Bildung von SOA, aber auch von gesundheitsschädlichem Ozon bei. Das Beispiel zeigt, wie unsere Ergebnisse die Vorhersagemodelle zur Luftqualität verbessern könnten“, so Gkatzelis, der seine Forschung seiner im Februar 2023 verstorbenen wissenschaftlichen Mentorin, der Jülicher Klimaforscherin Prof. Astrid Kiendler-Scharr, widmet.

„Um die genauen Zusammenhänge zu verstehen und Gegenmaßnahmen empfehlen zu können, müssen wir allerdings noch mehr darüber herausfinden, wie sich SOA bilden“, sagt der Forscher. Dabei hilft der ERC Starting Grant, den er 2022 erhalten hat. Mit den 1,5 Millionen Euro Fördermitteln wird sein Team im Projekt CHANEL die chemische Zusammensetzung der Emissionen von Haushaltschemikalien in europäischen Städten bestimmen. Experimente in atmosphärischen Simulationskammern sollen helfen, chemische Reaktionswege nachzuvollziehen. Außerdem wollen die Jülicher so genauer bestimmen, welches Potenzial Haushaltschemikalien haben, SOA zu formen.

In Jülich haben bereits Messungen stattgefunden – vor der Kantine, dem Seecasino. „Hierbei handelt es sich um eine kontrollierte Umgebung“, erklärt Gkatzelis. „Wir wussten, was gekocht wurde, wie viele Leute zum Essen kamen und wie oft geputzt wurde.“ So ließen sich die Emissionen eindeutig den Quellen zuordnen. In Städten ist das schwieriger, da solche Informationen verständlicherweise nicht existieren. Hier helfen nur mehr Daten: Daher wird sich Gkatzelis auch hierzulande in luftige Höhe aufmachen: Zusätzlich zu Messkampagnen am Boden plant er Flüge über deutschen Städten mit einem Zeppelin.

JANOSCH DEEG



Das fliegende Labor

Die Maschine, eine Douglas DC-8 Baujahr 1969, baute die US-amerikanische Raumfahrtbehörde NASA 1984 vom Passagier- zum Forschungsflugzeug um. Statt vorher 175 Passagiere fliegen nun zwischen 30 und 40 Forscher:innen sowie rund 30 Messgeräte mit und messen die Luftqualität. Hier und da wurden Löcher in die Wand geschnitten, um Sensoren außen anzubringen und mit den wissenschaftlichen Instrumenten im Innern zu verbinden.



Atome unter der Linse

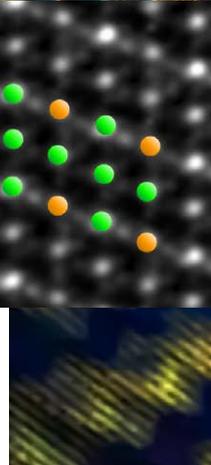
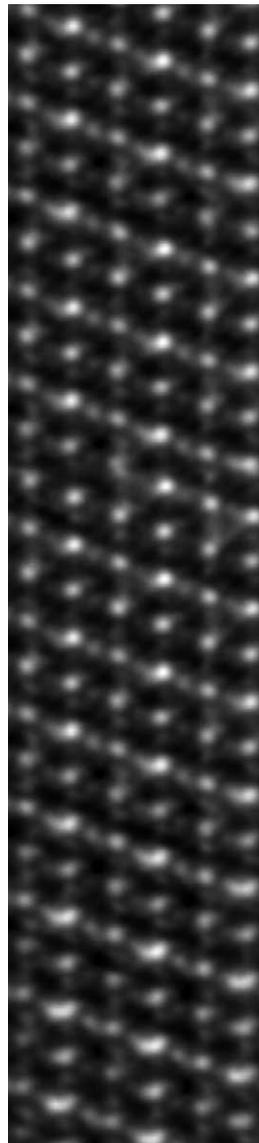
Seit fast 20 Jahren verschreibt sich das Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen (ER-C) der Aufgabe, Materialien bis hinunter auf die Ebene der Atome und Moleküle abzubilden und zu analysieren. Jetzt tritt es in eine neue Ära ein.

Der Projektname ER-C 2.0 lässt an ein Update denken, wie es beispielsweise bei Software üblich ist. „Aber unser Vorhaben als einfache Verbesserung zu bezeichnen, wäre untertrieben“, sagt Prof. Carsten Sachse, einer von drei Direktoren des ER-C. „Es geht um mehr. Als nationale Forschungsinfrastruktur (siehe Kasten „Von besonderer Bedeutung“) stoßen wir in eine neue Dimension vor – mit neuen Geräten, neuen Anwendungen und neuen Möglichkeiten für Wissenschaft und Industrie.“

Fünf weltweit einzigartige Elektronenmikroskope (s. „Steckbrief der Mikroskope“) sollen Werkstoffen und biologischen Proben Informationen entlocken, die detailreicher sind als alle bisher erhältlichen. Da geht es zum Beispiel um Position und chemischen Zustand einzelner Atome oder um Veränderungen im Aufbau der Stoffe, die sich innerhalb von wenigen Femtosekunden – dem milliardstel Teil einer Sekun-

de – abspielen. Solche detaillierten Einblicke ermöglichen es Wissenschaftler:innen, schneller innovative Materialien – etwa für die Energiewende – oder neue Medikamente zu entwickeln.

Für die Höchstleistungen brauchen die empfindlichen Elektronenmikroskope eine perfekte Umgebung: frei von Erschütterung, abgeschirmt vor elektromagnetischer Strahlung und mit gleichbleibender Temperatur. Ein 23 Millionen Euro teures Forschungsgebäude, das im Herbst 2024 vollständig betriebsbereit sein soll, bietet genau das. Unter anderem besitzt es als Fundament einen riesigen, bis zu 1,50 Meter dicken Betonblock, der dafür sorgt, dass beispielsweise die Vibrationen durch vorbeifahrende LKW die Messergebnisse nicht verfälschen.



↑ Elektronenmikroskope machen winzige Details sichtbar. Die Farben im obersten Bild zeigen die verschiedenen Richtungen des Magnetfelds in einer 20 Nanometer dünnen Schicht aus polykristallinem Kobalt.

Steckbrief der Mikroskope

TOMO

Erstmals werden Atomsonden-Tomographie und hochauflösende Elektronenmikroskopie in einem Gerät kombiniert. So soll es möglich werden, mit einer einzigen Messung Art und Position von Millionen von Atomen in einem Volumen von mehreren Tausend Kubiknanometern exakt zu bestimmen.

BIO

Das erste, mit einem Helium-Kryostaten gekühlte Mikroskop, das mit Linsenkorrektoren ausgestattet ist, um in biologischen Proben Atome bei -250°C sichtbar zu machen

SPECTRO

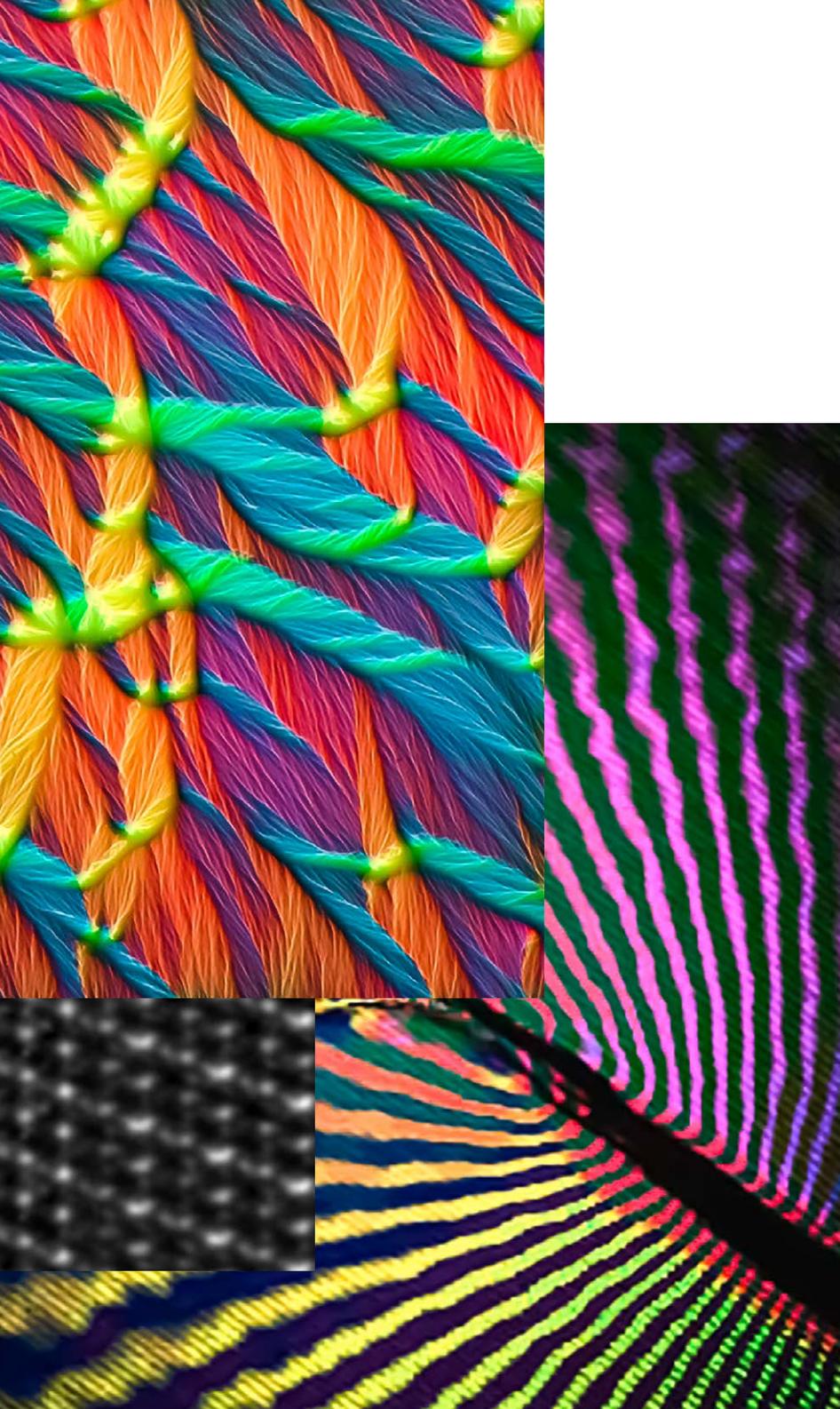
Das erste Ultratieftemperatur-in-situ-Mikroskop mit ultrahoher Energieauflösung. Es soll zur Analyse der elektronischen Struktur und der Vibrationen von strahlenempfindlichen Proben und Polymeren dienen sowie zur Untersuchung von atomaren oder molekularen Prozessen.

OPERANDO

Ultrahochvakuum-Mikroskop, um Materialien zu beobachten, während sie im Einsatz sind – etwa während des Betriebs einer Batterie.

FEMTO

Mikroskop mit einer Femtosekunden-Auflösung, um dynamische und ultraschnelle Prozesse im Nanometer-Bereich zu analysieren.



ALLE UNTER EINEM DACH

Der Neubau ist aber nicht nur für die Mikroskope konzipiert. „Bisher sind die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des ER-C auf mehrere Gebäude verteilt. Dass wir künftig unter einem Dach sind und mehr Raum etwa für den interdisziplinären Austausch erhalten, ist von großem Wert“, sagt Direktor Prof. Joachim Mayer. Der Leiter des Bereichs Materialwissenschaften und Werkstofftechnik ist überzeugt, dass sich Innovationen oft durch einen Brückenschlag zwischen Disziplinen ergeben.

Im ER-C profitieren drei Fächer voneinander: die beiden klassischen Disziplinen Materialwissenschaft und Festkörperphysik sowie die Lebenswissenschaften, die vor rund fünf Jahren dazugekommen sind. „Mit hoch sensitiven Methoden lässt sich die Elektronenmikroskopie auch für biologische und medizinische Fragen nutzen“, sagt Sachse, Leiter des Bereichs Strukturbiologie. Inzwischen könne man mithilfe von Elektronenmikroskopen die Struktur von körpereigenen Proteinen bestimmen und beispielsweise sehen, wie Medikamente daran binden.



↑ Die drei Direktoren des ER-C: Carsten Sachse leitet den Bereich Strukturbio­logie.



↑ Für den Bereich Materialwissenschaften und Werkstofftechnik ist Joachim Mayer zuständig.



↑ Rafael Dunin-Borkowski ist Leiter des Bereichs Physik nanoskaliger Systeme.

ZUGRIFF AUF NEUESTE GERÄTE

Im Laufe seiner fast 20-jährigen Geschichte hat das ER-C immer wieder gemeinsam mit Unternehmen und akademischen Partnern Mikroskope und Methoden weiterentwickelt. „Die Unternehmen liefern uns ihre neuesten Geräte. Unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler testen sie, entwickeln neue Software und geben anschließend eine Rückmeldung, was ihnen dabei auffiel“, erläutert Direktor Prof. Rafael Dunin-Borkowski, Leiter des Bereichs Physik nanoskaliger Systeme. „Auf Grundlage dieses Feedbacks stellten uns die Unternehmen verbesserte Versionen der Geräte zu Verfügung und wir hatten damit Zugang zu neuen Technologien, bevor sie jemand anderes hatte – ein perfektes Beispiel für Wissens- und Technologietransfer, der Forschung und Anwendung nützt.“

Nun können die ER-C-Direktoren die Zusammenarbeit mit den Unternehmen noch weiter ausbauen – etwa neue Kühltechnologien entwickeln, um auch Quantenmaterialien zu untersuchen: „Die Fördermittel, die mit der Aufnahme des ER-C 2.0 in die nationale Roadmap für Forschungsinfrastrukturen verbunden sind, eröffnen uns hierfür viel bessere Möglichkeiten“, sagt Dunin-Borkowski. „Die neue Ära kann beginnen.“

FRANK FRICK



Von besonderer Bedeutung

Als Forschungsinfrastrukturen gelten Großgeräte und Instrumente, aber auch zum Beispiel Datensammlungen, Rechnernetze und Begegnungszentren. Gerade Großgeräte wie Elektronenmikroskope ermöglichen vielversprechende Grundlagenforschung und technologische Fortschritte, sind aber in der Regel teuer, komplex und aufwendig in der Betreuung. Mit einer Nationalen Roadmap – einer Art Fahrplan für die langfristige Ausrichtung der Spitzenforschung – fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung ausgewählte Infrastrukturen mit besonderer Bedeutung für den Wissenschaftsstandort Deutschland. Die darin geförderten Infrastrukturen erhalten jeweils über 50 Millionen Euro.

Beiträge zum Strukturwandel

Das ER-C 2.0 liefert einen wertvollen Anreiz für Unternehmen, sich im Rheinischen Revier anzusiedeln. Mit seinen Hochleistungsmikroskopen an einem Ort bietet das ER-C 2.0 etwa der IT- oder der Energietechnik-Industrie einzigartige Möglichkeiten, beispielsweise Materialien für Energiespeicher oder Quantenprozessoren zu untersuchen und weiterzuentwickeln. Auch Pharma- und Medizinunternehmen, die sich in der Region niederlassen, können sich unterstützen lassen. Dabei geht es nicht nur um Geräte und Know-how, sondern auch um hochqualifizierte Arbeitskräfte. Das Centrum fördert zudem gezielt die Bereitschaft seiner Wissenschaftler:innen, Unternehmen auszugründen. Auch Mikroskophersteller und ihre Zulieferer profitieren, zum Beispiel durch den Kontakt mit den zahlreichen Nutzer:innen der Geräte. Am Aufbau des nationalen Kompetenzzentrums für höchauflösende Elektronenmikroskopie sind Jülich, die RWTH Aachen und die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf beteiligt, mit verschiedenen Partnern bestehen Kooperationen.

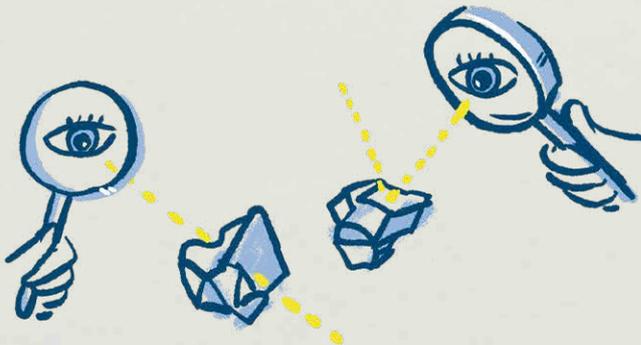


ELEKTRONEN- MIKROSKOP

Elektronenmikroskope (EM) machen wie eine gigantische Lupe winzige Strukturen sichtbar – bis hin zu einzelnen Atomen! In Biologie und Materialforschung etwa sind sie heute Standard.

1931

Stellten Ernst Ruska und Max Knoll das erste Elektronenmikroskop vor.
Ruska erhält dafür 1986 den Nobelpreis.



DURCHLEUCHTEN UND ABTASTEN

Es gibt zwei Haupttypen:
Transmissionselektronenmikroskope „durchleuchten“ das Objekt mit dem Elektronenstrahl.
Beim Rasterelektronenmikroskop tastet der Strahl die Oberfläche ab.

WAS MACHT JÜLICH?

Das Ernst Ruska-Centrum (ER-C) betreibt modernste Elektronenmikroskope. Jülicher Forscher:innen nutzen sie für Biologie, Energie- sowie Materialforschung. Sie verbessern zudem Geräte und Methoden.

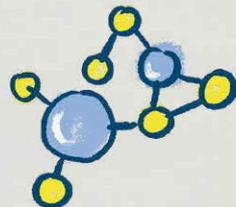
HOCHAUFGELOST – HÄH?



Elektronenmikroskope nutzen keinen Lichtstrahl wie klassische Mikroskope, sondern einen Strahl aus Elektronen.



Elektronen haben eine bis zu eine millionenfach kleinere Wellenlänge als Licht – und je kleiner die Wellenlänge, desto höher die Auflösung.



Dadurch lässt sich der atomare Aufbau einer Substanz erkennen, also Strukturen entschlüsseln, die nur wenige Nanometer groß sind.



Kühler Kompromiss

Wie lässt sich die globale Erwärmung abschwächen? Ein Weg ist, Bäume anzupflanzen, da sie der Atmosphäre CO₂ entziehen. Doch Bäume verringern einen anderen kühlenden Effekt: die Reflexion des Sonnenlichts an der Landoberfläche. Modellberechnungen zeigen, was dem Klima am ehesten nützt.

Die Albedo

ist das Reflexionsvermögen einer Oberfläche. Angegeben wird das Ausmaß der Reflexion in Prozent. Zwei Extremfälle:



Dunkler Körper

Fast vollständige Absorption, starke Erwärmung, Albedo: nahezu 0%



Heller Körper

fast vollständige Reflexion, kaum Erwärmung, Albedo: nahezu 100%

Tu was fürs Klima, pflanze einen Baum! Was im ersten Moment nach einer guten Idee klingt, ist nicht immer die beste Lösung. „Wälder reflektieren zum Beispiel deutlich weniger Sonnenlicht als die meisten anderen Landökosysteme. Stattdessen absorbieren sie mehr Licht, was zur Erderwärmung beiträgt“, weiß Dr. Alexander Graf vom Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3). Diesen Effekt – die Reflexion des Sonnenlichts – nennt die Forschung Albedo.

Bäume haben aber auch einen anderen, langfristigen positiven Einfluss auf das Klima: „Sie nehmen CO₂ auf, dadurch wirken sie kühlend auf das Klima,“ so Graf. Aber bevor Bäume CO₂ aufnehmen können, müssen sie erst einmal wachsen. „Pflanzt man Bäume an, macht sich daher der Erwärmungseffekt durch die verringerte Albedo deutlich schneller bemerkbar als der Abkühlungs-

effekt durch die steigende CO₂-Speicherung“, erläutert der Jülicher Forscher.

Wie groß der Einfluss der beiden Effekte ist und welche Rolle verschiedene Vegetationstypen spielen, hat Graf zusammen mit Wissenschaftler:innen aus 14 Ländern untersucht. Sie haben dafür Daten des globalen Netzwerks FLUXNET verwendet: Es liefert aus 176 regionalen Umweltbeobachtungsnetzwerken Angaben zu Treibhausgas-, Wasser- und Energiehaushalt einschließlich Reflexion des Sonnenlichts. Dazu zählen auch Standorte, die das IBG-3 betreut. Mit den Daten berechnete das internationale Team verschiedene Szenarien – unter anderem, was passiert, wenn jeder Standort so umgestaltet wird, dass dort jeweils die maximal mögliche Menge an CO₂ aufgenommen wird. „Für manche Standorte würde das Aufforstung bedeuten, für andere nur eine Änderung der land- oder forstwirtschaftli-



↑ Mehr dunkle Wälder oder mehr helle Wiesen? Alexander Graf untersucht Ansätze, die Erderwärmung zu begrenzen.

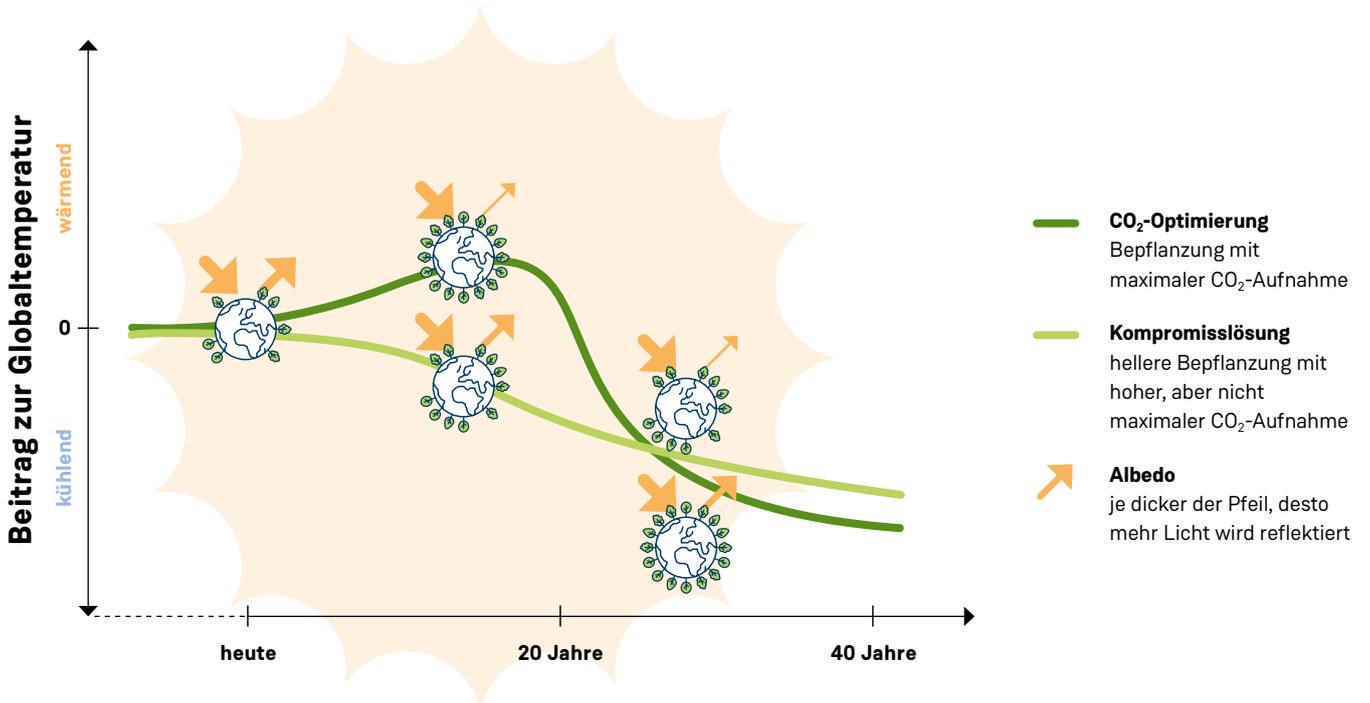
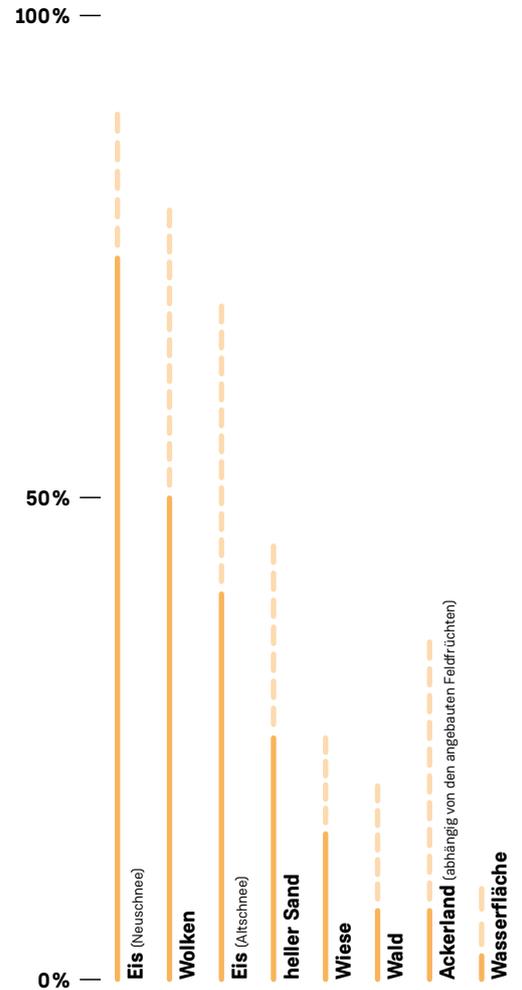
chen Methoden und der Auswahl der Pflanzenarten“, so Graf. Auf lange Sicht führe das zu einem maximal möglichen Abkühlungseffekt auf die Erderwärmung. Aber egal wie viele Bäume theoretisch angepflanzt würden, für alle Standorte kamen die Forscher:innen auf dasselbe Ergebnis: In den ersten 20 Jahren kommt es zu einer moderaten globalen Nettoerwärmung, ehe dann weltweit der starke Kühleffekt einsetzt.

„Die Frage ist, ob wir uns eine zusätzliche leichte Erwärmung in den kommenden zwei Jahrzehnten noch leisten können. Möglicherweise haben wir in diesem Zeitraum schon Kippunkte des Klimas überschritten“, sagt Graf. Eine Alternative könnte es sein, sowohl die CO₂-Aufnahme als auch die Albedo moderat zu erhöhen – zumindest an den Standorten, an denen dies möglich ist. Das kann heißen, dunkle Ackerflächen in der Brachzeit mit Zwischenfrüchten zu bepflanzen – was die Albedo erhöht und mehr CO₂ bindet. Oder an anderen Stellen einen zunächst nur lockeren Baumbestand auf einer hellen Wiese zu pflanzen statt dichter Wälder auf dunklen nackten Boden.

„Dieses ausgewogene Szenario führt sofort zu einem globalen Abkühlungseffekt auf die Erderwärmung, die langfristig allerdings geringer ausfällt als der später einsetzende Effekt bei der ‚CO₂-Optimierung‘. Dennoch könnte es ein guter Kompromiss sein“, so das Fazit von Alexander Graf.

CHRISTIAN HOHLFELD/BARBARA SCHUNK

Reflexion von Oberflächen



Lang lebe die PV-Anlage!

Defekte und zu schnell alterndes Material verringern Ertrag und Lebensdauer von Solaranlagen. Das lässt sich ändern, indem Fehler frühzeitig aufgespürt werden – etwa mithilfe von Drohnen und KI.

Es ist ein schwülwarmer Sommertag. Seit Tagen tropft immer wieder Regen auf die blauschwarz glänzenden Paneele der Solaranlage. Das sollte ihnen eigentlich nichts ausmachen – es sei denn, die Schutzschicht aus Kunststofffolien auf der Rückseite eines Moduls ist defekt: Dünne Haarrisse reichen aus, damit Feuchtigkeit eindringt. Das kann dazu führen, dass elektronische Bauteile nicht mehr ausreichend isoliert sind – und sich die Solaranlage aus Sicherheitsgründen automatisch abstellt. Dafür genügt bereits der Ausfall eines einzelnen Moduls.

Winzige Defekte wie ein Haarriss in der Folie sind kaum zu entdecken. Und dass sie einen gesamten Solarpark kurzfristig lahmlegen können, ist nicht das einzige Problem: „Schäden durch defekte Rückseiten tragen dazu bei, die Lebensdauer eines Solarparks auf derzeit rund 20 Jahre zu begrenzen. Er könnte aber 50 Jahre verlässlich Strom liefern“, meint der Physiker Dr. Ian Marius Peters vom Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI ERN), einer Jülicher Außenstelle. Er forscht mit seinem Team daran, die Lebensdauer von Solaranlagen zu verlängern und Leistungseinbußen zu verringern.

„Rund 10 Prozent der Module halten nicht so lange, wie sie es könnten“, weiß Peters Kollegin, Dr. Claudia Buerhop-Lutz vom HI ERN. „Einige Materialien in den Modulen zeigen bereits nach fünf Jahren erste altersbedingte Beeinträchtigungen.“ Das macht den Effizienzgewinn einer neuen Anlage mit anfänglich höheren Wirkungsgraden schnell wieder zunichte. Die Forscher:innen vom HI ERN entwickeln daher Methoden, um Fehler

möglichst frühzeitig zu erkennen. Sie setzen auf drei Strategien: zerstörungsfreie Messungen im Feld, den Einsatz hochauflösender Drohnenkameras und die Verwendung Künstlicher Intelligenz (KI).

ZERSTÖREN MUSS NICHT SEIN

Claudia Buerhop-Lutz hat die Rückseite von Solarmodulen im Fokus. Diese ist aus mehreren Lagen Kunststofffolie aufgebaut und schützt die Solarzelle vor Wasser. „Folien spielen eine immer größere Rolle bei der Zuverlässigkeit von Solarmodulen“, weiß Buerhop-Lutz. „Korrosion, Abrieb an Oberflächen oder sich ablösende Schichten beschädigen den Schutz durch die Folien.“ Solche Schäden seien vermehrt bei PV-Modulen der Baujahre 2010 bis 2012 aufgetreten. Eventuell wurden in dieser Zeit weniger geeignete Materialien verwendet, so die Expertin. Sie hat aber auch schon Schäden bei neueren Anlagen gefunden.



← Claudia Buerhop-Lutz setzt unter anderem Drohnen ein, um den Zustand von Photovoltaikanlagen zu kontrollieren. Damit lassen sich Defekte schon aufspüren, bevor ein Solarmodul ausfällt.





KI findet Fehler in Standarddaten

Aus den üblichen Monitoringdaten der Betreiber können die HI-ERN-Wissenschaftler:innen ebenfalls Fehler herausfiltern. Im Projekt dig4MorE werten sie die Daten mit maschinellem Lernen aus. Die KI erkennt sowohl Leistungsdefizite als auch Fehlermuster, die auf konkrete Störungen hinweisen. „Manchmal sind Module falsch verdrahtet, Fehler treten nur bei einzelnen Teilen auf oder bei bestimmten klimatischen Bedingungen“, berichtet Buerhop-Lutz, die gerne noch mehr Daten aus den Solarparks hätte. „Häufig wissen die Betreiber gar nicht, was für wertvolle Informationen in ihren Daten stecken“, stellt sie fest. „Wir könnten diese Schätze heben.“ Schon jetzt tragen die Arbeiten der Forscher:innen vom HI ERN dazu bei, grüne Stromerzeugung mit PV-Anlagen zuverlässiger zu machen. Das ist wichtig, denn bis 2030 sollen die erneuerbaren Quellen mindestens 80 Prozent Energie für den Bruttostromverbrauch liefern. Unkontrollierte Ausfälle sind da unerwünscht.

Um den Zustand der Folien direkt im Feld zu untersuchen ohne sie dabei zu beschädigen, haben Buerhop-Lutz und ihr Team ein neues Verfahren entwickelt. Dafür analysierten die Forscher:innen zunächst zahlreiche Varianten der Modulrückseiten aus unterschiedlichen Kombinationen von Kunststofffolien im Labor – insgesamt mehr als 30.000 Module aus 30 Solarparks und – soweit vorhanden – auch deren sichtbare Schäden. Daraus ist eine „Rückseiten“-Bibliothek mit rund 250 Varianten entstanden. Sie dient nun als Vergleich bei Infrarotmessungen der Module im Feld und hilft, mögliche Defekte zu erkennen, bevor sie zum Versagen des Moduls führen.

DROHNEN IM DOPPELPAK

Auf die Vorderseite der Module konzentriert sich die Überwachung der Solaranlagen aus der Luft mit Drohnen. Im Projekt COSIMA kombinieren

Buerhop-Lutz und ihr Team zwei verschiedene Arten: Thermografie-Drohnen, mit denen sich Hotspots – also Solarmodule mit lokaler Überhitzung – aufspüren lassen, und Drohnen, die die Elektrolumineszenz messen. Für Letzteres kehren die Forscher:innen den Prozess in der Solarzelle um: Wird Strom angelegt, strahlt die Solarzelle – an den unbeschädigten Stellen.

„So erkennen wir auch Fehler, die tiefer im Material verborgen sind“, so die Forscherin. Eine KI sortiert alle Informationen. „Die Auswertung liefert den Betreibern nicht nur den üblichen Wust an Bildern, sondern auch Hinweise, wo demnächst ein Leistungsverlust droht. Das ist echte Predictive Maintenance, also vorbeugende Instandhaltung“, sagt Ian Marius Peters.

KATJA ENGEL

10

Prozent

der Module halten nicht so lange, wie sie es könnten, weiß Dr. Claudia Buerhop-Lutz vom Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI ERN).



Bioelektronik für den Menschen

Ein internationales Team um Francesca Santoro hat einen intelligenten Biochip entwickelt, der die Netzhaut des Auges imitiert. Mit solchen und ähnlichen bioelektronischen Bauteilen will die Arbeitsgruppe Fehlfunktionen im Körper und Gehirn korrigieren.

Die Verschmelzung von Mensch und Maschine ist der Inbegriff einer Science-Fiction-Erzählung. In der Realität sind erste Schritte hin zu solchen Cyborgs längst getan: Menschen tragen Herzschrittmacher gegen Rhythmusstörungen oder Cochlea-Implantate, um die Hörfähigkeit zu verbessern. Und Netzhaut-Implantate helfen fast Blinden, zumindest ein wenig zu sehen. Ein neuer Chip könnte dazu beitragen, dass sich Netzhaut-Implantate künftig noch besser mit dem menschlichen Körper verschmelzen

lassen: Er basiert auf leitenden Polymeren und lichtempfindlichen Molekülen, mit denen sich die Netzhaut inklusive Sehbahnen nachahmen lässt. Entwickelt hat ihn die Arbeitsgruppe um Prof. Francesca Santoro am Jülicher Institut für Bioelectronics (IBI-3) in Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen, dem Istituto Italiano di Tecnologia in Genua und der Universität Neapel.

„Unser organischer Halbleiter erkennt, wie viel Licht auf ihn fällt. Ähnliches passiert in unserem Auge. Durch die

Neuronen verstehen

Neben der künstlichen Retina entwickelt das Team um Santoro weitere Ansätze für bioelektronische Chips, die auf ähnliche Weise mit dem menschlichen Körper interagieren können, speziell mit den Zellen des Nervensystems. „Wir versuchen einerseits, die dreidimensionale Struktur der Nervenzellen und andererseits auch deren Funktionen, zum Beispiel das Prozessieren und Speichern von Informationen, nachzubauen.“

Die Biopolymere, die sie bei der künstlichen Retina verwendeten, erwiesen sich hierbei als passendes Ausgangsmaterial. „Damit können wir die verzweigte Struktur der menschlichen Nervenzellen mit ihren vielen Dendriten nachbilden. Man kann sich das ein bisschen wie einen Baum vorstellen“, verdeutlicht die Wissenschaftlerin. Dies sei wichtig, weil echte

Zellen solche verästelten dreidimensionalen Strukturen gegenüber glatten Oberflächen bevorzugen und auf diese Weise enge Kontakte zu den künstlichen knüpfen würden.

Die unterschiedlichen Biochips können zum einen genutzt werden, um echte Neuronen zu studieren – zum Beispiel den zellulären Informationsaustausch. Zum anderen hoffen Santoro und ihr Team, irgendwann mit ihren Bauteilen aktiv in die Kommunikationswege der Zellen eingreifen zu können, um bestimmte Effekte auszulösen. Santoro denkt hier beispielsweise daran, Fehler bei der Verarbeitung und Weiterleitung von Informationen zu beheben, die bei neurodegenerativen Krankheiten wie Parkinson oder Alzheimer auftreten. Oder an die Unterstützung von Organen, die nicht mehr richtig funktionieren. Daneben

könnten solche Bauteile auch als Schnittstelle zwischen künstlichen Gliedmaßen oder Gelenken dienen.

Auch die Computertechnik könnte profitieren. Aufgrund ihrer Eigenschaften sind die Chips prädestiniert dafür, als Hardware für künstliche neuronale Netze zu dienen. Bisher funktionieren KI-Programme noch mit klassischen Prozessoren, die ihre Struktur nicht anpassen können. Die selbstlernende Arbeitsweise sich verändernder neuronaler Netze ahmen sie lediglich mittels ausgeklügelter Software nach. Das ist sehr ineffizient. Die künstlichen Neuronen könnten diesen bisherigen Mangel beheben: „Sie würden eine Computertechnik ermöglichen, die die Arbeitsweise des Gehirns auf allen Ebenen imitiert“, sagt Santoro.

Menge an Licht, die auf die einzelnen Fotorezeptoren trifft, entsteht schließlich das Bild im Gehirn“, erläutert Santoro, die zugleich Professorin für Neuroelektronische Grenzflächen an der RWTH Aachen sowie Gastwissenschaftlerin am Istituto Italiano di Tecnologia ist.

GUT INTEGRIERBAR

Die Besonderheit des neuen Halbleiters: Er besteht vollständig aus nicht toxischen organischen Komponenten, ist verformbar und funktioniert mit Ionen, also mit geladenen Atomen oder Molekülen. Dadurch lässt er sich deutlich besser in biologische Systeme integrieren als herkömmliche steife Halbleiterbauteile aus Silizium, die nur mit Elektronen arbeiten. „Unsere Körperzellen nutzen insbesondere Ionen, um bestimmte Prozesse zu steuern und Informationen auszutauschen“, erklärt die Forscherin. Die Entwicklung sei allerdings erst ein Proof-of-concept, betont sie. Man habe das Material synthetisiert und anschließend charakterisiert: „Wir konnten zeigen, dass sich damit die typischen Eigenschaften der Retina nachahmen lassen“, sagt sie.

Und die Forscher:innen denken schon an ein weitere Einsatzmöglichkeit: Der Chip könnte auch als künstliche Synapse fungieren, weil Lichteinstrahlung die Leitfähigkeit des verwendeten Polymers kurz- und langfristig ändert. Ähnlich arbeiten echte Synapsen: Indem sie elektrische Signale weiterleiten, verändern



↑ Francesca Santoro hat für ihre Forschung bereits zahlreiche Auszeichnungen erhalten, darunter etwa den Leopoldina Early Career Award 2022.

sie zum Beispiel ihre Größe und ihre Effizienz, worauf die Lern- und Speicherfähigkeit unseres Gehirns basiert. „In künftigen Experimenten wollen wir die Bauteile mit biologischen Zellen koppeln und viele einzelne zusammenschalten“, blickt Santoro voraus.

Pionierarbeit mit Langzeitwirkung

Nach zehn Jahren Laufzeit endete im September 2023 das Human Brain Project (HBP). Auf dem Abschluss Symposium in Jülich zog die Wissenschaftliche Leiterin, die Jülicher Hirnforscherin Prof. Katrin Amunts, eine positive Bilanz des europäischen Gemeinschaftsvorhabens.

Das HBP war eines der ersten Projekte, das die EU über ihr Programm Future and Emerging Technologies (FET) förderte. „Heute lässt sich sagen: Das HBP hat Pionierarbeit in der digitalen Hirnforschung geleistet“, blickte die Direktorin des Jülicher Instituts für Neurowissenschaften und Medizin (INM-1) zurück. Das Verknüpfen von Supercomputing und Neurowissenschaften habe Innovationen und neue Erkenntnisse ermöglicht, durch die EBRAINS-Forschungsinfrastruktur und eine neue Art der Zusammenarbeit werde das HBP noch viele Jahre lang Auswirkungen auf die Neurowissenschaften haben, so Amunts.

Die Plattform EBRAINS enthält im Projekt entwickelte digitale Werkzeuge und Datensätze und ist eine einzigartige, öffentliche digitale Bibliothek des Gehirns. Sie steht auch nach dem Ende des HBP der neurowissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung. Das gilt auch für den Julich Brain Atlas, einen dreidimensionalen digitalen Atlas des menschlichen Gehirns. „Der Atlas stellt 200 Gehirnnareale mit noch nie da gewesener Detailgenauigkeit dar – eine Art Google Maps fürs Gehirn“, erläutert die Jülicher Forscherin.

Darüber hinaus entwickelten Wissenschaftler:innen etwa Implantate, die Neuronen stimulieren, um Blindheit und Lähmungen zu überwinden. Ein weiteres Beispiel sind personalisierte Gehirn-



modelle von Epilepsiepatient:innen, die nicht auf Medikamenten ansprechen. Mit diesen virtuellen Modellen lassen sich die Hirnregionen identifizieren, in denen Anfälle auftreten. So können chirurgische Eingriffe präziser geplant werden. Forscher:innen ließen sich außerdem vom menschlichen Gehirn inspirieren, um die Energieeffizienz der Künstlichen Intelligenz zu verbessern.

An die Zukunft wurde ebenfalls schon gedacht: Rund hundert internationale Autoren veröffentlichten kürzlich ein vom HBP initiiertes Positionspapier, eine Roadmap für die kommenden zehn Jahre der digitalen Neurowissenschaften. „Denn auch wenn das HBP abgeschlossen ist, wir haben noch sehr viel zu erforschen“, betont Katrin Amunts.

CHRISTIAN HOHLFELD



Interview mit Katrin Amunts zum Abschluss des HBP:

helmholtz.de/newsroom/artikel/ein-schluesel-fuer-die-weitere-hirnforschung

Jülicher HBP-Seite:
fz-juelich.de/de/forschung/information/hbp



19

beteiligte
Länder



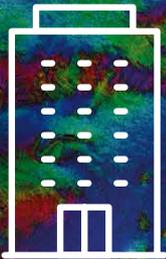
500+

beteiligte
Forscher:innen



10

Jahre
Projektlaufzeit



155

kooperierende
Institutionen

„Das HBP hinterlässt nicht nur wichtige Erkenntnisse und mit EBRAINS eine öffentlich zugängliche Infrastruktur, sondern auch eine Community, die in dieser Weise sonst nicht zusammengefunden hätte.“

KATRIN AMUNTS



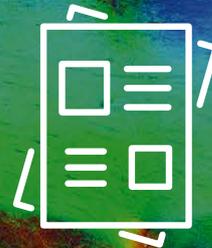
607

Mio. €
Gesamtbudget



160

frei zugängliche
digitale Werkzeuge



3.000+

Veröffentlichungen



Wissenschaft(ler) mit Vergnügen

Er liebt Elektrobeats genauso wie Elektrochemie: Rainer Waser passt in keine Schublade. Der 68-jährige Wissenschaftler ist Visionär und Tüftler zugleich – jemand, der über Grenzen einzelner Fächer hinausblickt, der mitreißt, ansteckt und bei dem Freude und Spaß nicht zu kurz kommen dürfen.

↑ Rainer Waser ist Direktor des Peter Grünberg Instituts für elektronische Materialien (PGI-7) und Professor an der RWTH Aachen. Er gilt als einer der meistzitierten Vertreter seiner Forschungsgebiete.

Sein erstes Chemielabor in Heusenstamm wurde gegen seinen Willen geschlossen – damals sprang im elterlichen Souterrain der Funke nicht nur im wahrsten Sinne des Wortes über, sondern zündete auch im Geiste: Der 15-jährige Rainer Waser wollte Chemiker werden, musste seinen Eltern aber nach dem unerwünschten realen „Funkenflug“ versprechen, dass er sein „Kellerlabor“ erst wieder eröffnet, wenn er tatsächlich Chemie studiert. „Und damit habe ich dann 1974 begonnen“,

erinnert sich der 68-Jährige. Und das Labor einen Raum weiter neu eröffnet – in der etwas größeren Kellertoilette: „Da hatte ich gleich Wasser und elektrische Anschlüsse.“

KEINE ANGST VOR GRENZEN

Über viele Jahre experimentierte er in diesen vier Wänden; tüftelte, bohrte und baute Versuchsstände auf, aber auch elektronische Systeme wie Verstärker und Lautsprecher. „Da habe ich mein ganzes Taschengeld investiert“, sagt Waser und

„Interessante Forschung findet oft an den Schnittstellen der Disziplinen statt.“

RAINER WASER

Klingt futuristisch, aber der zweifache Familien- und vierfache Patchwork-Vater war und ist seiner Zeit schon immer ein Stück voraus: Für seine Promotion Anfang der 1980er Jahre an der Technischen Universität (TU) Darmstadt baute er einen vollautomatischen, computergesteuerten Messstand: „Heute ist das Standard, aber damals gab es das noch nicht“, erzählt Waser. Er lässt sich aus England, wo er als Stipendiat der Studienstiftung des deutschen Volkes in Southampton zwei Auslandssemester verbracht hatte, einen Z 80 kommen: „Der Computer bestand aus einer einzigen riesigen Platine und tausend Einzelteilen – ohne Bildschirm oder Speicher“, erinnert er sich. Sogar die Software muss der Doktorand selbst schreiben – in Maschinsprache.

KEIN GEDANKE ANS SCHEITERN

Ans Scheitern verschwendet er dabei keinen einzigen Gedanken. Am Ende fehlt nur ein elektrochemisches Messsystem, ein sogenannter Potentiostat – 5.000 DM soll er kosten – Geld, das das Institut nicht aufbringen kann. Waser wettet mit seinem Doktorvater Konrad Georg Weil um ein Essen, dass es ihm binnen einer Woche gelinge, das Gerät selbst zu bauen. Der Doktorvater verliert. „Ich habe kaum geschlafen und rund um die Uhr in meinem Souterrain-Labor gebohrt, gelötet und gemessen. Die Platinen habe ich mit der Höhensonne meiner Mutter belichtet. Klingt schon ein bisschen verrückt“, erzählt Waser. Geht nicht, gibt es in Wasers Leben nicht. Spricht er über seine Forschung, tut er es mit einer Begeisterung, der sich niemand entziehen kann – immer mit einem leisen Lächeln oder Schmunzeln, höflich, nie aufdringlich, aber voller Energie und Tatendrang.

Seine Begeisterungsfähigkeit endet jedoch nicht mit seiner Liebe zu Elektrochemie und Physik: So nutzte er die Zeit zwischen Abitur und Studienbeginn, um Vorlesungen in Frankfurt und Darmstadt zu besuchen: Quantenmechanik, Philosophie und Musiktheorie – der wissbegierige junge Waser nahm alles mit – „auch wenn vieles damals weit über meinem Kenntnisstand lag“. Ganz nebenbei schrieb er in jener Zeit eine

lächelt – etwas, das der Direktor des Peter Grünberg Instituts gern und viel tut: „Wissenschaft mit Vergnügen“, lautet sein Motto.

Die Anekdote aus Wasers Jugend offenbart viel über den erfolgreichen Naturwissenschaftler und Ingenieur, der 2014 für seine Forschung zu resistiven Schaltern als Speicher in der Informationstechnologie den Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis erhielt: Waser ist jemand, der gerne Disziplinen neu zusammendenkt, der keine Angst hat, Grenzen zu überschreiten, immer auf der Suche nach neuen Herausforderungen und Lösungen: „Interessante Forschung findet oft an den Schnittstellen der Disziplinen statt“, resümiert Waser.

Bestes Beispiel dafür ist seine Forschung zu memristiven Bauelementen. Diese weisen ähnliche Eigenschaften wie Nervenzellen im menschlichen Gehirn auf und gelten daher als vielversprechende Basis für neuromorphe Schaltungen. Mit diesen ließen sich energieeffiziente Rechner nach dem Vorbild des Gehirns aufbauen, wie man sie etwa für KI-Anwendungen benötigt. Waser hatte herausgefunden, wie die Bauelemente auf atomarer Ebene funktionieren und damit den Grundstein für deren technische Nutzung gelegt.





Facharbeit zur Soziologie der Musik, die später auf europäischer Ebene ausgezeichnet wurde. Überhaupt Musik: Auch da lässt sich Waser keiner Schublade zuordnen. Der fast 1,90 Meter große Mann hört mittelalterliche Klänge ebenso gern wie Metal, Klassik, elektronische Beats oder Weltmusik. Sitzt er in seinem Aachener Home-Office am Rechner, hört er dabei stets Musik.

Eines seiner eindrucklichsten musikalischen Erlebnisse: der Besuch des belgischen Tomorrowland-Festivals 2015, ein Mekka für Techno- und Rave-Fans – mit 59 Jahren: „fantastisch“, schwärmt er noch heute. Als er einige Monate später seinen 60. Geburtstag feiert, dient ihm das Festival mit Märchenkulisse als Vorlage: „Erst gab es viele großartige wissenschaftliche Vorträge und später wurde unter dem Motto ‚60 Years of Craziness‘ kostümiert getanzt – Wissenschaft mit Vergnügen“, so der Professor für elektronische Materialien.

ENTSPANNT DIE 100 ANSTEUERN

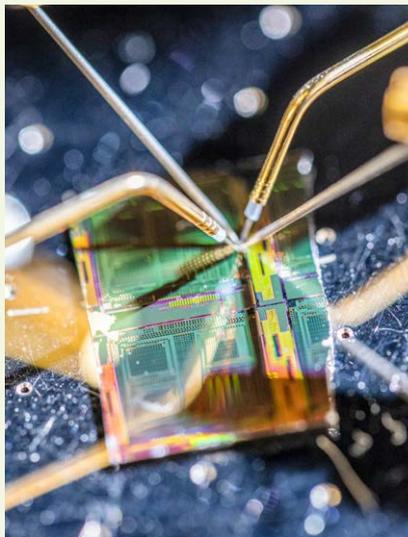
2024 ist offiziell Schluss. Seiner „After Work“-Zeit sieht er gelassen entgegen: „Niemand hält mich ja davon ab weiterzumachen. Aber was ich konkret weitermache, weiß ich noch gar nicht.“ Auf jeden Fall will er der Philosophie mehr Zeit widmen. „Und mehr Sport steht auch auf dem Plan“, sagt Waser, der einen Drachenscheine besitzt und Ski- und Rollschuhlaufen kann. Momentan beschränkt er sich auf wenige Minuten Trampolinspringen im eigenen Haus – natürlich zu Musik: „Da bringe ich binnen kürzester Zeit meinen Puls einmal am Tag gezielt auf 130. Das ist gesund und schont die Gelenke.“ Dabei hat er auch sein langfristiges Ziel im Kopf: Als 100-Jähriger will er nämlich eine große Geburtstagsparty schmeißen, bei der er die Musik auswählt und tanzt: „Notfalls auch mithilfe eines Exoskeletts“, sagt Rainer Waser und lächelt. Zuzutrauen ist es ihm.

KATJA LÜERS

Neuromorphes Computing: So effizient werden wie das Gehirn

Mehr Leistung, weniger Energieverbrauch – so stellen sich Forscher:innen den Computer der Zukunft vor. Ermöglichen soll das eine neue Art von Rechnern: die neuromorphen Computer. Kernstück sind sogenannte memresistive Bauteile, die nach dem Vorbild des menschlichen Gehirns arbeiten.

Unser Gehirn benötigt für bestimmte Aufgaben, etwa das Erkennen von Mustern und Sprache, nur rund ein zehntausendstel der Energie, die ein herkömmlicher Rechner dabei verbraucht. Einer der Gründe: In den Computern sind Speicher und Prozessor voneinander getrennt, es müssen ständig große Mengen an Daten hin- und hertransportiert werden. Das kostet Energie und bremst die Berechnungen aus. Anders im Gehirn: Dort wird direkt im Datenspeicher, den biologischen Synapsen, gerechnet. Memresistive Bauteile, zu deren Entwicklung Rainer Waser mit seinen



↑ Memristive Speicherbauelemente, auch Memristoren genannt, gelten als äußerst schnell, energiesparend und lassen sich sehr gut bis in den Nanometerbereich miniaturisieren.

Teams in Jülich und an der RWTH Aachen maßgeblich beigetragen hat, greifen dieses Prinzip auf. Sie können Informationen über einen einstellbaren Widerstandswert speichern und zugleich verarbeiten. Außerdem sind die Bauteile anschlussfähig an herkömmliche Mikroelektronik und lassen sich sehr gut bis in den Nanometerbereich miniaturisieren. Von entsprechenden neuromorphen Systemen könnten insbesondere Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen profitieren.

Im Projekt NEUROTEC, das Rainer Waser koordiniert, arbeiten die Partner an praxisorientierten Demonstratoren für KI-Anwendungen. Damit wollen sie zeigen, wie viel effizienter neuro-inspirierte KI sein wird. Das Projekt ist Ende 2021 in die zweite Phase gegangen und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung bis 2026 mit 36,5 Millionen Euro gefördert.



GEFÄLLT UNS

ONLINESPIEL BAC-MAN

Woher kommt der Schweißgeruch?

Wenn wir schwitzen, entsteht mitunter ein unangenehmer Körpergeruch. Den löst nicht der Schweiß selbst aus, sondern Bakterien sind dafür verantwortlich. Sie machen es sich in den Achselhöhlen gemütlich und zerlegen dort Moleküle aus dem Schweiß in kleinere Bausteine. Den Geruch dieser Bausteine empfinden manche als unangenehm. Forscher:innen der University of Oxford und der University of York untersuchen diese Vorgänge und haben die molekularen Mechanismen in Anlehnung an das bekannte Arcade-Spiel Pac Man aufbereitet: Als „Bac-Man“ geht es darum, Schweißmoleküle zu fressen und gegen andere Bakterien anzutreten.

- BOANDBEYOND.WEB.OX.AC.UK -

SCIENCE COMICS

Kunst trifft Wissenschaft

Abbildungen können helfen, komplexe Ideen und Forschungsergebnisse verständlich darzustellen. Auf eine besondere Art von Abbildungen setzen die Young Academy Fellows der Akademie der Wissenschaften in Hamburg: auf „Science Comics“! Die Fellows arbeiteten Hand in Hand mit Künstler:innen, um ihre Wissenschaft in gezeichnete Bilder zu übersetzen und zu Geschichten zusammenzufügen. Das Ergebnis? Ein ungewöhnliches und inspirierendes Erlebnis für alle Comic- und Wissenschaftsbegeisterten!

- AWHAMBURG.DE/WISSENSCHAFTSCOMICS.HTML -



EXPEDITIONS-BLOG

Mit PHILEAS hoch hinaus

Alltag in der Forschung bedeutet oft, Tage im Labor oder am Schreibtisch zu verbringen. Doch manchmal führt der Entdeckergeist Wissenschaftler:innen raus – auf Expedition in die freie Wildbahn oder in luftige Höhe, um neue Daten zu sammeln. Im Sommer 2023 war es für Jan Kaumanns so weit: In Alaska schickte der Jülicher Klimaforscher mit dem Forschungsflugzeug HALO Messgeräte in Höhen von bis zu 15 Kilometern, um im Auftrag der PHILEAS-Kampagne Treibhausgase und Aerosole aufzuspüren. Im Blog berichtet Kaumanns über die Flüge, über Messergebnisse, die man gar nicht finden wollte, atemberaubende Landschaften und über die eine oder andere Anekdote entlang des Weges.

- BLOGS.FZ-JUELICH.DE/CLIMATERESEARCH/CATEGORY/PHILEAS -

FORSCHUNG IN EINEM TRÖT

Was bringt das Gebäudeenergiegesetz?
Ein Webtool aus Jülich zeigt, wie sich
gesetzliche Vorgaben für Heizungen auf
die deutschen Klimaziele auswirken.



Deutschland will bis 2045 treibhausgasneutral sein. Dazu beitragen soll das Gebäudeenergiegesetz (GEG). Über Einzelheiten wie etwa die Austauschfristen für Öl- und Gasheizungen wurde monatelang kontrovers debattiert. Aus Sicht der Forscher:innen vom Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-3) reicht das GEG aber nicht aus, damit Deutschland seine Klimaziele erreicht. Mit ihrem Webtool können Bürger:innen selbst austesten, wie sich Maßnahmen und deren Veränderung auswirken.

heatingsystems.fz-juelich.de

Ab jetzt wird getrötet! Wir wechseln das Netzwerk:
Fortan bietet diese Seite Jülicher Forschung als Mastodon-„Tröt“.
social.fz-juelich.de