

Titel: AG Wernsdorfer

Künstlerische Darstellung eines Einzel-molekülmagneten mit zentralem Terbium-Atom (grün) und Diamant (rot) – quantenphysikalische Grundlagenforscher auf innovativen Wegen.



Deutsche Forschungsgemeinschaft
Förderatlas 2021
Kennzahlen zur öffentlich finanzierten Forschung in Deutschland

Festkörperphysik: Ein Quantum schneller | Neue Legislaturperiode und Bundesregierung: Worauf es ankommen wird | Immunologie: „Der Erfolg war kein Zufall“ | Forensische Psychiatrie: Antisozial, ein Leben lang | Moderne Fischortung: Ja, wo schwimmen sie denn? | Digitales Horten am Arbeitsplatz: Mehr Löschen wagen

Editorial

Katja Becker

Worauf es ankommen wird

2

Auch für die nächste Bundesregierung muss Wissenschaft höchste Priorität haben

Corona

Rembert Unterstell

„Der Erfolg war kein Zufall“

4

Im Gespräch mit dem Immunologen und Grundlagenforscher Marcus Altfeld

Coronavirus-Infektion durch Aerosole verhindern

7

Wissenschaftliches Positionspapier gibt Informationen auf breiter fachlicher Basis

Naturwissenschaften

Wolfgang Wernsdorfer und Philip Willke

Ein Quantum schneller

8

Neue Ansätze und experimentelle Plattformen aus der Festkörperphysik

Geistes- und Sozialwissenschaften

Boris Schiffer

Antisozial, ein Leben lang

14

Neurobiologische Hintergründe einer schwerwiegenden Persönlichkeitsstörung

Lebenswissenschaften

Robert Arlinghaus

Ja, wo schwimmen sie denn?

18

Wie moderne Ortungstechnologie dem Fischereimanagement hilft

Vorgestellt

„Ohne Viren kein Leben“

23

Ernst-Ludwig Winnacker erzählt aus der Perspektive seines Forscherlebens

Ingenieurwissenschaften

Ute Schmid und Cornelia Niessen

Mehr Löschen wagen

24

Ein interaktiv-lernendes Assistenzsystem zur Entfernung überflüssiger Daten vom PC

Querschnitt

Nachrichten und Berichte aus der DFG

28

Förderatlas 2021 +++ Gemeinsames Positionspapier von Wissenschaft und Wirtschaft +++ Virtuelle GAIN-Jahrestagung +++ Europa-Preisträger auch bei EUCYS erfolgreich +++ Aktuelle Bernd Rendel-Preise

Katja Becker

Worauf es ankommen wird

Wie die nächste Bundesregierung aussieht und wer ministerielle Verantwortung für Wissenschaft übernimmt, ist noch offen. Doch ihre wichtigste Aufgabe steht schon fest: Gerade die erkenntnisgeleitete Forschung muss weiter mit höchster Priorität versehen werden, damit sie ihre zentrale Rolle bei der Bewältigung globaler Herausforderungen wahrnehmen kann.

Als die Deutsche Forschungsgemeinschaft am 19. März 2018 in Berlin ihre damaligen Gottfried Wilhelm Leibniz-Preise verlieh, konnten wir dazu einen besonderen Gast aus der Politik begrüßen, für den dieser Termin ebenfalls etwas Besonderes war.

Die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Anja Karliczek, war an diesem Tag gerade eine knappe Woche im Amt. Zuvor war fast ein halbes Jahr seit der Bundestagswahl im September 2017 vergangen, ehe die neue Regierung gebildet worden war. Die Preisverleihung der DFG war deshalb für die Ministerin der erste größere öffentliche Termin im Kreise der Wissenschaft.

Nun wissen wir nicht, wie lange die Regierungsbildung nach der diesjährigen Bundestagswahl dauern wird. Und ebenso wenig lässt sich absehen, wer als für Wissenschaft und Forschung zuständige Bundesministerin oder zuständiger Bundesminister im März kommenden Jahres an der Verleihung der Leibniz-Preise 2022 teilnehmen wird, die wir so gerne wieder live und in Präsenz feiern wollen.

Die wichtigste Aufgabe der kommenden Jahre im Hinblick auf Wissenschaft und Forschung ist jedoch bereits jetzt klar zu benennen und kann gerade zu Beginn einer Regierungsbildung noch einmal nicht grundsätzlich genug benannt werden: Wissenschaft und Forschung müssen auch weiter mit höchster politischer Priorität versehen und instand gesetzt werden, ihre Schlüsselrolle bei der Bewältigung der großen Herausforderungen unserer Zeit einzunehmen und auszufüllen.

Mehr als vielleicht jemals zuvor hat sich in der Coronavirus-Pandemie gezeigt, wie wichtig Wissenschaft für die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft ist und wie viel sie im Dienste der Menschen leisten kann. Doch ihre kurzfristige Stärke hängt von ihren langfristigen Grundlagen und deren beständiger Stärkung ab. Dafür bedarf es auch in der neuen Legislaturperiode eindeutiger politischer Weichenstellungen.

Nötig ist mehr denn je eine weitsichtige Forschungspolitik, die Freiräume gerade für jene Forschung schafft, die ihre Wirksamkeit aktuell so eindrucksvoll demonstriert: eine vor allem erkenntnisgeleitete und zweckfreie Forschung, die Anwendungen möglich macht, ohne sie vorher versprechen zu müssen, und die jene Wissensspeicher generiert, die bei akut benötigten und oft nicht antizipierten und auch nicht antizipierbaren Forschungserfordernissen evidenzbasierte Lösungen bereitstellen können.

Diese ganz erhebliche Bedeutung der Wissenschaft – die für diese mit einer ebenso erheblichen Verantwortung einhergeht – muss sich auch künftig in langfristigen Investitionen widerspiegeln. Nur so wird es möglich sein, auch kommende, anders gelagerte Herausforderungen angehen zu können. Ein mögliches Ende der Coronavirus-Pandemie, die durch sie wegbrechenden Steuereinnahmen und die zu ihrer Lösung notwendig gewordene Neuverschuldung dürfen jedenfalls gerade keine Begründung dafür sein, sich mit Ausgaben für Wissenschaft in der kommenden Legislaturperiode zurückzuhalten.

Im Gegenteil: Die kontinuierlichen Budgetzuwächse über einen mehrjährigen Zeitraum hinweg und die damit verbundene Planungssicherheit für Wissenschaft und Forschung, wie sie sich auch und gerade in dem weltweit wohl einmaligen Pakt für Forschung und Innovation (PFI) manifestiert haben, sind auch weiter dringend notwendig. Sie sind eine der wesentlichen Grundlagen für die Stärke und internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als Wissenschaftsstandort und haben zuletzt auch die schnellen und flexiblen Reaktionen der deutschen Wissenschaftsorganisationen auf die Pandemie erst möglich gemacht.

Ein klares Bekenntnis einer neuen Bundesregierung und der sie tragenden Fraktionen zu diesen Weichenstellungen und Rahmenbedingungen – das ist aus Sicht der Wissenschaft und der DFG als größter Förderin der erkenntnisgeleiteten Forschung in Deutschland deshalb von größter Wichtigkeit.



Foto: DFG/Ausserhofer

Ein solches Bekenntnis wäre dann auch die Grundlage für die notwendigen konkreten politischen Initiativen auf jenen zentralen Handlungsfeldern, die die DFG bereits vor der Bundestagswahl in einem 13-Punkte-Impulspapier formuliert hat.

Ganz zentral ist hier die weitere Stärkung der Forschung an den Hochschulen, und zwar in ihrer gesamten thematischen Breite. Wesentlich dazu beitragen können eine bessere finanzielle Ausstattung in der nahenden zweiten Förderperiode der Exzellenzstrategie und bei der Programmpauschale. Beides wird für noch größere Wettbewerbsfähigkeit im weltweiten Wettbewerb sorgen.

Genauso intensiv in den Blick zu nehmen ist der tief greifende digitale Wandel in den Wissenschaften und ihren Infrastrukturen. Um ihn noch wirksamer zu gestalten, brauchen wir den Auf- und Ausbau „digitaler Expertise“ in allen Fächern und Disziplinen und die Entwicklung und Stärkung attraktiver digitaler Berufsbilder und Karrierewege. Auch auf dem immer wichtigeren Feld der Forschungsdaten sind politische Impulse wie etwa die Verstärkung der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NDFI) notwendig, ebenso beim Publikationswesen, wo etwa das neue Problem des globalen Datentrackings in der Wissenschaft auf die Agenda drängt.

Dringend erforderlich ist auch eine konsequente Stärkung der Universitätsmedizin in Deutschland, um die Fortschritte in der Medizin und in der translationalen Forschung noch besser nutzen zu können. Höchste Zeit ist es schließlich für eine weitere und mutige Stärkung

der Grundlagen für die internationale Zusammenarbeit in der Wissenschaft. Hier brauchen wir – endlich – auch eine kohärente und ressortübergreifende Strategie für eine Science Diplomacy, die ihren Namen verdient.

Für die Umsetzung dieser und weiterer notwendiger Impulse und Initiativen kommt es neben allem anderen ganz erheblich auf zwei Faktoren an: auf die Weitsicht und die Dialogbereitschaft der politischen Akteure. Dies gilt für die für Wissenschaft und Forschung Verantwortlichen in Parlament und Regierung, aber auch für Legislative und Exekutive insgesamt und nicht zuletzt für die Regierungsspitze. Die Wissenschaft in Deutschland und mit ihr die Gesellschaft haben in den zurückliegenden 16 Jahren in hohem Maße von einer Kanzlerin profitiert, die ihre Wurzeln in der Wissenschaft hatte und die dieser stets und auch auf ganz persönliche Weise zugewandt war.

Auch für die Zukunft setzen wir auf solche Zugewandtheit – und auf die Bereitschaft, die Expertise der Wissenschaft bei der Lösung politischer und gesellschaftlicher Herausforderungen zu suchen und zu nutzen. Und werden selbst diese Expertise verantwortungsvoll anbieten und einbringen.

Professorin Dr. Katja Becker

ist Präsidentin der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Download des Impulspapiers unter www.dfg.de/download/pdf/presse/20210505_pm_impulspapier_legislaturperiode.pdf

Rembert Unterstell



Foto: HPI/Gisela Köhler Fotodesign

„Der Erfolg war kein Zufall“

Für den Immunologen Marcus Altfeld hat die Pandemie gezeigt: Es braucht breit aufgestellte und geförderte Grundlagenforschung – und eine robuste Brücke zur Anwendung. Gespräch mit einem Mitglied der Pandemie-Kommission der DFG über geschlechtsspezifische COVID-Verläufe, die dritte Spritze und Momente von Preparedness.

forschung: Herr Professor Altfeld, wir führen dieses Interview Anfang Oktober. Auf der einen Seite fällt hier und dort die Maskenpflicht und stagniert die Zahl der SARS-CoV-2-Neuinfektionen, auf der anderen Seite befürchten Virologen einen „fulminanten Verlauf“ der vierten Coronawelle in Herbst und Winter. Gehören auch Sie zu den Warnern?

Altfeld: Ich mache mir aus mehreren Gründen Sorgen. Das eine ist die gegenwärtige Coronawelle, die regional sehr unterschiedlich verläuft und von der wir noch nicht wissen, ob es eine begrenzte vierte

Welle oder die erste Welle ist, die uns in die Winterwelle hineinbringt. Zugleich sind noch viele, viele Menschen nicht geimpft. Ich sehe auch eine Influenzawelle auf uns zukommen, sodass es mehrere Infektionswellen im Winter geben könnte. Wir müssen wachsam bleiben und weiterhin bereit sein, die Pandemie-Schutzmaßnahmen anzupassen.

Alle Experten unterstreichen, dass die Immunität der Bevölkerung der beste Schutz vor einer unkontrollierbaren Infektionsdynamik ist. Ist eine Herdenimmunität überhaupt noch erreichbar?

Es ist etwas traurig zu sehen, dass die Bereitschaft, sich impfen zu lassen, in der Bevölkerung abgenommen hat beziehungsweise jetzt stagniert. Die Frage ist, wie man Ungeimpfte ermutigen kann, sich doch noch impfen zu lassen, um sich selbst zu schützen, aber auch die Kinder, die noch keinen Zugang zu Impfungen haben. Vor dem Winter sieht es nicht danach aus, dass die Herdenimmunität noch erreicht werden könnte.

Mit der dritten, der sogenannten Auffrischungsimpfung, wird in den Bundesländern, aber auch im Ausland,

sehr unterschiedlich umgegangen. Wer braucht aus Ihrer immunologischen Sicht die dritte Spritze?

Ich würde da eine immunologische Sichtweise von einer ethischen Antwort unterscheiden. Neue Daten zeigen eindeutig, dass die immunologische Wirksamkeit der mRNA-Wirkstoffe über die Zeit nachlässt und der Schutz gegen eine Infektion abnimmt, und zwar in allen Altersgruppen. Der Schutz vor einem schweren Verlauf mit Krankenhausbehandlung bleibt anscheinend zunächst erhalten, insbesondere bei Jüngeren. Es ist daher aus meiner Einschätzung für die über 60-Jährigen immunologisch sinnvoll, fünf bis sechs Monate nach der zweiten Impfung eine dritte Impfung zu erhalten; das Gleiche gilt für immungeschwächte und vorerkrankte Menschen.

Auf der anderen Seite würde eine weitere, dritte Massenimpfung in Europa, Israel und Nordamerika die Impffortschritte in Afrika und Asien weiter verzögern. Das ist ein großes ethisches Problem. Viele haben dort nicht einmal eine erste Impfung bekommen. Die Pandemie könnte sich dort unkontrolliert weiter ausbreiten, auch neue, noch gefährlichere Virusvarianten könnten entstehen.

Aus Ihrer Expertise als experimenteller Immunologe heraus weisen Sie darauf hin, dass COVID-19-Infektionen bei Männern und Frauen unterschiedlich verlaufen – Männer haben ein weitaus größeres Risiko, auf der Intensivstation zu landen, ja sogar an COVID-19 zu sterben als Frauen. Was ist der evidenzbasierte Befund?

Die Beobachtung, dass bei Männern die Hospitalisierungsrate höher und auch das Sterberisiko größer ist, basiert auf Vergleichsdaten, greifbar auf der Plattform

Global Health 50/50 (<https://globalhealth5050.org>), die seit einigen Jahren versucht, geschlechtsspezifische Verläufe von Krankheiten zu dokumentieren. Von Land zu Land variierend, aber mit gleichem epidemiologischen Trend: Männer erkranken häufiger schwer an COVID-19. Der Faktor liegt zwischen 1,3 und 1,7.

Worauf gründen die geschlechtsspezifischen Verläufe?

Unterschiedliche Krankheitsverläufe bei Männern und Frauen kennen wir aus der HIV-Erkrankung, aus der Influenza und anderen Infektionskrankheiten. Zur Erklärung gilt es drei Faktoren zu unterscheiden: die Unterschiede im Verhalten zwischen den Geschlechtern, die Rolle der Sexualhormone und die der Gene auf den X-Chromosomen. Sehr vereinfachend gesprochen ist biologisch bekannt, dass Testosteron das Immunsystem und die Immunantwort eher schwächt, während Östrogen die Immunantwort fördert. Klinisch zeigt sich das bei Autoimmunkrankheiten, etwa Multiple Sklerose, die weitaus häufiger bei Frauen als Männern auftreten. Das Immunsystem von Frauen

kann virale Infektionskrankheiten, darunter auch SARS-CoV-2, besser kontrollieren. Eine wichtige Rolle spielen darüber hinaus die Gene, die auf den X-Chromosomen liegen. Frauen haben bekanntlich zwei X-Chromosomen, Männer eins. Das übersetzt sich über spezielle Immunrezeptoren in die Fähigkeit, auf RNA-Viren mit Type-I-Interferonen zu antworten und die Infektion schneller zu kontrollieren.

Diese Zusammenhänge werden wahrscheinlich auch Gegenstand der 2021 eingerichteten und von Ihnen koordinierten Forschungsgruppe „Geschlechtsspezifische Unterschiede in Immunantworten“ sein?

Wir möchten in der Tat die molekularen Mechanismen untersuchen und verstehen, warum sich die Immunantworten bei Frauen und Männern unterscheiden. Die einzelnen Arbeitsgruppen untersuchen verschiedene Systeme wie Autoimmunerkrankungen, Infektionskrankheiten oder Impfantworten. Die grundlegende Hypothese ist, dass es in diesen unterschiedlichen Erkrankungen dieselben molekularen Mechanismen sind, die für die geschlechtsspezifischen

Dr. med. Marcus Altfeld ...

... ist seit 2017 Professor für Immunologie und Direktor des Instituts für Immunologie am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE). Am Hamburger Leibniz-Institut für Experimentelle Virologie leitet er seit 2013 eine Abteilung, die die menschlichen Immunantworten zum Schutz gegen Viren erforscht. Zuvor lehrte und forschte er an der Harvard Medical School.

Als Grundlagenforscher wurde er mehrfach ausgezeichnet, zuletzt 2020 mit einem ERC Advanced Grant. Er ist unter anderem Sprecher der DFG-Forschungsgruppe „Geschlechtsspezifische Unterschiede in Immunantworten“ und Mitglied der DFG-Kommission für Pandemieforschung.

www.hpi-hamburg.de/de/forschungseinheiten/abteilungen/virus-immunologie



Krankheitsverläufe verantwortlich sind. Der steuernde Einfluss der Sexualhormone und die Rolle der Gene auf dem X-Chromosom werden systematisch in allen Systemen untersucht.

Was ist das Neue an den geplanten Forschungsarbeiten?

Die unterschiedlichen Krankheitsverläufe bei Frauen und Männern sind in der Vergangenheit viel beschrieben worden – aber die grundlegenden Mechanismen dafür sind nicht verstanden. Die müssen wir auf molekularer Ebene verstehen, um über das Verständnis der Signalwege und -kaskaden im Immunsystem neue Therapieansätze entwickeln zu können.

Mitte November werden alle von der DFG-Geförderten mit der DFG-Kommission für Pandemieforschung zusammenkommen – Sie gehören zum wissenschaftlichen Vorbereitungsteam –,

um bisherige Forschungsbilanzen zu diskutieren, aber auch auf Forschungsbedarfe zu schauen. Ohne der Konferenz etwas vorwegnehmen zu wollen: Wo liegt exemplarisch aus der Sicht Ihres Faches der vorrangige Forschungsbedarf?

Im Bereich der Immunologie geht es darum, besser zu verstehen, was die protektiven Immunantworten gegen SARS-CoV-2 ausmacht. Wie kann das immunologische Verständnis dazu beitragen, dass Impfstoffe breite, lang anhaltende Antikörperantworten induzieren können und der Schutz nicht nach fünf, sechs Monaten wieder abzusinken beginnt. Der andere, auch gesellschaftlich wichtige Bereich ist Long Covid. Dabei fehlt ein gutes Verständnis dafür, welche Rolle das Immunsystem bei diesem Syndrom spielt. Hier können wir noch sehr viel lernen.

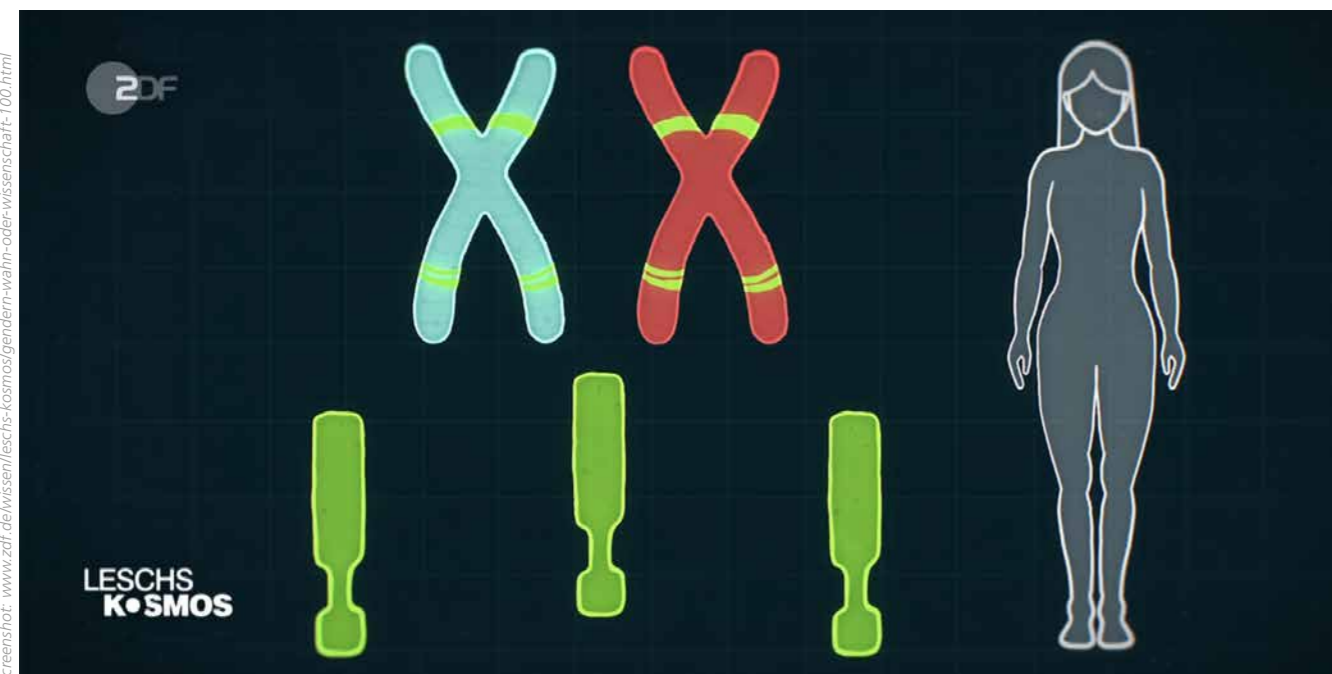
Viel wird über Lehren aus der Pandemiebewältigung gesprochen und noch

mehr über „Preparedness“. Worauf wird es ankommen?

Preparedness heißt für mich, vorbereitet auf etwas zu sein, das man noch nicht kennt oder kennen kann. Dass ist die Herausforderung. Wir haben in dieser Pandemie gesehen, dass innerhalb kürzester Zeit hochwirksame Impfstoffe auf Grundlage der mRNA-Technologie gefunden wurden. Diese Erfolge waren nur möglich, weil es über Jahrzehnte zuvor mRNA-bezogene Grundlagenforschung gab. Der Erfolg war kein Zufall, und er zeigt als Beispiel, wie extrem wichtig es ist, Grundlagenforschung breit aufzustellen und zu fördern. Die Brücke zwischen Grundlagenforschern und Anwendern muss noch breiter und robuster werden, das gehört für mich zur Preparedness.

Wenn man über die medizinisch-grundlagengestützte Preparedness hinausblickt: Die WHO hat, unterstützt von

Vorgestellt in LESCHS KOSMOS: Für das Aufspüren von RNA-Viren ist der „Toll-like-Rezeptor“ (TLR7; im Bild grün) auf dem X-Chromosom unverzichtbar. Dank des zweiten X-Chromosoms gibt es bei der Frau mehr Rezeptoren und Immunantworten auf Viren als beim Mann.



der Bundesregierung, Anfang Oktober in Berlin einen „Hub for Pandemic and Epidemic Intelligence“ eröffnet, der helfen soll, schneller auf neue Erreger zu reagieren. Kann das ein Element von Preparedness sein?

Kommunikation und Kommunikationsstrukturen sind sicher ein ganz wichtiger Faktor. Je schneller der Austausch auch auf internationaler Ebene verläuft, Informationen fließen und Daten ausgetauscht werden – umso besser. Das hat diese Pandemie gezeigt. Die Initiative der deutschen Politik und der WHO, einen Kommunikationshub zu etablieren, begrüße ich. Es ist ein Aspekt der Preparedness.

Man sollte im Rückblick auf eineinhalb Jahre Pandemie allerdings nicht vergessen: Die Pandemieerfahrung war für alle neu, manche wissenschaftlichen Einschätzungen und Vorhersagen, die öffentlich kommuniziert wurden, haben sich als falsch oder



Moderne Laborarbeit ist nicht nur in Pandemiezeiten eine arbeitsteilige Aufgabe, die sich auch der Möglichkeiten kollaborativen Arbeitens am Bildschirm bedient.

Foto: Adobe Stock

revisionsbedürftig herausgestellt. Dabei ließ sich vieles gar nicht vorhersagen, dass zum Beispiel die Delta-Variante kam und so viel infektiöser war, dass Impfdurchbrüche schneller kamen als erwartet. Wir haben als Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nicht nur

fachbezogen während der Pandemie viel gelernt, viele haben auch in ihrer Kommunikation mit und durch die Medien viel gelernt.

Vielen Dank für das Gespräch!

Interview: Dr. Rembert Unterstell,
Chef vom Dienst der „forschung“.

Coronavirus-Infektion durch Aerosole verhindern

Wissenschaftliches Positionspapier gibt Informationen auf breiter fachlicher Basis

Der bisherige Verlauf der COVID-19-Pandemie hat gezeigt: Aerosole tragen erheblich zum Infektionsgeschehen bei – und ihre Abwehr kann ein Wiederanstiegen der Infektionszahlen maßgeblich reduzieren. Die Frage nach wirksamen Schutzmaßnahmen wird sich in den Herbst- und Wintermonaten akut stellen.

Vor diesem Hintergrund informiert ein wissenschaftliches Positionspapier zusammenfassend über die Erkenntnisse zur Ausbreitung von SARS-CoV-2-Viren durch Aerosole. Das Papier ist auf Anregung der interdisziplinären Kommission für Pandemieforschung

der DFG entstanden und will auf breit abgestimmter fachlicher Basis zu mehr Informationssicherheit beitragen und konkrete Hinweise zum Schutz vor Infektionen geben.

Ausgangspunkt des Papiers und zugleich zentral für die Frage nach Infektionsgefahren und Schutzmaßnahmen ist die Unterscheidung zwischen direkten Infektionen von Mensch zu Mensch, etwa beim Sprechen über kurze Distanz, und indirekten Infektionen durch Anreicherung infektiöser Aerosolpartikel in Innenräumen. Innerhalb geschlossener Räume kann es sowohl zu direkten als auch zu in-

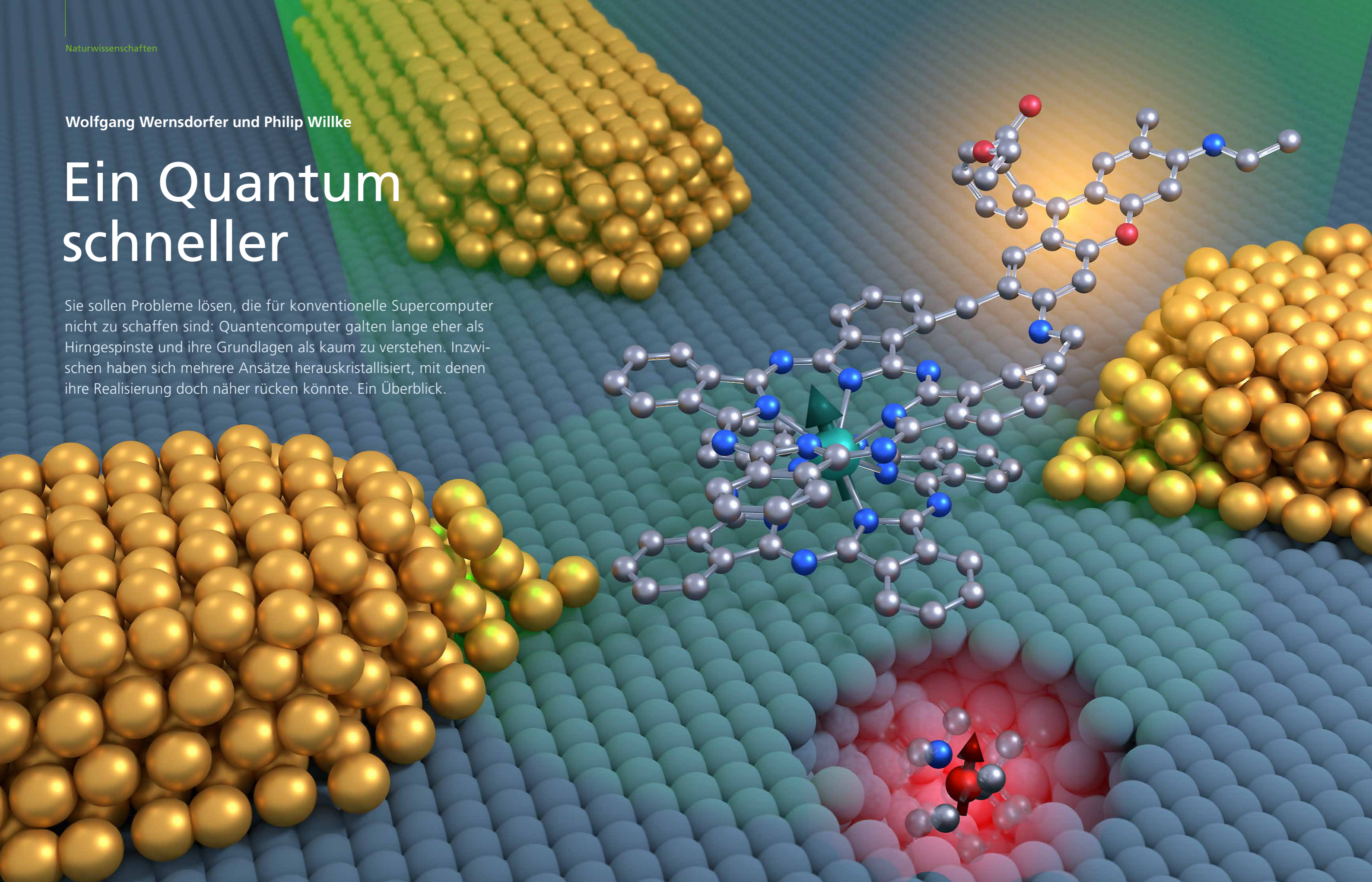
direkten Infektionen kommen, außerhalb praktisch nur zu direkten. Daher sind in Innenräumen umfassendere Vorkehrungen erforderlich. Den besten Schutz, so das Fazit des Positionspapiers, bietet dabei immer die Kombination aus Maßnahmen zur Verhinderung von direkten Infektionen, also Kontaktvermeidung, Abstandsregeln, Masken und Schutzwände, sowie Maßnahmen zur Verhinderung von indirekten Infektionen, also Lüften, raumluftechnische Anlagen, effiziente mobile Raumlufreiniger und geeignete Masken.

www.dfg.de/pm/2021_34

Wolfgang Wernsdorfer und Philip Willke

Ein Quantum schneller

Sie sollen Probleme lösen, die für konventionelle Supercomputer nicht zu schaffen sind: Quantencomputer galten lange eher als Hirngespinnste und ihre Grundlagen als kaum zu verstehen. Inzwischen haben sich mehrere Ansätze herauskristallisiert, mit denen ihre Realisierung doch näher rücken könnte. Ein Überblick.



Ich denke, ich kann mit Sicherheit sagen, dass niemand die Quantenmechanik versteht.“ So kurz und bündig beurteilte Richard Feynman, der US-amerikanische Physiker und Physik-Nobelpreisträger des Jahres 1965, schon vor über 50 Jahren die Theorie, die unsere Welt auf der Nanometer-Skala beschreibt. In dieser Welt, in der Atome und Elektronen, Moleküle und Lichtteilchen das Sagen haben, sind die Gesetze der Physik ganz anders, als wir es aus unserem Alltag gewohnt sind.

Nichtsdestotrotz erlaubte eben diese Quantenphysik, obgleich schwer

verständlich, neue Technologien zu entwickeln, wenn man nur strikt ihren Gesetzen folgt. Dies ebnete den Entwicklungsweg zum Transistor, zum Laser und nachfolgend auch zu Computern, Mobiltelefonen und dem Internet. Heute, fast 100 Jahre nach Entdeckung der Quantenmechanik, sind Wissenschaftler in der Lage, quantenmechanische Effekte noch intensiver und kontrollierter zu nutzen. In dieser sogenannten „zweiten Quantenrevolution“ können die seltsamen Effekte der Quantenphysik helfen, neue Technologien

in den Bereichen Informationsverarbeitung, Sensorik oder Kommunikation voranzutreiben.

Im Bereich der Informationsverarbeitung wird von einem Quantencomputer geträumt. Er würde im Gegensatz zu einem konventionellen Computer auf den Gesetzen der Quantenmechanik basieren und diese geschickt nutzen. Das Funktionsprinzip eines Quantencomputers basiert auf Qubits (kurz für Quantenbits) anstelle von Bits. Während ein Bit in einem gewöhnlichen Computer nur zwei Zustände annehmen kann (0 und 1, aus und an), kann ein Qubit in beiden Zuständen gleichzeitig sein, mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit.

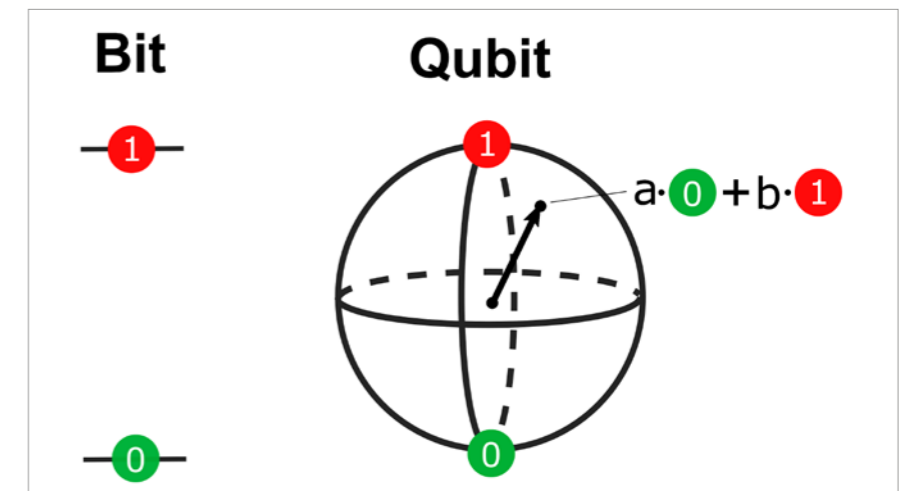
Dies basiert auf dem Quantenphänomen der Superposition, auf gut Deutsch: Überlagerung. Darüber hinaus können Qubits miteinander verschränkt werden. Das Phänomen der Verschränkung, das Albert Einstein als „spukhafte Fernwirkung“ bezeichnete, beschreibt einen Prozess, in dem zwei Qubits miteinander „verkuppelt“ werden. Denn hiernach sind sie – ähnlich wie ein alteingesessenes Ehepaar – nicht mehr unabhängig voneinander, und der Versuch, den einen zu messen, beeinflusst automatisch den anderen. Superposition und Verschränkung sind zwei der Grundzutaten für einen Quantencomputer. Dank Superposition wird das Rechnen mit mehreren Eingabewerten möglich und erlaubt es, mehrere Lösungen gleichzeitig zu testen. Dieser Quantenparallelismus funktioniert, da zudem durch geschickte Algorithmen richtige Lösungen verstärkt und falsche ausgelöscht werden.

Theoretisch gibt es bereits seit gut zwei Jahrzehnten Algorithmen für einen Quantencomputer. Doch was macht den Bau so her-

ausfordernd? Nun, einerseits sind Quantenzustände sehr instabil und kurzlebig. Dieses Phänomen ist als Dekohärenz bekannt. Es resultiert aus jeder kleinsten Wechselwirkung der Qubits mit ihrer Umgebung, die die Quantenzustände (zer-)stören kann. Andererseits ist das Manipulieren, Auslesen und Verschränken von Qubits technisch anspruchsvoll, da auch hierbei der Quantenzustand nicht gestört werden darf.

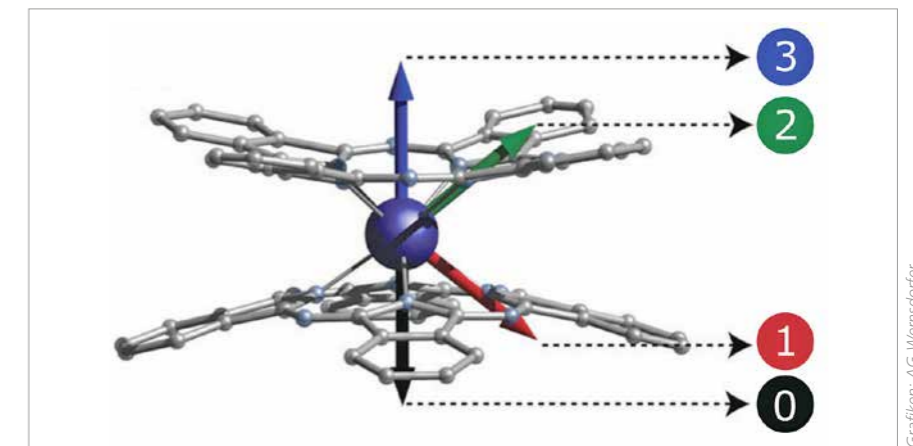
Trotz dieser Schwierigkeiten haben sich in den vergangenen Jahren einige Plattformen herauskristallisiert, die helfen könnten, einen Quantencomputer zu realisieren. Die vermutlich bekannteste Plattform basiert hier auf supraleitenden (widerstandsfreien) Stromschleifen, sogenannten Superconducting Qubits. Diese werden bereits kommerziell vertrieben, zum Beispiel von Firmen wie IBM und der kanadischen Firma D-Wave. Auch wenn sowohl die Anzahl der Qubits (momentan um die 50) als auch ihre Vernetzung noch in den Kinderschuhen stecken, können diese Computer bereits als Spielwiesen dienen, um erste Anwendungen zu testen. In der Tat hat Google 2019 ein Problem mit einem Quantencomputer gelöst, das für einen normalen Supercomputer in realistischer Zeit nicht zu schaffen gewesen wäre. Allerdings handelte es sich hierbei um ein quasi eigens für einen Quantencomputer designedes Problem – ohne irgendeinen praktischen Nutzen.

Bevor ein Quantencomputer echte und relevante Probleme lösen kann, könnte es also noch einige Zeit dauern. Zwar wird ein Quantencomputer wahrscheinlich nicht in unserem Alltag zum Einsatz kommen, er verspricht aber in sehr speziellen und kom-



Oben: Bit und Qubit: Während ein Bit nur zwei diskrete Zustände annehmen kann, erlauben Qubits eine kontinuierliche Überlagerung der Quantenzustände „0“ und „1“ mit einstellbaren Amplituden a und b und Phasenbeziehung zueinander.

Unten: Aufbau eines Terbium-Bisphthalocyanin-Moleküls. Das zentrale Atom ist Terbium, das zur Klasse der seltenen Erden gehört und magnetische Eigenschaften besitzt. Die Pfeile zeigen die vier möglichen Orientierungen des Terbium-Kernspins.



Grafiken: AG Wernsdorfer

Ein Helium3/Helium4-Mischungskryostat Typ „Sionludi“, entwickelt am KIT und am Institut Néel in Grenoble. Diese kompakten Kryostaten können in nur wenigen Stunden auf Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt von $-273,15^\circ$ Celsius herabgekühlt werden.

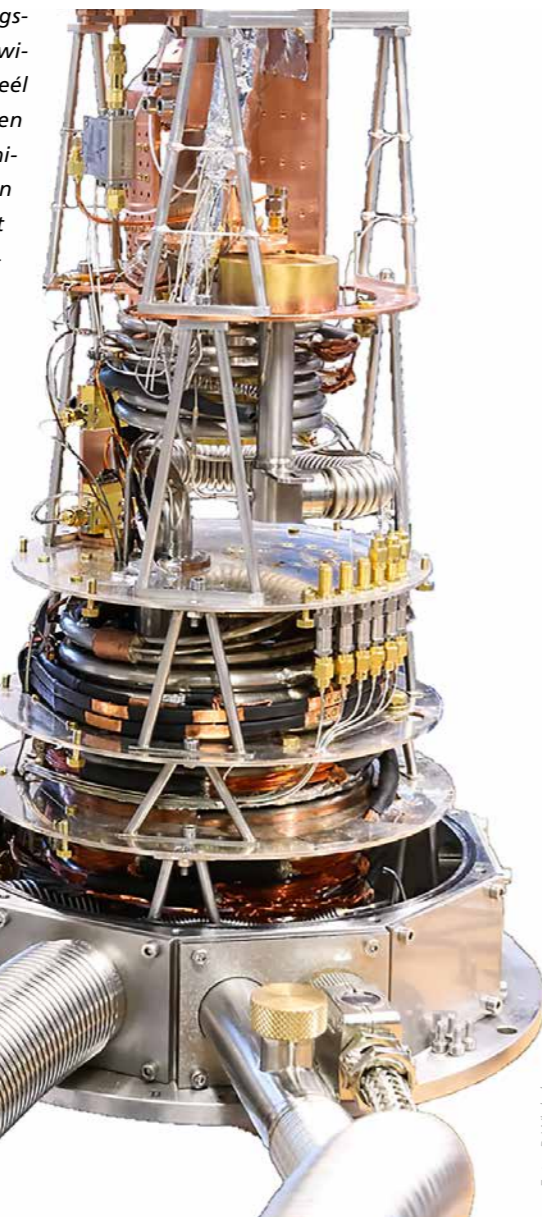


Foto: P. Winkel

plexen Fragestellungen bedeutend schneller zu sein als konventionelle Computer. Wahrscheinliche Anwendungen liegen hier in Optimierungsproblemen, zum Beispiel von Routenplanungen. Aber sie könnten auch in der Entwicklung von neuen Medikamenten und Funktionsmaterialien zum Einsatz kommen. Hierbei ist entscheidend, dass diese Systeme selbst auf Quantenmechanik basieren und daher deren Simulation mithilfe eines Quantencomputers natürlicher

ist als mit einem konventionellen Computer – ganz nach dem Motto „Gleiches mit Gleichem“.

Neben den Superconducting Qubits gibt es aber auch noch andere Konzepte für einen Quantencomputer, zum Beispiel basierend auf atomaren Defekten in Halbleitern oder auf Ionenfallen, in denen einzelne ionisierte Atome durch elektrische Fallen „eingefangen“ werden und als Qubits dienen. Der Wettbewerb unterschiedlicher Tech-

nologien wird verständlich, wenn man an die Anfänge des Computerzeitalters zurückdenkt. Hier kamen zunächst elektromagnetische Relais oder Elektronenröhren zum Einsatz, bevor sie später von Transistoren und Mikrochips abgelöst wurden. Wie sie könnten auch bestehende Quantentechnologien trotz allem in einer Sackgasse enden, zum Beispiel weil sie zu groß und sperrig sind oder einfach zu langsam arbeiten.

Daher ist es im Moment sehr wichtig zu erforschen, welche Plattformen langfristig die besten Qubits stellen, die auch auf große Zahlen skaliert werden können. In unserer Arbeitsgruppe untersuchen wir daher alternative Konzepte von Qubits basierend auf einzelnen Molekülen. Bei diesen sind die Quantenzustände in ihrer magnetischen Orientierung kodiert, dem sogenannten Spin. Um den Spinzustand

dieser Moleküle vor der oben genannten Dekohärenz zu schützen, werden die Experimente bei sehr tiefen Temperaturen durchgeführt, nahe dem absoluten Temperaturnullpunkt ($-273,15^\circ$ Celsius).

Hierdurch werden die Quantenzustände vor einer Wechselwirkung mit der Umgebung, hervorgerufen durch thermische Anregungen, geschützt. Für dieses Ziel werden selbst entwickelte Kryostate genutzt, die die Moleküle schnell auf diese ultratiefen Temperaturen herabkühlen. Um die Wechselwirkung der molekularen magnetischen Zustände mit der Außenwelt weiter zu reduzieren, werden diese in mehreren Schritten entkoppelt. Die eigentlichen Qubits werden von den Kernspins in einem zentralen magnetischen Atom des Moleküls gebildet. Diese werden indirekt über zwei Elektro-

nenspins ausgelesen. Man kann sich dies wie verschachtelte Matroschkapuppen vorstellen, bei denen die innerste Puppe durch die anderen vor der Umgebung geschützt ist. Dadurch sind diese magnetischen Qubits sehr langlebig und können über einige Minuten am Leben erhalten bleiben. Das ist derzeit im Vergleich zu anderen Qubits ein stolzes Alter.

Qubits auf Basis von einzelnen Molekülen bieten noch einige weitere Vorteile zu anderen etablierten Systemen. Dies ist zum einen ihre Größe, die mit ungefähr einem Quadratnanometer pro Qubit deutlich kleiner ist als zum Beispiel Qubits auf Basis von supraleitenden Schaltkreisen. Zum anderen können in einem Kernspin oft sogar mehr als zwei Zustände genutzt werden. Bis jetzt konnten in einem Molekül bis zu vier Spinzustände

Ein Kupferhohlleiter mit drei supra-

leitenden Schaltkreisen, die als Qubits dienen können. In den Studien am Karlsruher Institut für Technologie wird versucht, diese mit Einzelmolekülmagneten zu koppeln.



Foto: P. Winkel



Optischer Aufbau eines Lasersystems. Dieses wird eingesetzt, um Quantenzustände basierend auf Störstellen in Diamant auszulesen.

kontrolliert werden. Dies scheint nicht viel mehr zu sein als die üblichen zwei, wächst jedoch exponentiell schneller an, wenn mehrere dieser höherdimensionalen Qubits verschränkt werden.

Prinzipiell ist die Skalierung molekularer Spin-Qubits kein Problem. Unsere Kollegen aus der Chemie sind hier schon sehr weit und können noch viel größere Qubit-Systeme herstellen und diese auf spezielle Bedürfnisse maßschneidern. Das Problem ist hingegen, dass die Quantenprozessoren so klein sind, dass es eine große Herausforderung ist, mehrere Spins einzeln zu steuern und auszulesen. Um dies zu erreichen, wird eine ganze Reihe an Methoden mit den molekularen Quantenprozessoren kombiniert, inklusive anderer Qubit-Systeme. In diesen Hybridsystemen können die einzelnen magnetischen Moleküle mit anderen Qubit-Systemen gekoppelt und ausgelesen werden.

Dies sind beispielsweise die erwähnten supraleitenden Qubits, aber auch atomare Störstellen in Diamant, die es unter anderem erlauben, optisch, das heißt mit einem

Laser, ausgelesen zu werden. Eine weitere Hybridtechnologie benutzt Rastertunnelmikroskope. Diese erlauben es, Moleküle und Atome mit einer atomar scharfen Metallspitze direkt zu „sehen“ und gleichzeitig ihre Quantenzustände zu verändern. Einerseits kann die Hybridkopplung als Verstärker verwendet werden, um die Spinzustände des Moleküls effizient zu bestimmen und so ihre Wechselwirkung mit der Umgebung zu minimieren. Andererseits können unterschiedliche Qubit-Arten miteinander verschränkt werden, um neue Effekte zu untersuchen, die den Hybridsystemen eigen sind.

Ganz gleich, welches Qubit-System bei der Entwicklung eines funktionstüchtigen Quantencomputers am Ende das Rennen machen wird, es wird bis dahin noch eine Weile dauern. In der Zwischenzeit werden uns umgesetzte Quantentechnologien im Alltag wahrscheinlich schon auf anderen Gebieten begegnen, zum Beispiel bei neuen, empfindlicheren Sensoren oder Quantenuhren. Sicher

ist, dass die anwendungsorientierte Grundlagenforschung ein besseres Verständnis der zugrunde liegenden Physik und Quantenmechanik ermöglicht, und zwar bis hinunter auf die atomare Skala. Richard Feynman muss mit seiner Skepsis auf Dauer keineswegs recht behalten.



Professor Dr. Wolfgang Wernsdorfer

ist experimenteller Festkörperphysiker. Er forscht und lehrt am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und wurde 2016 mit einer Alexander von Humboldt-Professur und 2019 mit dem Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der DFG ausgezeichnet.

Dr. Philip Willke

ist ebenfalls experimenteller Festkörperphysiker am KIT. Seit 2020 leitet er hier eine Emmy Noether-Nachwuchsgruppe.

Adresse: Physikalisches Institut, Fakultät für Physik, Wolfgang-Gaede-Str. 1, 76131 Karlsruhe
Förderung im Gottfried Wilhelm Leibniz- und im Emmy Noether-Programm der DFG.

www.phi.kit.edu/wernsdorfer.php
www.atomholics.de



Boris Schiffer

Antisozial, ein Leben lang

Was läuft schief im Kopf von Menschen, die von Kindesbeinen an völlig empathielos und ohne jeden Skrupel andere schädigen, wenn es der Befriedigung der eigenen Bedürfnisse dient? Aktuelle Studien versuchen, die neurobiologischen Hintergründe dieser Persönlichkeitsstörung und des Tätertyps besser zu verstehen.

Die antisoziale Persönlichkeitsstörung, kurz ASPD, betrifft etwa 5 Prozent der männlichen und weniger als 1 Prozent der weiblichen Bevölkerung und zeichnet sich

durch ein überdauerndes Muster der Missachtung oder Verletzung der Rechte anderer Menschen aus. Ein niedriges moralisches Empfinden oder Gewissen ist oft offen-

sichtlich, ebenso wie eine kriminelle Vorgeschichte und impulsiv-aggressives Verhalten. Personen mit dieser Persönlichkeitsstörung nutzen andere zu ihrem eigenen Vorteil oder



Foto: Adobe Stock

Vergnügen aus. Sie manipulieren und täuschen, wobei sie dies auch durch Witz und eine Fassade aus oberflächlichem Charme kaschieren oder durch Einschüchterung und Gewalt ihre Ziele erreichen.

Es fehlt ihnen an Reue, und sie haben häufig eine gefühllose Haltung gegenüber jenen, denen sie Schaden zugefügt haben. Verantwortungslosigkeit ist ein weiteres Kernmerkmal dieser Störung: So bestehen oft erhebliche Schwierigkeiten, eine stabile Beschäftigung aufrechtzuerhalten und den bestehenden sozialen und finanziellen Verpflichtungen nachzukommen, wodurch sich auch die oft vorzufindenden ausbeuterischen oder parasitären Lebensweisen erklären lassen.

Wie alle Persönlichkeitsstörungen wird auch die antisoziale Persönlichkeitsstörung erst im Erwachsenenalter diagnostiziert, muss sich jedoch bis in das Jugendalter zurückverfolgen lassen. Anders als bei den übrigen Persönlichkeitsstörungen verlangen die Kriterien des international maßgeblichen „Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders“, DSM-5, für ASPD jedoch explizit zusätzlich, dass bereits vor dem 15. Lebensjahr eine Störung des Sozialverhaltens erkennbar gewesen sein muss. Diese bei etwa 10 Prozent aller Jungen und etwa 4 Prozent aller Mädchen auftretende Störung weist einige Parallelen zu den Merkmalen der ASPD auf; zum Beispiel zeigt sich bereits hier oft

Links: Aggressives und impulsives Verhalten, Gefühl- und Verantwortungslosigkeit gehören zur antisozialen Persönlichkeitsstörung. Sie wird im Erwachsenenalter diagnostiziert, aber bereits im Kindes- und Jugendalter sichtbar.



In der forensischen Psychiatrie werden psychisch kranke Straftäter behandelt. Blick in eine Zelle der Maßregelvollzugsklinik in Herne, wo auch der Autor dieses Beitrags tätig ist.

Foto: www.lwl-forensik-herne.de

impulsives und aggressives Verhalten sowie Gefühllosigkeit. Die Kinder beteiligen sich wiederholt an Kleinkriminalität wie Diebstahl oder Vandalismus oder geraten häufig in Streitigkeiten mit anderen Kindern und Erwachsenen. Von den Jugendlichen mit einer solchen Verhaltensstörung, bei denen im Übrigen auch die Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS) sowie der Missbrauch von Suchtmitteln weit verbreitet ist, werden etwa 25 bis 40 Prozent im Erwachsenenalter mit einer ASPD diagnostiziert.

Wenn sich die Persönlichkeitsentwicklung bis ins Erwachsenenalter fortsetzt, ist die Prognose sehr ungünstig und eine lebenslange kriminelle Karriere vorprogrammiert. Daher wird in diesem Zusammenhang auch häufig vom „life-course persistent offender“ gesprochen. Die ASPD gilt als eine der am schwierigsten zu behandelnden Persönlichkeitsstörungen. Aufgrund ihrer sehr geringen oder fehlenden Fähigkeit zur Reue sind Personen mit ASPD oft nicht aus-

reichend motiviert und übersehen die Kosten, die mit antisozialen Handlungen verbunden sind. Daher begeben sie sich in der Regel auch nicht freiwillig in Behandlung, sondern nur im Rahmen von entsprechenden Verurteilungen beziehungsweise unter gerichtlichen Auflagen und Weisungen.

Es gibt einige Forschungsarbeiten zur Behandlung von ASPD, die auf positive Ergebnisse therapeutischer Interventionen hindeuten. Anstatt zu versuchen, bei diesen Personen ein Gewissen zu entwickeln, was angesichts der Art der Erkrankung äußerst schwierig ist, konzentrieren sich die erfolgreichen therapeutischen Techniken auf rationale und utilitaristische Sichtweisen gegen die Wiederholung vergangener Fehler und den greifbaren, materiellen Wert von prosozialem Verhalten. Die impulsive und aggressive Natur von Menschen mit dieser Störung kann jedoch die Wirksamkeit behindern, wobei Medikamente hier unterstützend eingesetzt werden können. Spezifische und zugelassene

Medikamente zur Behandlung einer ASPD gibt es indes nicht.

Es wird generell davon ausgegangen, dass Persönlichkeitsstörungen durch eine Kombination und eine Interaktion von genetischen und Umwelteinflüssen verursacht werden. Die Forschung zu genetischen Dispositionen bei antisozialen Persönlichkeitsstörungen deutet darauf hin, dass ASPD eine gewisse oder sogar starke genetische Grundlage hat. Insbesondere für das MAO-A-Gen, das für Monoaminooxidase A kodiert und für den Abbau von Neurotransmittern wie Serotonin und Noradrenalin verantwortlich ist, haben verschiedene Studien zeigen können, dass Varianten dieses Gens, die dazu führen, dass weniger MAO-A produziert wird, mit aggressivem Verhalten bei Männern verbunden sind. Das gilt insbesondere für diejenigen, die negative oder traumatische Kindheitserfahrungen gemacht haben.

Darüber hinaus gibt es Hinweise auf strukturelle und funktionelle Veränderungen im Gehirn von Menschen mit ASPD, wie etwa eine verminderte Aktivität im präfrontalen Kortex, der an vielen exekutiven Funktionen beteiligt ist, etwa der Verhaltenshemmung, vorausplanendem Denken oder der Antizipation von Handlungsfolgen.

Die soziale und häusliche Umgebung scheint zur Entwicklung von antisozialen Verhalten beizutragen. So hat sich gezeigt, dass die Eltern dieser Kinder häufig selbst antisoziales Verhalten zeigen und insofern zumindest teilweise auch Modell-Lernen im Spiel sein könnte. Ein Mangel an elterlicher Stimulation und Zuneigung



Auf der Suche nach strukturellen Veränderungen und funktionalen Dysfunktionen im Gehirn von Menschen mit einer antisozialen Persönlichkeitsstörung: Studien mit bildgebenden Verfahren sollen helfen, die neuronalen Muster und Mechanismen aufzuklären.

während der frühen Entwicklung führt zu einer Sensibilisierung der Stressreaktionssysteme des Kindes. Das beeinflusst wiederum die Entwicklung des Gehirns negativ und verändert die Emotions- und Stressregulation, die Fähigkeit zur Bindung an andere Menschen und insgesamt die sogenannten sozial-kognitiven Funktionen. Zu Letzteren zählen die Fähigkeit, sich in die Situation anderer Menschen hineindenken zu können („theory of mind“), gezeigte Emotionen anderer richtig zu deuten („kognitive Empathie“), auch deren Emotionen bei sich selbst zu spüren („emotionale Empathie“)

sowie Mitgefühl („Compassion“) empfinden zu können.

Nach wie vor bestehen Unklarheiten hinsichtlich der verursachenden und aufrechterhaltenden Bedingungen der ASPD und dem häufig damit einhergehenden Tätertypus des „life-course persistent offenders“. Die Bochumer Forschungsgruppe verfolgt das Ziel, die zugrunde liegenden neurobiologischen Ursachen und Prozesse dieser Persönlichkeitsstörung beziehungsweise dieses Tätertypus zu erforschen und besser zu verstehen.

So konnte in einer Studie gezeigt werden, dass antisoziale Ge-

die mit kognitiven Prozessen (etwa die Nutzung von Gelerntem beziehungsweise Erfahrungswissen) verbunden sind.

Im Mittelpunkt einer aktuell laufenden Studie, die auch hirnstrukturelle, endokrinologische und (epi-)genetische Analysen umfasst, steht die Aufklärung der hirn-funktionellen Prozesse, die den offensichtlichen Dysfunktionen in sozial-kognitiven Prozessen zugrunde liegen. Dazu wurde mit dem sogenannten Bochumer Affective and Cognitive Empathy Test (BACET) ein neues Paradigma entwickelt. Mit diesem Test können sozial-kognitive Verarbeitungsprozesse umfassend erfasst und mit Blick auf Täter- versus Opferperspektive differenziert analysiert werden.

Eine weitere Besonderheit der Studie besteht im Vergleich der Tätergruppe mit zwei Kontrollgruppen, durch die der Einfluss zweier wesentlicher Einflussfaktoren kontrolliert wird, der die Interpretierbarkeit vieler bisheriger Studien stark einschränkt: Die Kontrolle des Faktors Substanzabhängigkeit beziehungsweise -missbrauch, der sich ebenfalls negativ auf sozial-kognitive Funktionen auswirkt, wird dadurch begegnet, dass die Straftätergruppe nicht nur mit einer gesunden und nicht straffälligen Kontrollgruppe, sondern auch mit einer Gruppe verglichen wird, die eine ähnliche Historie des schädlichen Konsums oder der Abhängigkeit von Alkohol und/oder Drogen aufweist.

Da Menschen mit ASPD einen gegenüber der Norm im Mittel um etwa 10 Punkte niedrigeren IQ aufweisen, wurden die beiden Kontrollgruppen auch hinsichtlich

ihrer intellektuellen Leistungsfähigkeit mit der Gruppe der Gewalttäter parallelisiert. Daraus ergibt sich hier eine beispiellose Möglichkeit, die sozial-kognitiven Funktionen relativ frei von Intelligenz- oder Suchteffekten zu analysieren und etwaige Dysfunktionen auch direkt mit dem Tätertypus beziehungsweise ASPD in Zusammenhang zu bringen. Die Rekrutierung dieser drei Gruppen war langwierig und schwierig.

Bei der Einschätzung des Nutzens ihrer Forschung gehen die Bochumer Wissenschaftler zwar nicht davon aus, dass sich die gewonnenen Erkenntnisse unmittelbar für die Entwicklung effizienterer Behandlungsmaßnahmen nutzen lassen. Doch sie könnten hilfreich sein, etwaige therapeutisch angestoßene Veränderungen messbar zu machen und für kriminalprognostische Zwecke zu nutzen. Denn nur, wenn Veränderungen auch neurobiologisch nachweisbar sind, sollten sie sich dauerhaft im Verhaltensrepertoire der Personen etablieren.



Professor Dr. Boris Schiffer

ist Direktor der Forschungsabteilung für Forensische Psychiatrie und Psychotherapie am LWL-Universitätsklinikum Bochum und der LWL-Maßregelvollzugsklinik Herne.

Adresse: LWL-Universitätsklinikum Bochum, c/o LWL-Maßregelvollzugsklinik Herne, Wilhelmstr. 120, 44649 Herne

DFG-Unterstützung im Rahmen der Einzelförderung.

<https://psychiatrie.lwl-uk-bochum.de/forschung-und-lehre/forschung/forschungsbereiche/forensische-psychiatrie>



Robert Arlinghaus

Ja, wo schwimmen sie denn?

Fische reagieren oft erstaunlich auf Umweltfaktoren wie etwa die Angelfischerei. Die Fischortung zeigt mit modernen Technologien, warum dies so ist – und liefert damit wichtige Erkenntnisse für die Verhaltensbiologie von Fischpopulationen und das Fischereimanagement.

Verhaltensforschung an Karpfen, Hechten oder Barschen unter natürlichen Bedingungen in Seen und Flüssen zu betreiben und das Verhalten von Fischpopulationen exakt zu messen, ist ein alter Wunsch, aber noch immer eine große Herausforderung. Denn während die satellitengesteuerte Fernerkundung die Analyse der terrestrischen Umwelt revolutioniert hat, gibt es keine entsprechenden, hochauflösten Methoden für die Unterwasserwelt. Die GPS-Technologie dringt leider nicht ins Wasser ein, und die Echolotung oder die Videoerhebung ist nur lokalisiert möglich. Mit ihr kann das Verhalten von mobilen Fischen in einem Fluss oder See oder gar im Ozean unmöglich im Detail verfolgt werden. Frühe Technologien zur Ortung von Fischen wie die Radiotelemetrie waren entweder sehr arbeitsaufwendig oder funktionierten nur im Süßwasser, da das Salzwasser die Radiowellen blockiert.

Die alternative Ultraschalltechnik erlaubt zwar das Orten im Salzwasser, war aber ganz überwiegend auf „Präsenz-Absenz-Analysen“ beschränkt, da es kaum möglich ist, den Ozean mit so vielen Unterwasserempfangsstationen auszustatten, dass das Leben der Fische hochauflöst beobachtbar wird. Kleinere Seen hingegen bieten die Möglichkeit, auf Basis moderner Ultraschallortung das Leben von Fischen auf

der Ökosystemebene abzubilden. Das Prinzip basiert auf der retrospektiven Analyse von Detektionen an möglichst vielen Empfangsstationen. Der Fisch trägt einen aktiven Ultraschallsender, der mit hoher Pulsrate (zum Beispiel alle 5–10 Sekunden) Ultraschallsignale (zum Beispiel auf der Frequenz 76 kHz) über mehrere Monate (oder sogar Jahre, je nach Batteriegröße) hinweg aussendet.

Im See werden netzwerkartig Empfangsstationen (Hydrophone) verteilt, die die entsprechenden Signale zusammen mit einem Zeitstempel speichern. Trägt das Signal weitere Informationen – etwa zur Wassertiefe des Fisches oder der Wassertemperatur während der Signalaussendung –, wird auch diese Information gespeichert. Das Ultraschallsignal wird von weiter entfernten Hydrophonen nur Millisekunden später empfangen. Aus diesen minimalen Zeitunterschieden der Signalankunft an exakt eingemessenen Hydrophonen lässt sich dann die genaue Position der Fische in sehr hoher Auflösung errechnen. Der Aufwand zur Installation, Pflege und Kalibrierung eines solchen Systems ist hoch, sodass Forschungsgewässer mit vollständiger Erfassung des Fischverhaltens weltweit weiterhin selten sind. Soweit bekannt, gibt es aktuell maximal fünf aktive Projekte auf dem Globus.

Ein entsprechendes System installierte auch die Berliner Arbeitsgruppe um Fischereiwissenschaftler Robert Arlinghaus bereits 2009 in einem See in Brandenburg – dieser See wurde zum Freilandaquarium, um auf der Ebene eines ganzen Ökosystems das Verhalten von Hecht und Co. besser und vor allem hochauflöster zu verstehen. Alle paar Monate wurden die Daten heruntergeladen, am Computer verarbeitet und in Fischpositionen mit sehr hoher raum-zeitlicher Auflösung umgewandelt. Ein Datenschatz!

Eine vergleichbare Technologie konnte das Forschungsteam, dieses Mal BMBF-gefördert, auch in Küstengebieten vor Mallorca einsetzen. Verglichen mit den herkömmlichen Telemetriemethoden, bei der jeder Fisch aufwendig und einzeln von Hand geortet werden musste, reduzierte sich der Arbeitsaufwand aber nicht. Er verlagerte sich lediglich von der Feldarbeit zur Computerarbeit. Denn jetzt geht es um Big Data mit mehreren Millionen Detektionen in kurzen Zeiträumen, die erst einmal beherrscht sein wollen. Insbesondere Ortungsfehler müssen eliminiert werden, und wenn ein Fisch in Wasserpflanzen oder Korallenriffe schwimmt, verschwin-

Nomen est omen: zwei „tolle Hechte“ (Esox Lucius) unter Wasser.





Zur Nachverfolgung bekommt der Fisch einen Ultraschallsender, der mit hoher Pulsrate (zum Beispiel alle 5–10 Sekunden) Ultraschallsignale (zum Beispiel auf der Frequenz 76 kHz) über mehrere Monate (oder sogar Jahre, je nach Batteriegröße) hinweg aussendet.

det auch sein Signal – mit diesen Datenlücken heißt es konstruktiv umzugehen. Dennoch erlaubt die neue Technologie nie dagewesene Einsichten und revolutioniert unser Verständnis vom Leben unter Wasser.

Ziel der Forschung in der Arbeitsgruppe für Integratives Fischereimanagement (IFishMan) an der Humboldt-Universität zu Berlin und am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) ist es, sowohl grundlagenwissenschaftliche Fragen zur Fischverhaltensbiologie unter Freilandbedingungen in natürlichen Gewässern als auch anwendungsorientierte Fragen für das praktische Fischereimanagement zu beantworten, beispielsweise wie Fische in ihrem Verhalten auf Umweltfaktoren reagieren. Einer dieser Umweltfaktoren ist die Fischerei, speziell

das Angeln, das die Arbeitsgruppe schon seit 20 Jahren interessiert.

In Deutschland gibt es 3–4 Millionen Angler, die in ihrer Freizeit auf die Fischpirsch gehen. Die meisten Seen und Flüsse werden hierzulande von Anglern genutzt. Viele Fische machen in ihrem Leben Bekanntschaft mit einem Angelhaken, wenn sie zum Beispiel als junger, unreifer Fisch geangelt und wieder zurückgesetzt werden. Aber nicht alle Fische, auch innerhalb einer Art, sind gleichermaßen gut fangbar. Die Angelei selektiert bestimmte Größenklassen und Verhaltenstypen von Fischen, und die Tiere lernen aus ihren Erfahrungen, den Angelhaken künftig zu vermeiden. Doch wie funktioniert dieser Prozess genau?

Für viele Gewässer gibt es keine verlässlichen Informationen darüber, wie viele Tiere erbeutet und für den Verzehr entnommen wer-

den. Dieses Wissen ist aber wichtig, um Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung ableiten zu können. Die moderne Fischortungstechnologie erlaubt in diesem Zusammenhang ungeahnte Einblicke in bisher verborgenes Verhalten mit (meist) überraschenden Erkenntnissen.

So ist zum Beispiel die Winterbiologie der meisten heimischen Fischarten kaum verstanden. Durch die moderne Fischortung konnten eine Reihe landläufiger Vorstellungen revidiert werden: So zeigte sich, dass Karpfen im Winter während des Tages aktiv in Schwärmen umherschwammen. Bisher ging man davon aus, dass Karpfen als wärmeliebende Fische in den kalten Monaten eine Art Winterstarre durchleben. Eine Studie wies nach, dass der Raubfisch Hecht im Winter nicht in die tiefen und damit wärmsten Gewässerareale zieht,

sondern stattdessen das Flachwasser als Lebensraum vorzieht.

Bei allen untersuchten Fischarten – Karpfen, Welse, Hechte, Barsche – konnte die Arbeitsgruppe überdauernde Verhaltensunterschiede feststellen, das heißt, einzelne Individuen unterschieden sich in Merkmalen wie Aktivität oder Exploration konsistent über das Jahr, und zwar trotz aller saisonalen Anpassungen an sich verändernde Temperaturen im Jahresverlauf. Damit konnten eindeutige Belege für die Existenz von Verhaltenstypen („Persönlichkeiten“) bei Fischen im Freiland gesammelt werden.

Neue Erkenntnisse winken da, wo Verhaltensdaten mit weiteren individuellen Daten kombiniert

werden, etwa in Bezug auf die Ernährung der Fische oder den Reproduktionserfolg. Hier setzt das Forschungsteam auf Methoden der stabilen Isotope oder auch genetische Methoden. Dabei zeigte sich, dass sich konsistent und bereits im Jugendalter aktivere Barsche auch als erwachsene Tiere anders ernährten und dass es einen engen Zusammenhang zwischen Verhaltensmerkmalen, Wachstum, Lebensgeschichte und Ernährung gibt.

Eine weitere, wiederum anwendungsorientierte Studie beschäftigte sich mit dem kontrovers diskutierten Anfüttern von Fischen durch Angler. Viele Angler, die Friedfische wie Brassen oder Karpfen nachstellen, setzen zur Steigerung des Fangerfolgs auf Futter. Damit sollen

die Tiere an die Angelstelle gelockt werden. Mithilfe des automatisierten Telemetriesystems in dem brandenburgischen Forschungssee zeigte sich, dass sowohl Karpfen als auch andere bodenorientierte Arten wie Schleien das neue Lockfutter sehr rasch annahmen und sich in der Folge regelmäßig an den Futterstellen zeigten – eine Art von Futter-induzierter Zählung trat ein.

Begleitende Angelexperimente stellten fest, dass gleichzeitig die Angelbarkeit rapide abnahm. Karpfen lernen sehr schnell, sich den Nachstellungen der Angler zu entziehen – ein Phänomen, das die Arbeitsgruppe „Angeln-induziertes Schüchternheitssyndrom“ nennt. Begleitende Laborarbeiten wiesen auch den Mechanismus aus: Die Karpfen

Netzwerkartig werden unter Wasser Empfangsstationen verteilt, die Signale mit einem Zeitstempel speichern. Weitere Informationen zur Wassertiefe oder -temperatur können ebenfalls aufgezeichnet werden.





Screenshot: DFG bewegt/www.youtube.com/watch?v=ifRTURfk7c

Um Einblicke in die Lebenswelt von Fischen zu vermitteln, können ganz unterschiedliche Medien und Kanäle nützlich sein. Communicator-Preisträger Robert Arlinghaus setzt abhängig von der Zielgruppe auch auf die Reize des Visuellen.

lernten, Köder mit und ohne Haken zu unterscheiden und spuckten die Köder mit Haken einfach wieder aus. Die Telemetriearbeiten im Freiland zeigten ferner, dass die Fische die Futterplätze aber nicht scheuten, wie viele Angler glaubten. Sie hielten sich weiter an den Futterplätzen mit besonders viel Nahrung auf, vermieden aber, gefangen zu werden.

Das Feld der Fischverhaltensforschung hat sich in den letzten Jahren dynamisch entwickelt. Es ist ein gutes Beispiel dafür, wie interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Forscherinnen und Forschern der Fischbiologie und Fischereiökologie, der Datenanalyse und Netzwerkforschung sowie Statistik und Elektroingenieurwissenschaft zu großen Wissenssprüngen im Verständnis dessen führen kann, was unter Wasser passiert. Dabei spielt die enge Verbindung von Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung eine große Rolle. Diese

Kombination ist nicht zuletzt wichtig, um neue Erkenntnisse schnell in die Anwendung zu bringen.

Von großer Bedeutung für bisherige und zukünftige Projekte ist zudem die internationale Zusammenarbeit. Bei vielen Projekten arbeiten mittlerweile diverse Gruppen in unterschiedlichen Ländern zusammen (z. B. European Tracking Network, Lake Telemetry Network), um die Daten aus verschiedenen Seen für eine angemessene Replikation zusammenzuführen. Erst dadurch werden die Ergebnisse generalisierbar.

Mit Blick auf die Forschungsförderung wäre es wünschenswert, wenn es mehr Programme zum Aufbau und zum Unterhalt der nötigen Forschungsinfrastruktur gäbe, da es kaum möglich ist, die aufwendige Technik im Rahmen von lediglich dreijährigen Projektzyklen aufzubauen und langfristig zu unterhalten. Denn nur durch eine Unterstützung der Arbeiten durch Techniker und teilweise erhebliche

Geräteinvestitionen ist es möglich, die umfangreichen Datensätze zu generieren, Fehler auszumerzen und die Daten für die Forschung nutzbar zu machen. Die Fischereiforschung könnte nachhaltig davon profitieren.



Professor Dr. Robert Arlinghaus forscht am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei und leitet als Professor das Fachgebiet Integratives Fischereimanagement der HU Berlin. Er ist Communicator-Preisträger 2020 von DFG und Stifterverband für die deutsche Wissenschaft.

Adresse: Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Abteilung für Biologie und Ökologie der Fische, Müggelseedamm 310, 12587 Berlin

DFG-Unterstützung in Projekten der Einzelförderung.

www.ifishman.de



„Ohne Viren kein Leben“

Ernst-Ludwig Winnacker, jüngst 80 Jahre alt geworden, erzählt aus der Perspektive seines Forscherlebens über die „Elemente zwischen belebter und unbelebter Natur“

Es ist durchaus nicht die Regel, sondern fast schon ein Glücksfall, wenn Autoren sich nicht nur für ihren Gegenstand interessieren, sondern in sich selbst einen Grund gefunden haben, warum sie über ihn schreiben. Dann nämlich kann jene Inspiriertheit entstehen, wenn es einem wirklich um etwas geht.

So verhält es sich bei Ernst-Ludwig Winnacker und seinem schmalen Buch „Mein Leben mit Viren“. Der Biochemiker, Gründer des Münchener Genzentrums, DFG-Präsident von 1998 bis 2006 und Impulsgeber der deutschen und europäischen Wissenschaftspolitik erzählt anlässlich seines 80. Geburtstags, der Ende Juli begangen werden konnte, „eine Geschichte von der Auseinandersetzung zwischen Viren und ihren Wirtszellen, von der Koexistenz, wenn nicht gar Intimität zwischen beiden“.

Doch Winnacker, unterstützt von Jeanne Rubner vom Bayerischen Rundfunk, erzählt eigentlich mehrere Geschichten über Viren, deren Vielfalt und Erforschung, und er fragt weiter und tiefer: „Was ist das Geheimnis dieser Nicht-Lebewesen? Wozu sind sie eigentlich gut und warum begleiten sie das Leben auf diesem Globus von den Anfängen bis in unsere Pandemietage?“ Antworten gibt er in acht Kapiteln, häufig mit persönlichen Erinnerungen und Begebenheiten beginnend, entlang der Stationen und aus



Foto: LMU/Michael Till

den Perspektiven seines Forscherlebens. Wer ihn kennt, meint ihn sprechen zu hören. Kein Lehrbuch mit umfangreichen Anmerkungen und Literaturhinweisen, sondern ein erzählendes Sachbuch für ein breites Publikum.

Und ein Vademecum im buchstäblichen Sinne, das sowohl die ambivalenten Eigenschaften der „Elemente zwischen belebter und unbelebter Natur“ – vom Marburgvirus über die Hongkonggrippe bis zu SARS-CoV-2 – als auch deren Nutzung durch Menschenhand vor Augen führt: Viren als Modellsysteme der Forschung, Grundlage für große Fortschritte in Molekularbiologie und Genetik – Impfungen inklusive. Viren als Furcht einflößende Krankheitserreger, als Urheber von Epidemien und Pandemien und womöglich als Träger von Biowaffen. Und Vi-

ren als Werkzeuge der Evolution und als Werkzeuge der Forschung. All das interessiert den Autor sein Leben lang.

„Viren sind und bleiben ein Teil unserer Existenz, ob wir es wahrhaben wollen oder nicht“, bilanziert Winnacker und findet für die Viruspanemie-Erfahrung unserer Tage eine geradezu emblematische Formel: „Es gibt ein v. C., ein Vor-Corona, ein m. C., ein Mit-Corona, und es wird ein n. C., eine Zeit nach Corona, geben.“

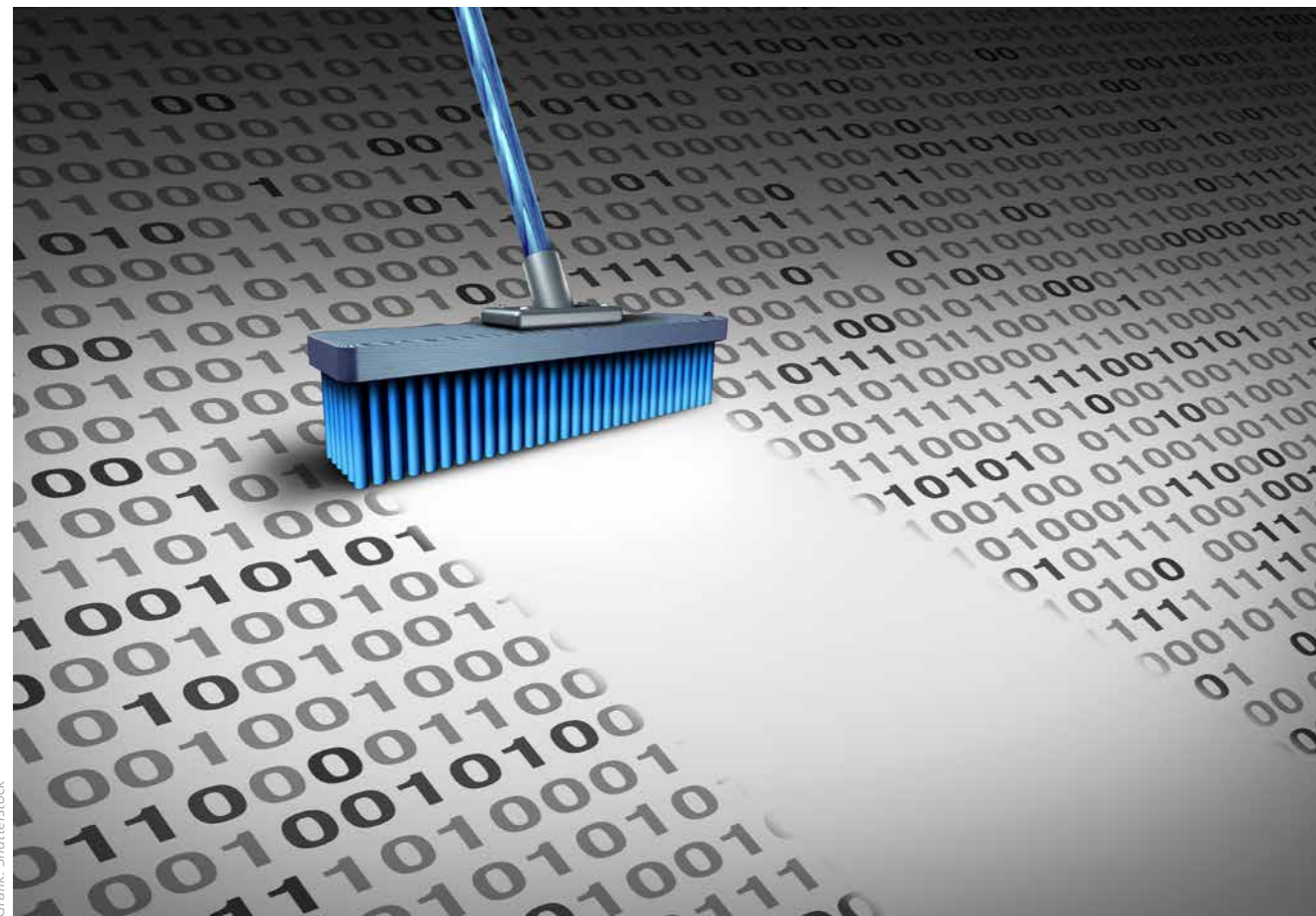
Rembert Unterstell



Ernst-Ludwig Winnacker: *Mein Leben mit Viren. Eine Forschungsgeschichte über die faszinierende Welt der Krankheitserreger.* S. Hirzel Verlag, Leipzig 2021, 192 Seiten, 25 €.

www.hirzel.de/sachbuch/titel/62252

Ute Schmid und Cornelia Niessen



Grafik: Shutterstock

Mehr Löschen wagen

Ausmisten angesichts der digitalen Vermüllung auf vielen Bildschirmen und Festplatten: Ein interaktiv-lernendes Assistenzsystem soll Menschen am Arbeitsplatz unterstützen, sich von irrelevanten Dateien zu trennen. Das kann auch emotional entlasten. Informatiker und Psychologen nutzen hierfür künstliche Intelligenz und machen sie zugleich alltagstauglich.

Wer kennt das nicht – man denkt an die Kisten auf dem Dachboden, die schon so lange aussortiert werden sollten oder an den Kleiderschrank mit alten Sachen, die schon Jahre nicht mehr getragen wurden. Viele Menschen kann solcher Ballast bedrücken – und viele fühlen sich besser, wenn sie einen Überblick behalten und wissen, was genau wo zu finden ist.

Aber das Ausmisten und Ordnung halten sind kognitiv und emotional anstrengende Aufgaben, die oft mit Unsicherheit verbunden sind. Will ich diesen Mantel wirklich nie mehr tragen? Könnte ich die leeren Marmeladengläser nicht doch noch mal brauchen? Alle Menschen haben mehr oder weniger Probleme mit dem systematischen Ausmisten. Menschen, die unfähig sind, solche

Entscheidungen zu treffen, leiden unter dem Messie-Syndrom.

In den letzten Jahren wird ein vergleichbares Phänomen in der digitalen Welt beobachtet – das „digital hoarding“, also das Anhäufen von digitalen Objekten wie E-Mails, Dateien und Fotografien. Wie bei materiellen Dingen können Menschen Probleme haben, digitale Objekte zu löschen. Die Entscheidung für oder gegen das

Löschen kann mit Angst verbunden sein, eine falsche Entscheidung zu treffen, die nicht mehr rückgängig gemacht werden kann. Erste Hinweise empirischer Art besagen, dass sich das Verhalten im Umgang mit digitalen Objekten zwischen Privatbereich und Arbeitskontext häufig unterscheidet.

Die Vermutung, dass gerade gewissenhafte und ängstliche Personen im Arbeitskontext Probleme haben, digitale Objekte zu löschen, bestätigt sich nicht durchweg. Eine „experience sampling“-Studie, durchgeführt im Arbeitsalltag, konnte zeigen, dass das Vermeiden des Löschens irrelevanter Dateien eher auf die kognitiven Fähigkeiten als auf Persönlichkeitseigenschaften zurückzuführen ist. Personen, die durch ihre kognitiven Fähigkeiten weniger durch irrelevante Informationen abgelenkt werden, sehen oft gar keine Notwendigkeit, irrelevante Dateien zu löschen, weil sie sich nicht von ihnen gestört fühlen.

Die Konsequenzen des digitalen Hortens sind vielfältig: Für einige Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer kann das Ansammeln von digitalen Objekten dazu führen, dass sie gefühlt oder tatsächlich den Überblick über den Bestand an digitalen Objekten verlieren, auch wenn Suchfunktionen und Filter immer mächtigere Möglichkeiten bieten, gesuchte Dateien zu finden. Die digitale Unordnung kann analog zum unaufgeräumten Schreibtisch dazu beitragen, dass sich Personen weniger gut auf konkrete Aufgaben fokussieren können. Erste Befunde hierzu wurden von der Psychologie unter dem Stichwort „critical incident study“ erhoben.

Digitales Horten kann zum Problem im Büroalltag werden. Es kann Menschen am Arbeitsplatz auch psychisch belasten.

Für Unternehmen kann zu viel digitales Horten zu einem massiven Kostenfaktor werden. Zunehmend wird die Datenhaltung nicht mehr beim Unternehmen selbst, sondern über Cloud-Dienstleister realisiert. Unnötig gespeicherte Daten kosten damit unnötig Geld. Die Vermutung steht unter anderem nach einem Greenpeace-Report zum Energieverbrauch von Serverparks im Raum, dass Cloud-Computing große Stromressourcen verbraucht; hinzu kommt die Notwendigkeit zur dauerhaften Kühlung.

Es ist also höchste Zeit, dass Unternehmen ihr Augenmerk darauf richten, die Speicherung irrelevanter digitaler Objekte abzubauen. Im DFG-Projekt „Dare2Del“ wird ein intelligentes Assistenzsystem entwickelt, das Mitarbeitende bei der kognitiv anspruchsvollen und emotional belastenden Aufgabe unterstützen soll zu entscheiden, welche digitalen Objekte irrelevant sind und gelöscht werden können. Die Informatik im Projekt hat sich

gezielt für einen partnerschaftlichen Ansatz entschieden, bei dem Mensch und künstliche Intelligenz (KI) zusammenarbeiten und wechselseitig voneinander lernen sollen.

Ein reines Assistenzsystem, das Information präsentiert, die Intelligenz aber bei den Nutzenden bleibt, würde, so nimmt die Forschung an, zu wenig Unterstützung bieten. Das andere Extrem – ein KI-System, das autonom entscheidet – wäre in diesem Anwendungskontext weder wünschenswert noch umsetzbar: Nicht wünschenswert, da die Entscheidung, ob ein digitales Objekt wirklich nie mehr relevant sein wird, letztendlich ein Mensch kontrollieren und verantworten muss; nicht umsetzbar, da der Anwendungsbe- reich zu komplex und dynamisch ist, um zu einem festen Zeitpunkt zu einem zweifelsfreien Ergebnis zu kommen.

Die Entscheidung darüber, ob ein digitales Objekt irrelevant ist, basiert zum Teil auf klar definierbaren Vorgaben durch Gesetze sowie unternehmensweiten Bestimmungen.



Diese können einerseits als Regeln modelliert werden, beispielsweise, dass Verträge nie gelöscht werden dürfen oder dass Kundendaten nach einer bestimmten Zeit gelöscht werden müssen. Andererseits wird es in den meisten Unternehmen Abteilungen mit spezifischen Richtlinien und Gepflogenheiten geben; darüber hinaus haben Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ihre eigenen Vorlieben, die nicht übergangen werden sollten. Diese Aspekte sind häufig nicht oder nicht vollständig beschreibbar.

Dass solches „implizites Wissen“ in vielen Bereichen entscheidungsrelevant ist, aber einer expliziten Wissensrepräsentation nicht zugänglich ist, hat seit den 1990er-Jahren unter der Bezeichnung „Knowledge Engineering Bottleneck“ den Schwerpunkt der KI-Forschung mehr und mehr weg von wissensbasierten Methoden und Expertensystemen hin zu datengetriebenen Methoden des maschinellen Lernens verschoben. Der große Erfolg

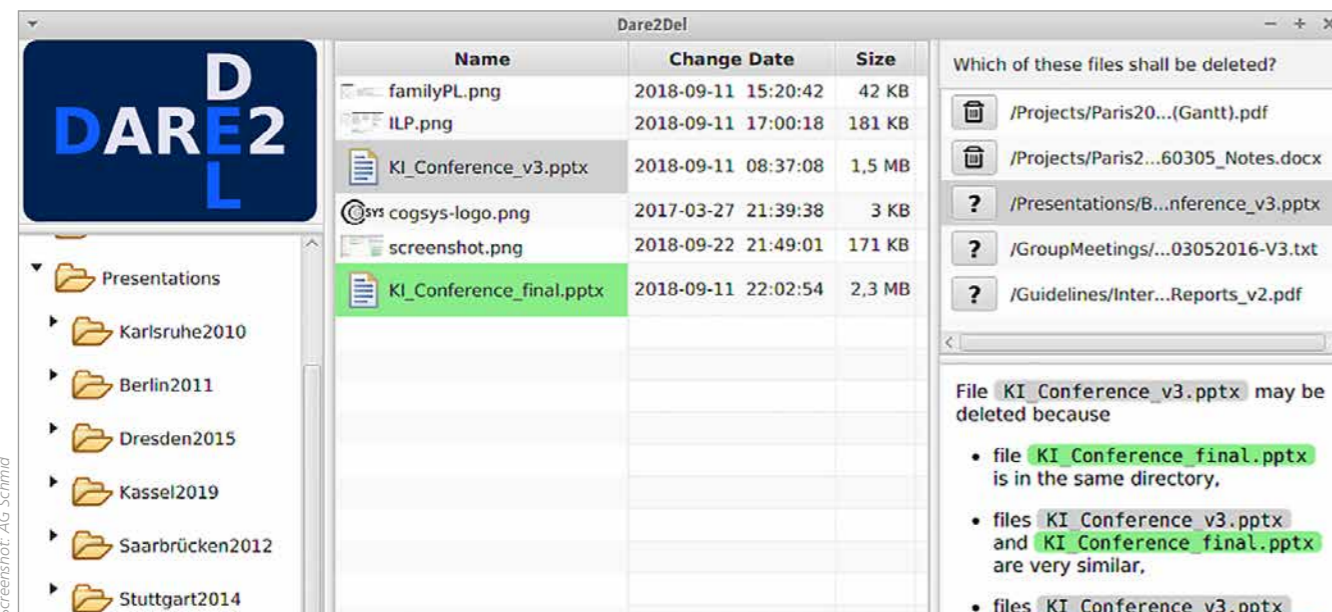
von tiefen neuronalen Netzen, der in den letzten Jahren vor allem im Bereich der Klassifikation von Bildern erzielt werden konnte, hat zu einem großen Interesse am Thema KI ganz generell geführt.

Allerdings sind viele Ansätze sehr datenintensiv. Um in komplexen Anwendungen zuverlässige Modelle zu erhalten, müssen diese mit Hunderttausenden von Expertinnen und Experten vorklassifizierten oder annotierten Daten trainiert werden. Einmal gelernt, können sich solche Modelle nicht an neue Gegebenheiten anpassen. Zudem werden die Daten so komplex verrechnet, dass selbst die KI-Expertinnen und -Experten nicht nachvollziehen können, wie eine Entscheidung zustande kommt.

Für viele praktische Anwendungsbereiche sind drei Anforderungen an Ansätze des maschinellen Lernens wichtig geworden: Das sind Erklärbarkeit und Interaktivität sowie die Möglichkeit zur Kombina-

tion mit wissensbasierten Ansätzen. Dare2Del nimmt alle drei Aspekte in den Blick: Im Projekt wird ein klassischer Ansatz des maschinellen Lernens, die „induktive logische Programmierung“ (kurz ILP), als Ausgangspunkt genutzt. ILP basiert auf der logischen Programmiersprache Prolog und ermöglicht, dass explizit vorgegebenes Wissen, Trainingsdaten und gelernte Modelle alle im gleichen Format repräsentiert werden können. Gesetzliche Vorgaben und Regularien können somit explizit als Wissen ins System eingebracht werden. Zudem kann allgemeines Wissen – etwa über zeitliche Abhängigkeiten sowie Verzeichnisstrukturen – vorgegeben und im Lernprozess genutzt werden. In den meisten Ansätzen des maschinellen Lernens muss alles aus Daten induziert werden, auch das, was eigentlich bekannt ist. Das ist der Grund dafür, dass so viele Daten notwendig sind. Bei ILP kann dagegen das Prinzip „was ich schon weiß, muss ich nicht mehr lernen“ ausgenutzt

Dare2Del basiert auf einem Ansatz des erklärenden interaktiven Lernens. Das Besondere: Nutzerinnen und Nutzer können nicht nur Systementscheidungen, sondern auch die vom System gelieferten Erklärungen prüfen und korrigieren.



Cloud-Speicher verursachen oft hohe Kosten für Unternehmen und verbrauchen viel Energie für Stromversorgung und Kühlung.

werden. Das heißt: Das vorhandene Vorwissen reduziert die zum Lernen notwendige Datenmenge.

In Dare2Del wird ILP erweitert – einerseits, um interaktives Lernen zu ermöglichen, und andererseits, um sprachliche Erklärungen zu erzeugen. Interaktives Lernen meint, dass die Nutzenden die Systementscheidung korrigieren können – in diesem Fall also, ob ein digitales Objekt irrelevant ist. Anders als bei den bisher vorhandenen Ansätzen wird die Interaktionsmöglichkeit auf die Erklärungen erweitert. Nutzende können auch die Erklärungen korrigieren, und diese Korrekturen werden dann im weiteren Lernprozess genutzt. Damit kann das Modell schneller und zielgerichteter adaptieren.

Die Methode der Erklärungs-generierung basiert auf einem bereits zu Zeiten der Expertensystemforschung entwickelten Ansatz des amerikanischen Informatikers William J. Clancey. Seine Methode wird im Dare2Del-Projekt so erweitert, dass Erklärungen in verschiedenen Detailgraden möglich werden. Aktuell arbeiten die Informatikerinnen und Informatiker im Projekt an einer Variante von Erklärungen durch so-

genannte „near misses“. Nutzenden wird aufgezeigt, welche minimalen Änderungen der Eigenschaften ein digitales Objekt aufweisen müsste, damit es vom aktuellen Modell nicht als irrelevant klassifiziert worden wäre.

Die Wissenschaftlerinnen im Projekt gehen davon aus, dass die Bereitstellung von Erklärungen in verschiedenen Varianten sowie die aktive Involvierung der Nutzenden in die Entscheidungsfindung positive kognitive wie emotionale Effekte hat. Nutzende werden durch die aktive Auseinandersetzung mit Dare2Del dabei unterstützt, ihre Entscheidungskriterien zum Lösen digitaler Objekte zu präzisieren und sich diese auch bewusst zu machen. Das aktive Korrigieren soll zusätzlich dafür sorgen, dass die Nutzenden den Systementscheidungen vertrauen, aber gleichzeitig kein blindes Vertrauen in das System entwickeln und dessen Entscheidungen einfach abnicken.

Das Projekt Dare2Del ist eines von acht interdisziplinären Tandem-Projekten im Schwerpunktprogramm 1921 „Intentionales Vergessen in Organisationen“

(www.spp1921.de). Ziel ist, Mechanismen des menschlichen Vergessens für technische und organisationsbezogene Kontexte nutzbar zu machen und Informationssysteme zu entwickeln, die Organisationen befähigen, irrelevant oder hinderlich gewordene Informationen vielfältiger Art – Daten und Prozesse, Wissen und Gewohnheiten – zu vergessen.



Professorin Dr. Ute Schmid

ist Professorin für Angewandte Informatik/Kognitive Systeme an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

Professorin Dr. Cornelia Niessen

ist Inhaberin des Lehrstuhls für Psychologie im Arbeitsleben an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen.

Adresse: Fakultät Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik, 96045 Bamberg

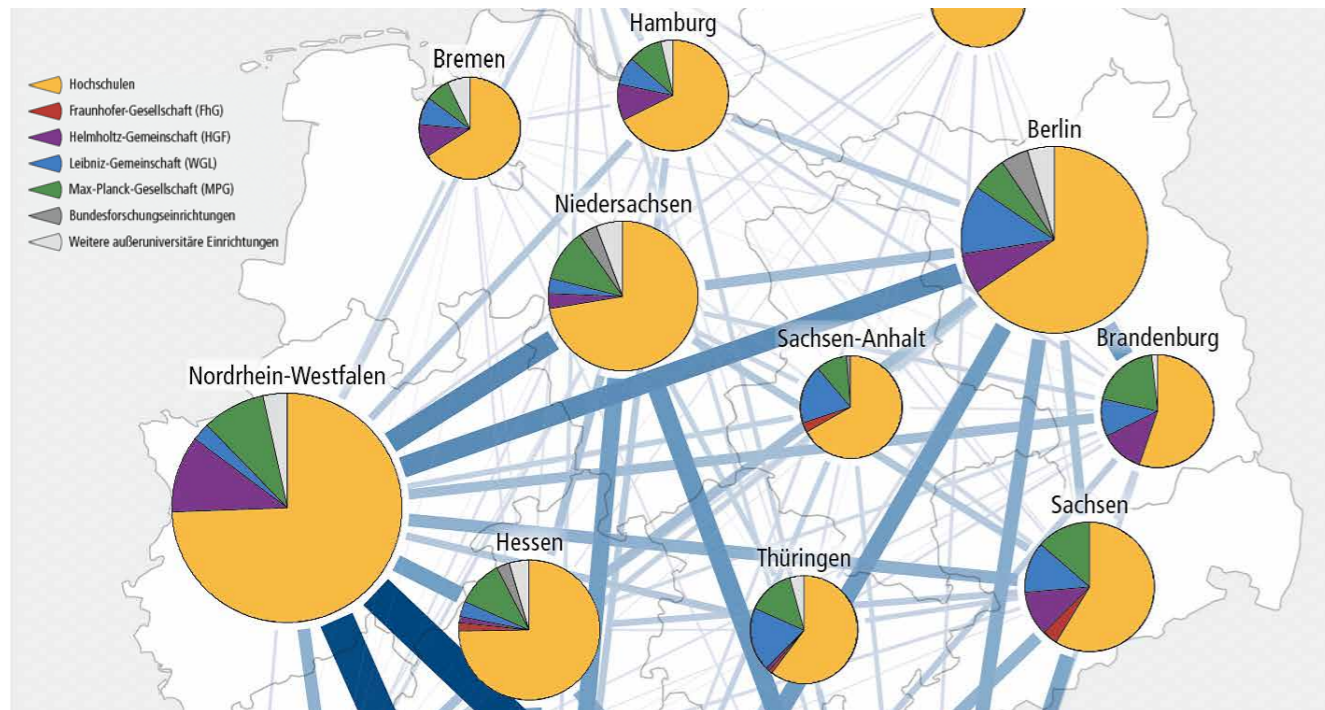
DFG-Förderung im Rahmen des Schwerpunktprogramms SPP 1921 „Intentional Forgetting in Organisationen“.

www.uni-bamberg.de/en/cogsys/research/projects/dfg-project-dare2del



Förderatlas 2021

Umfassendstes Zahlenwerk zur öffentlich finanzierten Forschung / Erstmalige Analyse nach Bundesländern / Jedes fünfte Förderprojekt international / Drittmittelquote weiter stabil



Grafik: DFG

Beteiligungen von Wissenschaftseinrichtungen nach Bundesländern an DFG-geförderten Verbundprogrammen sowie daraus resultierende Kooperationsbeziehungen 2017 bis 2019.

Die DFG hat gemeinsam mit der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) und dem Stifterverband (SV) Anfang Oktober in einer Videokonferenz den „Förderatlas 2021“ vorgestellt. Er ist der inzwischen neunte Berichtsband, der seit 1997 alle drei Jahre Kennzahlen zur öffentlich finanzierten Forschung zusammenträgt. Mit Zehntausenden Daten aller großen öffentlichen Forschungsförderer in Deutschland und der EU ist auch die neue Ausgabe das umfassendste Kompendium seiner Art. Berichtszeitraum ist 2017 bis 2019.

Neu im aktuellen Förderatlas sind Analysen zu eingeworbenen Drittmitteln nach Bundesländern. Demnach wurden zwischen 2017 und 2019

insgesamt 9,48 Milliarden Euro DFG-Mittel bewilligt. Die meisten davon gingen nach Nordrhein-Westfalen mit 1,83 Milliarden Euro, gefolgt von Baden-Württemberg mit 1,60 Milliarden Euro und Bayern mit 1,46 Milliarden Euro. An diese drei Erstplatzierten schließt sich eine Gruppe mit Berlin (839 Millionen), Niedersachsen (791 Millionen), Hessen (636 Millionen) und Sachsen (600 Millionen) an. Es folgen Rheinland-Pfalz (304 Millionen), Hamburg (297 Millionen), Schleswig-Holstein (221 Millionen), Thüringen (204 Millionen), Bremen (201 Millionen), Sachsen-Anhalt (160 Millionen), Brandenburg (141 Millionen), das Saarland (103 Millionen) und Mecklenburg-Vorpommern

(98 Millionen). Bei den Regionen liegt weiter Berlin (839 Millionen Euro) vorn, dicht gefolgt von der Region München (816 Millionen). Mit Abstand drittplatziert ist die Region Unterer Neckar (Heidelberg und Mannheim) mit 432 Millionen Euro. Nach diesen Spitzenreitern folgen weitere 13 Regionen mit über 200 Millionen Euro Drittmittel. „Darin zeigt sich, wie vielfältig und vor allem räumlich verteilt die Wissenschaftslandschaft in Deutschland ist“, sagte dazu DFG-Präsidentin Professorin Dr. Katja Becker, die den Förderatlas mit Generalsekretärin Dr. Heide Ahrens, HRK-Vizepräsidentin Professorin Dr. Kerstin Krieglstein und SV-Präsident Professor Dr. Dr. Andreas Barner vorstellte.

An der Spitze der 40 bewilligungsstärksten Hochschulen lagen erstmals beide Münchner Universitäten, an erster Stelle erneut die LMU München mit 369 Millionen Euro, nun gefolgt von der TU München mit 347 Millionen Euro und der Universität Heidelberg mit 332 Millionen Euro. Es folgen auf nun Rang vier die RWTH Aachen, die um einen weiteren Rang an die fünfte Stelle vorgerückte TU Dresden, die FU Berlin, die Universität Tübingen, die um vier Ränge auf Position acht verbesserte Universität zu Köln, die Universität Freiburg und die von Platz elf auf zehn vorgerückte Universität Erlangen-Nürnberg.

In den Geistes- und Sozialwissenschaften warben die FU Berlin und die LMU München die meisten Mittel ein, in den Lebenswissenschaften die LMU und die Universitäten Heidelberg und Freiburg. In den Naturwissenschaften lagen die Universität Heidelberg, die TU München und das Karlsruher KIT vorn, in den Ingenieurwissenschaften die RWTH Aachen, gefolgt von der Universität Stuttgart und der TU Dresden.

Bezogen auf die Zahl ihrer Professorinnen und Professoren und deren Fachprofil erwiesen sich erneut auch kleinere, aber fachlich fokussierte Universitäten als erfolgreich. Die meisten DFG-Mittel erhielt so die Universität Konstanz, gefolgt von der in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften stark profilierten Universität Mannheim. Insgesamt haben 29 Hochschulen mehr Drittmittel eingeworben, als es ihre Größe und ihr Fachprofil nach Professoren erwarten ließen.

Rund 12 800 Projekte – und damit insgesamt rund jedes fünfte DFG-Förderprojekt – wurden von 2017 bis 2019 mit mindestens einer internationalen Beteiligung durchgeführt. Weltweit am häufigsten sind Koopera-



tionen mit Partnern in den USA, aber auch China, Australien, Kanada und Israel sind häufige Partner. In Westeuropa kommen die Beteiligungen vor allem aus Frankreich, der Schweiz, Österreich und Großbritannien, in Osteuropa aus Tschechien und Polen. Insgesamt kooperierten DFG-Geförderte mit Partnern in 126 Ländern weltweit.

„Diese Zahlen und Analysen belegen eindrucksvoll, wie sehr die Hochschulen und Forschungseinrichtungen die von ihnen eingeworbenen Drittmittel in die weitere Stärkung ihrer Fächerprofile und internationalen Vernetzung investieren“, betonte DFG-Präsidentin Becker.

Weiter gestiegen ist die Zahl der Hochschulen mit DFG-Drittmitteln, von 216 zwischen 2014 und 2016 auf 225. Die Abstände zwischen den Bewilligungen am oberen und am unteren Ende und auch die zwischen großen und kleinen Hochschulen haben sich dabei kaum geändert. „Wir stellen also auch weiter eine hohe Stabilität im Hochschulsystem fest und nicht den mitunter gemutmaßten Verdrängungswettbewerb“, so Becker.

Auch beim wissenschaftspolitisch viel diskutierten Verhältnis zwischen

Drittmitteln und staatlichen Grundmitteln hat sich der bereits feststellbare Trend fortgesetzt: Nachdem der Drittmittelanteil lange angestiegen war und 2013 mit 28,1 Prozent einen Höchststand erreichte, ist er seitdem weitgehend stabil oder sogar leicht degressiv und lag 2019 bei 26,9 Prozent. Bei den Grundmitteln setzte sich der Anstieg der vergangenen Jahre fort. „Die Hochschulen sind also auch für ihre auskömmliche Finanzierung weiter auf Drittmittel angewiesen, doch nimmt der Drittmittelgedruck auch dank der fortgesetzten Dynamik bei den Grundmitteln nicht mehr weiter zu“, kommentierte Becker.

Insgesamt erhielten die Hochschulen in Deutschland 2019 rund 23,7 Milliarden Euro Grundmittel und 8,7 Milliarden Euro Drittmittel. Die DFG war dabei weiterhin die größte Drittmittelgeberin mit 31,5 Prozent. Weiter gestiegen ist der Anteil des Bundes, der nun 29 Prozent erreicht hat. Aus der EU kamen rund 10 Prozent aller Drittmittel. Weiter gesunken sind die Drittmittel aus Industrie und Wirtschaft von 21 Prozent im Jahr 2010 über 19 Prozent 2015 auf nun 17 Prozent im Berichtsjahr 2019.

Zwei Sonderkapitel im neuen Förderatlas – zu den Förderungen der DFG-Vorgängerorganisation „Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft“ zwischen 1921 und 1945 sowie zu „30 Jahren vereint forschen“ seit der Wiedervereinigung – erweitern die aktuellen Kennzahlen um historische Perspektiven und führen so zu einem Langzeitbild des deutschen Hochschul- und Wissenschaftssystems.

Mit der Vorstellung wurde auch das umfangreiche Online-Angebot zum Förderatlas freigeschaltet, das zahlreiche interaktive Karten und andere Angebote enthält.

www.dfg.de/foerderatlas

„Nächste Ausbaustufe zünden“

Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam zur Stärkung von Forschung und Innovation in neuer Legislaturperiode

In einem gemeinsamen Positionspapier haben die Spitzenorganisationen und -verbände der Wissenschaft und der Wirtschaft die aus ihrer Sicht drängendsten Aufgaben für eine weitere Stärkung des Forschungs- und Innovationsystems in Deutschland in der kommenden Legislaturperiode und durch eine künftige Bundesregierung formuliert. Unter der Überschrift „Die nächste Ausbaustufe zünden“ plädieren die mehr als 20 beteiligten Akteure unter anderem für die Etablierung eines ressortübergreifenden Innovationskabinetts beim Zuschnitt der künftigen Regierung. Die Erreichung des 3,5%-Ziels für Forschungs- und Ent-

wicklungsausgaben (FuE) am Bruttoinlandsprodukt bis zum Jahr 2025 sowie zielgerichtete Maßnahmen zur besseren Start-up-Förderung und zur Gestaltung und Nutzung der digitalen Transformation sind weitere zentrale Punkte. Das Papier ist erst die zweite Gemeinschaftsinitiative von Wissenschaft und Wirtschaft dieser Art, die Premiere hatte es nach der Bundestagswahl 2017 gegeben. Die DFG hatte bereits im Frühjahr ein eigenes Impulspapier für die kommende Legislaturperiode veröffentlicht (siehe dazu auch das Editorial auf S. 2–3).

www.dfg.de/download/pdf/presse/20211014_positionspapier_legislaturperiode.pdf

Networking als Erfolgsfaktor

GAIN 21 wirbt für den Forschungsstandort Deutschland und bietet virtuellen Raum für Austausch und Beratung

Zweite virtuelle Jahrestagung des German Academic International Network (GAIN) Ende August: Mehr als 1000 Postdocs und Early Career Researchers diskutierten untereinander und mit international Forschenden sowie zahlreichen Vertreterinnen und Vertretern von Wissenschaft, Politik und Wirtschaft in Deutschland. Auf der alljährlich gemeinsam von DAAD, AvH und DFG ausgerichteten dreitägigen Konferenz stellte DFG-Präsidentin Professorin Dr. Katja Becker die Vorzüge

des Wissenschaftsstandorts Deutschland heraus, darunter auch den hohen Grad an Wissenschaftsfreiheit. Dieses Stichwort wurde auch in den Diskussionen mit Mitgliedern der Fraktionen des Deutschen Bundestags aufgenommen. Tenor: Es gelte, auch in Pandemiezeiten die Chancen zu ergreifen, die der Forschungsstandort strukturell und durch vielfältige Fördermöglichkeiten den Forschenden bieten kann.

www.dfg.de/dfg_magazin/aus_der_dfg_karrierewege/gain_dossier/210825_gain-2021



Screenshot: GAIN

Aus der Förderung

Die DFG richtet sechs neue Forschungsgruppen, eine neue Klinische Forschungsgruppe und eine neue Kolleg-Forschungsgruppe ein. Dies beschloss der Hauptausschuss der DFG im Rahmen seiner digitalen Sitzung am 23. September 2021 auf Empfehlung des Senats. Die neuen Verbände erhalten insgesamt rund 31,4 Millionen Euro inklusive einer 22-prozentigen Programmpauschale für indirekte Kosten aus den Projekten.

Die Förderdauer der Verbände richtet sich nach dem Zeitpunkt, zu dem die erste Skizze für einen Förderantrag eingereicht wurde. Forschungsgruppen, deren Antragskizzen seit 1. Oktober 2018 eingereicht wurden, werden maximal zweimal vier Jahre gefördert; dies gilt für alle jetzt neu eingerichteten Forschungsgruppen.

Im Ganzen fördert die DFG damit zurzeit 176 Forschungsgruppen, 15 Klinische Forschungsgruppen und 13 Kolleg-Forschungsgruppen. Klinische Forschungsgruppen sind zusätzlich durch die enge Verknüpfung von wissenschaftlicher und klinischer Arbeit charakterisiert, während Kolleg-Forschungsgruppen speziell auf geistes- und sozialwissenschaftliche Arbeitsformen zugeschnitten sind.

www.dfg.de/pm/2021_39

Die DFG und die Fraunhofer-Gesellschaft fördern im Rahmen einer dritten Ausschreibungsrunde erneut trilaterale Projekte zum Transfer von Erkenntnissen aus DFG-geförderten Vorhaben in die Wirtschaft. Der Hauptausschuss der DFG sowie der Fraunhofer-Vorstand wählten fünf Projekte aus 16 eingereichten Anträgen aus. Die neuen Projekte, bei denen Hochschulen, Fraunhofer-Institute und Unterneh-

men miteinander kooperieren, werden von DFG und Fraunhofer-Gesellschaft mit insgesamt rund 4,5 Millionen Euro drei Jahre lang gefördert. Wegen der nach wie vor großen Nachfrage wurde die ursprünglich auf drei Ausschreibungsrunden angelegte Initiative nun um zwei weitere Förderperioden verlängert. Die neue Ausschreibung wurde am 10. August 2021 veröffentlicht.

Im Rahmen der trilateralen Förderung sollen Hochschulen, Fraunhofer-Institute und Unternehmen zusammenarbeiten. Die drei jeweiligen Partner sollen dabei die Ergebnisse von DFG-geförderter Grundlagenforschung auf Basis eines gemeinsamen Arbeitsprogramms weiterentwickeln. Ein Projektteil wird von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern einer Hochschule geleitet, die anderen Projektteile werden entsprechend von Forschenden der jeweiligen Fraunhofer-Institute sowie von Mitarbeitenden aus den Unternehmen verantwortet. Die Rechte und Pflichten der drei Partner werden dabei durch einen Kooperationsvertrag geregelt. Unternehmen erhalten so die Möglichkeit, schon früh an Innovationen aus der Forschung zu partizipieren. Dabei übernehmen die Fraunhofer-Experten die Federführung bei der Verwertung der Projektergebnisse gegenüber den Anwendungspartnern oder bei weiteren gewerblichen Interessen. Im Gegenzug werden die Hochschulen mit einem festen Prozentsatz an den Erlösen beteiligt.

DFG und Fraunhofer haben erstmals 2019 die Förderung von sieben trilateralen Transferprojekten bewilligt. 2020 kamen sechs weitere Projekte hinzu. In der diesjährigen dritten Ausschreibungsrunde waren zunächst 24 Projektskizzen eingegangen, die von einer Begutachtungsgruppe im schriftlichen Verfahren bewertet wurden.

www.dfg.de/pm/2021_37



Ausgezeichnete Leistungen: Alle vier Träger des Europa-Preises 2021 der DFG sind im Rahmen des European Union Contest for Young Scientists (EUCYS) 2021 im spanischen Salamanca auch auf internationaler Ebene ausgezeichnet worden. Die Veranstaltung wurde in diesem Jahr Mitte September digital ausgerichtet. Einen der vier mit 7000 Euro dotierten ersten Preise – und damit den Europameistertitel 2021 – errang Marik Müller (18) aus Brandenburg. Erfolgreich war auch Lukas Weghs (17) aus Nordrhein-Westfalen, dem als Sonderpreis der European Southern Observatory (ESO) Prize zugesprochen wurde (unser Screenshot). Die beiden baden-württembergischen Jungforscher Leonard Münchenbach (17) und Leo Neff (17) erhielten den European Organization for Nuclear Research (CERN) Prize.

www.dfg.de/gefoerderte_projekte/wissenschaftliche_preise/europa-preis/2021

Für ihre vielversprechende und originelle geowissenschaftliche Forschung zu Beginn ihrer Laufbahn bekommen zwei Forscher den Bernd Rendel-Preis 2021 der DFG: Simon Rosanka (links), Doktorand an der Universität zu Köln sowie am Forschungszentrum Jülich, und Jan Schönig, Doktorand an der Georg-August-Universität Göttingen, wurden von einer Jury aus Mitgliedern der geowissenschaftlichen DFG-Fachkollegien ausgewählt. Die Preisträger erhalten je 2000 Euro aus der vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft verwalteten Bernd Rendel-Stiftung. Das Preisgeld soll ihnen unter anderem die Teilnahme an internationalen Kongressen und Tagungen ermöglichen. Verliehen wurde der Preis während der Jahrestagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft – Geologische Vereinigung e.V. in Karlsruhe.

www.dfg.de/pm/2021_36

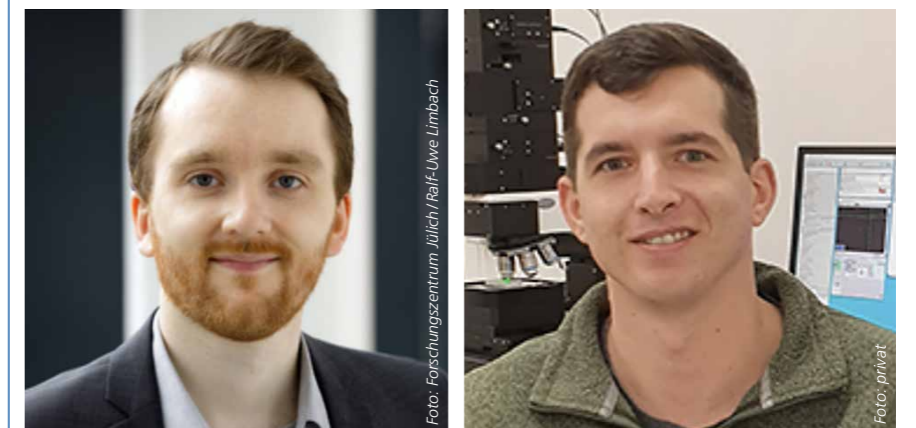


Foto: Forschungszentrum Jülich /Half-Uwe Limbach

Foto: privat

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ist in der Rechtsform eines eingetragenen Vereins die größte Forschungsförderorganisation und die zentrale Selbstverwaltungsorganisation der Wissenschaft in Deutschland. Nach ihrer Satzung hat sie den Auftrag, „die Wissenschaft in allen ihren Zweigen zu fördern“.

Mit einem jährlichen Etat von inzwischen rund 3,3 Milliarden Euro finanziert und koordiniert die DFG in ihren zahlreichen Programmen rund 31 000 Forschungsvorhaben einzelner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie von Forschungsverbänden an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Dabei liegt der Schwerpunkt in allen Wissenschaftsbereichen in der Grundlagenforschung.

Alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Deutschland können bei der DFG Anträge auf Förderung stellen. Die Anträge werden nach den Kriterien der wissenschaftlichen Qualität und Originalität von Gutachterinnen und Gutachtern bewertet und den Fachkollegien vorgelegt, die für vier Jahre von den Forscherinnen und Forschern in Deutschland gewählt werden.

Weitere Informationen im Internet unter www.dfg.de

Die besondere Aufmerksamkeit der DFG gilt der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, der Gleichstellung in der Wissenschaft sowie den wissenschaftlichen Beziehungen zum Ausland. Zudem finanziert und initiiert sie Maßnahmen zum Ausbau des wissenschaftlichen Bibliothekswesens, von Rechenzentren und zum Einsatz von Großgeräten in der Forschung. Eine weitere zentrale Aufgabe ist die Beratung von Parlamenten und Behörden in wissenschaftlichen Fragen. Zusammen mit dem Wissenschaftsrat führt die DFG auch die Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder zur Stärkung der Spitzenforschung an Hochschulen durch.

Zu den derzeit 97 Mitgliedern der DFG zählen vor allem Universitäten, außeruniversitäre Forschungsorganisationen wie die Max-Planck-Gesellschaft, die Leibniz-Gemeinschaft und die Fraunhofer-Gesellschaft, Einrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren sowie wissenschaftliche Akademien. Ihre Mittel erhält die DFG zum größten Teil von Bund und Ländern, hinzu kommt eine Zuwendung des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft.

Impressum

Herausgegeben von der Deutschen Forschungsgemeinschaft e.V. (DFG); „forschung“ erscheint vierteljährlich im Selbstverlag.

Redaktionsanschrift: DFG, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Kennedyallee 40, 53175 Bonn, Tel. +49 228 885-1, Fax +49 228 885-2180, E-Mail: redaktionforschung@dfg.de; Internet: www.dfg.de

Redaktion: Marco Finetti (fine; Chefredakteur, v.i.S.d.P.); Dr. Rembert Unterstell (RU; Chef vom Dienst)
Lektorat: Stephanie Henseler, Inken Kiupel
Grundlayout: Tim Wübben/DFG; besscom, Berlin; Produktionslayout: Olaf Herling, Tim Wübben
Redaktionsassistenten: Jenny Otto, Mingo Jarree

Druck: Bonner Universitäts-Buchdruckerei (BUB); gedruckt auf ENVIRO Ahead C, gestrichenes Recycling-Papier mit halbmatter Oberfläche aus 100% Altpapier, FSC Recycled.

ISSN 0172-1518



Momentaufnahme mit Vor- und Nachgeschichte: Die Verleihung der Gottfried Wilhelm-Leibniz-Preise der DFG ist neben allem anderen immer auch ein Fest für die Familien und Freunde der Preisträgerinnen und Preisträger. Das zeigte sich 2016 auf besondere Weise, als der Chemiker Benjamin List den Leibniz-Preis erhielt und eine überaus prominente Verwandte in den Leibniz-Saal der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaft geleiten konnte. Christiane Nüsslein-Volhard, die weltweit renommierte Tübinger Entwicklungsbiologin, freute sich gemeinsam mit ihrem Neffen – der an diesem März-Tag in ihre Fußstapfen trat. 30 Jahre zuvor, im April 1986, hatte Nüsslein-Volhard selbst den wichtigsten Forschungsförderpreis in Deutschland erhalten, als eine der ersten zehn von inzwischen 415 Leibniz-Preisträgerinnen und -preisträgern insgesamt. Neun Jahre später folgte für sie darauf sogar der Nobelpreis – und auch bei diesem hat der Neffe nun mit seiner Tante gleichgezogen. Anfang Oktober wurde Benjamin List zusammen mit seinem britischen Kollegen David W. C. MacMillan der Chemie-Nobelpreis 2021 zuerkannt, für eben jene Beiträge zur Entwicklung der asymmetrischen Organokatalyse, für die er vor nur fünf Jahren auch bereits von der DFG ausgezeichnet worden war. Mit List haben inzwischen zehn Trägerinnen und Träger des Leibniz-Preises danach auch den Nobelpreis erhalten. Für die DFG Anlass für einen herzlichen Glückwunsch und ein weiterer Beleg für die Leistungsfähigkeit von Wissenschaft und Forschung in Deutschland. Fortsetzung willkommen.