

mundo

Das Wissenschaftsmagazin
der Technischen Universität Dortmund

Transformation



La Ola im Halbleiter

Prof. Anna Isaeva will neue
Materialien für die Energie-
wende entwickeln

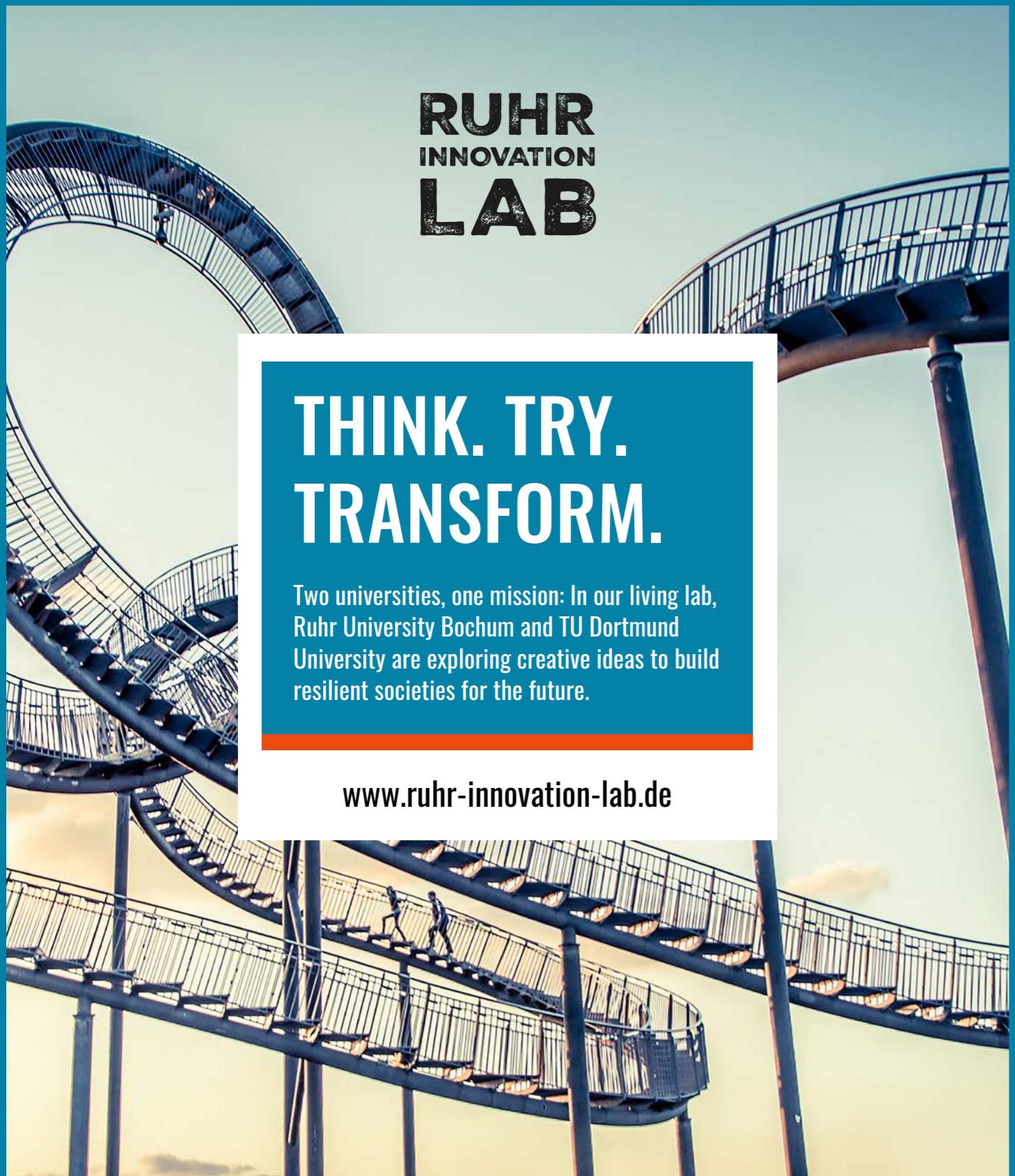
Seite 24

Warum mehr Nachhaltigkeit auch
mehr soziale Konflikte mit sich
bringt

Seite 36

Wie die Blockchain in der digitalen
Welt Vertrauen schafft

Seite 16



**RUHR
INNOVATION
LAB**

**THINK. TRY.
TRANSFORM.**

Two universities, one mission: In our living lab, Ruhr University Bochum and TU Dortmund University are exploring creative ideas to build resilient societies for the future.

www.ruhr-innovation-lab.de

Liebe Leser*innen,

in dieser mundo widmen wir uns der Transformation, einem zentralen Thema unserer Zeit. Sie durchdringt alle Bereiche unseres Lebens: Technologie und Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft sowie das persönliche Erleben. Tiefgreifende Veränderungen wie die Digitalisierung, die Klimakrise, gesellschaftliche Entwicklungen und der demografische Wandel fordern uns heraus – als Gesellschaft, aber auch als Wissenschaftler*innen.

Mit ihrer Arbeit tragen die Forscher*innen der TU Dortmund dazu bei, Transformationen zu verstehen, zu begleiten, sie zu bestärken und aktiv mitzugestalten. In dieser Ausgabe stellen wir einige Projekte vor, in denen sich unsere Wissenschaftler*innen großen Veränderungen unserer Zeit widmen. Dabei zeigen wir auch, wie neue Methoden, interdisziplinäre Zusammenarbeit und der Anspruch, Wissen gesellschaftlich wirksam zu machen, in ihrer Forschung zusammenwirken.

Prof. Christian Wietfeld und sein Team erforschen beispielsweise die Zukunft der digitalen Infrastruktur: Der Mobilfunkstandard 6G wird hier neue Möglichkeiten für intelligenter, schnellere und nachhaltigere Systeme bieten. Prof. Alice Kirchheim und Prof. Michael Henke untersuchen, wie Blockchain-Technologien das Vertrauen in globale Lieferketten neu definieren können – vom Rohstoff bis zum Regal. Prof. Manuel Wiesche, einer der forschungsstärksten Ökonomen seiner Generation, befasst sich mit der digitalen Transformation der Wirtschaft und zeigt, wie Organisationen Wandel strategisch nutzen können. Prof. Anna Isaeva wiederum betreibt Grundlagenforschung zu neuartigen Halbleitermaterialien mit dem Ziel, den Energieverbrauch der IT-Technik in Zukunft zu senken.

Transformation hat jedoch auch soziale und kulturelle Dimensionen: Forschende der Raumplanung suchen nach Wege, wie Europa klimaresilienter werden kann – mithilfe neuer Konzepte, die auch private Flächen einbeziehen. Der Soziologe Prof. Bernd Sommer erklärt, warum die grüne Wende Konflikte auslöst und wie Gesellschaften mit Spannungen umgehen. Prof. Barbara Welzel und Prof. Wolfgang Sonne zeigen, wie die Nutzung von Kirchengebäuden neue Gemeinschaft stiften kann. Und im Gespräch mit Prof. Katja Crone wird deutlich, dass Transformation jeden persönlich berührt, etwa wenn es um Entscheidungen, Neuanfänge und Erfahrungen geht, die das eigene Leben grundlegend verändern.

Wir laden Sie ein, in dieser Ausgabe zu entdecken, wie Forschung an unserer Universität komplexe Zusammenhänge untersucht, Zukunftsszenarien entwirft und praktische Lösungen entwickelt. Denn Transformation ist kein finales Ziel, sondern ein Prozess. Und dieser Prozess findet mit Mut, Verantwortung und Offenheit auch hier statt – in den Köpfen und Laboren unserer Universität.

Um hier zukünftig noch mehr Wirkung zu entfalten, haben wir mit der Ruhr-Universität Bochum das „Ruhr Innovation Lab“ gegründet und uns im November 2025 um eine Förderung als Exzellenzverbund beworben. Wir sind davon überzeugt, dass wir gemeinsam noch gezielter Lösungen aus der Wissenschaft für eine zukunftsfähige und nachhaltige Gesellschaft entwickeln können. Getreu dem Motto: Think. Try. Transform.

Ich wünsche Ihnen eine anregende und gewinnbringende Lektüre!

Nele McElvany

Prof. Nele McElvany,
Prorektorin Forschung

Dortmund, Dezember 2025



Gemeinsame Power in der Exzellenzstrategie



Die TU Dortmund und die Ruhr-Universität Bochum haben sich Mitte November 2025 gemeinsam als „Ruhr Innovation Lab“ um eine Förderung als Exzellenzverbund in der zweiten Förderlinie der Exzellenzstrategie beworben. In ihrem Antrag haben sie das Konzept eines Innovationslabors für das Ruhrgebiet entworfen, in dem neue Formen für hochschulübergreifende Strukturen in der Spitzenforschung erprobt werden können. Dieser bilaterale Experimentierraum soll Modelle für Kooperationen hervorbringen, die mittelbar auf die gesamte Universitätsallianz Ruhr übertragen werden können. In der ersten Förderlinie waren die TU Dortmund und die RUB mit drei Exzellenzclustern erfolgreich und konnten damit in einer Zweier-Konstellation als Exzellenzverbund antreten. Die bewilligten Cluster sind RESOLV auf dem Gebiet der Lösungsmittelchemie, CASA zur Cybersicherheit sowie das neue Vorhaben „Color Meets Flavor“ in der Teilchenphysik. An den verlängerten Clustern RESOLV und CASA sind auch Forschende der Universität Duisburg-Essen beteiligt.

Wie die Stahlindustrie nachhaltiger werden soll



Die Sozialforschungsstelle (sfs) ist an einem EU-Projekt beteiligt, das sich mit den wichtigsten Herausforderungen der Stahlindustrie auf dem Weg zur Klimaneutralität befasst. Das internationale Konsortium zeichnet sich dadurch aus, dass es Mensch und Technologie zusammen betrachtet, denn die Branche muss sowohl die Dekarbonisierung vorantreiben, als auch mit dem Fachkräftemangel umgehen. Die sfs bringt ihre Expertise in der Verbindung sozialer und technologischer Innovationen in das Projekt „SUPER“ ein.

Untersuchungen rund um die Bundestagswahl

Vor der jüngsten Bundestagswahl startete das „German-Austrian Digital Media Observatory“ (GADMO) – ein Zusammenschluss aus Forschungseinrichtungen und Faktencheck-Rédaktionen mit dem Institut für Journalistik der TU Dortmund – einen wöchentlichen Newsletter. Das Ziel: Die kursierenden Falschmeldungen rund um die Wahl aufgreifen und aufklären. Parallel untersuchte ein Team vom Research Center Trustworthy Data Science and Security zwei Wahlhilfe-Tools, die auf Künstlicher Intelligenz basieren. Die Forschenden zeigten, wie fehleranfällig die KI-Antworten waren. Diese wichen manchmal stark von den Parteiprogrammen ab und waren zudem abhängig von den Eingaben der Nutzenden.



Gründungsförderung nimmt weiter Fahrt auf

Die TU Dortmund ist gemeinsam mit ihren Partnern stark in der Gründungsförderung: Anfang 2025 zählte der Gründungsradar des Stifterverbandes die TU Dortmund deutschlandweit zu den zehn stärksten großen Hochschulen in diesem Bereich. Auch die Ruhr-Universität Bochum (RUB)



landete in den Top 10 und die Universität Duisburg-Essen machte einen großen Sprung auf Platz 20. Gemeinsam sind die drei Hochschulen als Universitätsallianz Ruhr an der neuen BRYCK Startup Alliance beteiligt, die im Juli als Startup Factory Deutschlands ausgezeichnet wurde. Das Konsortium erhält eine Millionenförderung zur Etablierung eines europäischen Deep-Tech-Hotspots im Ruhrgebiet. Um vor allem wissenschaftliche Ausgründungen im Bereich Künstlicher Intelligenz zu stärken, wird die TU Dortmund außerdem gemeinsam mit der Universität Bonn ein neues KI-Fokuszentrum einrichten. Im zugehörigen Programm „Start-up Fokuszentren.NRW“ war im August auch eine Initiative der RUB erfolgreich.

DFG fördert neue und verlängert etablierte Projekte

TU-Wissenschaftler*innen waren in verschiedenen Förderlinien der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) erfolgreich. In die dritte Förderphase geht es für die Fakultät Maschinenbau mit der RWTH Aachen im SFB/Transregio „Schädigungskontrollierte Umformprozesse“. Prof. Yannis P. Korkolis übernimmt die Sprecherschaft. Verlängert wird außerdem das GRK „Biostatistische Methoden für hochdimensionale Daten in der Toxikologie“ an der Schnittstelle von Statistik und Toxikologie, dessen Sprecher Prof. Jörg Rahnenführer von der Fakultät Statistik ist. Ganz neue Möglichkeiten bieten sich Nachwuchswissenschaftler*innen künftig im Graduiertenkolleg (GRK) namens AMTEC-PRO. Promovierende der TU Dortmund und der Universität Duisburg-Essen werden an der Schnittstelle zwischen Physik, Chemie und Medizin zur Protonentherapie forschen. Neuer GRK-Sprecher ist Prof. Kevin Kröninger von der Fakultät Physik. Eine neue Forschungsgruppe wird unter dem Namen STIL-COCOs



eingerichtet und von Prof. Andreas Steffen von der Fakultät für Chemie und Chemische Biologie geleitet. Im Projekt werden die Partner smarte Leuchtmaterialien entwickeln.

Besser mit Störungen im Güterverkehr umgehen

Fast 80 Prozent der Güter in Deutschland werden mit Lkw transportiert. Um den Güterverkehr effizienter und klimafreundlicher zu gestalten, sollen mehr Waren auf die Schiene verlagert werden. Im Forschungsprojekt „Rail Disturbance Simulation“ untersucht ein Team um Prof. Uwe Clausen vom Institut für Transportlogistik, wie sichergestellt werden kann, dass der Transport bei Unsicherheiten im Schienen- und Kombinierten Verkehr nicht wieder in den Straßenverkehr abwandert. Im

Projekt erforschen und simulieren die Wissenschaftler*innen Lösungsansätze für den Umgang mit betrieblichen Störungen, um Handlungsempfehlungen für die Branche abzuleiten. Die EU und das Land NRW fördern das Projekt bis 2028 mit rund 730.000 Euro.



CALEDO: Forschungsbau feierlich eröffnet

Vor fünf Jahren hatte der Wissenschaftsrat entschieden, den Forschungsbau „Center for Advanced Liquid-Phase Engineering“ Dortmund – CALEDO“ an der TU Dortmund zu fördern. Im Oktober 2025 wurde das markante Gebäude im Beisein von Ministerin Ina Brandes eröffnet. Der Neubau an der Otto-Hahn-Straße bietet Platz für 100 Wissenschaftler*innen. Dort finden sie hochmoderne Labore für ihre Forschung zum Design und innovativen Einsatz von Flüssigphasen für umweltfreundliche und neuartige Verfahren in der Chemie und Biotechnologie sowie für pharmazeutische Produkte. Rund 90 Millionen Euro haben der Bund, das Land NRW und die TU Dortmund in den Neubau und dessen Einrichtung mit Großgeräten investiert.



Für produktive Zusammenarbeit – vor Ort und digital



Heute im Homeoffice, morgen im Büro, übermorgen im Zug: Hybride Arbeit ist für viele Menschen zum festen Bestandteil des Arbeitsalltags geworden. Ein neues Projekt unter der Leitung von Prof. Frauke Mörike und Prof. Jens Gerken von der Fakultät Rehabilitationswissenschaften untersucht, wie hybride Zusammenarbeit so gestaltet werden kann, dass sie für alle Beteiligten gleichermaßen produktiv und zufriedenstellend ist – egal ob vor Ort oder digital vernetzt. Der Bund und die EU fördern das Verbundprojekt „PRAESCO“ über drei Jahre mit rund 1,6 Millionen Euro. An der TU Dortmund soll unter anderem eine Lösung entwickelt werden, um niederschwellige Kommunikation zu unterstützen und das Präsenzgefühl der Remote-Mitarbeitenden zu stärken.

Wie der Staat handlungsfähiger werden soll



Ein Staat, der gut funktioniert, begegnet seinen Bürger*innen mit mehr Vertrauen und regelt die Prozesse in der Verwaltung einfacher. Er prioritisiert die Digitalisierung und bricht starre Strukturen auf – im Staat selbst, aber auch zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. So steht es in einem Reform-Konzept, das die „Initiative für einen handlungsfähigen Staat“ im Frühjahr 2025 in Berlin vorgestellt hat. Der Zwischenbericht enthält 30 Empfehlungen, wie staatliches Handeln in vielen Bereichen besser gelingen kann. Prof. Aladin El-Mafaalani von der Fakultät Sozialwissenschaften ist Mitglied des Expertengremiums und war in der Arbeitsgruppe „Soziales und Bildung“ an der Ausarbeitung beteiligt.

Startschuss für das Megawattladen



Vertreter*innen aus Industrie und Forschung haben einen wichtigen Schritt auf dem Weg zu einem emissionsfreien Schwerlastverkehr getan: Im Rahmen des vom Bundesverkehrsministerium und der EU geförderten Projekts „HoLa – Hochleistungsladen im Lkw-Fernverkehr“ wurde im Herbst 2025 an der Rastanlage Lipperland Süd an der Autobahn A2 bei Bielefeld der erste deutsche Megawatt-Ladepunkt für batterieelektrische Lastkraftwagen im öffentlichen Raum in Betrieb genommen. Ziel des Projekts ist es, die Technologie unter realen Bedingungen zu testen und die Grundlage für eine flächendeckende Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge zu schaffen. Prof. Christian Rehtanz von der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik ist mit seinem Team seit vier Jahren am Projekt beteiligt und untersucht, wie die NetzinTEGRATION funktionieren kann.

Drei Research Center der UA Ruhr stellen sich vor



Die Universitätsallianz Ruhr hat drei ihrer Research Center, in denen sie ihre internationale Spitzenforschung bündelt, feierlich eröffnet: Im November 2025 präsentierte das Research Center Trustworthy Data Science and Security seine Forschung zu vertrauenswürdiger KI im Dortmunder U. Im September stellte sich das Research Center Future Energy Materials and Systems, in dem zu nachhaltigen Materialien für Energieanwendungen geforscht wird, in Bochum vor. Auf Zeche Zollverein in Essen wurde Ende 2024 das Research Center One Health Ruhr, in dem es um die komplexen Wechselbeziehungen zwischen menschlicher Gesundheit und Umwelt geht, im Beisein von Ministerpräsident Hendrik Wüst eröffnet.

Das Mobilitätsverhalten nachhaltig verändern



In Befragungen plädieren viele Menschen für Umweltschutz, im Alltag nutzen sie jedoch nach wie vor in großer Zahl umweltschädliche Verkehrsmittel wie den privaten Pkw. Das Mobilitätsverhalten ist oft von gewohnten Mustern geprägt und es fällt schwer, auf Alternativen umzusteigen. Diese Lücke zwischen Einstellungen und Verhalten – auch „Attitude-Behavior Gap“ genannt – steht im Fokus der Forschung von Prof. Johannes Weyer von der Fakultät Sozialwissenschaften. Gemeinsam mit seinem Team hat er in der Fachzeitschrift „PLOS One“ ein Modell präsentiert, das das Alltagshandeln der Menschen abbildet. Damit lässt sich beispielsweise verstehen und prognostizieren, welche Anreize nötig sind, um das Mobilitätsverhalten nachhaltig zu verändern.

Wie queere Familien um Anerkennung kämpfen

LGBTQ+-Familien – also lesbian, gay, bisexual, trans* und queere Familien – sind in den letzten Jahren in der Gesellschaft sichtbarer geworden. Im deutschen Recht zeichnen sich mit der „Ehe für alle“ und dem Selbstbestimmungsgesetz Tendenzen der Gleichstellung ab. Trotzdem bestehen zahlreiche Diskriminierungen fort und es zeigen sich auch neue Ausschlüsse. Prof. Mona Motakef (li.), Professorin für Soziologie der Geschlechterverhältnisse an der TU Dortmund, hat gemeinsam mit Dr. Julia Teschlade (Mitte) und Prof. Christine Wimbauer (re.) von der Humboldt-Universität zu Berlin im Rahmen eines DFG-Projekts mit betroffenen Familien gesprochen. Dabei hat das Team unter anderem



untersucht, wie diese Normalität herstellen, für Anerkennung kämpfen – und damit gesellschaftliche Vorstellungen nachhaltig verändern.

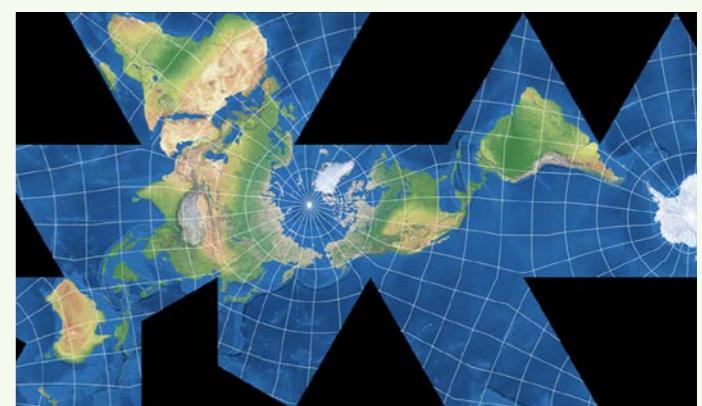
Wissenschaftler*innen beraten Bundesregierung

Ende September 2025 hat Bundesministerin Karin Pries in Berlin die Kommission für den Zehnten Altersbericht der Bundesregierung einberufen. Zu den Mitgliedern gehört auch JProf. Laura Naegele von der Fakultät Sozialwissenschaften. Der Bericht soll Impulse für eine inklusive Bildungspolitik geben und Bildung im Alter stärker politisch verankern – auch im internationalen Vergleich. Ebenfalls im September ist der unabhängige Beirat zur Vereinbarkeit von Pflege und Beruf in seine dritte Amtszeit gestartet. Stellvertretender Vorsitzender ist Prof. Christian Deindl, ebenfalls von der Fakultät Sozialwissenschaften. Das Gremium wird Lösungen erarbeiten, wie sich die Pflege eines Angehörigen mit dem Beruf vereinbaren lässt.



Philosophie: Globale Traditionen zusammendenken

Ein Team um Prof. Johannes Drerup vom Institut für Allgemeine Erziehungswissenschaft und Berufspädagogik möchte eine neue globale philosophische Praxis entwickeln, in der Erziehungs- und Bildungsphilosoph*innen aus unterschiedlichen Traditionen gemeinsam neue theoretische Perspektiven und praktische Lösungsansätze erarbeiten können. Sein Projekt „GlobalPhilEd“ wird seit dem Frühjahr 2025 von der VolkswagenStiftung mit insgesamt rund 307.000 Euro gefördert. Im Gegensatz zu einer universellen Theorie oder einem reinen Vergleich zwischen unterschiedlichen Traditionen soll GlobalPhilEd internationale Philosoph*innen dabei unterstützen, konkrete theoretische und praktische Fragestellungen gemeinsam zu bearbeiten. Prof. Drerup leitet das Projekt gemeinsam mit Prof. Anders Schinkel von der Vrije Universiteit Amsterdam.



Ausgründung rückt in den Fokus der Biotech-Szene

KyDo Therapeutics ist eine Ausgründung der TU Dortmund und hat im Herbst 2025 eine erste Finanzierungsrounde in Höhe von 4,45 Millionen Euro abgeschlossen. Die wissenschaftlichen Wurzeln des Start-ups liegen beim Lehrstuhl für Medizinische Chemie und Chemische Biologie von Prof. Daniel Rauh. KyDo will seine Innovation aus der Grundlagenforschung nun in klinisch relevante Wirkstoffe überführen – also in Krebsmedikamente, die präziser angreifen, Nebenwirkungen verringern und neue therapeutische Kombinationen ermöglichen. Die sogenannten kovalent-allosterischen Inhibitoren binden nicht nur an das fehlregulierte Zielprotein, sondern verändern zusätzlich dessen Struktur und Funktion. Dadurch lassen sich Resistenzen umwirksam machen.



6G: Neuer Mobilfunkstandard – neue Möglichkeiten

In einem Forschungshub in Nordrhein-Westfalen arbeiten Prof. Christian Wietfeld und Kolleg*innen an der Zukunft des Mobilfunks: 6G soll nicht nur schneller und stabiler, sondern auch intelligenter werden. Die Technologie könnte Rettungskräfte helfen, Roboter aus sicherer Entfernung zu steuern – oder dafür sorgen, dass Fachkräfte komplexe Anlagen über hunderte Kilometer hinweg warten können.



„6G wird energieeffizienter sein als 5G und trotzdem eine höhere Datenübertragungsleistung bereitstellen.“

Prof. Christian Wietfeld



In Kürze

Die Technologie

Der Mobilfunkstandard 6G befindet sich noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase. In Deutschland wird er unter anderem im Projekt 6GEM vorangetrieben, das von Beginn an auch konkrete Anwendungsfelder einbezieht.

Die Transformation

6G verspricht extrem hohe Datenraten bei minimaler Verzögerung. Dadurch wird beispielsweise die Fernwartung in Echtzeit oder die nahtlose Integration erweiterter Realität im Alltag möglich.

Prof. Dr. Christian Wietfeld hat an der RWTH Aachen Elektrotechnik studiert und dort 1997 seine Promotion mit Auszeichnung abgeschlossen. Darauf folgten verschiedene Stationen in der Industrie, wo er unter anderem maßgeblich an der Einführung erster mobiler Internetdienste beteiligt war. Seit 2005 leitet er den Lehrstuhl für Kommunikationsnetze an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dortmund. In bislang über 50 Forschungsprojekten hat er mit seinem Team zur Entwicklung von Mobilfunknetzen sowie deren Anwendung in den Bereichen Energie, Transport, Robotik und Notfallrettung beigetragen. Aktuell liegt sein Fokus auf der Erforschung zukünftiger 6G-Netze – unter anderem seit 2021 als Standortsprecher des BMFTR-Forschungshubs 6GEM.

Die Hochspannungsanlage im Umspannwerk hat einen Fehler. Die nächste Fachkraft, die zur Reparatur qualifiziert ist, befindet sich hunderte Kilometer entfernt. Doch das ist kein Problem. Der lokale Mitarbeiter setzt seine Extended-Reality-Brille auf, verbindet sich mit der Expertin und betritt den Hochsicherheitsbereich. In Echtzeit sieht die Expertin nun, was er sieht, kann ihm auf seiner Brille Hinweise einblenden und zugleich verbal mit ihm kommunizieren. So kann sie über weite Entfernungen hinweg selbst feststellen, wo der Fehler liegt, und dem Mitarbeiter vor Ort genau zeigen, welche Kabel er auf welche Weise handhaben muss.

Für diese Form der Fernwartung ist eine extrem hohe Datenübertragungsrate erforderlich, kombiniert mit einer sehr niedrigen Latenzzeit, also einer möglichst geringen Verzögerung. „Diese Eigenschaften bietet der neue Mobilfunkstandard 6G“, erklärt Prof. Christian Wietfeld von der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik. In

dem vom Bundesforschungsministerium geförderten Forschungshub 6GEM arbeitet er am Mobilfunk der sechsten Generation. Der Name 6GEM ist ein Kunstwort aus 6G und dem englischen Wort „Gem“, also Juwel – eine Anspielung auf das Logo des Forschungshubs, einen schwarzen Diamanten. „Dieser steht für die ehemaligen Kohlestandorte im Ruhrbergbau und Aachener Revier und spiegelt den Strukturwandel von Kohle zu High-Tech“, erklärt Wietfeld.

Das Ziel von 6GEM ist, den neuen Mobilfunkstandard effizient, sicher und stabil zu gestalten. Dabei geht es nicht nur darum, die technischen Möglichkeiten

auszuloten und zu erweitern, sondern auch mögliche Anwendungsfelder mit ihren spezifischen Anforderungen von Anfang an in die Entwicklung einzubeziehen. „Aus technischer Sicht ist es beispielsweise interessant, immer höhere Datenraten zu erreichen – aber für die inzwischen erreichten Spitzenwerte gibt es bisher noch gar keine Anwendung“, sagt Wietfeld. Wichtig sei deshalb ein ganzheitlicher Blick, von den technischen Grundlagen bis hin zur Anwendung. „Um die Forschung wirklich auf den Bedarf zuzuschneiden, haben wir mehrere Testfelder, in denen wir die 6G-Technologie in konkreten Anwendungsfällen prüfen und validieren.“

Oben: Über 6G könnten Rettungskräfte künftig mit ferngesteuerten Robotersystemen kommunizieren und diese mit VR-Brillen steuern – zum Beispiel um vermisste Personen aus eingestürzten Gebäuden zu bergen.
Unten: Bei Stromausfällen oder in Funklöchern lässt sich mithilfe mobiler Ausrüstung sogar spontan ein lokales und leistungsstarkes Mobilfunknetz aufbauen.



6GEM

Das Bundesforschungsministerium fördert den 6GEM-Forschungshub von 2021 bis 2025 mit 43 Millionen Euro. Beteiligt sind neben der Technischen Universität Dortmund unter anderem die RWTH Aachen, die Ruhr-Universität Bochum, die Universität Duisburg-Essen sowie mehrere Fraunhofer-Institute und das Max-Planck-Institut für Sicherheit und Privatsphäre. Am Standort Dortmund sind insbesondere die Fakultäten Elektrotechnik und Informationstechnik, Informatik sowie Maschinenbau der TU Dortmund und das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik beteiligt. Das Projekt bündelt die wissenschaftliche Expertise zu 6G und trägt damit dazu bei, dass Deutschland international eine wichtige Rolle bei der Entwicklung und Gestaltung des neuen Mobilfunkstandards einnimmt.

Stabiles Netz auch im Notfall

Eines dieser Testfelder ist das Deutsche Rettungsrobotik-Zentrum (DRZ) in Dortmund. Gemeinsam mit Rettungskräften entwickeln Wietfeld und sein Team hier Lösungen, wie mobile, ferngesteuerte Robotersysteme in Notsituationen helfen können – beispielsweise, um vermisste Personen aus eingestürzten Gebäuden zu retten. „In diesem Szenario können die Einsatzkräfte in sicherer Entfernung bleiben und zugleich per VR-Brille in die Umgebung eintauchen, als wären sie selbst dort. Die Bewegungen der Roboter können sie mit ihren Gesten steuern“, beschreibt Wietfeld. „Auch in diesem Fall sind eine schnelle, stabile Verbindung und eine geringe Latenz entscheidend.“

Doch was ist, wenn sich der Einsatzort in einem Funkloch befindet? „Um für solche Situationen gerüstet zu sein, ist ein wesentliches Element unserer

Forschung die sogenannte Ad-hoc-Fähigkeit“, sagt Wietfeld. Das bedeutet, dass sich ein Mobilfunknetz spontan mit Hilfe mobiler Ausrüstung aufbauen lässt. Das DRZ hat dazu ein Forschungsfahrzeug ausgerüstet, das ein leistungsstarkes Mobilfunknetz erzeugen kann. Dieses Netz steht bei Bedarf auch in Extremsituationen zur Verfügung und ist unabhängig von der örtlichen Netzabdeckung. „Wir stellen uns vor, dass solche mobilen Ad-hoc-Einheiten zukünftig die deutsche Netzinfrastruktur ergänzen könnten“, sagt Wietfeld. „Damit ließen sich beispielsweise auch bei Stromausfällen grundlegende Funktionen des Kommunikationsnetzes aufrechterhalten. Wir sprechen in diesem Zusammenhang von einem resilienten System.“

Zielgerichtete Datenübertragung

Bis die 6G-Technologie einsatzfähig ist, arbeiten das Forschungsfahrzeug und die weiteren Testfelder mit dem aktuellen Mobilfunkstandard 5G – al-

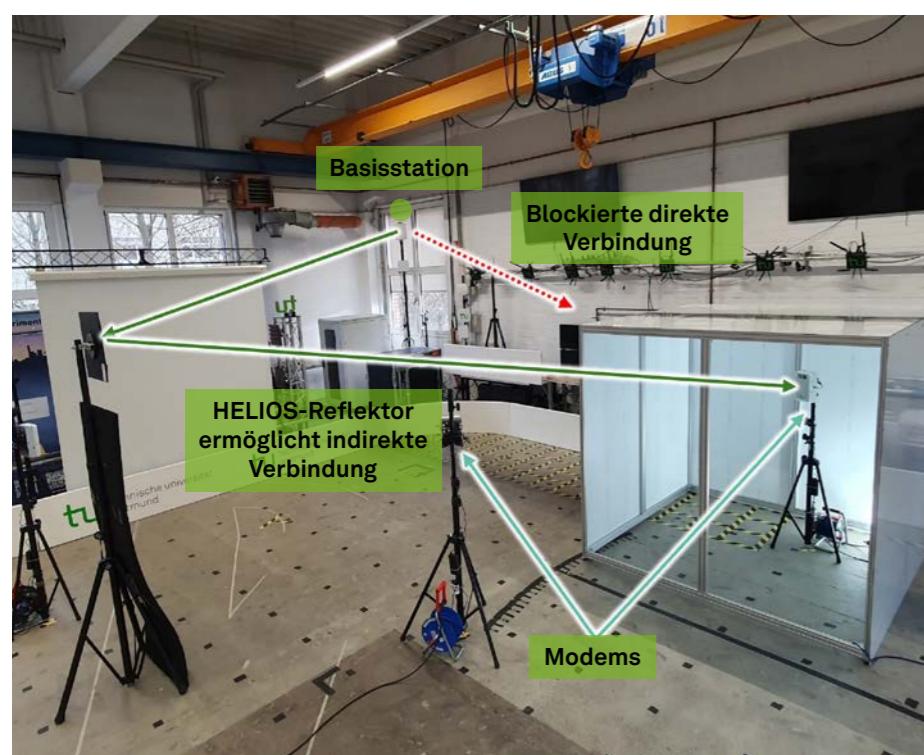
lerdings in einer modifizierten Version. „Um punktuell sehr hohe Datenraten zur Verfügung stellen zu können, haben wir ein Priorisierungssystem entwickelt, das sogenannte Scheduling“, berichtet Wietfeld. Statt allen mit dem Netz verbundenen Einheiten kontinuierlich die gleiche Leistung zur Verfügung zu stellen, erkennt eine Künstliche Intelligenz (KI), welches Gerät wie viel Leistung benötigt. Wird ein Rettungsroboter gerade in Echtzeit gesteuert, erhält dessen Datenübertragung Priorität und funktioniert dadurch besonders schnell und zuverlässig. Andere, weniger zeitkritische Anwendungen erhalten dafür eine etwas geringere Übertragungsrate.

„Unser Ziel ist es, dass die KI zukünftig vorhersagen kann, wo welche Datenpakete in den nächsten Sekunden zu erwarten sind. Statt erst auf Anforderung zu reagieren, soll sie die benötigten Ressourcen proaktiv bereitstellen“, sagt Wietfeld. Diese Fähigkeit könnte auch zum Einsatz kommen, wenn 6G ab 2030 deutschlandweit eingeführt wird. Denn während bisherige Mobilfunknetze so

ausgelegt sind, dass sie möglichst dauerhaft eine breite Abdeckung liefern, soll 6G zielgerichtet jeweils dort zur Verfügung stehen, wo es in diesem Augenblick gebraucht wird. Der Schlüssel dazu sind stark gerichtete Antennen, die ihre Sendeleistung dort fokussieren, wo gerade eine Nutzung stattfindet. „Das führt dazu, dass 6G energieeffizienter als 5G ist, und dabei eine höhere Datenübertragungsleistung bereitstellt“, erklärt Wietfeld.

Um auch bewegliche Objekte mit Daten zu versorgen, muss das Funksignal den Empfangsgeräten folgen – sei es ein Smartphone oder ein selbstfahrendes Auto. Das erhöht die Systemkomplexität, sorgt aber letztlich für mehr Effizienz. Eine weitere Herausforderung ergibt sich dadurch, dass die gerichteten Antennen jeweils eine direkte Verbindung zum jeweiligen Empfänger brauchen. Blockieren beispielsweise dicke Wände oder hohe Gebäude den Weg des Signals, würde der Empfang abbrechen. Doch auch dafür hat Wietfelds Team bereits eine Lösung gefunden: „Wir haben

Wenn das Funksignal künftig den Empfangsgeräten folgt, sorgt das für ein effizienteres Netz. Blockieren jedoch dicke Wände oder hohe Gebäude den Weg des Signals, können spezielle HELIOS-Reflektoren zum Einsatz kommen, deren Oberflächen das Funksignal reflektieren.



Links: Die VR-Brille könnte noch deutlich kompakter werden und im 6G-Mobilfunknetz das Smartphone ablösen, um unsere Realität jederzeit um die gewünschten Informationen zu erweitern.

Rechts: Carsharing könnte mit 6G bequemer werden. Ein Teleoperator könnte das angeforderte Fahrzeug bis vor die Haustür fahren, wo wir dann übernehmen.

besonders strukturierte Oberflächen entwickelt, die das Funksignal in einer steuerbaren Art und Weise reflektieren“, erklärt Wietfeld. „Damit können wir quasi über Bände spielen und das Signal um die Ecke leiten.“ Wenn solche reflektierenden Oberflächen, HELIOS-Reflektoren genannt, an Gebäuden angebracht werden, wird eine nahtlose Funkabdeckung möglich, auch wenn der direkte Pfad blockiert ist. Auch im Indoor-Bereich, etwa in Produktionshallen, können die HELIOS-Reflektionsflächen zum Einsatz kommen. Da sie mithilfe von 3D-Druckern hergestellt werden, lassen sie sich spezifisch für den jeweiligen Anwendungsfall anpassen.

Plattform für Innovationen

Wie genau 6G unseren Alltag verändern wird, lässt sich laut Wietfeld bisher kaum absehen. „Grundlegend eröffnet die viel höhere Datenübertragung eine große Bandbreite neuer Möglichkeiten“, sagt er. „Das schafft beispielswei-

se neue Potenziale im Bereich virtuelle und erweiterte Realität, denn dabei sind sehr hohe Datenraten erforderlich.“ Denkbar wäre daher aus seiner Sicht, dass wir zukünftig nicht mehr unser Smartphone, sondern eine VR-Brille dabeihaben, die es uns ermöglicht, jederzeit in hochauflösende virtuelle Umgebungen einzutauchen oder unsere Realität zu erweitern – sei es zum Vergnügen oder im beruflichen Kontext.

Auch im Bereich Mobilität ergeben sich neue Möglichkeiten. So könnten selbstfahrende Autos bei Bedarf per Teleoperation von einem Menschen gesteuert werden, der sich virtuell in die Position des Fahrers begibt und in schwierigen Situationen die Kontrolle übernimmt. Auch das Carsharing könnte auf diese Weise bequemer werden: Wenn wir ein Fahrzeug anfordern, würde es ein Teleoperator bis vor unsere Haustür fahren, wo wir dann selbst die Steuerung übernehmen könnten. An unserem Ziel angekommen, bräuchten wir uns keine Gedanken um einen Parkplatz machen, weil das Auto direkt zum nächsten Ein-

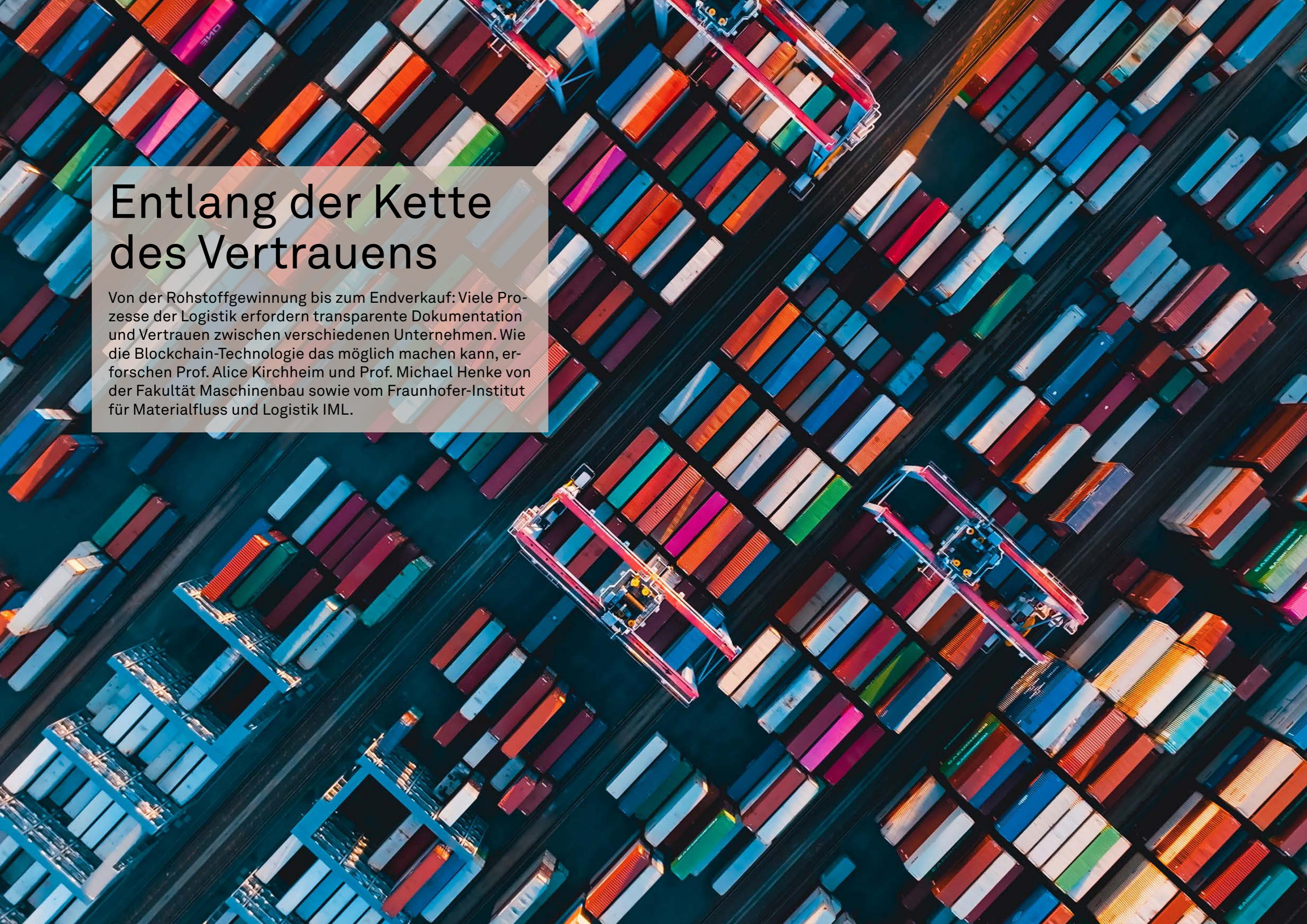
satz weiterfährt. Die benötigte Anzahl an Autos ließe sich damit erheblich reduzieren und Konflikte um Parkraum würden sich von selbst lösen.

„Wie solche Technologien akzeptiert werden, muss die Zukunft zeigen“, sagt Wietfeld. „6G wird eine Plattform bieten, die die Entwicklung neuer Konzepte und neuer Geräte ermöglicht. Unser Ziel ist es, diese Plattform stabil und verlässlich zu gestalten.“

Elena Bernard

Entlang der Kette des Vertrauens

Von der Rohstoffgewinnung bis zum Endverkauf: Viele Prozesse der Logistik erfordern transparente Dokumentation und Vertrauen zwischen verschiedenen Unternehmen. Wie die Blockchain-Technologie das möglich machen kann, erforschen Prof. Alice Kirchheim und Prof. Michael Henke von der Fakultät Maschinenbau sowie vom Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML.



„Wir möchten mit unserer Forschung auch Ergebnisse für die Industrie schaffen und die Welt von morgen mitgestalten.“

Prof. Alice Kirchheim



Prof. Dr. Alice Kirchheim ist seit 2024 Professorin für Förder- und Lagerwesen an der Fakultät Maschinenbau der TU Dortmund sowie Leiterin des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML. Kirchheim studierte Informatikingenieurwesen an der Technischen Universität Hamburg-Harburg und promovierte 2011 an der Universität Bremen. Von 2013 bis 2019 war sie in verschiedenen Unternehmen der KION Gruppe im Vertrieb manueller und automatischer Logistiksysteme tätig. 2019 wurde sie zur Professorin an der Hochschule Aalen ernannt, 2021 wechselte sie an die Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg. Zu ihren Forschungsschwerpunkten zählen inner- und außerbetriebliche Logistik, Künstliche Intelligenz und das Internet der Dinge.

Prof. Dr. Michael Henke ist seit 2013 Professor für Unternehmenslogistik an der Fakultät Maschinenbau der TU Dortmund sowie Leiter des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML. Henke studierte Brauwesen- und Getränketechnologie an der TU München, wo er auch promovierte und habilitierte. Er arbeitete als Berater für die Supply Management Group SMG in St. Gallen, bevor er 2007 als Professor an die EBS Universität für Wirtschaft und Recht berufen wurde. Seit 2015 ist er zudem Adjunct Professor an der School of Business and Management der Lappeenranta University of Technology in Finnland. Seine Forschungsschwerpunkte liegen unter anderem in den Bereichen Management der Industrie 4.0, Blockchain und Smart Contracts sowie Supply Chain Management.

In Kürze

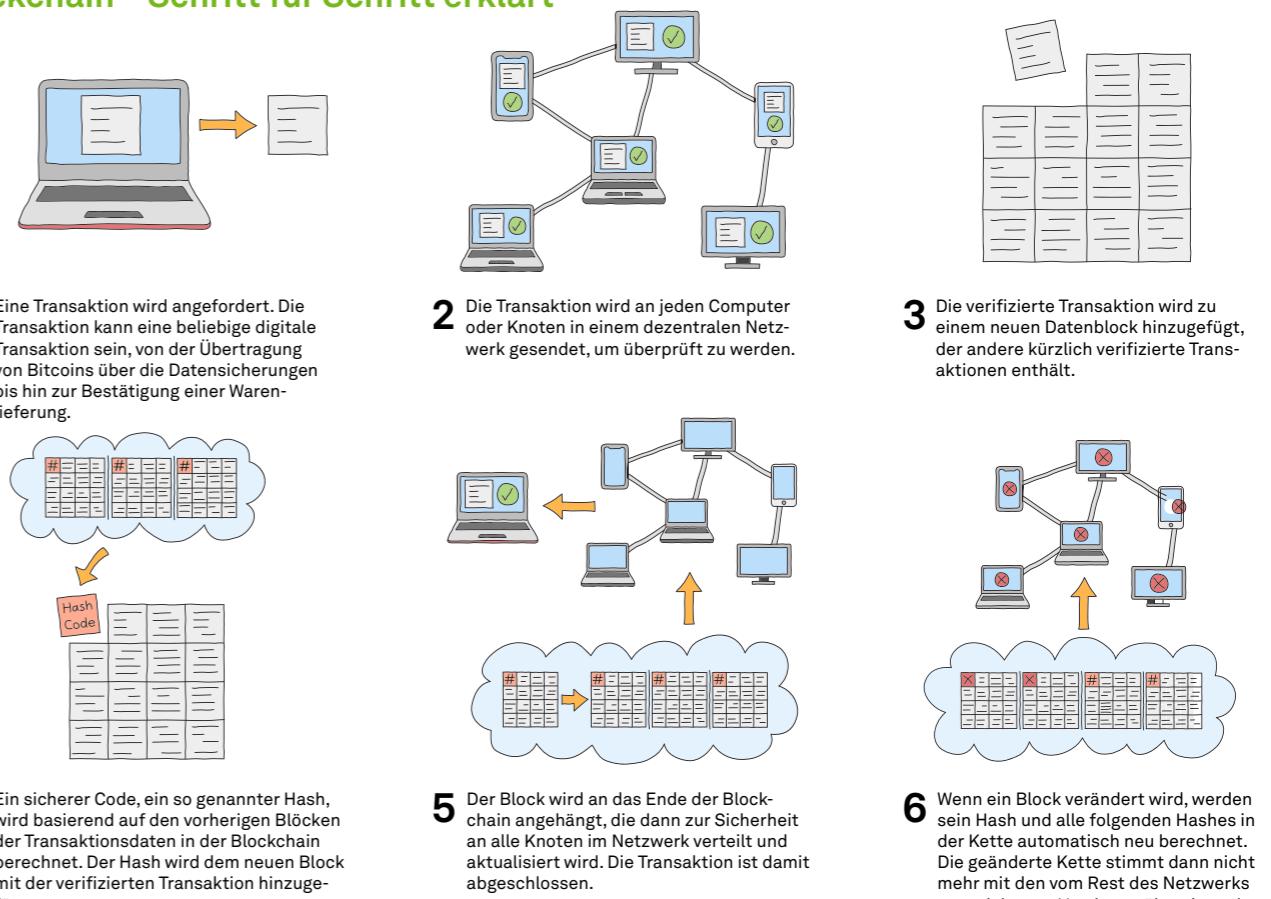
Das Potenzial

Lieferketten und Geschäftsbeziehungen sind zunehmend international, komplex und digital vernetzt. Die Blockchain-Technologie kann in unsicheren, dezentralen Netzwerken Transparenz, Vertrauen und fälschungssichere Daten schaffen.

Die Transformation

Damit auch die Unternehmen der Region von diesen Chancen profitieren und Blockchain vor allem in Produktion und Logistik nutzen können, arbeiten die Wissenschaftler*innen in verschiedenen Projekten eng mit der Industrie zusammen und entwickeln gemeinsam Lösungen.

Blockchain – Schritt für Schritt erklärt



In der Blockchain werden Daten in unveränderlichen Blöcken gespeichert und verketten. Da alle Teilnehmer sie gemeinsam verwalten, ist die Kette fälschungssicher. Manipulationen würden sofort auffallen.

Bei der Herstellung von E-Autos verhandeln Unternehmen Preise für notwendige Materialien, Vorprodukte oder Maschinen miteinander. Für nachhaltig gewonnene Erzeugnisse wie grüner Wasserstoff oder entwaldungsfreier Kaffee muss entlang der Lieferkette dokumentiert sein, dass sie tatsächlich nachhaltig sind. LKWs bringen nicht nur Waren quer durch den Kontinent, sondern auch Beförderungspapiere, Zolldokumente oder Frachtbriefe, die von Behörden oder Geschäftspartnern geprüft werden. In all diesen Szenarien arbeiten Unternehmen zusammen, die wirtschaftlich unabhängig voneinander sind und sich nicht notwendigerweise kennen – und dadurch auch nicht unbedingt vertrauen.

„Die Blockchain-Technologie ist für die Logistik deswegen so wichtig, weil sie in dezentralen Systemen Transparenz und somit Vertrauen herstellen kann“, sagt Alice Kirchheim von der Fakultät Maschinenbau. Sie ist Professorin für Förder- und Lagerwesen an der TU Dortmund und Leiterin des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML. Gemeinsam mit Michael Henke, Professor für Unternehmenslogistik an der Fakultät Maschinenbau und ebenfalls Institutsleiter des Fraunhofer IML, erforscht sie Potenziale der Blockchain-Technologie.

Eine Blockchain – auf Deutsch „Blockkette“ – ist ein dezentraler Datenspeicher. Sie kommt in Netzwerken zum Einsatz, die nicht durch eine zentrale Instanz verwaltet werden. Informationen werden in einzelnen Blöcken ge-

speichert und aneinandergereiht, neue Blöcke immer an das Ende angehängt. Durch eine spezielle Verschlüsselung ist es nicht möglich, die chronologische Reihenfolge der Kette zu verändern. Zudem ist auf jedem Computer im Netzwerk eine Kopie der Kette gespeichert. Jeder neu angehängte Datenblock muss auch in allen Kopien im Netzwerk akzeptiert werden. Die Blockchain-Technologie sorgt so dafür, dass Informationen transparent gemacht und Manipulationen verhindert werden.

Chancen für die Logistik

„Um Blockchain gab es viel Hype, vor allem auch im Zusammenhang mit Kryptowährungen. Für die Logistik bietet die Technologie aber tatsächlich viele

Chancen. Wir wollen dazu beitragen, dass diese auch genutzt werden können“, sagt Henke. Zum Beispiel macht Blockchain die Rückverfolgbarkeit von Produkten möglich, etwa mit digitalen Produktpässen. Auch bei elektronischen Frachtbriefen oder anderen Transportdokumenten kann die Technologie zum Einsatz kommen. Blockchain steigert damit nicht nur die Glaubwürdigkeit, sondern sorgt auch für Effizienz und Nachhaltigkeit: Zum einen können nachhaltig gewonnene Produkte dank Blockchain einfacher zertifiziert werden, zum anderen werden Prozesse insgesamt ressourcenschonender.

„Mit unserer Forschung möchten wir nicht nur die Wissenschaft vorantreiben, sondern auch sichtbare Ergebnisse für die Industrie schaffen und die Welt von morgen gestalten“, betont Kirch-



Software- und Systemtechnik ISST und läuft bis Ende 2025. der Bund fördert das Projekt mit rund fünf Millionen Euro.

Starthilfe für kleine und mittlere Unternehmen

„Eine Herausforderung im Umgang mit Blockchain ist, dass Unternehmen oft Wissen über die Funktionsweise und die Möglichkeiten der Technologie fehlt. Diese Wissenslücke möchten wir schließen. Gerade für kleine und mittelständische Unternehmen sind unsere Forschungsvorhaben eine Starthilfe“, sagt Kirchheim. Im Projekt DUH-IT konzentrieren sich Kirchheim und Henke dabei auf die Region Dortmund, Unna und Hamm – und wollen sie zur Modellregion für „Blockchain in der Logistik“ machen. „Mit dem Strukturwandel nach dem Ende des Bergbaus ist Logistik zu einer der zentralen Branchen der Region geworden. Gleichzeitig haben Forschungseinrichtungen hier bereits wichtige Vorarbeiten zu Blockchain geleistet“, erklärt Henke.



Die Wissenschaftler*innen entwickeln und erproben in ihren Projekten Lösungen für Unternehmen, die die Vorteile von KI und Blockchain kombinieren: In Zukunft könnten Roboter Schwärme nicht nur Waren durch die Produktionshalle transportieren, sondern auch Preise miteinander verhandeln und Verträge abschließen.

heim. Das versuchen die Dortmunder Wissenschaftler*innen etwa im Projekt SKALA. SKALA steht für „Skalierbare KI- und Blockchain-Lösungen zur Automatisierung und Autonomisierung in Wertschöpfungsnetzwerken“. Das Ziel ist, zu untersuchen, wie Blockchain mit Künstlicher Intelligenz (KI) kombiniert werden kann – und Lösungen zu entwickeln, die auch in der Praxis funktionieren.

Ein Beispiel sind mehrere Unternehmen, die gemeinsam Betriebsmittel oder Transportboxen nutzen. Die Herausforderung ist, Produktions- und Transportkapazitäten effizient und flexibel einzusetzen, gleichzeitig aber die Kosten für die beteiligten Unternehmen bestmöglich zu gestalten. Künstliche Intelligenz hilft dabei, die Preise dynamisch anzupassen und so die Kapazitäten optimal zu steuern. Blockchain sorgt

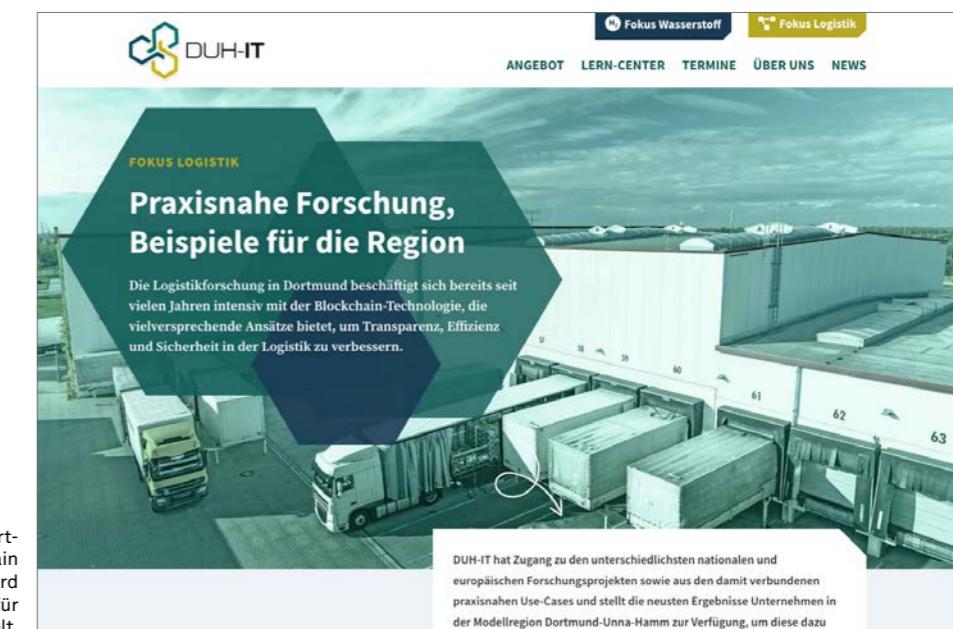
dafür, dass dies transparent und sicher passiert. „Blockchain und KI ergänzen sich hier gegenseitig und treiben die Automatisierung von Produktionsabläufen voran“, sagt Henke. In der Fabrik der Zukunft transportieren Roboterschwärme nicht nur Waren durch die Produktionshalle, sondern verhandeln direkt Preise miteinander und schließen intelligente Verträge ab.

Für SKALA entwickeln die Wissenschaftler*innen zum Beispiel Algorithmen, simulieren Prozesse oder erstellen Demonstratoren – immer auch im Austausch mit Partnern aus der Industrie. Am Ende sollen konkrete Lösungen stehen, die als öffentlich zugängliche Open-Source-Software zur Verfügung gestellt werden. SKALA ist eine Kooperation des Fraunhofer IML, der TU Dortmund und des Fraunhofer Instituts für

in Nordrhein-Westfalen voran.“ Das Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes NRW sowie der Europäische Fonds für regionale Entwicklung der Europäischen Union finanzieren DUH-IT mit rund zwei Millionen Euro über eine Laufzeit von drei Jahren. Neben den an der TU Dortmund angesiedelten Forschungsgruppen von Kirchheim und Henke ist auch das Fraunhofer IML an dem Projekt beteiligt.

Treiber digitaler und gesellschaftlicher Transformation

„Prozesse digitaler und autonomer zu gestalten, ist von zentraler Bedeutung für die Logistik“, sagt Kirchheim. „Mit Forschungsprojekten wie SKALA und DUH-IT leisten wir einen Beitrag zur Lösung der gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Technologien wie Blockchain sind wichtige Treiber der Digitalisierung, und helfen damit auch im Umgang mit anderen großen Herausforderungen wie Fachkräftemangel und Klimawandel.“



Dortmunder Wissenschaftler*innen zum Beispiel an einem Nachweis für entwaldungsfreie Kaffee-Lieferketten gearbeitet, der nicht nur für regulatorische Anforderungen von Bedeutung ist, sondern auch soziale und ökologische Aspekte stärkt.

In der Ausrichtung auf gesellschaftlichen Nutzen sehen Henke und Kirchheim auch die Rolle, die Wissenschaft insgesamt für Transformationen spielt. Wissenschaft kann in größeren sozialen und technologischen Transformationsprozessen dazu beitragen, dass nüchtern und sachlich agiert wird. Gleich-

zeitig erfordere das eine Transformation der Wissenschaft selbst: „Viele Probleme können wir nur in Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen und außerwissenschaftlichen Partnern angehen“, sagt Kirchheim. Das ist auch das, was die beiden Forschenden an der Logistik begeistert: Der Blick über Disziplingrenzen hinweg ist hier zentraler Teil der wissenschaftlichen Arbeit.

Hanna Metzen

Steckbrief

Prof. Manuel Wiesche



„Unsere soziotechnische Perspektive trägt dazu bei, Systeme zu gestalten, in denen sich die Stärken von Mensch und Technik sinnvoll ergänzen.“

Die Professor:

Digitale Transformation an der Fakultät Wirtschaftswissenschaften, seit 2020

Die Forschungsschwerpunkte:

- plattformbasierte Geschäftsmodelle
- Digitalisierung der Arbeit und Zusammenarbeit mit Künstlicher Intelligenz (KI)
- organisationaler Wandel durch digitale Technologien wie KI, Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) oder Smart Home

Der Werdegang:

- an der Universität Münster und an der Queensland University of Technology in Brisbane (Australien) Wirtschaftsinformatik studiert und 2014 an der Technischen Universität München (TUM) promoviert
- an der TUM als Forschungsgruppenleiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik gearbeitet
- Forschungsaufenthalte am Weizenbaum-Institut für die vernetzte Gesellschaft in Berlin, an der University of Pennsylvania (USA), an der University of Southern California (USA), an der University of Queensland sowie der Queensland University of Technology (Australien) absolviert
- an der Fakultät Wirtschaftswissenschaften der TU Dortmund auf die Juniorprofessur (mit Tenure Track) für Wirtschaftsinformatik berufen

Der Status:

- belegt im Ökonomen-Ranking der WirtschaftsWoche Spaltenplatzierungen unter den forschungsstärksten Ökonomen*innen im deutschsprachigen Raum unter 40 Jahren: Rang 12 im Jahr 2020 und Rang 5 im Jahr 2024
- erreicht im Research Ranking der Association for Information Systems (AIS) – einem internationalen Vergleich für Veröffentlichungen in führenden Fachzeitschriften der Wirtschaftsinformatik – im Jahr 2024 Platz 6 weltweit
- wirbt für seine Forschung zu digitalen Plattformen und Arbeitswelten regelmäßig Drittmittelprojekte bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie verschiedenen Bundesministerien ein und veröffentlicht seine Erkenntnisse regelmäßig in renommierten wissenschaftlichen Fachzeitschriften der Betriebswirtschaftslehre

Das Engagement:

- Mitinitiator des neuen Bachelorstudiengangs „Wirtschaftsinformatik“, der zum Wintersemester 2024/25 an der TU Dortmund gestartet ist
- Mitgründer und Teilhaber der „Tür an Tür Digitalfabrik gGmbH“ in Augsburg, die digitale Lösungen für Verbände und Nichtregierungsorganisationen aus den Bereichen Integration, Bildung und bürgerschaftliches Engagement entwickelt
- Mitglied des wissenschaftlichen Beirats des Vereins Fujitsu NEXT e.V., der Wissenschaft und Praxis verknüpft und Nachwuchsforschende fördert

Die Forschung

Prof. Wiesche forscht als Wirtschaftsinformatiker an der Schnittstelle von Betriebswirtschaftslehre und Informatik und untersucht ein breites Spektrum an Fragestellungen rund um die digitale Transformation – von technologischen Innovationen bis hin zu organisations-theoretischen Rahmenbedingungen und Gestaltungsmöglichkeiten.

So geht es beispielsweise um die Frage, wie sich Organisationen – wie Apple, Google, SAP und andere Unternehmen in der Transportlogistik oder im Automobilbau – verändern, wenn sie an digitalen Plattformökosystemen partizipieren. Was ändert sich dadurch in der gesamten Wertschöpfungskette? Wie muss eine solche Plattform gemanagt werden? Welche Risiken sind damit verbunden, welche Chancen bieten sich? Beispielsweise müssen Unternehmen der Automobilbranche teilweise sensible Daten mit anderen Unternehmen teilen, um über digitale Plattformen zusammenzuarbeiten. Gleichzeitig können Lieferketten deutlich effizienter gestaltet und Kosten gesenkt werden. Fragen von Abhängigkeit und Macht müssen ganz neu beantwortet werden. Das gilt auch für Unternehmen, die verstärkt Künstliche Intelligenz (KI) einsetzen, um beispielsweise mithilfe von digitalen Zwillingen den eigenen Maschinenpark zu optimieren: Wie werden solche Lösungen angenommen? Können die Mitarbeiter*innen der KI vertrauen? Und welchen Beitrag kann KI zur Wertschöpfung leisten?

Fragen von Macht und Abhängigkeit müssen neu beantwortet werden, wenn Unternehmen vermehrt digitale Plattformen nutzen.



Kleine und mittlere Unternehmen sollen von neuen Technologien wie Virtual Reality profitieren – auch ohne umfangreiche Programmierkenntnisse.

Darüber hinaus forscht Manuel Wiesche zu immersiven Technologien wie Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR). Dabei geht es insbesondere darum, wie die Erstellung virtueller Inhalte vereinfacht werden kann. Der Wirtschaftsinformatiker untersucht das Potenzial von AR- und VR-Lösungen für kleine und mittelständische Unternehmen und arbeitet aktuell an einem Projekt, in dem immersive Technologien bei der Internationalen Gartenausstellung 2027 im Ruhrgebiet eingesetzt werden sollen: Gemeinsam mit Partnern konzipiert, pilotiert, und evaluiert sein Team Lösungen, um die grünen Highlights der Region auch immersiv in Szene zu setzen. Auch diese Arbeiten helfen, digitale Technologien künftig für Unternehmen leichter zugänglich zu machen.

Die entwickelten Konzepte, Ideen und Lösungen bieten auch fertigenden Unternehmen, Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen einen Mehrwert: Diese können damit Produkte und Prozesse verbessern und die Kommunikation unterstützen. „In Bereichen, in denen man sonst davon ausgeht, dass digitale Technologien den Menschen verdrängen, können sie auch dabei helfen, Interaktion zwischen Menschen reichhaltiger und wertvoller zu machen“, sagt Wiesche. Mit sogenannten „No-Code-Tools“ lassen sich Prozesse in virtuellen Welten auch ohne umfangreiche Softwareentwicklungskenntnisse abbilden.

Die Transformation

Wenn ich mir die Arbeitswelt der Zukunft vorstelle, sehe ich, dass sich die Rolle des Menschen weiter grundlegend verändern wird. Früher haben Mitarbeiter*innen hauptsächlich ausführende Tätigkeiten übernommen, doch das können digitale Systeme immer besser: Sie sind schneller und machen weniger Fehler als wir. Unsere Aufgabe verschiebt sich immer mehr in Richtung Steuerung der Systeme. Wir müssen in Zukunft noch mehr Verantwortung dafür übernehmen, wie sich diese Systeme verhalten sollen: Wir müssen Entscheidungen treffen und entsprechende Leitlinien entwickeln – genau das wird den Menschen in Zukunft noch mehr auszeichnen.

Eine besondere Herausforderung ist dabei, dass unsere Systeme immer autonomer werden, was diese Steuerungsaufgabe noch komplexer macht. Schon bei der Entwicklung müssen wir daher hohe Anforderungen an die Transparenz stellen. Im Betrieb müssen digitale Systeme zuverlässig überwacht werden. Die Mitarbeiter*innen müssen sie selbstständig und urteilsfähig nutzen können und ihre Vorgesetzten müssen die dafür erforderlichen Rahmenbedingungen schaffen, etwa durch individuelle Weiterbildung der Beschäftigten und Organisationsentwicklung des Unternehmens.

Forschung zur digitalen Transformation bedeutet für mich, dass ich mit meinem Team etwas bewegen kann. Digitale Technologien entwickeln sich rasend schnell. Es gibt immer mehr offene wissenschaftliche Fragen aber auch konkrete Probleme aus Unternehmen, bei denen unsere soziotechnische Perspektive gefragt ist. So können wir mit unserer Forschung die digitale Transformation mitgestalten.

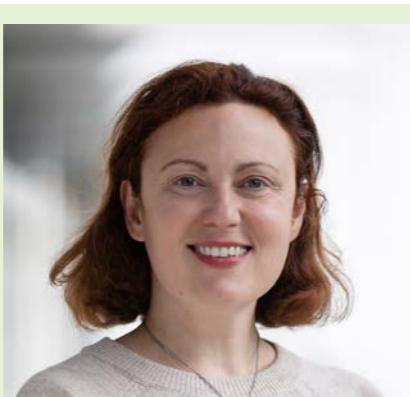
La Ola im Halbleiter

Die Chemikerin Prof. Anna Isaeva erforscht mit ihrem Team die Elektronik-Materialien der Zukunft. Exotische Stoffe wie die so-nannten „topologischen Isolatoren“ sollen den rasant steigenden Energieverbrauch der heutigen IT-Technik zügeln.



„In unseren Projekten geht es um die Einsparung von Energie. Manche zielen konkret auf Anwendungen, andere sind – wie die topologischen Materialien – noch Grundlagenforschung.“

Prof. Anna Isaeva



In Kürze

Die Forschung

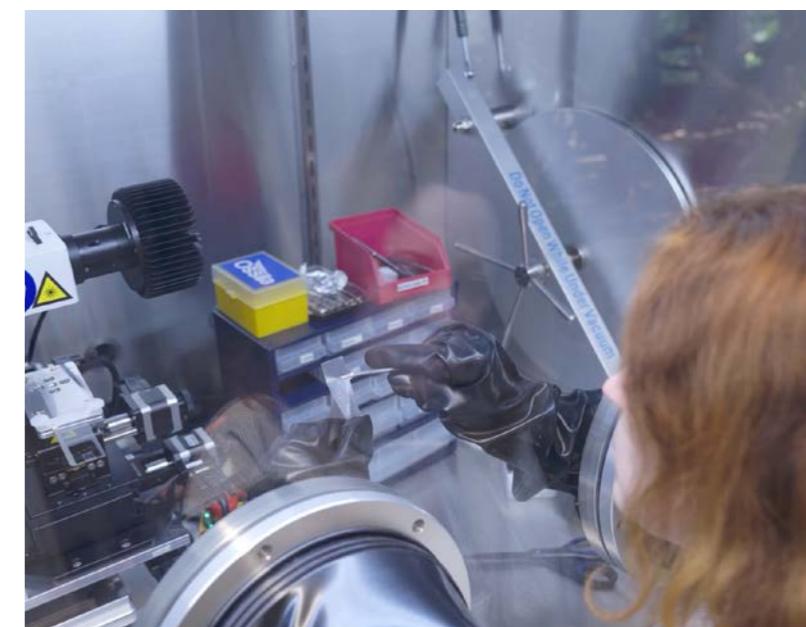
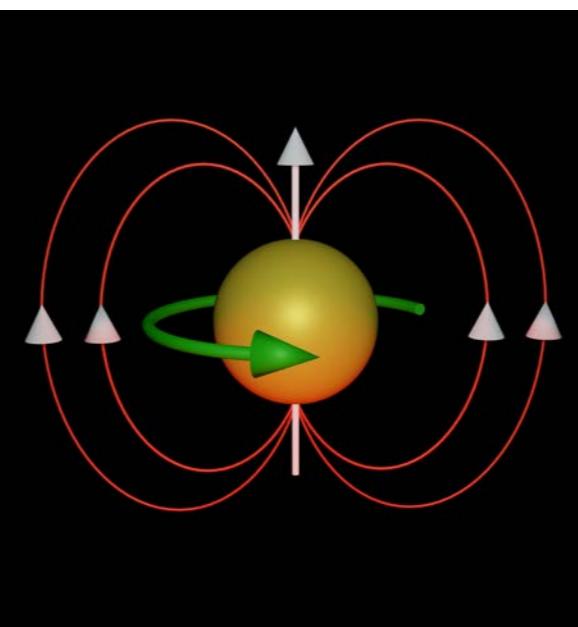
Prof. Anna Isaeva arbeitet an neuen Materialien für die Spintronik. Besonders interessieren sie dabei topologische Isolatoren und ihre magnetischen Varianten, die theoretisch bei Raumtemperatur funktionieren könnten.

Die Transformation

Was aktuell noch Grundlagenforschung ist, könnte in Zukunft große Chancen eröffnen – und zum Beispiel extrem energieeffiziente Computer ermöglichen. Innerhalb der Universitätsallianz Ruhr arbeiten Spitzensucher*innen deswegen gemeinsam an zukunftsähnlichen Energiermaterialien.

Prof. Dr. Anna Isaeva kam 2024 als Professorin für „Quantum Materials“ an das Research Center Future Energy Materials and Systems der Universitätsallianz Ruhr. Ihre Professur ist an der Fakultät Physik der TU Dortmund angesiedelt. Nach einem Studium der Materialwissenschaften hat sie 2008 in anorganischer Chemie an der Moscow State University, Russland, promoviert. Anschließend war sie als Postdoc an der Universität Antwerpen, Belgien, tätig, bevor sie 2010 an die TU Dresden wechselte. Dort war sie später Juniorprofessorin für „Synthese und Kristallzüchtung von Quantenmaterialien“ und Gastgruppenleiterin am Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden. Bis zu ihrer Berufung ins Ruhrgebiet war Isaeva Professorin am Institut für Physik der Universität von Amsterdam, Niederlande.

Die Computertechnik hat uns alle fest im Griff. Die Arbeit im Büro ist ohne das Internet nicht mehr zu denken. Heutige Mobiltelefone haben eine Rechenleistung, die vor wenigen Jahrzehnten nicht einmal ganze Wandschränke an Computern liefern konnten. Und nun tritt mit der künstlichen Intelligenz schon die nächste Revolution auf den Plan – bereit, unser aller Leben noch einmal umzukrempeln. Doch das Ganze hat auch eine Kehrseite: Der Energieverbrauch der Informations- und Computertechnik steigt rasant an. Das liegt nicht nur daran, dass die ganze Welt an den Errungenschaften der modernen Technik teilhaben will. Zum Training der künstlichen Intelligenz müssen große Rechenzentren wochenlange Berechnungen durchführen, und viele tausend Computerchips laufen derweil bei voller Leistung.



Eine Grundlage für neuartige Computermaterialien sind besonders energieeffiziente Spinströme. Die Idee dabei ist, Elektronen nicht mehr durch Bewegung von A nach B Informationen transportieren zu lassen, sondern ihren Spin (Grafik links) zu nutzen – eine Art eingebautes Magnetfeld. Prof. Anna Isaeva produziert und untersucht ganz spezielle spintronische Materialien im Labor: sogenannte topologische Isolatoren.

„Die heutige Computertechnik basiert auf Silizium-Chips und ist schon ziemlich ausgereizt“, sagt Anna Isaeva. Die Chemikerin hat im April 2024 die Professur für Quantenmaterialien am Research Center Future Energy Materials and Systems der Universitätsallianz Ruhr übernommen, die an der Fakultät Physik der TU Dortmund verortet ist. „Bereits seit einiger Zeit wird in der Wissenschaft diskutiert, ob man nicht ganz neue Materialien braucht, die sehr viel sparsamer sind als die heutigen Computerchips“, erzählt sie. In den Leiterbahnen der Silizium-Chips fließt elektrischer Strom – also Elektronen – mit sehr hoher Taktung durch Milliarden winziger Transistoren. Auf diese Weise werden Informationen verarbeitet und weitergeleitet. „Allerdings verbrauchen diese rasend schnell hin und her fließenden Elektronen einiges an Energie, weil sie auf ihrem Weg durch den Chip elektrischen Widerstand erfahren und dadurch Verlustwärme erzeugen“, erklärt die Forscherin.

Die Idee für neue Computermaterialien besteht deshalb darin, die Elektronen gar nicht mehr wandern zu lassen,

sondern die Information auf andere Weise durch den Rechner zu jagen. „In einem Fußballstadion gibt es die La-Ola-Wellen, wenn die Fans der Reihe nach aufstehen, die Arme in die Luft werfen und sich wieder hinsetzen, so dass die Welle schließlich rund um das Stadion schwappkt, obwohl kein Mensch seinen Standort ändert“, so Isaeva. „Denselben Effekt wollen wir mit Elektronen erzielen, indem wir ihren sogenannten Spin einsetzen.“ Denn Elektronen besitzen nicht nur eine elektrische Ladung, sondern erzeugen auch ein Magnetfeld.

Winzige Kompassnadeln

Verantwortlich dafür ist der Spin, ein magnetisches Moment des Elektrons, das man sich vereinfacht als eine planetenartige Rotation um die eigene Achse vorstellen kann. Der Spin sorgt dafür, dass Elektronen sich wie winzige magnetische Kompassnadeln verhalten. In speziellen Halbleitern richten sich diese Kompassnadeln an den Oberflächen auf charakteristische Weise aus. Dank dieser Eigenschaften können reine Spin-

ströme entstehen, die sich energieeffizient nutzen lassen.

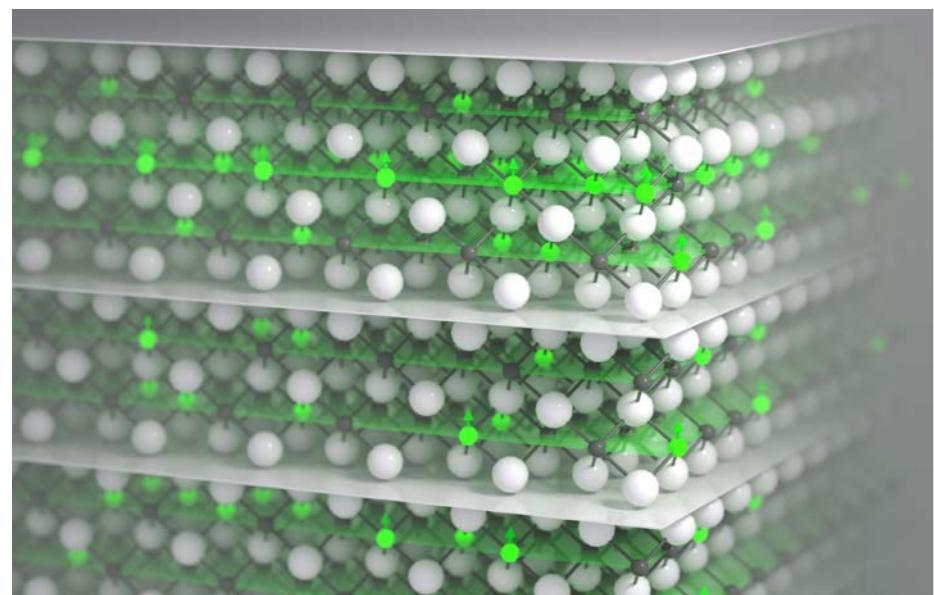
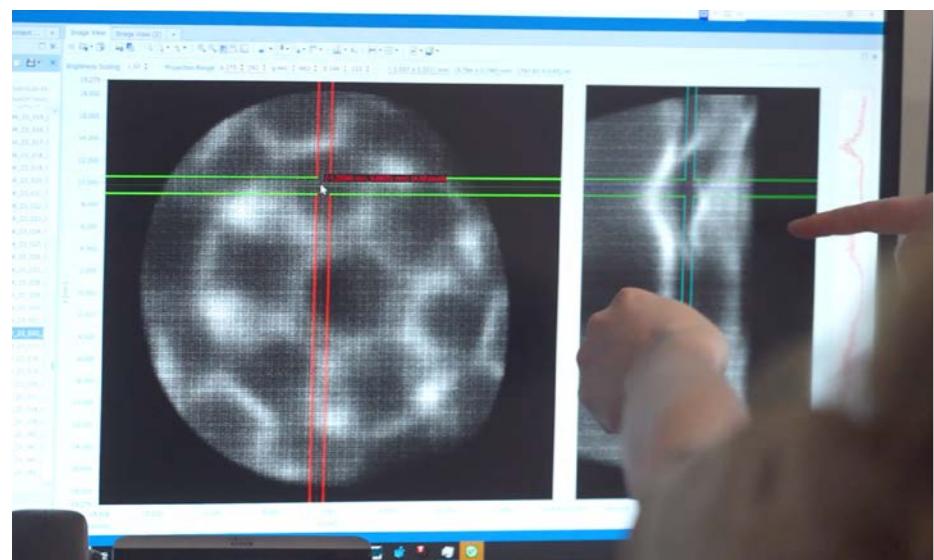
„Das Spannende an diesen Spinströmen ist, dass man Information mithilfe der Spinausrichtung der Elektronen transportieren kann. Die Elektronen müssen also nicht in großer Zahl fließen, und der Informationstransport erfolgt mit deutlich geringerem Energieverbrauch“, erklärt Isaeva. Das ganze Forschungsbereich wird auch „Spintronik“ genannt, da hier im Gegensatz zur Elektronik keine elektrische Ladung, sondern die Orientierung der Elektronenspins für den Informationstransport zuständig ist.

Das gesamte Gebiet der Spintronik hat sich in den letzten Jahren enorm aufgefächert und umfasst verschiedene Klassen von Materialien. „Unsere Forschungsgruppe widmet sich einem exotischen Typ spintronischer Stoffe, den sogenannten topologischen Isolatoren“, so die Chemikerin. Man kann sich diese Materialien wie eine besondere Energielandschaft vorstellen, in der die Elektronen nur ganz bestimmte, geschützte Wege nehmen können – gerade diese besondere Form der Landschaft macht

sie „topologisch“. Die Spinausrichtung an der Oberfläche topologischer Materialien bleibt aufgrund quantenmechanischer Schutzmechanismen selbst über größere Distanzen stabil, wodurch sich Energieverluste beim Informationstransport noch weiter minimieren lassen.

„Im Jahr 2016 wurde der Physik-Nobelpreis an die drei Theoretiker David Thouless, Duncan Haldane und Michael Kosterlitz für ihre bereits in den 1980er Jahren begonnenen Forschungen zu sol-

Oben: Um topologische Isolatoren herzustellen, werden Kristalle aus speziellen schweren Elementen gewonnen. Mit aufwendigen Messmethoden wie der winkelaufgelösten Photoemissionsspektroskopie lässt sich ihre verborgene Energiedlandschaft sichtbar machen. In ihr bewegen sich die Elektronen auf geschützten Bahnen. Unten: Auch im Exzellenzcluster ct.qmat der Unis Würzburg und Dresden hat Prof. Isaeva dazu geforscht. 2023 gelang es dem Team, den topologischen Isolator Mangan-Bismut-Tellurid (Kristallstruktur) so maßzuschneidern, dass er ferromagnetisch ist.



chen topologischen Materialien vergeben“, sagt Isaeva. „Diese theoretischen Erkenntnisse waren damals allerdings so abstrakt, dass lange Zeit niemand wusste, ob sich solche Materialien überhaupt realisieren lassen würden.“

Im Jahr 2007 kam dann der Durchbruch, als einem experimentell arbeitenden Team in Würzburg um Prof. Laurens Molenkamp erstmals ein solches topologisches System aus übereinander gestapelten dünnen Schichten hergestellt werden konnte. Dies löste einen wahren Boom aus, der bis heute anhält.

„Man muss dazu allerdings sagen, dass wir alle derzeit noch im Stadium der Grundlagenforschung sind“, erläutert Isaeva die aktuelle Situation. Noch sind diese topologischen Materialien weit davon entfernt, alltagstauglich zu sein.

Eine neue Materialklasse

Besondere Hoffnung für Anwendungen liegt auf einer erst kürzlich entdeckten neuen Materialklasse, den magnetischen topologischen Isolatoren. Diese zeichnen sich durch besonders robuste Spinströme an der Oberfläche aus, deren Spins nur eine ganz bestimmte Ausrichtung besitzen. Allerdings konnten solche Materialien bisher experimentell nur bei sehr tiefen Temperaturen realisiert werden, und zwar nahe dem absoluten Nullpunkt von minus 273 Grad Celsius. Das große Interesse an magnetischen topologischen Materialien röhrt daher, dass sie aufgrund ihrer ungewöhnlichen inneren magnetischen Ordnung ihre besonderen Eigenschaften theoretisch auch bis hin zu Raumtemperatur bewahren könnten, sofern diese magnetische Ordnung erhalten bleibt.

„In den letzten Jahren haben wir es geschafft, einen magnetischen topologischen Isolator zu synthetisieren, der möglicherweise bereits bei Temperaturen in der Nähe des Siedepunkts von flüssigem Stickstoff – also etwa minus 200 Grad Celsius – seine besonderen Spin-Eigenschaften zeigt“, beschreibt die Forscherin den Fortschritt in der Grundlagenforschung. „Das ist bereits ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung, um eines Tages Materialien zu designen, die auch bei Raumtemperatur funktionieren und damit etwa in einem Handy einsetzbar sind.“

Die Synthese solcher Stoffe ist sehr komplex. Man benötigt eine passende Kombination schwerer Elemente wie Mangan, Bismut und Tellur, die dann in aufwändigen Verfahren zu ganz bestimmten Kristallen geformt werden. Eine Möglichkeit besteht beispielsweise darin, diese Elemente aufzuschmelzen

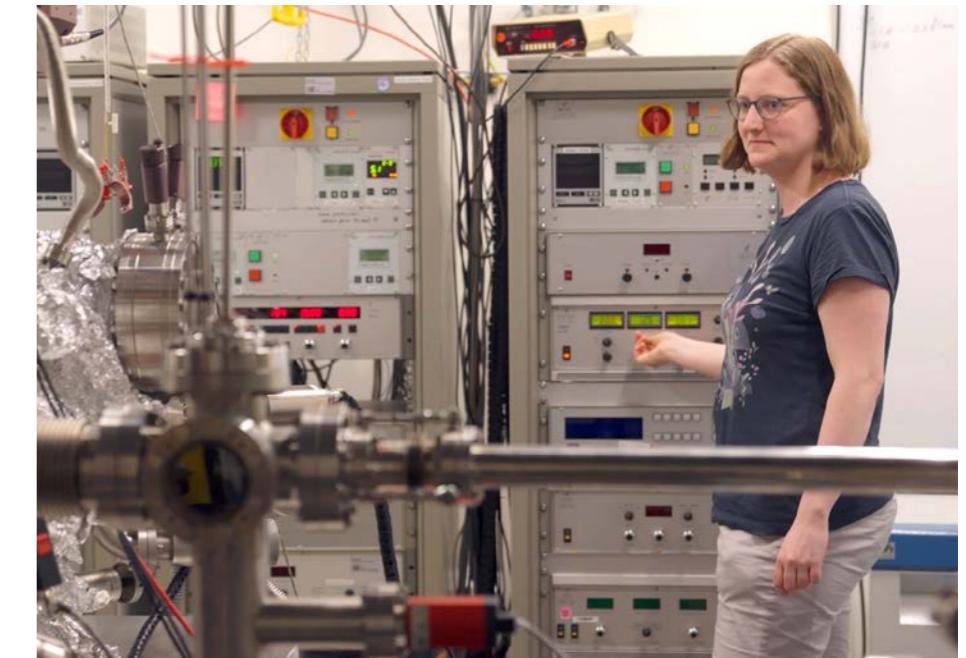
und dann langsam zum gewünschten Festkörper auskristallisieren zu lassen.

Ist ein solches Material erst einmal erzeugt, wird es aufwändig mit einer ganzen Reihe modernster Verfahren untersucht und charakterisiert. „Ich bin sehr froh über die guten Möglichkeiten, die wir hier am Research Center Future Energy Materials and Systems haben“, sagt Isaeva. In dieser interdisziplinären Einrichtung bündeln die drei Hochschulen der Universitätsallianz Ruhr – die TU Dortmund, die Ruhr-Universität Bochum (RUB) und die Universität Duisburg-Essen (UDE) seit 2021 ihre Spitzenforschung zu neuen Materialien für die Energiewende.

Inspirierende Interdisziplinarität

Hier arbeiten Forscher*innen unterschiedlicher Fachgebiete eng zusammen und nutzen neueste Techniken, um den Geheimnissen ihrer Materialien auf die Schliche zu kommen. Dazu zählen unter anderem hochauflösende Elektronenmikroskope in der Gruppe von Prof. Christian Liebscher (RUB) sowie Messmethoden für Magnetotransport und thermischen Transport in der Gruppe von Prof. Gabi Schiering (UDE). In Kooperation mit den Physiker*innen Prof. Silvana Botti und Prof. Miguel Marquez (RUB) ist es darüber hinaus sogar möglich, neue Materialien mit herausragenden Eigenschaften mithilfe moderner, AI-gestützter Ansätze am Computer zu modellieren und gezielt vorherzusagen.

„Diese Atmosphäre inspiriert mich sehr, auch weil es mich an meine Jugend erinnert“, erzählt die Chemikerin. „Denn meine Familie stammt aus Troitsk in der Nähe von Moskau.“ Dies war eine der Wissenschaftsstädte, die nach dem Zweiten Weltkrieg in der Sowjetunion entstanden, um die Forschung zu bündeln und Wissenschaftler*innen unterschiedlicher Fachrichtungen gemeinsame Arbeiten zu ermöglichen. Sie fährt fort: „Während meine Großmutter in der Astrophysik arbeitete, war mein Großvater Ingenieur und wirkte am Aufbau des ersten Großrechners des Instituts



In enger Zusammenarbeit zwischen der Fakultät Physik der TU Dortmund und dem Research Center Future Energy Materials and Systems der UA Ruhr entwickeln Wissenschaftler*innen hauchdünne Heterostrukturen aus magnetischen und topologischen Halbleitern.

mit. Deshalb war ich es von Kindheit an gewohnt, in verschiedene Disziplinen hineinzuschnuppern.“

Daher fiel es ihr auch zunächst schwer, sich für ein bestimmtes Fachgebiet zu entscheiden. „Ich ging dann an die neu gegründete Fakultät für Materialwissenschaften an der Staatlichen Universität Moskau, weil ich dort meine vielfältigen Interessen wunderbar kombinieren konnte. Ich studierte Chemie, konnte mich dort aber auch intensiv mit den physikalischen Eigenschaften von Materialien und ihrer mathematischen Modellierung beschäftigen.“ Ihr weiterer Weg führte sie dann über Antwerpen, Dresden und Amsterdam nach Dortmund.

Mit ihrem Team forscht sie aber nicht nur an topologischen Materialien für die Spintronik. Sie untersucht ebenfalls, ob sich magnetische Halbleiter zum Beispiel auch als Sensoren einsetzen lassen. Oder wie sich die Leistungsfähigkeit dieser Materialien gezielt durch Unordnung auf atomarer Ebene steigern lässt. „In den meisten Fällen gilt, dass die Materialeigenschaften besser werden, je sauberer strukturiert das Kris-

tallgitter ist, in dem die verschiedenen Atome angeordnet sind – doch in speziellen Fällen lassen sich interessante mechanische, optische oder elektronische Effekte erzielen, wenn man diese Regelmäßigkeit stört“, erklärt Isaeva. Die Gruppe untersucht derzeit in einer Kooperation, ob sich eine gezielt eingebrachte Unordnung auch zur Optimierung effizienter Brennstoffzellen nutzen lässt. All diese Fragen sind auch Thema im Research Center Future Energy Materials and Systems.

„Eine wichtige Motivation bei unserer Forschungsarbeit ist es immer auch, die Bedürfnisse der Gesellschaft im Auge zu behalten, weshalb wir viele unserer Anstrengung auf die Einsparung von Energie lenken“, sagt die Wissenschaftlerin. Manche der Forschungsprojekte zielen ganz konkret auf mögliche Anwendungen, andere – wie die topologischen Materialien – sind noch ein Stück davon entfernt. Doch wenn es bei diesen exotischen Substanzen bedeutsame Fortschritte geben sollte, kann dies durchaus zu massiven Einsparungen führen.

Dirk Eidemüller

A wide-angle photograph of a rural landscape at sunset. The foreground is a grassy field with a few blades of grass in the lower-left corner. In the middle ground, a river or lake curves through the scene, reflecting the warm sunlight. The background features rolling green hills and a dense line of trees. The sky is a mix of blue and orange, with wispy clouds. The overall atmosphere is peaceful and natural.

Klimaanpassung? Liegt nahe!

Ein kleines Wäldchen hier, eine begrünte Düne dort – was klein wirkt, kann in Summe Großes bewirken. Forschende der Fakultät Raumplanung arbeiten mit europäischen Partnern daran, künftig auch private Flächen zu nutzen, um Europa klimaresilient zu machen.

„Klimaanpassung braucht Fläche. Diese als öffentliche Hand zu kaufen, sprengt jeden Haushalt.“

Prof. Thomas Hartmann



Prof. Dr. Thomas Hartmann ist seit 2021 Professor für Bodenpolitik,-management und kommunales Vermessungswesen an der Fakultät Raumplanung. Promoviert wurde er 2009 an der TU Dortmund, anschließend war er Postdoc und Assistant Professor an der Universität Utrecht sowie Associate Professor an der Universität Wageningen (beides Niederlande). Heute ist er außerdem Gastprofessor an der J.E.P. University in Ústí nad Labem (Tschechien) sowie an der Universität Bonn. Seine Forschungsschwerpunkte sind Instrumente und Strategien der Bodenpolitik zum Umgang mit knappem Boden sowie Bodenpolitik für sich verändernde Umweltbedingungen, insbesondere am Beispiel des Hochwasserrisiko-managements.

Prof. Dr. Stefan Greiving übernahm bereits im Jahr 2011 die Leitung des Instituts für Raumplanung und ist seit 2024 Professor für Regionalentwicklung und Risikomanagement (RER) an der Fakultät Raumplanung. Er wurde 1998 an der TU Dortmund promoviert und hat 2005 das Ingenieurbüro plan+risk consult gegründet, dessen Partner er bis heute ist. Greiving ist Mitglied des Academic Sounding Boards der DG Regio der EU-Kommission sowie Mitglied der Akademie für Raumforschung und der Stadtplanerliste der Architektenkammer NRW. Er befasst sich mit Fragen der Raumplanung im Umgang mit dem Klimawandel und Extremereignissen, insbesondere mit der raumbezogenen Risiko- und Klimafolgenforschung.

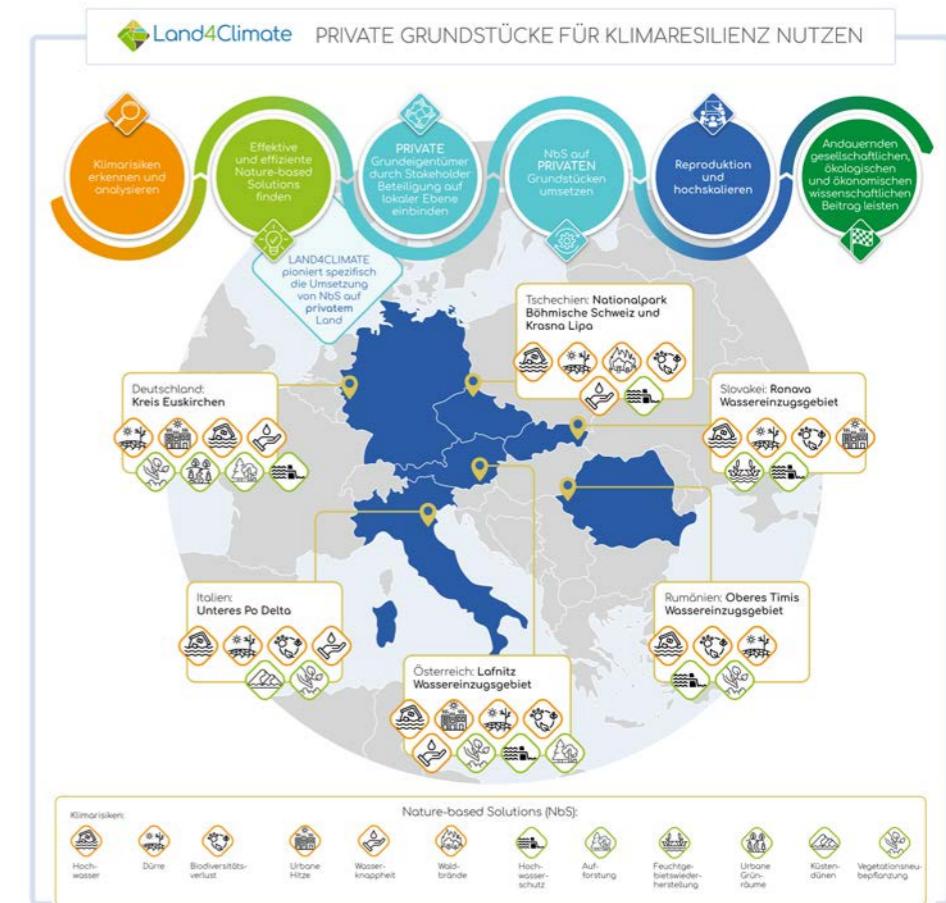
In Kürze

Der Startpunkt

Immer mehr Extremwetterereignisse zeigen, wie dringend Klimaanpassung gebraucht wird. Naturbasierte Lösungen können helfen, sind jedoch nicht weit verbreitet, da viele Flächen in privater Hand liegen.

Die Transformation

In einem europaweiten Projekt arbeiten Wissenschaftler*innen mit Eigentümer*innen zusammen, um Maßnahmen auch auf privaten Flächen zu realisieren, damit Europa besser vor Naturkatastrophen geschützt ist und klimaresilient wird.



Die Karte hebt die sechs Vorreiterregionen in Europa hervor, in denen LAND4CLIMATE den Einsatz von naturbasierten Lösungen (NBS) auf Privatland erprobt. Dargestellt sind die wichtigsten Klimabedrohungen (orange) sowie die spezifischen Lösungen (grün), die als Reaktion darauf getestet werden.

Der Regen hörte einfach nicht auf. Irgendwann mischte sich das Prasseln der Tropfen mit dem Rauschen der durch die Straßen tosenden Fluten. Ein ganzer Badewanneninhalt, 150 Liter, fielen innerhalb von 24 Stunden pro Quadratmeter. Damals, im Juli 2021 im Ahrtal.

Mehr als 180 Menschen verloren ihr Leben, mehr als 800 wurden verletzt. Wie viele psychische Narben blieben, lässt sich kaum beziffern. Allein in Nordrhein-Westfalen wurden 20.000 Privathaushalte und rund 7.000 Unternehmen beschädigt oder zerstört. Diese Zahlen benennt der Abschlussbericht des Bundes zur Flutkatastrophe, der im August 2024 erschien. Und er vergleicht: Seit 1990 fielen in diesem Gebiet im Durchschnitt im gesamten Monat Juli keine 70 Liter. Die enormen Regenmengen trafen auf Böden, die durch den Niederschlag der Vorwochen kein Wasser mehr aufnehmen konnten. Sie trafen aber auch auf dichte Bebauung, versiegelte Flächen und zu wenige natürliche Rückhalteräume, die Überschwemmungen hätten verhindern können.

Die Katastrophe im Sommer 2021 hat schmerhaft deutlich gemacht, dass Überflutungsvorsorge und andere Anpassungen an das sich verändernde Klima längst überfällig sind. Es drohen häufigere Hochwasser, Dürreperioden, Waldbrände, der Verlust der biologischen Vielfalt sowie Bodenschädigung durch Erosion. So hat der Bund in seiner Klimaanpassungsstrategie 2024 mehrere Ziele beschlossen: mehr kühlende Grünflächen gegen Hitze, angepasste Flussläufe und Moore gegen Überflutungen im besiedelten Raum, eine überarbeitete Nina-App als besseres Warnsystem für die Bevölkerung. „Kommunen sollen ihre Klimaanpassungsmaßnahmen erweitern und verbessern“, heißt es dazu auf den Seiten der Bundesregierung. „Bis 2030 sollen für 80 Prozent der Gemeinden Konzepte vorliegen.“

„Klimaanpassung braucht viel Fläche“, sagt Prof. Thomas Hartmann, Professor für Bodenpolitik, Bodenmanagement und kommunales Vermessungswesen an der Fakultät Raumplanung. „Und diese als öffentliche Hand immer zu kaufen, das sprengt jeden Haushalt.“ Daher hat

er gemeinsam mit Prof. Stefan Greiving, Professor für Regionalentwicklung und Risikomanagement, ebenfalls an der Fakultät Raumplanung, das Projekt LAND4CLIMATE ins Leben gerufen: Unter der Leitung der beiden Dortmunder Professoren arbeiten Kolleg*innen von 17 Partnerinstitutionen an der Frage, wie Europa durch naturbasierte Lösungen klimaresilienter werden kann. Sechs Gebiete in Deutschland, Österreich, Tschechien, Italien, Rumänien und in der Slowakei sind dabei Vorreiterregionen für die kontinentale biogeographische Region. Diese ist besonders anfällig für Klimarisiken, weil die Temperaturen im Verlauf des Jahres stark schwanken.

Schutz wurzelt im Garten

Was den Ansatz von LAND4CLIMATE besonders macht: Die Forschenden möchten Maßnahmen für Privatflächen realisieren. Die Maßnahmen werden dann – nach individueller Zustimmung der Eigentümer*innen – auf deren eigenem Grund umgesetzt. In Gärten, auf

Ackerflächen, auf ungenutzten Brachen. Dabei setzt das Projekt auf sogenannte NBS: naturbasierte Lösungen (nature-based solutions), die von der Natur inspiriert oder kopiert sind und die der Klimaanpassung und Steigerung der Resilienz dienen.

Beispiele für NBS gibt es viele: Auforstung, Umwandlung von Ackerland in Grünland, Querpfügen statt Längspfügen am Hang, Dachbegrünung, Entsiegelung von Flächen, natürliche Überflutungsgebiete, Regenwasserversickerungsmulden, das Anlegen kleiner Habitate für Insekten, Amphibien, Vögel oder Kleinsäuger. In erster Linie geht es um den Wasserhaushalt – das Kernthema der meisten Klimamaßnahmen. Dabei haben alle naturbasierten Lösungen gemein, dass sie mehr Fläche benötigen als konventionelle Maßnahmen wie Deiche, Talsperren oder Hochwasserrückhaltebecken. „Es gibt daher keine Alternative dazu, private Flächen einzubeziehen“, resümiert Hartmann. „Doch wir betreten hier im wahren Sinn Neuland. Das hat vor uns noch keiner gemacht.“

LAND4CLIMATE – a step closer to climate resilience

Das Projekt wird seit September 2023 bis August 2027 mit 13 Millionen Euro innerhalb des Horizon-Programms von der EU gefördert. Unter der Leitung von Prof. Stefan Greiving und Prof. Thomas Hartmann von der Fakultät Raumplanung der TU Dortmund geht das Konsortium der Frage nach, wie naturbasierte Lösungen auf privatem Land Europa an den Klimawandel anpassen können. Die anderen 16 Partnerorganisationen stammen aus sechs Ländern. Aus der Wissenschaft sind dabei: die RWTH Aachen (Deutschland), die Jan-Evangelista-Purkyně-Universität Ústí nad Labem (Tschechien), die Universität für Bodenkultur Wien (Österreich), die Agentur zur Unterstützung der regionalen Entwicklung Košice (Slowakei), die Universität Bologna (Italien) sowie die Polytechnische Universität Temeswar (Rumänien). Vor Ort arbeiten die Wissenschaftler*innen zudem mit lokalen Institutionen zusammen. Vorreiterregionen sind der Kreis Euskirchen in Deutschland, der Nationalpark Böhmisches Schweiz in Tschechien, das Einzugsgebiet des Flusses Lafnitz in Österreich, die Region Košice in der Slowakei, die Region Ost-Emilia in Italien und das Einzugsgebiet des Flusses Temesch in Rumänien.

Zwei große Herausforderungen bringt das Projekt mit sich: Zum einen muss jede Person, der Land gehört, individuell angesprochen werden. Private Grundstücke sind in der Regel nicht groß, es sei denn, es sind Ackerflächen; doch die werden naturgemäß zum großen Teil landwirtschaftlich genutzt. Daher gilt: Je mehr Privateigentümer*innen mitmachen, desto größer die Fläche und damit der Effekt. Zum anderen stellt sich die Frage nach dem Upscaling: Wie lassen sich die Einzelmaßnahmen im größeren Verbund umsetzen? Der Ansatz der Forschenden: „Wir gehen die Dinge aus wissenschaftlicher Perspektive von einer ungewöhnlichen Seite an. Wir suchen zunächst diejenigen, die grundsätzlich mitmachen und versuchen erst dann, umzusetzen, was möglich ist“, so Hartmann. Greiving ergänzt: „Was umsetzbar ist, hängt also nicht in erster Linie von der Effektivität und Kosteneffizienz der Anpassungsmaßnahme ab.“

Gesucht: Philanthropen mit Grundeigentum

Damit die Ideen aus LAND4CLIMATE nicht in der Konzeptphase steckenbleiben, suchen die Forschenden Eigentümer*innen, die mitziehen und Land besitzen – das sich entsiegeln lässt,

Da im Grundbuch oft Männer eingetragen sind, ist er tendenziell männlich, fest in der lokalen Gemeinschaft verankert, vielleicht Bürgermeister, hat ein eher gesetztes Alter, ist finanziell gut aufgestellt und engagiert sich zum Beispiel im Jagdverein oder Bauernverband. Um diesen Typ Mensch auszumachen, arbeitet das Konsortium in allen europäischen Regionen mit Kontakten vor Ort – lokalen Vertrauenspersonen, die wissen, wen sie wie ansprechen können.

Wie im Kreis Euskirchen. Hier gibt es verschiedene Beteiligungsformate wie Umfragen oder Workshops. Landwirt*innen wurden die Konzepte bereits persönlich in einer Versammlung vorgestellt. „Die Reaktionen sind unterschiedlich“, berichtet Hartmann. „Man kann keine generelle Tendenz benennen, alles hängt vom einzelnen Menschen ab. Daher ist es ein langsamer Prozess.“

auf dem ein Wäldchen oder ein natürlicher Rückhalterraum entstehen kann. Dazu arbeiten die Forschenden derzeit eine „Persona“ aus; einen möglichst detailliert beschriebenen, aber fiktiven Menschen, der stellvertretend für diejenigen steht, die sich am ehesten in LAND4CLIMATE engagieren. Arbeitstitel: „philanthropischer Bodeneigentümer“.

Ende 2024 haben sich im Kreis Euskirchen die Projektverantwortlichen von LAND4CLIMATE mit Landwirten getroffen und praktische Lösungen für die Klimaresilienz sowie Finanzierungsmöglichkeiten besprochen.



Erste Maßnahmen werden bereits auf Privatland umgesetzt: Miscanthus dient als natürlicher Hochwasserschutz (links) und ein Tiny Forest (Mitte) soll Schatten spenden. Im Po-Delta in Italien wurde eine 300 Meter lange Düne bepflanzt (rechts).

in Eigentum einzugreifen, wird als sozialistisch angesehen“, erklärt Hartmann. „Man wird misstrauisch beobachtet.“ Ansonsten sehen die Forschenden allerdings keine kulturellen oder geographischen Unterschiede in der Reaktion der Menschen auf ihre Vorschläge.

Gelegentlich treffe die sorgfältig vorgehende Wissenschaft auf die Realität des Lebens, schmunzelt Hartmann: „Wir arbeiten eng mit lokalen Behörden zusammen. Und während wir Forschenden erst noch planen möchten – schön wissenschaftlich fundiert –, wollen unsere Praxispartner*innen sofort starten, um erforderliche Genehmigungen einzuholen. Wissenschaft kennt sich mit den Sachzwängen des Alltags nicht aus.“

Held*innen in Gummistiefeln

Die Forschenden hoffen, dass erfolgreich umgesetzte Maßnahmen in den Vorreiterregionen Schule machen und wie beim Schneeballeffekt mehr Grundeigentümer*innen auf sie zukommen oder die Maßnahmen gar von allein umsetzen. Je mehr, desto besser! Für alle Flächengrößen und -beschaffen-

heiten gibt es mögliche NBS: vom eigenhändig gesetzten Miscanthus im Garten über die Entsiegelung des Vorgartens bis zum aufgegebenen Steinbruch in privater Hand, der als natürliches Überschwemmungsgebiet für einen Fluss dienen kann. Miscanthus, auch Chinaschilf oder Elefantengras genannt, wird einerseits als Rohstoff- und Energielieferant genutzt, kann aber auch enorm viel Wasser speichern und bildet so einen natürlichen Schutz vor Hochwasser. Zudem ist das Süßgras frosthart und recht anspruchslos – ein idealer, niederschwelliger Ansatz für Privatleute.

Beispiele für erfolgreich umgesetzte Projekte auf Privatland sind ein kleines Wäldchen („Tiny Forest“) auf 329 Quadratmetern in Euskirchen, eine 300 Meter lange Düne im Po-Delta in Italien sowie kleinere Maßnahmen wie niedrige Wälle und das Pflügen parallel zum Hang auf Äckern mit Gefälle, um das Wasser zu halten. In Euskirchen soll zudem ein lokaler Markt für den Anbau und die Verarbeitung von Miscanthus entstehen, und in Krasna Lipa in Tschechien wird in Kürze ein Bach aufgeweitet.

„Naturbasierte Lösungen alleine bieten zwar keinen ausreichenden Schutz

gegen wirkliche Extrem-Ereignisse“, so Greiving. „Sie sind aber komplementär zum technischen Hochwasser- und Dürremanagement von Bund, Ländern und Kommunen. So helfen sie vor allem bei den vielen kleinen und damit häufigen Hochwasser- und Starkregenereignissen und steigern zudem die Lebensqualität gerade in Städten. Aber es ist unbedingt nötig, Maßnahmen auch auf Privatflächen umzusetzen, da sich ein Großteil der städtischen und ländlichen Grundstücke in Europa in Privatbesitz befindet.“ Europa soll zum klimaresilienten System werden, betont Hartmann: „Wenn es nach unseren Vorstellungen läuft, haben wir am Ende des Projekts eine Blaupause, die uns sagt, wie wir die Maßnahmen in größerem Rahmen umsetzen können. Wahre Helden tragen eben kein Cape, sondern einen Spaten.“

Birte Vierahn

Warum die grüne Wende für Konflikte sorgt

Lange galt Nachhaltigkeit als gemeinsames Ziel von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Doch zunehmend regt sich Widerstand – gegen Maßnahmen, Kosten und die gefühlte Bedrohung des Gewohnten. Der Soziologe Prof. Bernd Sommer zeigt, warum die Transformation zur Klimaneutralität soziale Konflikte verschärft, Identitäten herausfordert und rechtspopulistischen Kräften Auftrieb gibt. Und er erklärt, welche politischen Ansätze Vertrauen zurückgewinnen und Klimaschutz sozial gerechter gestalten könnten.



„Die Transformation zur Klimaneutralität stellt gewohnte Praktiken, die mit unserer Identität einhergehen, in Frage.“

Prof. Bernd Sommer



Das Problem
Mehr Nachhaltigkeit bringt auch mehr Konflikte mit sich: Soziale Ungleichheiten verschärfen sich, Lebensgewohnheiten werden in Frage gestellt und Identitätskonflikte ausgelöst. All das bietet rechtspopulistischen Bewegungen ein Einfallsstor.

In Kürze

Das Problem

Mehr Nachhaltigkeit bringt auch mehr Konflikte mit sich: Soziale Ungleichheiten verschärfen sich, Lebensgewohnheiten werden in Frage gestellt und Identitätskonflikte ausgelöst. All das bietet rechtspopulistischen Bewegungen ein Einfallsstor.

Die Transformation

Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, sind laut Prof. Bernd Sommer zum Beispiel soziale Ausgleichsmaßnahmen wie ein Klimageld sowie die aktive Einbindung der Bevölkerung in politische Entscheidungen notwendig.

Weniger klimaschädliche Emissionen, mehr grüne Technologien und eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Wirtschaft: Diese Ziele standen viele Jahre lang weit oben auf der politischen Agenda und waren in der breiten Bevölkerung konsensfähig. Für Unternehmen wurden Nachhaltigkeitsstrategien zu einer Investition in die Zukunft, um sowohl politischen Vorgaben als auch den Wünschen der Verbraucher*innen zu entsprechen. Kritik an politischen Maßnahmen zum Klimaschutz bezog sich meist darauf, dass sie nicht weit genug gingen und nicht schnell genug umgesetzt würden, um Klimaziele einzuhalten, die zum Beispiel im Pariser Klimaabkommen von 2015 vereinbart wurden.

„Das hat sich in jüngster Zeit geändert“, sagt Prof. Bernd Sommer von der Fakultät Sozialwissenschaften. „In vielen Ländern weltweit erstarken Parteien, die den Klimaschutz grundlegend in Frage stellen und sich dafür einsetzen, bereits bestehende Maßnahmen wieder aufzuweichen oder rückgängig zu machen.“



Bemühungen um mehr Nachhaltigkeit können sozio-ökonomische Verteilungskonflikte weiter verschärfen und gewohnte Praktiken in Frage stellen: Wie wollen wir künftig Urlaub machen? Wem gehört der öffentliche Raum?

Doch wie konnte es dazu kommen? Welche Konfliktpunkte sorgen dafür, dass die Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit zunehmend auf Widerstände stößt? Mit diesen Fragen beschäftigt sich Sommer im Forschungsbereich „Umweltsoziologie mit dem Schwerpunkt Transformationsforschung.“ Konfliktpotenzial sieht er auf Basis seiner Forschung in vielen Lebensbereichen. Denn im Gegensatz zu manchen politischen Erzählungen ist die aktuelle Herangehensweise an den Klimaschutz in vielen Fällen keine Win-Win-Situation für alle.

Verschärzte Verteilungskonflikte

So sorgen die Bemühungen um mehr Nachhaltigkeit unter anderem für sozio-ökonomische Verteilungskonflikte. Denn einkommensschwache Haushalte können es sich üblicherweise nicht leisten, in eine Solaranlage zu investieren oder ein Elektroauto anzuschaffen und dadurch in den Genuss entsprechender staatlicher Förderungen zu kommen. Steigende Preise für Strom und Benzin dagegen betreffen gerade die ohnehin schon benachteiligten Gruppen am

stärksten. „Ohne entsprechende Ausgleichsmechanismen kann daher die Transformation zur Klimaneutralität in ihrer aktuellen Form soziale Ungleichheiten verstärken und zu einer systematischen Umverteilung von Ressourcen von benachteiligten zu wohlhabenderen Schichten beitragen“, gibt Sommer zu bedenken.

Auch bezüglich der Raumnutzung verschärft der Klimaschutz ohnehin schon bestehende Konflikte. Obwohl Solar- und Windparks bisher nur einen winzigen Teil der deutschen Fläche einnehmen, werden die erneuerbaren Energien zunehmend als Konkurrenz zur Landwirtschaft und zu lokalen Naturschutzprojekten betrachtet. Doch die Konflikte um die Flächennutzung gehen noch weiter. In Städten beispielsweise benötigen privat genutzte PKW viel mehr Platz als alle anderen Verkehrsmittel. Werden jedoch Parkplätze beispielsweise zugunsten von Fahrradwegen oder Grünflächen reduziert, stößt dies schnell auf Kritik der Autofahrer*innen.

Eng damit verbunden ist der vielleicht problematischste Bereich des Klimaschutzes: Für viele Menschen berührt die sozial-ökologische Transformati-

on Fragen der Identität. Beispielsweise sind bestimmte Vorstellungen von Männlichkeit mit umweltschädlichen Verhaltensweisen verknüpft: Grillen auf dem Kohle- oder Gasgrill, hoher Fleischkonsum und schnelle Autos gelten in manchen Kreisen als typisch für „echte Männer“. Doch auch weitere Lebenskonzepte und Wünsche werden in Frage gestellt – sei es das Eigenheim im Grünen oder die Flugreise. „Eine Transformation zur Klimaneutralität bedeutet auch, dass gewohnte Praktiken, die mit der Identität der Menschen in Zusammenhang stehen, in Frage gestellt werden“, sagt Sommer. „Unsere Vorstellungen von Normalität geraten ins Wanken: wie wir uns fortbewegen, wie wir uns ernähren, wie wir in den Urlaub fahren, wie wir wohnen. Das wirkt auf Teile der Bevölkerung verunsichernd und bietet einen Nährboden für rechtspopulistische Bewegungen.“

Laut Sommer machen Parteien wie die AfD das eindeutigste Angebot gegen die Transformation: „Das Versprechen lautet: „Wir müssen gar nichts ändern. Der Klimawandel ist nicht so schlimm oder wir haben ohnehin keinen Einfluss darauf. Deshalb sollten wir einfach dahin zurück, wie wir es früher einmal ge-



Kein Elitenprojekt: Wenn die Bevölkerung durch repräsentativ besetzte Bürger*innenräte stärker in die sozial-ökologische Transformation eingebunden wird, kann die Akzeptanz für Klimaschutzmaßnahmen steigen.

macht haben“, erklärt er. Nicht umsonst nutzte die AfD im Wahlkampf 2021 den Slogan „Deutschland. Aber normal.“ Doch auch abseits rechtspopulistischer Versprechungen gibt es Bestrebungen, die Veränderungen so gering wie möglich zu halten. „Hier fokussiert sich die Hoffnung eher auf technische Lösungen“, so Sommer. Elektro-Autos statt Mobilitätswende, Laborfleisch statt Ernährungswende und E-Fuels für den Luftverkehr. Doch selbst eine solche technische Transformation stößt auf Widerstände. „Das beste Beispiel sind vielleicht die Proteste gegen das sogenannte Heizungsgesetz, nach dem spätestens 2028 alle neuen Heizungen mit 65 Prozent erneuerbarer Energie laufen sollen“, sagt Sommer. „Hier gibt es mit der Wärmepumpe bereits eine funktionierende technische Lösung für das Problem, wie wir nachhaltig, effizient und langfristig auch preiswert heizen können – doch selbst dieser technische Ansatz zur Veränderung wurde Teil eines Kulturmordes.“

Klimaschutz ist kein Elitenprojekt

zu kommunizieren und die Bevölkerung bei der Suche nach möglichen Lösungen verstärkt einzubeziehen. „Einen wichtigen Beitrag können Bürger*innenräte leisten, in denen sich zufällig ausgewählte Menschen, die aber die Gesamtbevölkerung repräsentieren, intensiv mit einem Thema auseinandersetzen und Empfehlungen an die Politik erarbeiten“, schlägt Sommer vor. „Die Forschung zu dieser Form der Partizipation zeigt, dass die Bürger*innen in solchen Formaten oft sehr gute, ambitionierte Vorschläge erarbeiten und dabei Herausforderungen offener und mutiger angehen als Politiker*innen.“

Aus Sommers Sicht könnte es sinnvoll sein, die Herausforderungen der sozial-ökologischen Transformation offener



Kein Elitenprojekt: Wenn die Bevölkerung durch repräsentativ besetzte Bürger*innenräte stärker in die sozial-ökologische Transformation eingebunden wird, kann die Akzeptanz für Klimaschutzmaßnahmen steigen.

Klimaschutz sei ein Elitenprojekt, seine Grundlage. „Der entscheidende Punkt ist dann allerdings, wie die Vorschläge seitens der Politik aufgenommen und umgesetzt werden“, sagt Sommer. „Wir haben in Deutschland eine repräsentative Demokratie, aber eine kluge Einbeziehung ist durchaus möglich. Dies hat auch die neue Bundesregierung erkannt, die in ihrem Koalitionsvertrag festgehalten hat, entsprechende Formate zu stärken.“

Ein solches System kann laut Sommer dazu beitragen, das Vertrauen in den Staat wieder zu erhöhen. „Das halte ich für einen wichtigen Punkt, um rechtspopulistischen Narrativen etwas entgegenzusetzen“, sagt er. „Denn die rechtspopulistischen Parteien greifen zwar Ängste der Bevölkerung auf, aber ihre Lösungsangebote tragen nicht zwangsläufig dazu bei, dass die Probleme, welche den Ängsten zugrunde liegen, gelöst werden. Es gibt Bevölkerungsgruppen, die sich stärker vor den Folgen des Klimaschutzes fürchten als vor den Folgen des Klimawandels. Eine politische verantwortungsvolle Reaktion darauf besteht meines Erachtens darin,

nicht den Klimaschutz einzustampfen – denn das Problem geht ja nicht dadurch weg, dass man es ignoriert. Stattdessen wäre es sinnvoll, die Politik so auszustalten, dass beispielsweise die negativen Verteilungswirkungen aufgehoben werden.“

Ähnliches zeigt sich beispielsweise auch beim Thema Migration. Gerade in den Regionen, in denen am wenigsten Ausländer*innen leben, ist die Ausländerfeindlichkeit am größten. Und Menschen, die ihre Angst vor einem sozialen Abstieg auf Zugewanderte projizieren,

werden nicht mehr Geld in der Tasche haben, wenn mehr Menschen abgeschoben werden.

Mehr als ein stabiles Klima

„Statt rechtspopulistische Forderungen aufzugreifen, sollte es darum gehen, Lösungen zu finden, die die Situation von Menschen verbessern, denen beispielsweise ihre Mietkosten oder die Wohnsituation Sorge bereiten“, sagt Sommer. Zentral sei auch, dass die Menschen

Oben: Rechtspopulistische Parteien greifen gerne Ängste hinsichtlich Klimaschutz und Migration auf. Ihre Lösungsangebote tragen jedoch meist nicht dazu bei, dass die Probleme, die diesen zugrunde liegen, gelöst werden.
Unten: Aus Prof. Sommers Sicht ist das Klimageld, wie hier 2025 bei einer Wahlkampfveranstaltung der Grünen von einem Greenpeace-Aktivisten gefordert, ein vielversprechender Ansatz für mehr soziale Gerechtigkeit.



das Gefühl haben, dass der Staat funktioniert, dass also Infrastruktur, Behörden und öffentliche Institutionen verlässlich sind. „Auch ist es wichtig, zu vermitteln, dass wir bei der sozial-ökologischen Transformation mehr zu gewinnen haben als ein stabiles Klima“, sagt Sommer. „Mit vielen Aspekten des heutigen Lebens sind viele Menschen ganz unabhängig von ökologischen Fragen unzufrieden, etwa im wirtschaftlichen und sozialen Bereich.“

Ein vielversprechender Ansatz ist aus Sommers Sicht die Idee eines Klimageldes, bei dem die Einnahmen aus steigenden CO₂-Preisen über eine Pauschale an die Bevölkerung rückverteilt werden. „Diejenigen, die viel emittieren – in der Regel die Wohlhabenden – müssen dadurch mehr zahlen, während diejenigen, die wenig emittieren – in der Regel die weniger Wohlhabenden – trotz steigender Preise unterm Strich einen Zugewinn haben“, erklärt er. „Das würde also nicht nur dem Klimaschutz dienen, sondern zugleich etwas gegen die soziale Ungleichheit in der Gesellschaft tun.“

Woran es bislang fehlt, ist unter anderem der politische Wille. „Auf der technischen Seite haben wir erneuerbare Energien, Wärmepumpen und weitere Technologien, die es uns ermöglichen, unseren Alltag ohne gravierende Veränderungen umweltfreundlich zu gestalten. Und auch politische Lösungen wie das Klimageld wurden bereits in anderen Ländern erfolgreich eingeführt“, sagt Sommer. „Die Instrumente für einen erfolgreichen, sozial verträglichen Klimaschutz sind also schon vorhanden. Wir müssen sie nur einsetzen.“

Elena Bernard



Neues Leben in verlassenen Kirchen

Sonntagmorgen, gähnende Leere. Über 1.200 Gotteshäuser in Deutschland wurden seit den 1990ern aufgegeben, viele abgerissen. Prof. Barbara Welzel und Prof. Wolfgang Sonne wollen das ändern. Mit dem Kirchenmanifest kämpfen sie für den Erhalt. Ihr Credo: Kirchen gehören der Gemeinschaft, ihr Fortbestand ist auch eine gesellschaftliche Aufgabe.

Schon lange öffnet sich die Stadtkirche St. Reinoldi für vielfältige Gottesdienste, kulturelle Aktivitäten sowie individuellen Aufenthalt und ist ein gut besuchter Ort in der Dortmunder Innenstadt.

In Kürze

Die Herausforderung

Kirchen verlieren an Bedeutung, viele stehen leer oder werden abgerissen. Die TU-Wissenschaftler*innen wollen das ändern: Kirchenbauten sollen als Gemeingüter erhalten und kreativ für soziale und kulturelle Zwecke genutzt werden.

Die Transformation

Gelingende Transformationsprozesse brauchen die Beteiligung vieler Perspektiven, vor allem die Einbeziehung der Menschen vor Ort, nicht nur der Mitglieder der Kirchengemeinden.



Prof. Dr. Barbara Welzel ist seit 2001 Professorin für Kunstgeschichte und Kulturelle Bildung an der TU Dortmund. Von 2011 bis 2020 war sie Prorektorin für Diversitätsmanagement, heute ist sie die wissenschaftliche Leiterin des Campus Stadt im Dortmunder U. Forschungsschwerpunkte sind die deutsche und niederländische Kunst des 15. bis 17. Jahrhunderts, Kunst und Kulturtransfer im Hanseraum, (mittelalterliche) Stadt-Kultur, baukulturelles Erbe sowie interkulturelle Perspektiven auf Kirchen. Besondere Anliegen sind ihr die kulturelle Teilhabe, die sie mit Bildungsprojekten vorantreibt, sowie der Dialog zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit, zum Beispiel in Form von Stadtkundungsprojekten.



Prof. Dr. Wolfgang Sonne lehrt seit 2007 Geschichte und Theorie der Architektur an der TU Dortmund. Nach dem Studium der Kunstgeschichte und Klassischen Archäologie in München, Paris und Berlin promovierte er 2001 an der ETH Zürich. Internationale Stationen führten ihn unter anderem an die University of Strathclyde in Glasgow. Er ist wissenschaftlicher Leiter des Baukunstarchivs NRW und stellvertretender Direktor des Deutschen Instituts für Stadtbaukunst. Seine Forschung gilt der Architektur- und Stadtbaugeschichte vom 19. bis zum 21. Jahrhundert. Für sein Buch „Urbanity and Density in Twentieth Century Urban Design“ erhielt er 2018 den Book Prize der International Planning History Society.

„Kirchen sind doppelt codierte Orte. Sie sind natürlich spirituelle Stätten, aber ebenso Treffpunkte für Kultur und Gemeinschaft.“

Prof. Barbara Welzel

Glaube, Liebe, Fußball: Diesen Drei-Klang können Besucher*innen regelmäßig in der BVB-Kirche in der Dortmunder Nordstadt erleben. Sie lädt vor jedem Heimspiel der Borussia zu einem Fangottesdienst ein – und ist längst mehr als nur ein Ort für die sonntägliche Liturgie. Bald soll noch mehr Leben einziehen: Nach einem Umbau wird die Kirche Sprachkurse für Jugendliche anbieten und Senior*innen zu gemeinsamen Mittagessen einladen. In der Dreifaltigkeitskirche, auch bekannt als Gründerkirche des Fußballvereins Borussia Dortmund, entsteht ein lebendiger Ort, an dem Religion und soziales Leben verschmelzen. „Kirchen sind Gemeingüter, Zentren der Gesellschaft und Orte gelebter Demokratie“, betont Professorin Barbara Welzel. Doch oft fehlt Kirchen und Gemeinden das Geld, die Gebäude aus eigener Kraft zu erhalten, und sie sehen im Abgeben des Gebäudes, schlimmstenfalls sogar im Abriss die einzige Lösung.

„Wem gehört die Kirche?“, fragt Welzel herausfordernd. Schnell wird klar: Nicht nur die Institution „Kirche“ ist Besitzerin der Bauwerke. „Viele glauben, Kirchen seien reine Kultorte. Doch das war nie der Fall“, erklärt sie. Ob als Kaiserpfalz oder Versammlungsraum – von Anfang an dienten sie mehreren Zwecken. „Kirchen sind doppelt codierte Orte. Sie sind natürlich spirituelle Stätten, aber ebenso Treffpunkte für Kultur und Gemeinschaft“, sagt die Kunsthistorikerin. Schon immer fanden in kirchlichen Mauern politische Debatten, gesell-



In der Dreifaltigkeitskirche in der Dortmunder Nordstadt hat ein tiefgreifender und modellhafter Transformationsprozess begonnen: Mit einem Umbau wird die BVB-Gründerkirche zu einem Ort weiterentwickelt, wo soziales Leben, Bildungsprojekte und religiöses Leben unter einem Dach möglich sind.

schaftliche Treffen und kulturelle Veranstaltungen statt. Auch beim Bau lag die Verantwortung nicht allein bei Geistlichen. Das Ulmer Münster etwa, dessen 161 Meter hoher Turm oft aus dem berücktigen Ulmer Nebel ragt, wurde von den Bürger*innen finanziert – durch Spenden und Stiftungen. Und der Kölner Dom? Der gehört per Satzung einfach sich selbst.

Der Architekturhistoriker Prof. Wolfgang Sonne und die Kunsthistorikerin Welzel blicken nicht nur auf die Geschichte sakraler Bauten zurück – sie entwickeln auch Perspektiven für deren Zukunft. Mit Leidenschaft und wissenschaftlichem Tiefgang setzen sie sich für den Erhalt von Kirchen ein. Gemeinsam gehören sie zu den Mitinitiator*innen des Kirchenmanifests, einer 2024 gegründeten Bewegung gegen den drohenden Leerstand von Gotteshäusern. Welzel war zudem Teil des Teams, das das Programm „Kirchturmdenken“ entwickelte, um Dorfgemeinschaften zu ermutigen, seit der Veröffentli-

Kirchen als lebendige Orte zu entdecken. Sonne erforschte im Rahmen eines DFG-Projekts die architektonische und gesellschaftliche Veränderung von Kirchen, Moscheen und Synagogen seit den 1990er-Jahren.

Soziale Nähe ohne Verpflichtungen

„Im Kirchenmanifest fordern wir, Kirchen als Gemeingüter anzuerkennen und ihren Erhalt als gesamtgesellschaftliche Aufgabe zu begreifen“, erklärt Sonne. Angesichts sinkender Mitgliederzahlen der Kirchen und knapper Kassen setzt sich das Manifest für neue Trägermodelle ein, etwa gemeinschaftlich getragene Stiftungen. Zu den Mitinitiatoren gehören die Deutsche Stiftung Denkmalschutz und die Bundesstiftung Baukultur, unter den Erstunterzeichner*innen befinden sich namhafte Theolog*innen und Politiker*innen. Seit der Veröffentli-

chung im Mai 2024 erhält es große Unterstützung aus Wissenschaft, Baukultur, Politik – und auch aus den Kirchen.

„Kirchen sind für Stadtquartiere von unschätzbarem Wert“, betont Welzel. „Der Soziologe Ray Oldenbourg entwickelte das Konzept der ‚Dritten Orte‘. Der erste Ort ist das Zuhause, der zweite die Arbeit – doch der Mensch braucht mehr als nur Wohnen und Funktionieren. Dritte Orte füllen diese Lücke: Es sind gemeinschaftliche Räume jenseits von Konsumzwang, in denen man sich begegnet, verweilen oder einfach beobachten kann – wie im Wiener Kaffeehaus, wo man stundenlang bei einer Tasse Kaffee sitzen darf, ohne mehr konsumieren zu müssen. Ursprünglich im Kontext amerikanischer Vorstädte beschrieben, stehen solche Orte für soziale Nähe ohne Verpflichtung. ‚Vierte Orte‘ oder auch ‚Dritte Orte plus‘ schließlich erweitern dieses Konzept um eine spirituelle Dimension – wie sie Kirchen bieten, die nicht nur Christen offenstehen.“

Neue Trägermodelle könnten nicht nur den Erhalt sichern, sondern auch kreative Nutzungsideen ermöglichen und ehrenamtliche Entscheidungsträger*innen entlasten. „Oft fällen kleine Gremien wie Presbyterien Abrissentscheidungen, ohne andere Nutzungsanforderungen im Quartier oder bauliche Alternativen zu kennen“, erklärt Architekturhistoriker Sonne. Das Ergebnis: unwiederbringliche architektonische und kulturelle Verluste. Das Manifest will Kirchen nicht kommerzialisieren, sondern für alle bewahren. „Niemand will in einem AirBnB eine Badewanne im ehemaligen

Altarraum sehen“, schmunzelt Welzel. Es geht um durchdachte Konzepte, die traditionelle und neue Nutzungen verbinden.

Die Kirche bleibt im Dorf

Kirchen könnten Orte für Konzerte, Lesungen oder Stadtteiltreffs sein – und gleichzeitig Gottesdienste beherbergen. Zusätzliche Mieteinnahmen könnten den Unterhalt sichern, ohne dass ihr Charakter verloren geht. „Das Kirchen-

manifest ist ein Weckruf an Politik, Gesellschaft und Kirchen gleichermaßen: Lassen wir unsere wertvollen Bauwerke nicht verfallen“, sagt Welzel. Der Begriff „Kirchturmdenken“ wird oft abwertend benutzt – als Synonym für engstirniges, lokales Denken. Doch für die Kunsthistorikerin beschreibt er eine zentrale Eigenschaft vieler Orte vom Allgäu bis zur Nordsee: die enge Verbindung zwischen Kirche, Dorf und Gemeinschaft. Seit mehr als 20 Jahren setzt sie sich für den Erhalt von Kirchen ein – auch für nicht-religiöse Zwecke.

„Jedes Dorf hat seinen Kirchturm“, sagt sie. „Doch sie prägen auch das Stadtbild, ergänzt Architekturhistoriker Wolfgang Sonne. „Fast jedes Stadtviertel hat eine Kirche, und ihr Fehlen wird oft schmerzlich empfunden.“ In Dortmund etwa sorgte der Abriss eines Kirchturms für unerwarteten Widerstand – nicht nur bei christlichen Gläubigen, sondern auch bei der muslimischen Community, die den Turm als Wahrzeichen ihres Viertels schätzte. In Krefeld stellten Gläubige ein Zelt vor eine entwidmete Kirche und feierten dort weiterhin Gottesdienste – ein mittlerweile erfolgreicher Protest gegen den Verlust ihres Sakralbaus.

Das Programm „Kirchturmdenken“, das 2020/21 von der Beauftragten für Kultur und Medien gefördert wurde und an dem Welzel wesentlich mitwirkte, rief Dorfgemeinschaften dazu auf, kreative Nutzungskonzepte zu entwickeln. 113 Projekte wurden gefördert – darunter eine Initiative in der Niederlausitz mit mehr als 30 Kirchen. „Von einer Fahrradroute von Kirche zu Kirche über Übernachtungen in Kirchen bis zu Kulturveranstaltungen – die Ideenvielfalt war beeindruckend“, sagt Welzel. Als Vorsitzende des Fachbeirats begleitete sie das Projekt wissenschaftlich, organisierte Workshops und Publikationen. Dabei wurden grundlegende Fragen diskutiert: Was bedeutet kulturelles Erbe? Welche Bedeutung hat die Faro-Konvention des Europarats von 2005, die das Recht auf kulturelle Teilhabe, das in der Allgemeinen Erklärung der Menschenrechte verankert ist, konkret als Recht auf Teilhabe am kulturellen Erbe auslegt? Wie können

Von Lesecken für Kinder und Jugendliche über Ausstellungsräume und Konzerte bis hin zu Erkundungstouren mit interaktiven Aufgaben – im Programm „Kirchturmdenken“ haben Dorfgemeinschaften kreative Nutzungskonzepte für ihre Kirchen entwickelt.



Aus der Friedenskirche im Bochumer Stadtteil Hamme-Stahlhausen ist seit 2013 ein Begegnungszentrum für Menschen aller Religionen geworden – mit Cafeteria, Gruppenräumen, Jugendbereich und einem Veranstaltungssaal. In einem sakralen Raum finden weiterhin Gottesdienste der Kirchengemeinde statt.

Kirchen gemeinschaftlich genutzt werden? Die Auswertung zeigte: Erfolgreich waren Projekte, in denen Kirchen mit Schulen, Heimatvereinen oder lokalen Initiativen kooperierten.

Kirchen, Synagogen und Moscheen im Wandel

Seit den 1990er-Jahren wandeln sich Sakralbauten in Deutschland grundlegend. Dies betrifft nicht nur Kirchen, sondern auch Synagogen und Moscheen. Sonne untersuchte diesen Prozess innerhalb des DFG-Projekts „Sakralität im Wandel“. „Unsere Ausgangsthese war, dass immer mehr Kirchen stillgelegt werden, Synagogen architektonisch avantgardistisch gestaltet sind und Moscheen oft dem klassischen Vorbild der Hagia Sophia mit Kuppel und Minarett folgen“, so Sonne. Doch die Forschung ergab ein komplexeres Bild: Tatsächlich gibt es im christlichen Sakralbau mehr Neubauten als erwartet, während Synagogen oft unscheinbare, funktionale Gebäude sind, die kaum ins Stadtbild ragen. Auch viele Moscheen werden nicht neu gebaut, sondern dezent in bestehende Gebäude integriert.

Besonders bemerkenswert: Kirchen werden selten als Moscheen umgenutzt, obwohl es einige Beispiele gibt. In Hamburg wurde eine Nachkriegskirche aus den 1950er-Jahren sichtbar in eine Moschee umgewandelt – eine Ausnahme, denn oft verhindern kirchliche Institutionen solche Nutzungen. So untersagte das Bistum Essen eine entsprechende Umwandlung. Dabei bieten leerstehende Kirchen ein enormes Potenzial: Statt ungenutzt zu verfallen, könnten sie weiterhin als soziale und religiöse Begegnungsstätten dienen. Geht es um die Zukunft spiritueller Gebäude, röhrt das an Gefühle.

Für die Zukunft fordern Sonne und Welzel einen breiten gesellschaftlichen Dialog. „Es reicht nicht, Forschungsergebnisse in Fachpublikationen oder dem Feuilleton zu verstecken. Wir müssen in öffentliche Diskussionen gehen, mit Stadtplaner*innen, Kirchengemeinden, Schulen und lokalen Initiativen sprechen“, sagt Welzel. Seit 2005 organisiert sie mit anderen Wissenschaftler*innen der TU Dortmund, mit dem Stadtarchiv Dortmund und dem Musikfestival Klangvokal jeden Winter eine gut besuchte öffentliche Vorlesung in der Dortmunder Stadtkirche St. Reinoldi.

Auch die Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen hat bereits mehrfach Feiern in der Stadtkirche Sankt Petri veranstaltet. Gerade in Architektur und Städtebau gilt es, den Wert öffentlicher Räume differenziert zu betrachten. „Nicht allein die Fläche macht einen Raum wertvoll, sondern auch seine Nutzung“, erklärt Sonne. Historische und aktuelle Stadtstrukturen sollten systematisch untersucht werden, um Fehlentwicklungen zu vermeiden und lebenswerte Konzepte zu fördern.

„Forschungsfragen müssen sich an den Herausforderungen der Gegenwart orientieren“, ergänzt Welzel. „Beispielweise sorgen Kirchengemäuer meist für einen kühlen Innenraum. In Zeiten des Klimawandels sollten sie unbedingt Teil städtischer Hitzeschutzkonzepte werden.“ Die Themen des 21. Jahrhunderts erfordern neue Perspektiven und interdisziplinäre Ansätze. Es geht den Forschenden dabei nicht um Ideologie, sondern darum, Wissenschaft in gesellschaftliche Kontexte einzubinden – kritisch, reflektiert und zukunftsorientiert.

Juliana Fischer

Interview

Von Lebensentscheidungen, Vampiren und dem Sprung ins kalte Wasser

Ob Berufswechsel oder Familiengründung – manche Erlebnisse stellen alles auf den Kopf. Prof. Katja Crone beschäftigt sich aus philosophischer Sicht mit der Frage, welchen Einfluss „transformative Erfahrungen“ auf uns haben.



Jeder Mensch macht in seinem Leben unterschiedliche Erfahrungen. Manche sind so einschneidend, dass sie das ganze Leben komplett umkrempeln: ein Berufswechsel, der Umzug in ein anderes Land, eine schwere Krankheit oder die Geburt eines Kindes. Wie beeinflussen solche Wendepunkte im Leben die eigene Identität? Kann ich dadurch sprichwörtlich zu einem „neuen Menschen“ werden oder bleibe ich am Ende doch immer dieselbe? Mit Fragen wie diesen beschäftigt sich Katja Crone. Sie ist Professorin für Philosophie am Institut für Philosophie und Politikwissenschaft der TU Dortmund. In der Auseinandersetzung mit Arbeiten der amerikanischen Philosophin Laurie Ann Paul geht sie der Verbindung von transformativen Erfahrungen und Identität nach.

Prof. Dr. Katja Crone ist seit 2014 Professorin für Philosophie mit dem Schwerpunkt Philosophie des Geistes am Institut für Philosophie und Politikwissenschaft der TU Dortmund. Nach ihrem Studium der Philosophie und Literaturwissenschaften in Montpellier und Hamburg und einem Forschungsaufenthalt in London promovierte sie 2004 an der Universität Hamburg. Sie arbeitete als wissenschaftliche Referentin in der Geschäftsstelle des Nationalen Ethikrates, später als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Halle, an der Humboldt-Universität zu Berlin, der Berlin School of Mind and Brain und an der Universität Mannheim. Ihre Habilitationsschrift erschien 2016 unter dem Titel „Identität von Personen. Eine Strukturanalyse des biographischen Selbstverständnisses“.



Laurie Paul ist eine renommierte Philosophin von der Yale University, die für die Entwicklung des Konzepts der „transformativen Erfahrung“ und dessen Anwendung auf entscheidungstheoretische Zusammenhänge international bekannt ist.

Frau Crone, was genau ist eine transformative Erfahrung?

Wir machen im Leben manchmal existentielle, oft unumkehrbare Erfahrungen. Laurie Paul beschreibt diese als „persönlich transformativ“. Sie wirken sich sehr stark auf das Selbst aus, auf die eigenen Präferenzen und Werte und damit auf die Möglichkeit, Entscheidungen im Leben zu fällen. Wenn ich etwa vor der Entscheidung stehe, ob ich mein Leben in meinem aktuellen Kultur- und Sozialkreis aufgeben und in ein anderes Land ziehen sollte, stellt sich die Frage, inwiefern ich überhaupt einschätzen kann, wie es mir nach der Umsetzung einer solchen Entscheidung eigentlich genau geht und wie ich mich dadurch auch verändere. Und genau dieser Sachverhalt ist nach Paul problematisch. Denn vom jetzigen Standpunkt aus kann ich überhaupt noch nicht einschätzen, ob das etwas ist, was ich mir wünschen würde, weil ich schlicht und ergreifend nicht weiß, wie es sich anfühlt, in dieser neuen Situation zu sein. Wenn man sich die rationale Entscheidungstheorie anschaut, scheint es fast so zu sein, dass wir überhaupt gar keine Entscheidung treffen können, wenn es sich um eine transformative Erfahrung handelt.

Eine wichtige Lebensentscheidung können wir also gar nicht rational treffen, weil wir die Zukunft nicht kennen?

Natürlich ist es im Alltag so, dass wir uns vor wichtigen Entscheidungen typischerweise Informationen einholen, zum Beispiel von Menschen, die schon etwas ähnliches erlebt haben. Auch sind wir generell ganz gut darin, uns in eine andere Situation hineinzuversetzen, also diese zumindest annäherungswei-



Katja Crone denkt nun die Arbeiten von Laurie Paul mit ihrer eigenen Forschung zum Thema Identität zusammen.



„Wir werden nie ganz genau wissen, wie es ist, das erste Mal Mutter oder Vater zu sein oder in einem anderen Land zu leben. Insofern sind solche Entscheidungen wie ein Sprung ins kalte Wasser.“

Katja Crone



„Wir versuchen, etwas Kohärentes über uns zu denken und nach außen zu transportieren. So können wir einen Bogen spannen und mögliche Brüche im Leben erklären. Dazu gehören auch viele transformative Erfahrungen, die wir in unser lebensgeschichtliches Narrativ einbetten.“

Katja Crone



se zu antizipieren. Dennoch kommen wir nie ganz dorthin, wir werden nie ganz genau wissen, wie es ist, das erste Mal Mutter oder Vater zu sein oder in einem anderen Land zu leben. Insofern sind solche Entscheidungen wie ein Sprung ins kalte Wasser.

Wenn ich diesen Sprung ins kalte Wasser gewagt habe, kann das meine Identität derart verändern, dass ich am Ende ein ganz neuer Mensch bin?

Das kommt darauf an, welche Identität Sie meinen. Ich unterscheide zwei Begriffe von Identität. Der eine Begriff, der unserem Alltagsverständnis nahe-

kommt, verweist auf den Kern unserer Persönlichkeit. Und die kann sich durchaus verändern. Im Alltag sagen wir manchmal, dass wir unsere Identität verlieren oder in eine Identitätskrise geraten können. Davon zu unterscheiden ist der Begriff der numerischen Identität. Dies betrifft die reine Existenz einer Person von der Geburt bis zum Tod. Also wenn Sie zum Beispiel jemanden auf der Straße treffen und sich fragen: „Ist das nicht die Person, mit der ich mal zur Grundschule gegangen bin, oder ist

das eine andere Person?“, dann nutzen Sie den Identitätsbegriff in diesem numerischen Sinn. Relevant ist diese Unterscheidung, wenn wir uns fragen, was transformative Erfahrungen mit jemandem machen können. Eine Person bleibt meiner Interpretation nach numerisch ein und dieselbe Person vor und nach einer transformativen Erfahrung. Aber ihre Persönlichkeit kann sich durch tiefgreifende Erfahrungen sehr stark verändern.

Gibt es verschiedene Stufen transformativer Erfahrungen?

Laurie Paul unterscheidet zunächst zwischen zwei Formen transformativer Erfahrungen. Die eine Form nennt sie „epistemisch transformativ“. Man probiert zum Beispiel eine exotische Frucht zum allerersten Mal und hat überhaupt keine Idee, wie die schmecken könnte. Auch bei diesem Beispiel erfährt man etwas völlig Neues und weiß erst nach dem Probieren, wie die Frucht schmeckt. Aber das wirkt sich nicht auf meine Per-

sönlichkeit aus. Anders verhält es sich bei „persönlich transformativen“ Erfahrungen. Wenn man zum Beispiel das erste Mal im Leben Eltern wird, in ein fremdes Land zieht oder – und das ist ein bisschen exotisch bei den Beispielen von Laurie Paul – man ein Vampir wird. Dieses Gedankenexperiment soll deutlich machen, dass es tiefgreifende Erfahrungen geben kann im Leben, deren Konsequenzen man nicht genau antizipieren kann und die unumkehrbar sind.

Vom Menschen zum Vampir – das ist dann doch eine sehr radikale Veränderung. Man kann sich kaum vorstellen, dass der Kern der Persönlichkeit durch eine solche Transformation bestehen bleibt.

Wie gesagt, der Vampir ist eher ein Gedankenexperiment. Studien aus der Psychologie zeigen, dass unsere Persönlichkeit im Kern relativ robust bleibt. Man verändert sich zwar im Laufe des Lebens und im Zuge von unterschiedlichen Lebensphasen. Aber wahrscheinlich wird eine Person, die schon als Kind besonders feinfühlig und empathisch war, diese Eigenschaft auch noch im hohen Alter besitzen. Eine Person, die stark ihre Gefühle auslebt, mag im Laufe der Jahre vielleicht lernen, ihre Wutausbrüche zu moderieren und zu kontrollieren. Trotzdem wird sie immer noch sehr stark Gefühle empfinden.

Also kann ich am Ende trotz aller Wendepunkte im Leben doch nicht aus meiner Haut?

Man kann natürlich ein neues Leben anfangen, man kann sich auf eine Art neu entwerfen. Es können unerwartete Dinge im Leben passieren. Das alles sind Veränderungen, die wir in unser Selbstverständnis integrieren. Wir versuchen immer zu verstehen, wie wir zu dem geworden sind, der wir sind. Wir versuchen, etwas Kohärentes über uns zu denken und nach außen zu transportieren. Auf die Art und Weise können wir einen Bogen spannen und auch mögliche Brüche im Leben überbrücken und erklären. Dazu gehören sicherlich auch eben viele transformative Erfahrungen, die wir in unser lebensgeschichtliches Narrativ einbetten.

Gibt es einen Unterschied, in welcher Lebensphase ich auf mein Selbst blicke?

In allen Lebensphasen interpretiert man Erfahrungen, die man gemacht hat, aus einer heutigen Perspektive. Das gehört einfach zu unserem Selbstverständnis dazu. Ich würde nicht sagen, dass sich diese Frage im hohen Alter in besonderem Maße stellt. Aber rein quantitativ stimmt es natürlich. Man hat mit zunehmendem Alter viel mehr transformative

Erfahrungen gemacht, die man dann rückblickend interpretiert und einordnet in seine Lebensgeschichte, was einem alles widerfahren ist und wie man daraus gelernt hat.

Wenn ich vor einer lebenswichtigen Entscheidung stehe, was hilft mir diese Erkenntnis?

Laurie Paul sagt, dass man in der Gegenwart im Grunde genommen keine rationale Entscheidung für die Zukunft treffen kann, da man seine künftigen Präferenzen nicht kennt. Das ist natürlich ein Problem. Denn wir müssen ja ganz oft Entscheidungen treffen, die unser Leben verändern können. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt können wir aber sagen: Das probiere ich jetzt einfach mal aus, auch auf die Gefahr hin, dass es vielleicht nicht das Richtige für mich ist und ich es nicht mehr rückgängig machen kann. Wir haben die Wahl. Wir können uns für eine substanzelle persönliche Veränderung entscheiden. Und das allein ist doch etwas Positives.

Interview: Christiane Spähhoff



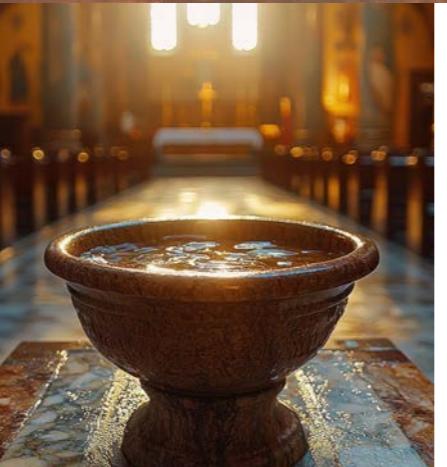
Laurie Paul argumentiert, dass wir niemals eine vollständig rationale Entscheidung über unsere Zukunft treffen können. Trotzdem müssen wir oft über Dinge entscheiden, die unser Leben grundlegend verändern und unumkehrbar sind. Wichtig ist laut Katja Crone, dass wir diese Wahl überhaupt haben.

Transformative Erfahrungen Perspektiven aus Religion und Kunst



Über Sakamente an den Knotenpunkten des Lebens

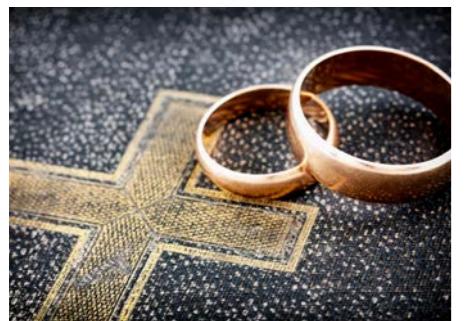
Im katholischen Verständnis wird ein Mensch durch die Taufe Teil der christlichen Gemeinschaft. Theologisch wird dies mit teils kräftigen Metaphern beschrieben: Der „alte“ Mensch stirbt und wird durch die Taufe „neugeboren“ als Christ. Auch andere Sakamente wie Firmung oder Weihe lassen sich als ein solches Transformationsgeschehen deuten. Es gibt lange Diskussionen darüber, wie unumkehrbar diese Veränderung ist. Traditionell wird davon



Mit den Sakamenten der Taufe, der Ehe oder der Krankensalbung stellen manche Menschen besondere Transformationen in ihrem Leben unter den Segen einer höheren Macht.

Interessant ist, dass trotz dieser oft sperrigen Theologie, Sakamente an den Knotenpunkten des Lebens immer noch verhältnismäßig stark nachgefragt werden. Ein Grund hierfür mag in der von Katja Crone beschriebenen offenen Situation bei Transformationen liegen: Wir müssen Entscheidungen treffen oder sind von Transformationen betroffen, ohne dass wir wissen, wie sich diese auf unser Leben und unsere Identität auswirken werden. Vielleicht führt diese Unsicherheit dazu, dass Eltern ihr Kind, Paare ihre Ehe oder Menschen ihre schwere Krankheit unter den Schutz und Segen einer höheren Macht stellen und damit die Kontingenz des Lebens zum Guten transformieren wollen.

Prof. Claudia Gärtner
Professorin für Praktische Theologie



ausgegangen, dass dem Menschen sakramental ein unlösbares Zeichen eingeprägt wird (character indelebilis), wodurch der Mensch somit unumkehrbar ein anderer geworden sei. Von so einem „verdinglichten“ Verständnis wendet sich zeitgenössische Theologie ab und betrachtet Sakamente eher als (neues) Beziehungsgeschehen zwischen Gott und Mensch sowie Menschen untereinander.

Prof. Claudia Gärtner
Professorin für Praktische Theologie

Vom biblischen Exodus als kollektive Transformation

Im biblischen Buch „Exodus“ wird geschildert, wie das Volk Israel unter der Leitung von Mose aus Ägypten herausgeführt wird. Dann berichtet die Bibel von einem großen Wunder: Das Wasser des Roten Meeres teilt sich, und das Volk Israel zieht sicher hindurch, während die Verfolger zurückbleiben müssen. Diese Schilderung muss man nicht historisch nehmen, sie zeigt vielmehr mit einem symbolischen Paukenschlag eine kollektive Transformation. Ein Volk, das in Arbeitssklaverei gehalten wird, ist plötzlich seine Gewaltherrscher los und kann selbstbestimmt leben. Es ist der Verfolgung entronnen, weiß aber noch nicht, was das für die weitere Zukunft heißt und wie es mit der neuen Freiheit weitergehen wird.

In dieser Exodus-Erzählung steht ein Volk vor einer ganz neuen Erfahrung und Lebensweise, die es sich sehnlichst wünscht, von der es aber noch gar nicht genau weiß, was das in Zukunft bedeuten wird, welche Lebensweisen damit verbunden sein werden. In der Erzählung der Bibel steht die nun beginnende vierzigjährige Wüstenwanderung für diese neue transformative Phase: Es braucht viel Zeit, um im Neuen ankommen zu können. Erst nach diesen vierzig Jahren ist das Volk anscheinend bereit, das Land der Verheißung zu betreten.



Mit dem Pessachfest erinnern Jüd*innen noch heute an die biblische Befreiung des Volkes Israel aus der ägyptischen Sklaverei.

Man kann also auch die biblischen Texte unter dieser Fragestellung der Transformation lesen und gewinnt neue Erkenntnisdimensionen dabei. Und es handelt sich nicht allein um einen „Vergangenheitstext“, denn jedes Jahr wird im Judentum mit dem Pessachfest genau diese Erinnerung an den Exodus gefeiert. Die Erzählung wird in ein Ritual überführt, und das bedeutet auch: Die Vergangenheit hält Erfahrungen bereit, die für die Transformationen der Zukunft bereit machen.

Prof. Egbert Ballhorn
Professor für Exegese und Theologie des Alten Testaments

Die gewaltige Wandfläche in der Sixtinischen Kapelle hat Michelangelo so vorbereiten lassen, dass sie sich dem Betrachter entgegen neigt. Das sorgt für einen beunruhigenden Kippeffekt, der sich geradezu körperlich aufdrängt.



Transformation provozieren – Bildmittel bei Michelangelo

Als Michelangelo 1541 die Malereien an seinem Fresko des „Jüngsten Gerichts“ in der Sixtinischen Kapelle abschloss, war nicht abzusehen, dass es später im Zusammenhang des Konklave als transformativer Ort fungieren würde. Es hatte zwar Bewunderung für seinen außerordentlichen Kunstcharakter erfahren, ob der verdrehten, nackten Körper und des bartlosen, muskulösen Christus wurde aber auch viel Kritik geäußert. Dass man dem Fresko seit dem Beginn des 17. Jahrhunderts zutraut, die Gewissensentscheidungen der Papstwähler zu beeinflussen, ist also keine Selbstverständlichkeit. Wie ist das zu erklären?

Ein Argument wären die inszenatorischen Mittel: Dargestellt ist das Ende aller Zeiten, der Jüngste Tag, an dem Christus wiederkehrt, um über die Menschen zu richten und ihnen den Zugang zum Himmelreich zu gewähren oder sie zu ewigem Höllenfeuer zu verdammen. Michelangelo hat die etwa 200 Quadratmeter große Fläche mit über 390 Figuren bemalt, deren Nacktheit und Verletzlichkeit, Hoffen und Leiden, Flehen und Schrecken sowie deren Ringen ums ewige Leben die Themen sind. Die gewaltige Wandfläche neigt sich dem Betrachter entgegen, sie drängt sich geradezu körperlich auf. Das Gerichtsfresko wird durch keinerlei rahmende Struktur eingegrenzt, im Gegenteil, es wirkt, als sei die gesamte Kapellenwand weggebrochen und wir würden in die apokalyptische Landschaft hinaussehen, die sich vor unseren Augen ereignet. Dabei ist es ausgerechnet das Fegefeuer, in das wir auf Augenhöhe über dem Altar blicken. Als die Kardinäle 1621/22 entschieden, genau hier die Papstwahl mit einem Eid zu verbinden, hatte man bereits seit 80 Jahren die Gelegenheit, die transformative Wirkung des Freskos am eigenen Leib zu erfahren.

Prof. Kirsten Lee Bierbaum
Professorin für Kunstgeschichte und Bildwissenschaft

Die Chemie nachhaltiger gestalten

Simplyfined produziert aus Pflanzenölen Plattformchemikalien für die Industrie



Aus dem Simplyfined-Team: (v.l.) Maximilian Spiekermann, Jens Ehlhardt, Max Krause und Marén Schwandt.

Die chemische Industrie ist bislang auf fossile Rohstoffe angewiesen, deren Nutzung jedoch klimaschädlich und deren Ressource endlich ist. Wissenschaftler*innen der Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen der TU Dortmund entwickeln daher Prozesse, mit denen nachwachsende Rohstoffe wie Pflanzenöle so aufbereitet werden können, dass sie für die Industrie als universell einsetzbare Plattformchemikalien nutzbar werden. Die neue Technologie überführen die Chemieingenieure Dr. Thomas Seidensticker, Maximilian Spiekermann und Jens Ehlhardt gemeinsam mit dem Wirtschaftspsychologen Max Krause nun in Produkte, die sie Unternehmen zur Verfügung stellen können.

Ausgangspunkt für die Gründung ihres Start-ups „Simplyfined“ ist ein Verfahren, das Maximilian Spiekermann im Rahmen seiner Promotion in der Nachwuchsforschungsgruppe von Dr. Thomas Seidensticker am Lehrstuhl für Technische Chemie entwickelt hat. „Die Idee,

sich selbstständig zu machen, ist gewachsen, weil das Potenzial des Verfahrens enorm groß ist“, sagt Spiekermann. „Wir können damit ungefähr 50 Prozent der Kohlendioxidemissionen einsparen, die bislang bei der Herstellung einer Vielzahl chemischer Produkte entstehen. Das hat uns sehr motiviert.“ Wenn die chemische Industrie anstatt Erdöl also nach und nach auch Pflanzenöle in ihre Wertschöpfungskette integriert, kann sie langfristig nachhaltiger und klimafreundlicher werden.

Pflanzliche Öle – von Raps und Soja über Sonnenblume und Distel bis hin zu Hanf und Alge – zählen zu den Oleochemikalien, die theoretisch in zahlreichen Produkten der chemischen Industrie eingesetzt werden können, darunter Kunststoffe, Schmierstoffe, Kosmetika und Pharmazeutika. Bisher ist die Verwertung jedoch nur in Nischenprodukten wirtschaftlich sinnvoll. Problematisch bei ihrer Nutzung ist, dass die Öle aus verschiedenen ungesättigten Fettsäuren bestehen und nur die ein-

Ausgezeichnet

Für seine Gründungsidee und deren Umsetzung in ein Unternehmen hat das Team von Simplyfined schon mehrere Preise gewonnen:

- Sieger im bundesweiten start2grow-Gründungswettbewerb der Wirtschaftsförderung Dortmund 2024 – 30.000 Euro Preisgeld
- Sonderpreis des Technologiezentrums Dortmund bei start2grow 2024 – 10.000 Euro Preisgeld
- Sieger des sechsten Demo Days im Rahmen des Accelerator-Programms High-Tech.NRW – 10.000 Euro Preisgeld
- Erster Platz und Publikumspreis beim TU Start-up Award 2024 – insgesamt 7.000 Euro Preisgeld
- Gewinner im Wettbewerb „Salon des Créateurs“ – 5.000 Euro Preisgeld für die Kooperation mit einer Kreativagentur

fach ungesättigten für die Folgeprozesse wirtschaftlich nutzbar sind, weil die mehrfach ungesättigten Fettsäuren zum Beispiel als Katalysatorgifte für weitere Umsetzungen wirken. „Mit unserem Verfahren werden nun alle mehrfach ungesättigten Fettsäuren in wertvolle Ölsäure umgewandelt. Dadurch beheben wir nicht nur das Problem der Katalysatorvergiftung, sondern erhöhen auch deutlich den Anteil der nutzbaren Ressource“, erklärt Spiekermann. Schon geringe Temperaturen und Drücke reichen aus, um den Prozess von Simplyfined durchzuführen, weshalb der Energieverbrauch gering ist.

Vollkontinuierliche Pilotanlage

„Um als Start-up in der chemischen, biochemischen und auch pharmazeutischen Industrie überhaupt einen Fuß in die Tür zu bekommen, muss man erst einmal zeigen, dass die neu entwickelte Technologie auch tatsächlich in der Praxis funktioniert und dass es sich lohnt, etablierte Produktionsprozesse neu auszurichten“, betont Mitgründer Max Krause. Dafür braucht es Kapital. Deswegen fördert der Bund Simplyfined seit Oktober 2024 mit insgesamt



Proben sind gefragt: Chemieunternehmen wollen die Plattformchemikalie testen, die auf Pflanzenöl basiert.

rund 1,7 Millionen Euro über zwei Jahre im Programm EXIST-Forschungstransfer. Von der Förderung profitiert auch die Chemielaborantin Marén Schwandt, die das Team verstärkt und mittlerweile die erste Angestellte des Start-ups ist. Bis Ende 2026 soll mit dieser Unterstützung eine vollkontinuierliche Pilotanlage mit einer Kapazität von bis zu 250 Jahrestonnen entstehen, die im Dauerbetrieb läuft und Unternehmen mit Mustermengen versorgen kann. Was sich nach viel anhört, sei im Kontext der Mengen,

Hier schlägt das Gründerherz

Die TU Dortmund fördert Unternehmensgründungen und den Transfer aus der Wissenschaft. Anfang 2019 wurde sie als „Exzellenz Start-up Center“ ausgezeichnet: Über fünf Jahre erhielt die TU Dortmund rund 14 Millionen Euro vom Land NRW, um die Anzahl und Qualität innovativer Ausgründungen weiter zu steigern. Die Gründungs- und Transferaktivitäten der Universität werden im „Centrum für Entrepreneurship & Transfer (CET)“ gebündelt. Das CET unterstützt bei allen Schritten einer Gründung, berät zu Förderprogrammen und Schutzrechten, zeigt Möglichkeiten zum Transfer von Forschungsergebnissen auf und ermöglicht außerdem Kooperationen zwischen etablierten Unternehmen und jungen Start-ups.

www.cet.tu-dortmund.de

Das Förderprogramm EXIST

Um Gründungsvorhaben aus Hochschulen optimal zu unterstützen, haben der Bund und das Land NRW diverse Förderprogramme aufgelegt. Mit dem EXIST-Forschungstransfer unterstützt der Bund herausragende forschungsbasierte Gründungsvorhaben, die mit aufwendigen und risikoreichen Entwicklungsarbeiten verbunden sind. Ziel ist es, die technische Realisierbarkeit nachzuweisen, Prototypen zu entwickeln, den Businessplan auszuarbeiten und schließlich das Unternehmen zu gründen. Mit dem EXIST-Gründerstipendium unterstützt der Bund Gründungsinteressierte mit einem monatlichen Zuschuss von bis zu 3.000 Euro über ein Jahr. Ergänzt werden beide Programme durch intensives Coaching und ein wertvolles Netzwerk.

mittler unterstützt und koordiniert auch die Übertragung der Patentrechte von der Uni auf das Start-up. Außerdem konnten die Gründer*innen bereits an zwei gefragten Accelerator-Programmen teilnehmen – an einem Angebot für hardwarebasierte Start-ups im High-Tech- und Deep-Tech-Bereich von High-Tech.NRW im Auftrag der Landesregierung sowie an einem Programm für internationale Start-ups aus dem Bereich der Kreislaufwirtschaft von der Circular Valley Stiftung mit Sitz in Wuppertal. Simplyfined wurde zudem in das Netzwerk von chemstars aufgenommen und steht dadurch mit weiteren Chemie-Start-ups in Kontakt, die bereits wertvolle Erfahrung in der Branche sammeln konnten.

Neben dem Aufbau der Pilotanlage arbeiten die Gründer*innen aktuell daran, ein Produktportfolio zu erstellen, Unternehmenskooperationen aufzubauen – und natürlich geht auch die experimentelle Forschung weiter.

[https://www.simplyfined.com/](http://www.simplyfined.com/)

mini mundo

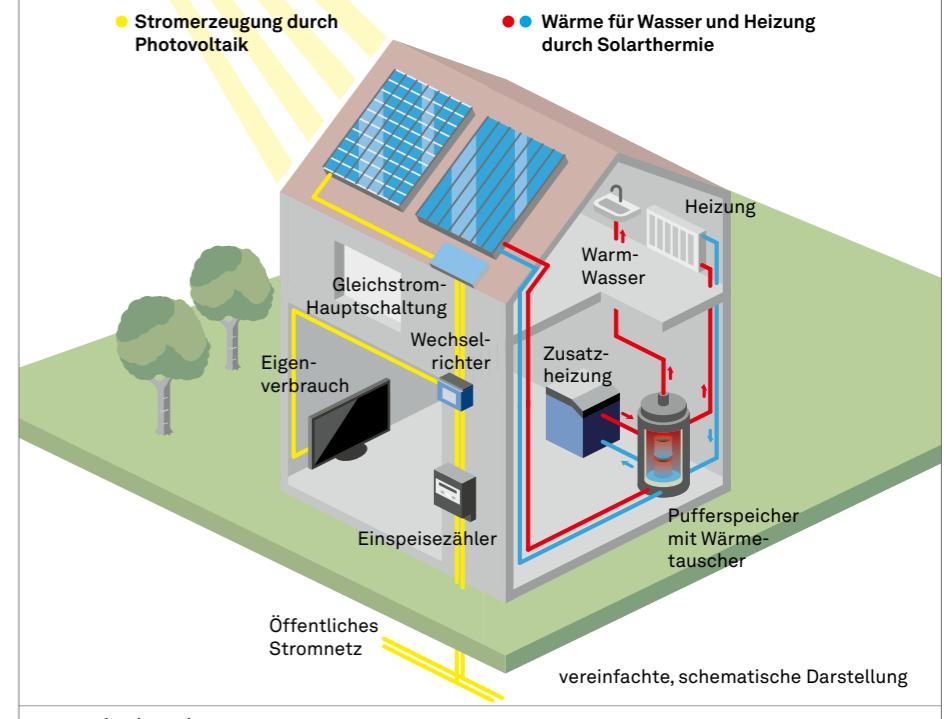


Strom oder Wärme – zwei Arten von Solarenergie

Wenn wir von Solarenergie sprechen, meinen wir die Kraft der Sonne. Aber: Es gibt zwei verschiedene Arten, wie wir diese Energie nutzen können: als Strom und als Wärme. Dafür gibt es spezielle Begriffe, die du bestimmt schon einmal gehört hast.

Photovoltaik-Anlagen verwandeln Sonnenlicht in Strom. Dieser Strom kann für elektrische Geräte, Lampen oder zum Laden von Akkus verwendet werden. Das passiert in Solarzellen auf Dächern oder Feldern. **Solarthermie**-Anlagen nutzen die Wärme der Sonne, um Wasser zu erhitzen. Das warme Wasser wird dann zum Duschen, Baden oder Heizen verwendet. Die Anlagen sehen ähnlich aus wie Photovoltaik, enthalten aber Rohre mit Flüssigkeit, die sich durch das Sonnenlicht erwärmt.

Strom und Wärme aus Sonnenenergie



0805 © dpa-themendienst

Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Außerdem ist Sonnenlicht unendlich verfügbar und kostenlos, denn die Sonne scheint jeden Tag neu. Deswegen zählt die Solarenergie zu den sogenannten „erneuerbaren Energien“. Andere erneuerbare Energien sind zum Beispiel Wind- und Wasserkraft. In Deutschland kam im Jahr 2024 schon mehr als die Hälfte des verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Energiequellen und in Zukunft soll der Anteil immer weiter steigen – auf mindestens 80 Prozent im Jahr

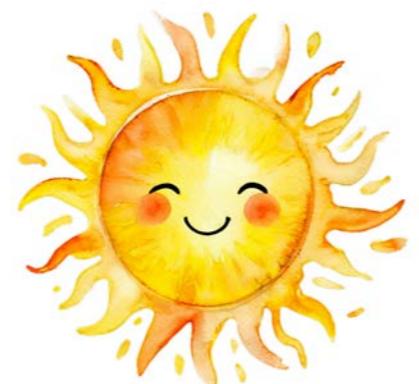
2030. Eine besondere Herausforderung bei erneuerbaren Energien ist, dass die Sonne nicht immer scheint und der Wind nicht ständig weht.

Was passiert, wenn keine Sonne scheint?

Eine Solaranlage funktioniert zwar auch, wenn es regnet oder bewölkt ist – allerdings nicht so stark wie bei direktem Sonnenlicht. In der Nacht dagegen kann sie keinen Strom erzeugen. Deshalb nutzen einige Häuser Batterien, um einen Teil des Stroms, der am Tag erzeugt wird, zu speichern, damit er dann in der Nacht genutzt werden kann, zum Beispiel um den Kühlschrank zu betreiben.

Die KinderUni der TU Dortmund

Übrigens: Wie Solaranlagen funktionieren, hat Prof. Norbert Kockmann von der Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen im Rahmen einer KinderUni-Vorlesung erklärt. Auch einige seiner Kolleg*innen aus ganz unterschiedlichen Fächern gehen gemeinsam mit Kindern zwischen acht und zwölf Jahren spannenden Fragen auf den Grund. Die KinderUni-Veranstaltungen finden regelmäßig auf dem Campus der TU Dortmund oder auf der Hochschuletag im Dortmunder U statt. Viele weitere Infos sind auf der KinderUni-Website zu finden: www.tu-dortmund.de/kinderuni



Die Sonne ist unsere wichtigste Energiequelle. Sie spendet Wärme und Licht, ohne sie gäbe es kein Leben auf der Erde – und sie kann noch mehr: Wir können ihre Energie nutzen, um Strom zu erzeugen. In diesem Artikel erfährst du, wie das funktioniert und warum die Solarenergie für unsere Zukunft so wichtig ist.

Du hast bestimmt schon oft die dunklen Platten gesehen, die auf vielen Dächern montiert sind oder manchmal auch auf großen Feldern stehen. Solche Solaranlagen wandeln die Energie der Sonne in Strom oder Wärme um, die wir Menschen dann für unsere elektrischen Geräte – Computer und Fernseher, Backöfen und Waschmaschinen – oder für warmes Dusch- und Badewasser nutzen können. Auch an der Technischen Universität Dortmund steht eine Solaranlage auf einer kleinen freien Fläche und auch ei-

nige unserer Dächer sind mit den dunklen Platten bestückt. Bald soll auf einer Wiese, die so groß ist wie zwei Fußballfelder, eine neue und besonders große Solaranlage aufgestellt werden: Rund 3.650 Solarmodule sollen hier Strom produzieren, damit die Uni in Zukunft einen kleinen Teil des Stroms, den sie täglich braucht, selbst erzeugen kann – und zwar ungefähr fünf Prozent.

Wie funktioniert eine Solaranlage?

Doch wie funktioniert das eigentlich, dass Sonnenstrahlen zu Strom werden? Das Sonnenlicht besteht aus kleinen Lichtteilchen, man nennt sie Photonen. Diese Photonen reisen wellenförmig mit Lichtgeschwindigkeit – also extrem schnell – zur Erde und treffen auf alles, was draußen ist: Häuser, Bäume, Haut und eben auch auf Solaranlagen.

In den einzelnen Teilen einer Solaranlage, den sogenannten Solarzellen, befindet sich ein besonderes Material, es heißt Silizium. Silizium ist ein Halbleiter: Es kann Strom leiten, aber nur unter bestimmten Bedingungen – zum Beispiel, wenn Licht darauf fällt. Wenn ein Photon auf das Silizium in der Solarzelle trifft, passiert etwas Spannendes: Das Photon schubst ein Elektron, ein anderes winziges Teilchen im Silizium, an. Dieses Elektron beginnt sich zu bewegen und das bedeutet: Es fließt Strom.

Die Solarzelle ist so gebaut, dass die bewegten Elektronen in eine bestimmte Richtung fließen. Über dünne Drähte wird dieser Strom dann weitergeleitet – entweder direkt in ein Haus oder in eine Batterie, die den Strom speichert. Bevor der Strom aus der Solarzelle in die Steckdose kommt, muss er allerdings noch verändert werden: Solarzellen produzieren nämlich sogenannten „Gleichstrom“, Haushaltsgeräte brauchen aber sogenannten „Wechselstrom“.

Warum ist Solarenergie so wichtig?

Das Besondere an der Sonnenenergie ist, dass wir mit ihr Strom erzeugen können, ohne die Umwelt zu verschmutzen. Um Strom herzustellen, haben die Menschen früher – und auch oft heute noch – Kohle, Öl oder Gas verbrannt. Dabei entsteht Kohlenstoffdioxid (CO₂) – ein Gas, das dazu beiträgt, unsere Erde aufzuheizen und das Klima zu verändern. Solarenergie ist jedoch viel umweltfreundlicher, weil bei ihrer Nutzung kein CO₂ freigesetzt wird.

Ausgezeichnet



Prof. Susanne Fengler

Die Professorin am Institut für Journalistik sowie wissenschaftliche Leiterin und Geschäftsführerin des Erich-Brost-Instituts für internationalen Journalismus ist in die Academia Europaea aufgenommen worden. Im Oktober 2025 wurde sie in Barcelona vom Präsidenten Prof. Donald Dingwell (r.) im Kreis der rund 6.000 Mitglieder begrüßt, zu denen auch 88 Nobelpreisträger*innen zählen. Die Akademie fördert exzellente Wissenschaft in allen Disziplinen und unterstützt die Europäische Kommission dabei, evidenzbasierte politische Entscheidungen zu treffen. Prof. Fengler (Mitte) ist das vierte TU-Mitglied, das in die Akademie aufgenommen wurde.



Prof. Hannes Mutschler

Der Europäische Forschungsrat (ERC) fördert die gemeinsame Forschung von Prof. Hannes Mutschler von der Fakultät für Chemie und Chemische Biologie und Prof. Dieter Braun von der Ludwig-Maximilians-Universität München seit April 2025 mit rund sechs Millionen Euro über sechs Jahre. Aus rund 550 eingereichten Anträgen wurde das Forschungsvorhaben „BubbleLife“ für einen ERC Synergy Grant ausgewählt. Im Projekt geht es um den Ursprung des Lebens auf der Erde: Das Team untersucht experimentell, unter welchen Bedingungen sich die Schlüsselmoleküle organischen Lebens bilden konnten und den Beginn der biologischen Evolution einläuteten.



Dr. Alexandr Mikherdov

Der Postdoc an der Fakultät für Chemie und Chemische Biologie erhält seit Juli 2025 ein MSCA Postdoctoral Fellowship. Das Stipendium ist Teil der Marie-Skłodowska-Curie-Maßnahmen (MSCA), mit denen die Europäische Kommission die Karriereentwicklung von Forschenden fördert. In der Ausschreibungsrounde 2024 hatte sich Dr. Mikherdov als einer von 1.696 Postdocs unter 10.360 Bewerber*innen durchgesetzt. In seiner Forschung ahmt er die Kommunikationsmechanismen natürlicher Proteine in Koordinationskäfigen, also künstlichen Molekülen, nach, um die Entwicklung komplexer Molekülsysteme in der supramolekularen Chemie zu ermöglichen.



Prof. Doris Reiter

Die außerplanmäßige Professorin der Fakultät Physik hat 2025 gleich zwei internationale Preise erhalten. Im Oktober wurde sie mit dem Lise-Meitner-Preis des Institute of Physics für das Projekt „QuanTour“ ausgezeichnet, das die Öffentlichkeit für Quantenphysik begeistern will. Gemeinsam mit Dr. Tobias Heindel (r.) schickte Prof. Reiter (l.) eine Quanten-Lichtquelle durch Europa. Im Mai erhielt Reiter außerdem die Emmy-Noether-Auszeichnung der Europäischen Physikalischen Gesellschaft. Die Fachgesellschaft würdigte damit ihre Forschung in den Bereichen Photonik und Quantentechnologie sowie ihre internationalen Beiträge zur Wissenschaftskommunikation.



Bildnachweise:

Titel: GraphicsRF/stock.adobe.com; S. 2 svenw19834/stock.adobe.com; S. 3 Simon Bierwald; S. 4 GraphicsRF/stock.adobe.com; S. 6 o. TU/RUB/UDE; S. 6 u. l. KOTO/stock.adobe.com; S. 6 o. r. Alexander Limbach/stock.adobe.com; S. 6 u. r. MTTASPRIYA/stock.adobe.com; S. 7 u. l. itl – Institut für Transportlogistik; S. 7 o. l. Jiraphiphat/stock.adobe.com; S. 7 u. r. Andrey Popov/stock.adobe.com; S. 7 o. r. Roland Baege; S. 8 o. l. Jennifer Fey; S. 8 u. l. Mike Abmaier/Fraunhofer ISI; S. 8 u. r. Timelynxt/stock.adobe.com; S. 8 o. r. Marquardt/RUB; S. 9 o. l. Privat; S. 9 u. l. Jens Liebchen/DZA, Christian Deindl; S. 9 o. r. Tobias Jung BY-SA 4.0; S. 9 u. r. Privat; S. 10–11 TechAnimationStock/stock.adobe.com; S. 12 Felix Schmale; S. 13 Lehrstuhl für Kommunikationsnetze; S. 14 Lehrstuhl für Kommunikationsnetze; S. 15 Lehrstuhl für Kommunikationsnetze; S. 16–17 Strikernia/stock.adobe.com; S. 18 Fraunhofer IML; S. 19 ChickenDoodleDesigns/stock.adobe.com; S. 20 peshkova/stock.adobe.com; S. 20 FLW/TU Dortmund; S. 21 www.duh-it.de; S. 22 Aliona Kardash; S. 23 u. Rafael Henrique/stock.adobe.com; S. 23 o. bernardbodo/stock.adobe.com; S. 24–25 Agentur 3st für UA Ruhr; S. 26 Ruhr-Universität Bochum; S. 27 vrxt123/stock.adobe.com; S. 27 Agentur 3st für UA Ruhr; S. 28 o. Agentur 3st für UA Ruhr; S. 28 u. Jörg Bandmann/ct.qmat; S. 29 Agentur 3st für UA Ruhr; S. 30–31 picture alliance/CountryPixel/FRP; S. 32 l. Uwe Grützner; S. 32 r. Uwe Grützner; S. 33 www.land4climate.eu; S. 34 Corinna Lawlor, Pressestelle Kreis Euskirchen; S. 35 l. hjschneider/stock.adobe.com; S. 35 m. Jonathan Schulze; S. 35 r. Po Delta Regional Park; S. 36–37 Vadym/stock.adobe.com; S. 38 Martina Hengesbach; S. 39 l. Drazen/stock.adobe.com; S. 39 r. Udomner/stock.adobe.com; S. 40 l. u. r. Deutscher Bundestag/Robert Boden/Mehr Demokratie; S. 41 o. picture alliance/CHROMORANGE/Michael Bihlmayer; S. 41 u. picture alliance/osnapix/Marcus Hirnschall; S. 42–43 Martina Hengesbach; S. 44 l. Roland Baege; S. 44 r. Detlef Podehl; S. 45 Ev. Kirchenkreis Dortmund/Stephan Schütze; S. 46 o. Johannes Kersting für Wider Sense TraFo; S. 46 u. Peter Hinz-Rosin für Wider Sense TraFo; S. 47 Christian Huhn; S. 48 Privat; S. 49 o. Symposium Democracy in the 21st Century - Institute H21; S. 49 u. l. www.reclam.de; S. 49 u. r. www.degruyterbrill.com; S. 50 o. l. Ananass/stock.adobe.com; S. 50 u. Anoo/stock.adobe.com; S. 50 o. r. Patrick Daxenbichler/stock.adobe.com; S. 51 l. Ruslan Batiuk/stock.adobe.com; S. 51 r. NKCoolper/stock.adobe.com; S. 52 o. Andrii/stock.adobe.com; S. 52 u. gaborphotos/stock.adobe.com; S. 52 m. _veiksmes/_stock.adobe.com; S. 53 u. mitzo_bs/stock.adobe.com; S. 53 o. Pixel-Shot/stock.adobe.com; S. 54 Tobias Bucher; S. 55 www.simplyfined.com; S. 56 o. vvvita/stock.adobe.com; S. 56 o. r. Nicole Jetzlaff u. Barbara Schulte-Linnemann; S. 56 u. ylivedesign/stock.adobe.com; S. 57 o. picture alliance/dpa/dpa-infografik GmbH; S. 57 u. Flaticon.com; S. 58 o. l. Roland Baege; S. 58 u. l. Ralf Maserki; S. 58 o. r. Aliona Kardash; S. 58 u. r. Doris Reiter; S. 59 fuchs mit foto/stock.adobe.com

Roland Baege, Hesham Elsherif, Martina Hengesbach, Aliona Kardash, Oliver Schaper und Felix Schmale fotografierten im Auftrag der TU Dortmund.

