

INNOVATION

NEU DENKEN



Innovation ist mit Forschung und Lehre eine von drei Kernaufgaben des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Um den globalen Herausforderungen für die Menschheit zu begegnen, sollen unsere Beiträge aus Forschung und Innovation den Weg in Wirtschaft und Gesellschaft finden. NEULAND stellt rückblickend innovative Highlights aus diesem Bereich vor.

INNOVATIONSMAGAZIN · INNOVATIONSTAG · INNOVATIONSWETTBEWERB

www.neuland.kit.edu

neulAND

2023



neulAND

2023



2023



INNOVATIONEN

AM KIT

Biotechnologie | Ökosysteme | Gesundheitstechnologie
Quantentechnologie | Robotik | Intelligente Produktion

NEULAND INTERAKTIV

NEULAND FOLGEN UND ZU INNOVATIONSTHEMEN
AUF DEM NEUESTEN STAND BLEIBEN



neuLAND



MIT INNOVATION

EINE NACHHALTIGE ZUKUNFT GESTALTEN



**PROF. DR.
OLIVER KRAFT**



**PROF. DR.
THOMAS HIRTH**

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

es ist uns eine besondere Freude, Sie mit unserer neusten Ausgabe des NEULAND-Magazins durch die Welt der Innovation am KIT zu begleiten, denn Innovation ist der Schlüssel zur Freiheit – die Freiheit, unser Denken zu erweitern, Grenzen zu überwinden und gemeinsam eine nachhaltige Zukunft zu gestalten.

2023 wurde unser Blick auf Innovation und Transfer durch die globalen Entwicklungen weiter geschärft. Um den großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit mit wissensbasiertem, lösungsorientiertem Denken zu begegnen, sind Innovation und Freiheit zwei wichtige Parameter, die untrennbar miteinander verbunden sind. Die Freiheit, zu experimentieren und kreative Wege zu beschreiten, ist die Grundlage jeder bahnbrechenden Entdeckung. Diesen Ansatz leben wir hier am KIT tagtäglich, denn wir verstehen Innovation nicht nur als technologischen Fortschritt, sondern

als einen ganzheitlichen Ansatz, der Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft verbindet.

Freiheit bedeutet auch, sich neuen Herausforderungen zu stellen. Unsere Forscherinnen und Forscher am KIT sind Pioniere auf ihrem Gebiet – sie betreten Neuland, um Lösungen für globale Herausforderungen zu finden. Sei es im Bereich der erneuerbaren Energien, der künstlichen Intelligenz oder der Medizintechnik – Innovation blüht dort, wo der Mut zur Freiheit gepflegt wird.

In einer sich ständig wandelnden Welt ist es von entscheidender Bedeutung, den Blick nach vorne zu richten. Wir am KIT sind stolz darauf, eine Atmosphäre zu schaffen, die Kreativität und Entfaltung fördert, denn wir glauben daran, dass wahre Freiheit entsteht, wenn wir gemeinsam an den Grenzen des Möglichen arbeiten und neue Hori-

zonte erschließen. Innovation und Freiheit sind nicht nur Leitprinzipien unserer Forschung, sondern auch Triebfedern für die Ausbildung der nächsten Generation von Forschenden sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren. Wir ermutigen unsere Studierenden, neugierig zu sein, Grenzen zu hinterfragen und den Mut zu haben, außerhalb des Gewohnten zu denken, denn in der Freiheit des Denkens liegt die Wurzel jeder Innovation.

Im Laufe der Geschichte hat das KIT viele wegbereitende Persönlichkeiten hervorgebracht, die mit ihren Ideen die Welt verändert haben. Wir streben danach, diesen Weg fortzusetzen und Antworten auf die drängenden Fragen unserer Zeit zu finden. Möge Sie die aktuelle Ausgabe von NEULAND inspirieren, die Verbindung zwischen Freiheit und Innovation zu erkunden und sich der unbekannteren Reise anzuschließen, die vor uns liegt.

Prof. Dr. Oliver Kraft
Vizepräsident Forschung
In Vertretung des Präsidenten des KIT

Prof. Dr. Thomas Hirth
Vizepräsident Transfer und Internationales



STORIES

- 10 **ALLER GUTEN DINGE SIND DREI**
Wie die Kombination der drei Technologien digitale Zwillinge, erweiterte Realität und künstliche Intelligenz Rekonfigurationsprozesse optimieren kann.
- 20 **REVOLUTIONÄRER SPIN**
Forschende des KIT entdecken neue Möglichkeit der Magnetresonanztomographie, die eine bessere Bildgebung verspricht.
- 30 **STRAHLENDE ROBOTERSYSTEME**
Mit Robotersystemen die automatisierte Dekontamination in Kernkraftwerken ermöglichen.
- 40 **DER VIERMAL BESSERE STANDARD**
Die Ausgründung PHABIOC bietet neuartige Multiwellplatten als Probenträger für Laboranalysen in der Bio- und Pharmaforschung an.

- 50 **KOPFÜBER IN DIE TEMPERATURTIEFE**
Ein Gründungsteam stellt herkömmliche Kryostate auf den Kopf und erreicht damit die kleinstmögliche Temperatur.
- 60 **HALBLEITEROFFENSIVE MIT KI(T)**
Mit einem lernenden Scheduling-Agenten vom KIT sollen europäische Mikrochiphersteller bei der Produktionsplanung unterstützt werden.
- 70 **DAS UNGENUTZTE NUTZBAR MACHEN**
Über die Möglichkeit der kostengünstigen Herstellung und Skalierung von thermo-elektrischen Generatoren zur Umwandlung von Wärme in Strom.
- 78 **TECHNOLOGIETRANSFER**
Bau einer Pilotanlage für die Phosphorrückgewinnung in Hessen



EINBLICKE

- 06 **HIGHLIGHTS**
- EINBLICKE**
- 18 CO₂-neutrales Fliegen
- 19 Hagel besser vorhersagen
- 28 Ein leistungsstarker Quantencomputer
- 29 Humanoider Roboter in der Kita
- 38 Cyber-physikalische Systeme
- 39 Alzheimer frühzeitig nachweisen
- 48 Milchproduktion in trockenen Gebieten
- 49 Blackbox Plastik in Gewässern
- 58 memperience makes memories
- 59 Smart Data Innovation Services
- 68 Mehr Züge im Streckennetz
- 69 Wie aus Urin Strom entsteht



BILANZ

- 84 **INNOVATIONSKENNZAHLEN**
- 86 **AUSZEICHNUNGEN**
- 88 **IMPRESSUM**



HIGHLIGHTS

neuLAND

NEUES ZENTRUM FÜR GESUNDHEITSTECHNOLOGIEN

→ Um den Transformationsprozess für einen nachhaltigen und medizintechnischen Fortschritt zu fördern, ist am KIT Anfang 2023 das Zentrum „Health Technologies“ (KITHealthTech) gestartet. Ziel des neuen Zentrums ist die Entwicklung digitaler und innovativer Technologien für Medizinprodukte aus der Perspektive und zum Nutzen der Gesellschaft.



THEMENTIEFGANG BEI DEN WISSENSWOCHEN

→ Die Wissenswochen vom TRIANGEL beleuchten mehrmals im Jahr abwechselnde Leitthemen aus unterschiedlichsten Perspektiven und schaffen damit Wissenstransfer. 2023 wurden in kreativen Formaten jeweils eine Woche lang die Themen Wasserstoff, Mobilität, Architektur & Bautechnologie sowie Umwelt & Ressourcen unter die Lupe genommen. Ein Blick auf die Wissenswochen 2024 lohnt sich.



WISSENSCHAFT UND THEATER ALS KÜNSTLERISCHE SYMBIOSE

→ In der Wissenschaftsperformance „Nerds retten die Welt“ verknüpften Theaterschaffende des Badischen Staatstheaters Karlsruhe und wissenschaftliche Beschäftigte des KIT in der gemeinsam gestalteten Aufführungsreihe wichtige Zukunftsfragen in künstlerischer Ausdrucksform und schufen damit eine kreative Form des Wissenstransfers.



TAG DER OFFENEN TÜR AUF DEM CAMPUS NORD

→ Im Sommer 2023 hat das KIT seine Pforten am Campus Nord geöffnet. Interessierte Besucherinnen und Besucher konnten die vielfältigen Forschungsthemen des KIT kennenlernen, mit den eigenen Sinnen erfahren und sich mit den Forschenden austauschen. Die mehr als 200 Programmpunkte der Institute und Einrichtungen boten zu vielfältigen Themen umfassende Informationen und wurden durch Comedy, Musik und Quiz-Shows sowie einer Festmeile ergänzt.

KIT BERÄT BUNDESTAG FÜR TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG

→ Das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) wurde erneut damit beauftragt, das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) in den kommenden fünf Jahren zu betreiben und die Bundestagsabgeordneten mit ihrer unabhängigen Expertise hinsichtlich technologischer Entwicklungen und Innovationspotenziale zu beraten. Bereits seit 1990 wird das ITAS mit dieser Aufgabe betraut und setzte sich erneut in einem intensiven Bewerbungsverfahren gegen starke Wettbewerber durch.





BESUCHERSTARKE KIT SCIENCE WEEK GEHT IN DIE ZWEITE RUNDE

→ Unter dem Motto „Zukunft gemeinsam nachhaltig gestalten“ fand im Oktober 2023 die zweite KIT Science Week statt, die eine wissenschaftliche Konferenz mit vielfältigen Veranstaltungen für die Öffentlichkeit verbindet. Das umfangreiche Programm mit einem Themenspektrum von Klima-, Umwelt- und Artenschutz über den schonenden Umgang mit Ressourcen und ökologisches Wachstum bis hin zu „grünem“ Unternehmertum und globaler Gerechtigkeit begeisterte rund 11.000 Besucherinnen und Besucher.



ERFOLGREICHE SOFTWARE-AUSLIZENZIERUNG

→ Das KIT und die Freiburger greenventory GmbH, ein Spin-off des KIT und des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE, zeigen, wie erfolgreicher Technologietransfer geht. Mit dem kürzlich angepassten Lizenzvertrag zu einer Energieplanungssoftware setzen sie ihre erfolgreiche Zusammenarbeit fort. Die von greenventory entwickelte Software basiert unter anderem auf Know-how und Computerprogrammen des KIT, die durch greenventory-Mitgründer Dr. Kai Mainzer in seiner Zeit am Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) des KIT entwickelt wurden.



IMPULSABEND MIT DEM CO-FOUNDER VON BABEL

→ Babel-Mitgründer Thomas Holl war zu Gast bei der KIT-Gründerschmiede und gab spannende Einblicke in seine Gründungsgeschichte: Wie er vom ursprünglichen Plan, im Bereich Musiktechnik und DJ-Mischpultsoftware durchzustarten, abkam und stattdessen die weltweit erfolgreichste Sprachlern-App Babel gründete.



ERÖFFNUNG INFORMATIKOM

→ Am 9. November wurden die neuen Räumlichkeiten des InformatiKOMs am Adenauerring in Karlsruhe feierlich eröffnet. Der Neubau fördert den Transfer von disziplinübergreifenden Erkenntnissen in die Gesellschaft, indem er Informatik-Institute mit Einrichtungen der Wissenschaftskommunikation und der angewandten Kulturwissenschaften unter einem Dach zusammenbringt.



10 JAHRE KIT-GRÜNDERSCHMIEDE

→ Was 2013 seinen Anfang nahm, ist zehn Jahre später eines der größten universitären Gründungszentren Deutschlands mit internationaler Strahlkraft: die KIT-Gründerschmiede. Mit ihr hat das KIT eine Heimat für alle Gründungsinteressierten, Gründerinnen und Gründer sowie Entrepreneure am und rund um das KIT geschaffen.



ALLER GUTEN DINGE SIND DREI

FORSCHENDE DES KIT
UND DER HOCHSCHULE
ARTS ET MÉTIERS PARIS-
TECH KOMBINIEREN DREI
ZUKUNFTSWEISENDE
TECHNOLOGIEN – DIGITALE
ZWILLINGE, ERWEITERTE
REALITÄT UND KÜNSTLICHE
INTELLIGENZ – UM
FERTIGUNGSPROZESSE
NEU ZU DENKEN.

PROJEKT XIRCON

eXtended Intelligence for Rapid
Cognitive Reconfiguration
(Erweiterte Intelligenz für schnelle
kognitive Rekonfiguration)

PROJEKT BETEILIGTE

Institut für Informationsmanage-
ment im Ingenieurwesen (IMI),
wbk Institut für Produktions-
technik, Arts et Métiers: Labora-
toire d'Ingénierie des Systèmes
Physiques et Numériques (LISPEN)

ZIEL

Implementierung eines
menschzentrierten kognitiven
Unterstützungssystems



Die Zahl drei begegnet uns bewusst oder unbewusst in zahlreichen Situationen: Sei es beim Rechnen mit dem Dreisatz, beim dreidimensionalen Sehen des Menschen oder mit dem Dreiklang in der Musik. Der Zahl drei wird in vielen Kulturen und Lebenssituationen eine besondere Bedeutung beigemessen, da sie oft harmonische Dinge beschreibt und eine Form der Vollkommenheit symbolisiert. Nicht umsonst hören wir nach zwei misslungenen Versuchen oft die Redewendung „Aller guten Dinge sind drei“. Doch was hat das mit dem KIT zu tun? Im Forschungsprojekt XIRCON kommt der Zahl drei ebenfalls eine besondere Bedeutung zu. Forschende machen sich die Kombination von drei wegweisenden Zukunftstechnologien zunutze, um Fertigungsprozesse in der Industrie zu vereinfachen und ihre Rekonfigurationszeit um bis zu 58 Prozent zu verringern.

Das Problem der ständigen Weiterentwicklung

Individuelle Kundenwünsche oder sich ändernde Produktvarianten führen zu verkürzten Produktlebenszyklen, was wiederum zu sich häufig wechselnden Anforderungen



PROF. DR.
DR.-ING. DR. H. C.
JIVKA OVTCHAROVA

Institut für Informationsmanagement
im Ingenieurwesen (IMI)

in der Fertigung führt. Die schnelle Anpassung von Fertigungssystemen an mechanische, elektrische oder softwaretechnische Änderungen ohne Produktivitätseinbußen wird zunehmend zu einem wichtigen Erfolgsfaktor in der Industrie. Diese sogenannten Rekonfigurationsprozesse werden momentan größtenteils von Fachpersonal individuell und ohne methodische Unterstützung umgesetzt, was oft zeitaufwendig und fehleranfällig ist.

Innovatives Technologie-Trio

Forschende des KIT und der französischen Hochschule Arts et Métiers haben es sich zur Aufgabe gemacht, ein menschenzentriertes kognitives Unterstützungssystem zu implementieren, um Rekonfigurationsprozesse zu optimieren, Produktionslandschaften schneller an die wechselhaften Anforderungen anzupassen und Ausfallzeiten zu minimieren. Sie kombinieren dazu **digitale Zwillinge (DT)** **i** mit **erweiterter Realität (XR)** **i** und **künstlicher Intelligenz (KI)** **i**. „Diese Technologien sind in der Fertigung heute zwar schon bekannt, in Kombination miteinander werden sie aber nicht genutzt. Wir möchten durch die Kombination die Vorteile aller Technologien ausspielen und damit eine ganzheitliche Lösung schaffen“, erklärt Prof. Dr.-Ing. Jivka Ovtcharova vom Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI). →



FORSCHENDE AM IMI HABEN EINE SEHR AUSGEREIFTE SYSTEM-SOFTWARE FÜR VIRTUAL REALITY ENTWICKELT, DIE XIRCON ZUGUTE KOMMT.



ERWEITERTE REALITÄT

Der Begriff erweiterte Realität (engl. Extended Reality) ist ein Sammelbegriff für die immersiven Technologien Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR) und Mixed Reality (MR), die alle die reale Welt durch virtuelle Elemente ergänzen. Dies können beispielsweise AR-Filter, 360-Grad-Videos oder VR-Geräte sein. Mithilfe dieser Elemente werden digitale Inhalte so erlebbar gemacht, als seien sie ein Teil der realen Welt. Die drei Formen unterscheiden sich in ihrer Ausprägung, in der die reale und die virtuelle Welt interagieren.



SO FUNKTIONIERT XIRCON

Individuelle Kundenwünsche oder sich ändernde Produktvarianten führen zu verkürzten Produktlebenszyklen, was wiederum zu sich häufig wechselnden Anforderungen in der Fertigung führt.

Diese Rekonfigurationsprozesse werden größtenteils von Fachpersonal individuell und ohne methodische Unterstützung umgesetzt, was oft zeitaufwendig und fehleranfällig ist.

Forschende des KIT kombinieren die Technologien digitale Zwillinge, erweiterte Realität und künstliche Intelligenz, um Rekonfigurationsprozesse zu verkürzen und zu vereinfachen.



DIE BESONDERHEIT DER ERWEITERTEN REALITÄT IST DIE DARSTELLUNG EINER INTERAKTIVEN UMGEBUNG, DIE DER ANWENDENDEN PERSON AUFZEIGT, WO MAN SICH BEWEGEN ODER INTERAGIEREN UND GEWISSE AKTIONEN DURCHFÜHREN KANN.

Digitale Zwillinge können in Kombination mit XR-Technologien von Menschen intuitiver genutzt werden, weil sie digitale Informationen leichter zugänglich visualisieren und eine Interaktion mit ihnen erlauben. Das XIRCON-System ermöglicht somit eine schnellere Analyse des aktuellen Fertigungszustands, eine Echtzeit-Simulation während der Rekonfigurationsplanung sowie eine Vorschau auf die Rekonfigurationsmöglichkeiten und deren methodische Validierung. Ergänzt wird das Duo durch KI, die individualisierte Rekonfigurationen ermöglicht und deren Validierung hinsichtlich Machbarkeit, Schlüsselkennzahlen, Fehlervermeidung und Fertigungsoptimierung unterstützt.

Starke Forschungspartner und reale Szenarien
Im Projekt, das vom InnovationsCampus Mobilität der Zukunft (ICM) gefördert wird, entwickeln und evaluieren die Kooperationspartner des Deutsch-Französischen Instituts für die Industrie der Zukunft die für das System erforderlichen DT-, XR- und KI-Module, indem sie unterschiedliche Kompetenzen zusammenführen. „Wir waren von Anfang an daran interessiert, etwas für die Praxis zu entwickeln. Mit dem wbk haben wir eine voll funktionsfähige Forschungsfabrik und somit eine realitätsnahe Infrastruktur, in der wir die Entwicklungen direkt in der Praxis ausprobieren können. Auf diese Weise wissen wir, was sinnvoll ist und was in der Industrie tatsächlich benötigt →



ANJELA MAYER

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am IMI



DIGITALE ZWILLINGE

Digitale Zwillinge bezeichnen Repräsentationen materieller oder immaterieller Objekte der realen Welt im digitalen Raum. Bei ihrer Erstellung werden ermittelte Echtzeitdaten mithilfe von künstlicher Intelligenz und Softwareanalysen verarbeitet. Sie können beispielsweise die Repräsentation einer in Betrieb befindlichen Anlage oder einer Anlagenkomponente inklusive des aktuellen Zustands sowie relevanter betriebshistorischer Daten sein. Die Übermittlung sämtlicher Anlagendaten erfolgt mittels physikalischer und statistischer Ansätze direkt an Algorithmen und trägt somit beispielsweise dazu bei, den Anlagenbetrieb zu optimieren, zukünftiges Verhalten vorherzusagen oder die Produktionseffizienz zu steigern.



AM IMI HABEN ANJELA MAYER UND PROF. DR.-ING. JIVKA OVTCHAROVA DIE MÖGLICHKEIT, DIE DIGITALE WELT MIT DER REALEN WELT ZU VERBINDEN: IM CAVE, EINEM RAUM ZUR PROJEKTION EINER DREIDIMENSIONALEN ILLUSIONSWELT DER VIRTUELLEN REALITÄT, KÖNNEN SIE DIE UMGEBUNG DES WBK ABBILDEN UND ANWENDUNGEN VIRTUELL TESTEN.

wird. Andererseits bringen wir vom IMI die entsprechende Entwicklungskompetenz ein. Wir haben beispielsweise eine sehr ausgereifte System-Software für Virtual Reality (VR) am Institut entwickelt. Unser französischer Partner ist ebenfalls sehr versiert im Bereich VR und bringt sein Know-how in die Entwicklung ein“, erklärt Anjela Mayer, wissenschaftliche Mitarbeiterin am IMI.

Für eine digitalisierte Industrie und Denkweise

XIRCON vereint Forschungsstärken und verbindet die beiden Welten Realität und Virtualität. Zusätzlich liefert das Projekt dem wbk einen Prototyp. „Wir haben damit zwar ein konkretes Beispiel im Forschungsumfeld, zeigen aber auch die Machbarkeit und das Potenzial anhand konkreter Messwerte für die Industrie auf. Unser Wunsch ist es, weitere Projekte zu initiieren, das Thema weiterzuentwickeln und in die Industrie zu übertragen“, blickt Mayer optimistisch in die Zukunft. Ovtcharova ergänzt: „Neben dem Mehrwert für die Industrie hoffen wir auch, das Bewusstsein und die Denkweise in Bezug auf die Digitalisierung zu schärfen. Viele Menschen empfinden die physische und digitale Welt als eine Art Paralleluniversum. Dabei ist die digitale Welt vielmehr eine Erweiterung unserer physischen Realität. Wir leben analog, aber wir kommunizieren zunehmend digital und bewegen uns dadurch viel mehr in der digitalen Welt.“ ←



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Die künstliche Intelligenz ist ein Teilgebiet der Informatik, das sich mit der Entwicklung von Systemen befasst, die menschliche Intelligenz nachahmen können. Sie umfasst alle Anstrengungen, menschliches Lernen und Denken auf technische Systeme zu übertragen und sie damit intelligent zu machen. Ziel ist es, dass intelligente Systeme ihre Umwelt eigenständig wahrnehmen, mit dem Wahrgenommenen interagieren, Antworten auf Probleme finden und diese eigenständig lösen.



• Zum Projekt



POTENZIAL ZUM CO₂-NEUTRALEN FLIEGEN

→ Reisen mit dem Flugzeug, ohne dabei zusätzliches CO₂ auszustößen? Synthetische Treibstoffe könnten das möglich machen. Forschende vom Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT) und des Instituts für Technikfolgenabschätzung (ITAS) entwickeln im Rahmen des Projektes **KEROGREEN** ein neues Herstellungsverfahren, das in Zukunft synthetisches, CO₂-neutrales Kerosin für den Luftverkehr produzieren könnte. Die innovative Technologie ermöglicht die Gewinnung von CO₂ aus der Atmosphäre, das durch ein mit Mikrowellenstrahlung erzeugtes Plasma in Kohlenmonoxid und Sauerstoff zerlegt wird. Der Sauerstoff wird entfernt, ein Teil des Kohlenmonoxids in Wasserstoff umgewandelt und zusammen mit dem restlichen Kohlenmonoxid wiederum in Kohlenwasserstoff umgewandelt, der Grundbestandteil von Kerosin. Die Forschungspartner am KIT haben bereits eine erste Anlage errichtet, um die Systemintegration zu finalisieren und damit das Potenzial einer CO₂-neutralen Luftfahrt für die Zukunft aufzuzeigen.

Bild: ansonsaw / iStock.com



Forschende des KIT entwickeln ein Verfahren zur Herstellung synthetischer Treibstoffe und möchten damit eine CO₂-neutrale Luftfahrt ankurbeln.



• [Zur Webseite](#)

GEFAHR VON OBEN: HAGEL BESSER VORHERSAGEN

→ Hagelstürme stellen zunehmend eine Bedrohung für Umwelt, Infrastruktur und Mensch dar und können innerhalb kürzester Zeit Schäden in Milliardenhöhe verursachen. Studien zeigen, dass Anzahl und Intensität von Hagelereignissen in Deutschland in den letzten Jahren deutlich zugenommen haben. Als Grund wird die Erderwärmung der Atmosphäre angegeben. Der genaue Zusammenhang mit dem Klimawandel sowie regionale Vorhersagen für Hagelunwetter sind bisher aber nur bedingt bestimmbar. Gemeinsam mit der Universität Bern und dem Mobiliar-Labor für Naturgefahren sowie dem Wetterdienst MeteoSchweiz veranstaltete das Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK) des KIT vom 05. – 07. März 2024 den 4. Europäischen Hagel, um den aktuellen Stand der **internationalen Hagelforschung** zu diskutieren. Der Workshop brachte Forschende und Experten aus den Bereichen Atmosphärenforschung, Wetterdienste, Versicherungen, Wirtschaft und Landwirtschaft zusammen, um bestehende Defizite in der Hagelmodellierung und -analyse sowie mögliche Lösungen zu besprechen.

Bild: kyoshino / iStock.com



Um den aktuellen Stand der Hagelforschung zu erörtern, richtete das KIT gemeinsam mit weiteren Partnern im März 2024 den 4. Europäischen Hagelworkshop aus.



• [Zum Projekt](#)



REVOLUTIONÄRER SPIN

ZIEL

Untersuchung und Entwicklung eines MRT-Verfahrens ohne Radiofrequenzanregung zur Einbindung im Forschungsumfeld sowie in bestehenden MRT-Geräten

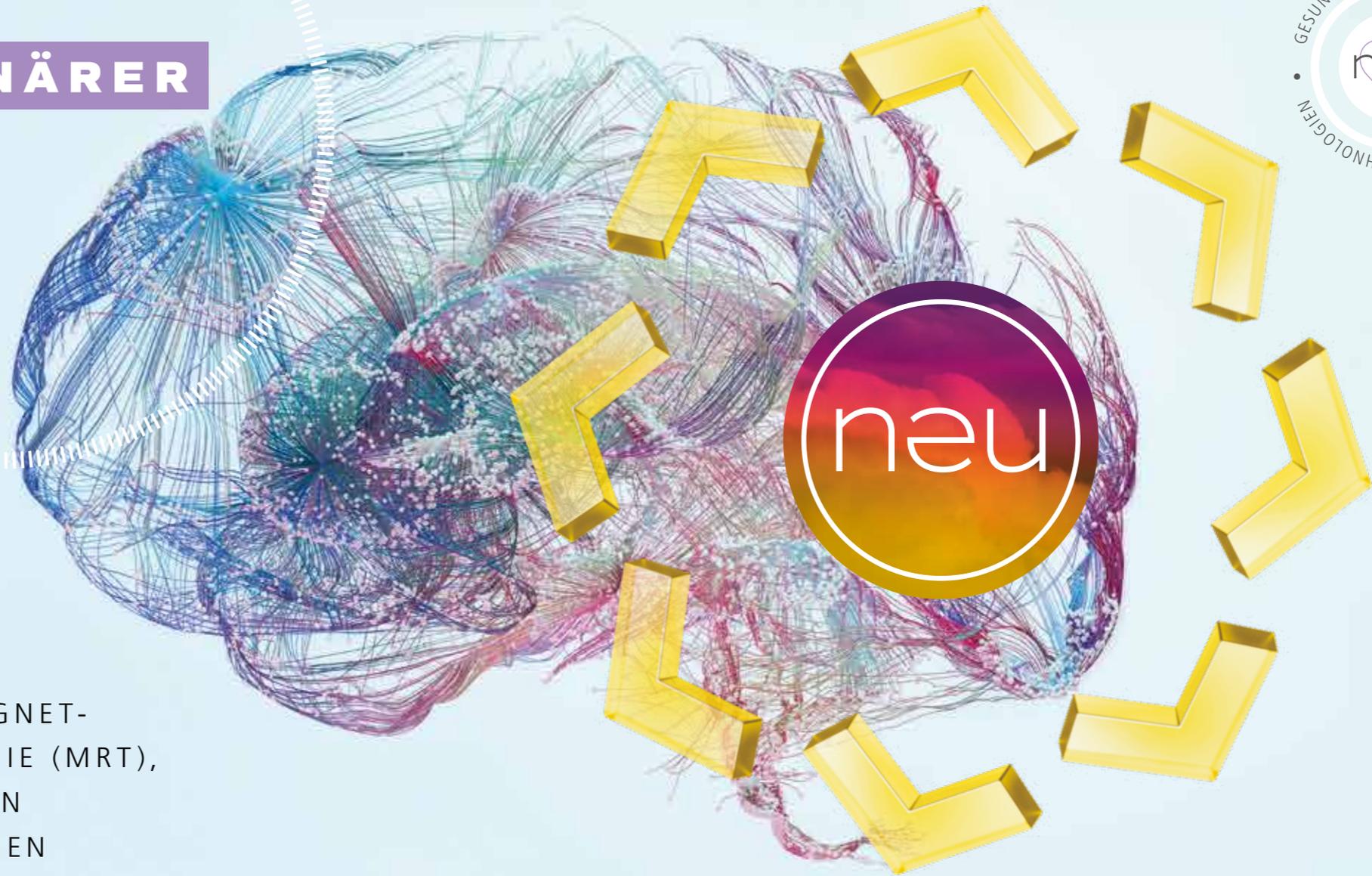
PARTNER

Forschungszentrum Jülich, RWTH Aachen University, Harvard University, Wayne State University, North Carolina State University

AUSZEICHNUNG

Emmy Noether Förderung, Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

FORSCHENDE DES KIT ENTDECKEN EINE NEUE MÖGLICHKEIT DER MAGNET-RESONANZTOMOGRAPHIE (MRT), DIE DAS ERSTELLEN VON KERNSPINTOMOGRAMMEN REVOLUTIONIEREN KÖNNTE.





MRT ja, aber...

Die Magnetresonanztomographie ist ein medizinisches bildgebendes Verfahren, das seit vielen Jahren zur Identifikation krankhafter Veränderungen im Körper, beispielsweise Entzündungen, Verschleißerscheinungen oder Tumoren in weichem Gewebe, eingesetzt wird. Das Verfahren kommt ohne gesundheitsschädliche Strahlen aus, eine gute und klare Diagnose ist allerdings anspruchsvoll. Radiologische Fachkräfte müssen bei jeder Untersuchung zwischen einer ausreichend guten Qualität der erzeugten Tomogramme sowie einer angemessenen kurzen Messzeit dieses kostspieligen Verfahrens abwägen. Die Energie eingesetzter Radiowellen kann bei zu langen Untersuchungen zur Erhitzung der Körperzellen der behandelten Person führen und langfristige Schäden verursachen. Hinzu kommt, dass nicht alle Untersuchungen ohne Kontrastmittel auskommen. Insbesondere wenn das untersuchte Gewebe im Bild homogene Grautöne erzeugt, wird ein Kontrastmittel benötigt, um die Aussagekraft des



**DR. SÖREN
LEHMKUHL**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich
NMR-Mikrotechnologien für Bildgebung und Spektroskopie
am Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT)

Bildes zu verbessern. Genutzt wird oft das Schwermetall Gadolinium, das zwar wasserlöslich ist, sich aber langfristig im Körper ablagern kann. Forschende des KIT haben nun gemeinsam mit weiteren Kooperationspartnern aus Deutschland und den USA Entdeckungen gemacht, die das aktuelle MRT-Verfahren im Sinne des Gesundheitswohls der Menschen revolutionieren könnte.

Ohne Radiofrequenz zu besseren Ergebnissen

Ein herkömmliches MRT-Bild, auch bekannt als Kernspintomogramm, entsteht in drei Schritten. Die zu behandelnde Person wird liegend in ein röhrenartiges MRT-Gerät geschoben, in dessen Inneren ein starkes Magnetfeld herrscht. Dieses richtet zunächst die **Kernspins**  der im Körper vorhandenen Wasserstoffatome aus, ähnlich wie bei kleinen Magneten. Im zweiten Schritt werden diese durch präzise abgestimmte Radiowellen gekippt. Diese kurzzeitige Veränderung erzeugt – abhängig von der Zusammensetzung des Gewebes – unterschiedliche Signale, während sich die Spins wieder am Magnetfeld ausrichten. Diese Signale werden im dritten Schritt mithilfe von magnetischen Feldgradienten ortskodiert, von einem Computer aufgezeichnet und in ein graustufiges Bild umgewandelt.



**DIE HYPERPOLARISATION
IST BESTANDTEIL DES
RASER-MRT-VERFAHRENS.
DAS FORSCHUNGSTEAM
HYPERPOLARISIERT PROBEN
AM EIGENEN NMR.**

Der vom KIT vorgestellte, neuartige RASER-MRT-Ansatz (radio-frequency amplification by stimulated emission of radiation) folgt denselben drei Untersuchungsschritten, weist jedoch zwei entscheidende Unterschiede auf. Im zweiten Untersuchungsschritt wird das Signal bei Radiowellen durch stimulierte Emission, ähnlich wie bei einem →



SO FUNKTIONIERT **RASER-MRT**

Bei klassischen MRT-Verfahren werden Kernspins durch starke Magnetfelder ausgerichtet und durch Radiowellen gekippt. Die unterschiedlichen Signale werden als Bild aufgezeichnet.

Die Energie der zugefügten Radiowellen kann Zellen überhitzen, was Dauer und Spezifität hochauflöster MRT bisher begrenzt. Forschende am KIT stellen einen neuartigen Ansatz vor.

Der sogenannte RASER-MRT-Ansatz kommt ohne externe gepulste Radiowellen aus und verspricht eine bessere Bildgebung als klassische MRT-Verfahren.



DER RASER-MRT-ANSATZ BASIERT AUF EINER SPONTANEN EMISSION OHNE ZUGESetzte RADIOWELLEN. DIE DAFÜR NOTWENDIGE NEGATIVE SPINORDNUNG ERZEUGEN DIE FORSCHENDEN MITTELS HYPERPOLARISATION.

Bild: Amadeus Bramsiepe / KIT

Laser, erzeugt. Dadurch kommt es ohne externe, gepulste Radiowellen aus. Die Detektion verläuft im Prinzip wie bei herkömmlichen MRT-Aufnahmen. Damit die spontane Emission im zweiten Schritt funktioniert, erzeugen die Forschenden die notwendige negative Spinordnung mittels **Hyperpolarisation** **i**, um die Kernspins der Moleküle auszurichten. „In der Anwendung können dies zum Beispiel **molekulare Kontrastmittel** **i** wie **Pyruvat** **i** sein“, erklärt Dr. Sören Lehmkuhl, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich NMR-Mikrotechnologien für Bildgebung und Spektroskopie am Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT). Das molekulare Kontrastmittel wird mithilfe eines Katalysators hochmagnetisiert und der zu behandelnden Person gespritzt, bevor sie in das MRT-Gerät geschoben wird. Es magnetisiert sich in die entgegengesetzte Richtung zum äußeren Feld und erzeugt dadurch im Körper einen deutlich höheren energetischen Ausgangszustand. Das Signal entsteht somit spontan ohne Anregung, da die Spins von selbst kippen, um sich entlang des Magnetfeldes auszurichten. Neben der Messung ohne Radiofrequenzanregung ermöglicht die RASER-Technologie zudem detailliertere Bildergebnisse. „Da das Signal länger und stärker ist als bei herkömmlichen MRT-Verfahren, ist auch die erreichte Auflösung größer. Für radiologische Fachkräfte

bedeutet das im Umkehrschluss, dass sie dadurch sicherere Aussagen zu möglichen Erkrankungen treffen könnten, zum Beispiel, indem sie am Metabolismus erkennen, ob eine Krebstherapie wirksam ist oder angepasst werden muss“, erklärt Lehmkuhl.

Von der Theorie in die Praxis

Was die Forschenden in ersten Proof-of-Principle-Experimenten aufzeigen konnten, haben sie theoretisch ausgearbeitet und publiziert. Im nächsten Schritt wollen sie die Technologie weiterentwickeln und den Übergang von der Grundlagenforschung zur Anwendung vorantreiben. „Wir haben angefangen, RASER auf einem MRT-Gerät zu messen. Eine große Herausforderung ist die RASER-Schwelle, die für eine spontane Emission überwunden werden muss. Für das spontane Signal brauchen wir eine gewisse Menge an negativer Polarisation sowie einen Resonator mit entsprechender Güte. Übertragen auf unsere Forschung bedeutet das, dass wir sowohl die Hyperpolarisationstechnik als auch die Miniaturisierung der Detektoren weiterentwickeln müssen“, beschreibt Lehmkuhl die nächsten Schritte. Neben den entwicklungsstechnischen Herausforderungen ist auch die Zulassung von molekularen Kontrastmitteln →



KERNSPIN

Atomkerne besitzen eine fundamentale physikalische Eigenschaft, die als Kernspin bezeichnet wird und eine Art magnetisches Moment darstellt.

HYPERPOLARISATION

Die Hyperpolarisation in der Kernspinresonanz beschreibt einen Vorgang, bei dem eine stärkere Magnetisierung der Atomkerne erreicht wird, als es innerhalb des angelegten Magnetfelds im thermodynamischen Gleichgewicht möglich wäre.

MOLEKULARE KONTRASTMITTEL

Besonders vielversprechend im Bereich NMR-Spektroskopie sind molekulare Kontrastmittel, da sie nicht nur ein Bild liefern, sondern auch Funktionen abbilden können. Sie werden vor-magnetisiert, um ein möglichst gutes Signal zu geben. Dadurch erlauben es RASER-MRT-Verfahren, kleine und kontrastarme Strukturen im Tomogramm deutlicher hervorzuheben.

PYRUVAT

Pyruvat ist das Anion beziehungsweise das Salz von Brenztraubensäure, die auch im menschlichen Körper vorkommt. Es ist ein Zwischenprodukt im aeroben und anaeroben Stoffwechsel und entsteht zum Beispiel, wenn Glucose abgebaut wird. Pyruvat ist ein vielversprechendes molekulares Kontrastmittel und wird seit rund 10 Jahren eingesetzt.

ein wichtiger Punkt. „Für hyperpolarisiertes Pyruvat gibt es in Deutschland derzeit keine Zulassung, aber bereits in die Wege geleitete Genehmigungsprozesse, zum Beispiel von der Universität Heidelberg. Das Potenzial von hyperpolarisierten Kontrastmitteln ist groß, daher bin ich zuversichtlich, was die Zulassung betrifft“, ergänzt Lehmkuhl.

Um die bestehenden Hürden zu überwinden und den Transfer in die Gesellschaft zu ermöglichen, kooperieren Lehmkuhl und sein Team mit unterschiedlichen Partnern. „Deutschland ist extrem stark in der theoretischen Ausarbeitung sowie der Umsetzung von präklinischen Studien. In den USA wiederum ist der Fokus ganz klar der Schritt in die Anwendung. Unsere breit gefächerten Kooperationen ermöglichen es uns, die Technologie auf gesamtheitlicher Ebene weiterzuentwickeln, um sie eines Tages in die Anwendung zu bringen. Unser Wunsch ist die Implementierung in bestehende MRT-Geräte, denn das ist machbar und für den Markt attraktiv. Keine Radiofrequenzeinstrahlung bedeutet weniger Hardware am MRT-Scanner und damit einen geringen Aufwand für die Abrüstung und den Umbau bestehender Geräte“, prognostiziert Lehmkuhl.



DAS FORSCHUNGSTEAM RUND UM DR. SÖREN LEHMKUHL AM INSTITUT FÜR MIKROSTRUKTURTECHNIK (IMT): DR. SÖREN LEHMKUHL, JAKOBA WACKER, SIMON FLEISCHER, ELENE ASLANIKASHVILLI, LEON MIDDENDORF UND AHMED HASANEEN (V.L.N.R.).



[• Zum Artikel](#)

Bis das RASER-basierte MRT Anwendung findet, dürften noch einige Jahre vergehen. Schon jetzt ist jedoch klar, dass es das klassische MRT-Verfahren revolutionieren könnte und einen Hoffnungsschimmer für schnellere, genauere und gesundheitlich unbedenkliche Diagnostik bietet. ←



DER ERSTE DEUTSCHE QUANTENCOMPUTER

→ Ziel des **Verbundprojektes QSolid** ist ein leistungsstarker Quantencomputer aus Deutschland. Realisiert werden könnte dies durch die Verwendung von hochwertigen, fehlerarmen Quantenbits (Qubits). Am vom Forschungszentrum Jülich koordinierten Projekt sind verschiedene Forschungsteams aus unterschiedlichen Fachbereichen des KIT beteiligt. Diese arbeiten

darán, den Fluss von Quanteninformationen in den supraleitenden Komponenten zu verbessern. Das Ziel ist eine über 97-prozentige Zuverlässigkeit der Quantenzustandsvorbereitung, im ersten Schritt für einzelne Qubit-Bauteile, später für den gesamten Prozessor. Das gesamte Projekt wird mit 76,3 Millionen Euro vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.



[• Zum Projekt](#)



Im Verbundprojekt QSolid steuern Forschende des KIT grundlegende technologische Entwicklungen für supraleitende Komponenten bei, um den Fluss von Quanteninformationen erheblich zu verbessern.

SPIELGEFÄHRTE DER ANDEREN ART: HUMANOIDER ROBOTER IN DER KITA

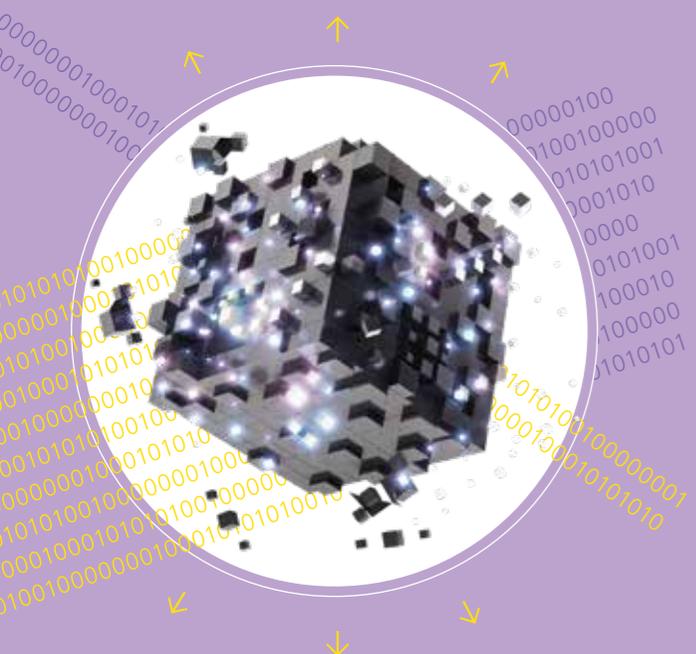
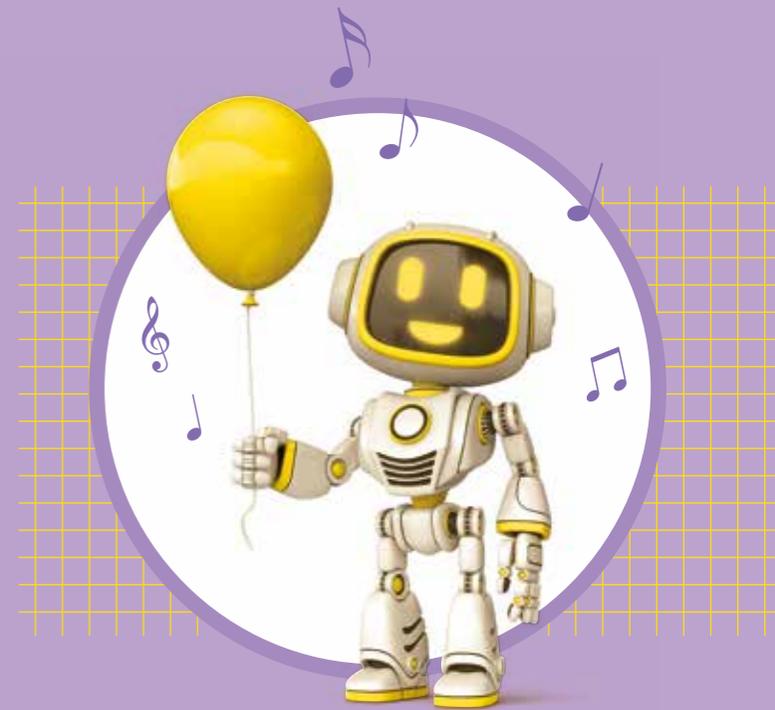
→ Seit April 2023 haben die Kinder der Kita Lebenshilfehaus in Karlsruhe einen neuen Spielgefährten: Zwei bis drei Mal pro Woche kommt der Roboter NOA vorbei, um mit ihnen zu tanzen, zu singen oder Geschichten zu erzählen. Das soll die Medienkompetenz der Kinder fördern und den frühkindlichen Lernprozess unterstützen, aber auch zu Forschungszwecken über den Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) und Robotik in öffentlichen Einrichtungen dienen. Das Projekt gehört zu einem Großprojekt des KIT im Fachbereich Alltagsforschung von KI und Robotik und wird von einem Team rund um Prof. Dr.-Ing. Tamim Asfour vom Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR) betreut. Der Einsatz des Roboters wird mit Unterstützung der Gaul-Stiftung, die den Roboter finanziert hat, im Rahmen des „Reallabors Robotische KI“ des KIT ermöglicht.



[• Zum Projekt](#)



Der Einsatz des humanoiden Roboters NOA in einer Karlsruher Kita ist ein Beispiel dafür, wie vielfältig der Einsatz von KI und Robotik aussehen kann.





STRAHLENDE ROBOTERSYSTEME

ZIEL

Entwicklung von Robotersystemen für die Dekontamination in menschenfeindlichen Umgebungen

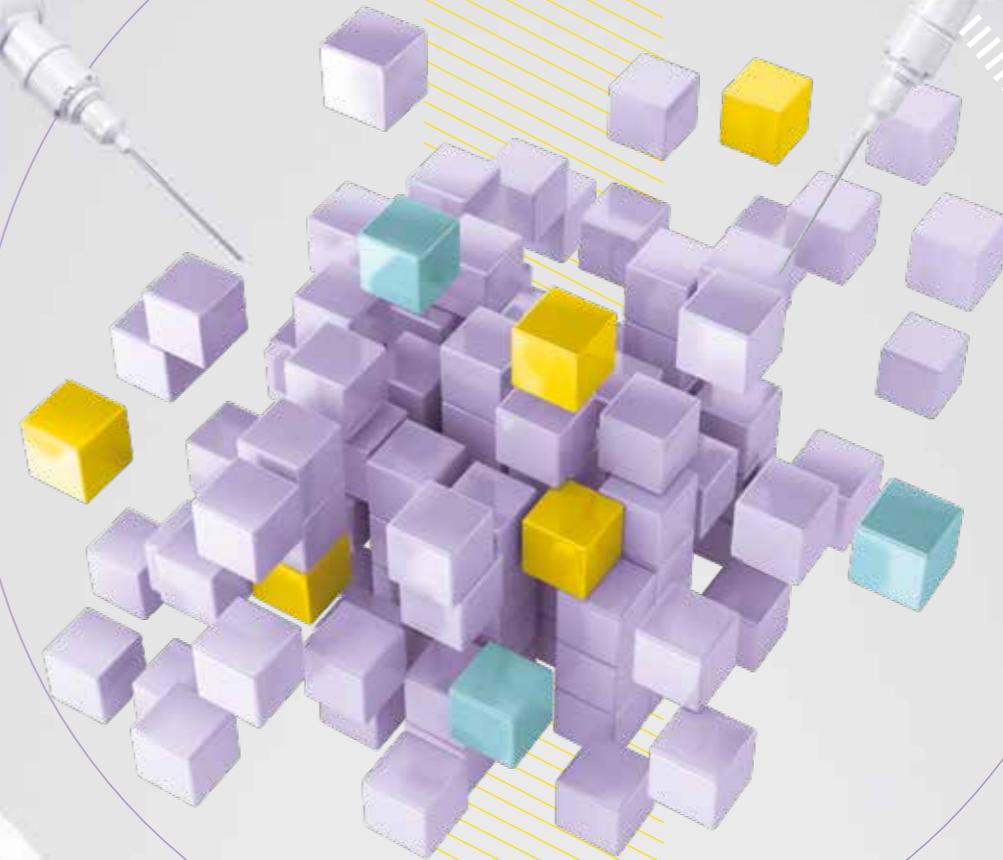
EINSATZ

Für den Rückbau von kerntechnischen Anlagen und der Dekontamination von Anlagenteilen sowie für Altlastensanierungen

PROJEKT PARTNER

TMB / H2T / ISAS / TMB des KIT, Hochschule Karlsruhe, Fraunhofer IOSB, DFKI, FZI, Götting KG, Kraftanlagen Heidelberg GmbH, ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH

FORSCHENDE DES KIT ENTWICKELN GEMEINSAM MIT WEITEREN KOOPERATIONSPARTNERN ROBOTERSYSTEME, UM RADIOAKTIVE KONTAMINATIONEN AUTOMATISCH VON TRÄGERSTOFFEN ABZUTRENNEN UND DAMIT DEN RÜCKBAU VON KERNKRAFTWERKEN ZU OPTIMIEREN.



Schluss mit Strahlung

Am 15. April 2023 sind mit Emsland, Isar 2 und Neckarwestheim 2 die letzten drei deutschen Atomkraftwerke vom Netz gegangen, die Ära Atomkraft in Deutschland ist beendet. Vollständig abgehakt ist das Thema damit aber nicht, denn Kernkraftwerke können nicht einfach abgerissen werden, sie müssen sorgfältig zurückgebaut werden. Von den 33 stillgelegten Kernkraftwerken in Deutschland wurden bisher lediglich drei vollständig zurückgebaut. So stellte sich beispielsweise der erfolgreiche Rückbau des ersten Kernkraftwerks, Niederaichbach in Bayern, als zeit- und kostenintensiver Prozess heraus, der 20 Jahre dauerte und rund eine Milliarde Euro kostete. Der Rückbau der verbleibenden 30 Kraftwerke wird Deutschland somit noch jahrzehntelang beschäftigen.

Mit der Sprengung der nicht radioaktiven Kühltürme zu Beginn des Rückbaus mag optisch die meiste Arbeit getan sein, sie fängt damit aber erst richtig an. Die kontaminierten Flächen des Kraftwerks müssen in Handarbeit abgefräst und freigemessen werden. Das ist nicht nur langwierig und sehr kräftezehrend, sondern hinsichtlich der radioaktiven Kontamination auch nicht ungefährlich. „Es gibt heutzutage teilautomatisierte Bereiche bei der Dekontamination, wie zum Beispiel autonome



SIAVASH KAZEMI

Akademischer Mitarbeiter im Fachbereich Rückbau konventioneller und kerntechnischer Bauwerke am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB)

Raumaufnahmen oder maschinell geschützte Schritte, aber es gibt bisher kein System, das eine automatisierte Dekontamination durchführt und damit die Arbeit des Personals erleichtert“, berichtet Siavash Kazemi, akademischer Mitarbeiter im Fachbereich Rückbau konventioneller und kerntechnischer Bauwerke am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) des KIT.

Rückbau mit Robotern

Gemeinsam mit einem Konsortium aus Forschung und Industrie arbeitet Kazemi innerhalb des Kompetenzzentrums ROBDEKON an autonomen und teilautonomen Robotersystemen für die Dekontamination in menschenfeindlichen Umgebungen. „Zum einen ist und bleibt die Strahlenbelastung bei der Dekontamination ein Thema, kann durch klare Vorgaben und Messungen aber immerhin geprüft werden. Zum anderen ist die körperlich schwierige Arbeit durch das händische Fräsen ein Problem. Mit ROBDEKON wollen wir genau an diesen beiden Punkten ansetzen. Unsere Robotersysteme übernehmen die körperlich schwere Arbeit in menschenfeindlicher Umgebung und entlasten damit das Personal sowohl körperlich als auch gesundheitlich“, erklärt Kazemi den Fokus des Projektes. Das Team arbeitet an einer geschlossenen Kreislaufkette für die Dekontamination und entwickelt dafür zwei Robotersysteme: den GammaBot und den DekontBot.



DENNIS HARTMANN

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule Karlsruhe (HKA)

Der GammaBot ist eine kleine mobile Umwelterfassungsplattform, die im ersten Schritt zum Scannen und Vermessen der Räume innerhalb eines Kernkraftwerkes benutzt wird. „Der Roboter kann dank 3D-Laser-Scanner →



Nach Stilllegung des letzten Kernkraftwerks ist die Ära Atomkraft in Deutschland beendet. Alle Kernkraftwerke müssen aufwendig zurückgebaut werden.

SO FUNKTIONIERT ROBDEKON

Das händische Abfräsen kontaminierter Stellen ist für das Personal mühsam und birgt trotz strenger Richtlinien ein Restrisiko der Eigenkontamination.

Forschende des KIT entwickeln Robotersysteme für die automatisierte Dekontamination in menschenfeindlichen Umgebungen.

die Innenräume von kerntechnischen Anlagen autonom erkunden und erstellt ein 3D-Modell der erfassten Gebäudestrukturen. Zudem misst er mittels verbauter Szintillatorsonde die Ortsdosisleistung, um Kontaminationsstellen zu finden“, beschreibt Dennis Hartmann, ehemals wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR), der den GammaBot gebaut hat und als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule Karlsruhe (HKA) weiterentwickelt. Die erfassten Daten bilden wiederum die Grundlage für den Einsatz des DekontBot im zweiten Schritt, der von Kazemi gebaut wird. Er erklärt: „Mit dem DekontBot haben wir eine mobile Plattform entwickelt, die mittels integrierter Sensoren in beengten Räumen sicher und automatisiert operieren und mit zwei unterschiedlichen Tools bestückt werden kann: Zum einen mit dem Fräswerkzeug, um die kontaminierten Stellen auszufräsen, und zum anderen mit dem Kontaminationsarray, um die behandelten Stellen anschließend freizumessen.“

Mithilfe eines integrierten Sicherheitssystems ermöglichen die Forschenden einen sicheren Betrieb der Systeme. Beide Roboter verfügen beispielsweise über Sicherheitssensoren, die Personen in der Nähe

erkennen und eine Kollision durch sofortiges Stoppen der Roboter vermeiden. Der DekontBot besitzt zudem weitere Sicherheitssensoren, die beispielsweise die Neigung der Plattform messen, um ein Umkippen zu verhindern. Kontaktsensoren am Fräswerkzeug sorgen dafür, dass das Fräsen nur bei Kontakt mit der Wand erfolgt und Lokalisierungssensoren am Kontaminationsarray vermeiden bei der Freimessung den Wandkontakt, um die sensiblen Detektorfolien nicht zu beschädigen und eine noch mögliche Kontamination zu vermeiden.

Volle Dekontamination voraus

In der ersten Projektphase hat das Konsortium des Kompetenzzentrums die teleoperierten, teilautonomen und autonomen Demonstratoren zu praxistauglichen Systemlösungen weiterentwickelt. Die Grundzüge des GammaBot und des DekontBot sind entstanden. In der aktuell laufenden zweiten Projektphase steht neben der Fertigstellung der beiden Robotersysteme vor allem die Pilotierung im Vordergrund. „Durch die vielfältigen Partner innerhalb des Kompetenzzentrums von Fachpersonal mit Know-how bis hin zu Industriepartnern, wie Zulieferer von Kraftanlagen, haben wir beste Voraussetzungen, →



**DER VON DENNIS HARTMANN ENTWICKELTE GAMMABOT
SCANNT UND VERMISST DIE RÄUME INNERHALB EINES
KERNKRAFTWERKES. DIE DATEN WERDEN IN EINEM
3D-UMWELTMODELL ZUSAMMENGETRAGEN, DAS BASIS
FÜR DIE ANSCHLIESSENDE DEKONTAMINATION IST.**



**DER DEKONTBOT IST EINE MOBILE
PLATTFORM, DIE MIT ZWEI VERSCHIEDENEN
AUFBAUTEN VERSEHEN WERDEN KANN
UND SO EINERSEITS ZUM FRÄSEN
KONTAMINierter STELLEN UND
ANDERERSEITS FÜR DIE FREIMESSUNG
DER BEHANDELTEN STELLEN DIENT.**

Bild: Amadeus Bramsiepe / KIT

neu

Siavash Kazemi arbeitet aktuell daran, alle elektrischen Komponenten des DekontBot zu verbinden und in einen Schaltschrank zu überführen. Anschließend sollen Regelalgorithmen programmiert werden und ein Graphical User Interface (GUI) für die Anwendernutzung aufgebaut werden. Der Bau beider Robotersysteme ist einzigartig und individuell. Von Hardware über Software bis hin zur Programmierung der Automatisierungsalgorithmen haben die Forschenden Eigenentwicklungen erschaffen.



unsere Robotersysteme von der Forschung in die Praxis zu bringen. Durch den nahen Praxisbezug können wir unsere Entwicklungen vor Ort testen und damit aufzeigen, dass sie in der Realität funktionieren. So planen wir beispielsweise in den nächsten Wochen im Kernkraftwerk Mühlheim-Kärlich den GammaBot außerhalb vom Kontrollbereich zu testen, um aufzuzeigen, dass er autonom seine Punkte findet, einen Scan macht und die Scans auch verbunden werden“, erklärt Hartmann. In den nächsten Monaten beschäftigen sich die Forschenden damit, fehlende Bauteile fertigzustellen und die Kommunikation der Systeme zu verbessern. Projektziel von ROBDEKON ist die Verstetigung des Kompetenzzentrums. Ob Ausgründung oder Dienstleistung, Möglichkeiten gibt es diverse und diese gilt es zu definieren, um die Forschung in die Anwendung zu bringen.

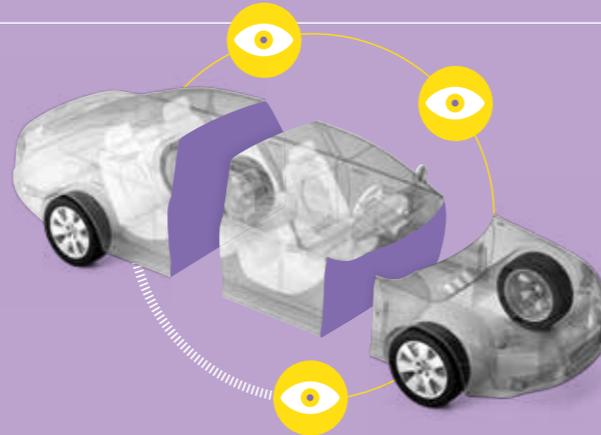
Für die Forschenden kristallisiert sich der Mehrwert des Kompetenzzentrums bereits jetzt heraus. „Mit unseren Robotersystemen können wir die zukünftige Dekontamination optimieren. Sie unterstützen das Personal einerseits durch die Übernahme der körperlich schweren Arbeit und minimieren andererseits die Gefahr, mit kontaminiertem Staub in Kontakt zu kommen. Damit schaffen wir ein sichereres Arbeitsumfeld beim Rückbau von Kernkraftwerken“, so Kazemi. ←



• [Zur Webseite](#)

NEUE METHODEN FÜR DIE AGILE ENTWICKLUNG VON CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

→ Das KIT erhält rund 11 Millionen Euro von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für einen **neuen Sonderforschungsbereich (SFB)** zur Erforschung von Methoden zur Entwicklung moderner, cyber-physikalischer Systeme (CPS), also software-intensiven technischen Systemen, wie beispielsweise Autos oder Produktionsanlagen. Diese Systeme vereinen elektronische, mechanische und software-gesteuerte Komponenten, die eng miteinander interagieren müssen und damit einen Komplexitätsgrad erreichen, der durch einzelne Entwickelnde selbst auf abstrakten Architekturebenen kaum mehr beherrschbar ist. Daher wird bei der Entwicklung mit sogenannten „Sichten“ auf das System gearbeitet, also Teilmodellen, die spezifisch für die Aufgaben von Entwickelnden sind. Durch die vielfältigen Abhängigkeiten der Sichten untereinander widmet sich der SFB neuartigen Methoden der Konsistenzerhaltung. Ausgangspunkt sind dabei bereits am KIT federführend entwickelte Verfahren aus dem Software Engineering, Produktentwurf und den formalen Methoden. Im Rahmen des SFB werden neuartige Methoden für ein sogenanntes „Advanced Systems Engineering“ erforscht, um durch Konsistenzerhaltung den Entwurf von CPS agiler und damit effizienter zu gestalten. Dadurch sollen



Im SFB für Softwaremethoden werden am KIT neue Methoden zur Entwicklung hochkomplexer cyber-physikalischer Systeme erforscht, um diese kontinuierlich an sich ändernde Anforderungen anzupassen.

kürzere Entwicklungszyklen und schnellere Updates ermöglicht werden. Das Ziel besteht darin, ähnlich wie bei Smartphones, Updates einfach und zeitnah zu installieren und CPS kontinuierlich an sich ändernde Anforderungen anzupassen, die Verlässlichkeit und damit auch Sicherheit zu verbessern und neue Features einzuführen. Neben dem KIT mit dem Sprecher Prof. Dr. Ralf Reussner sind auch die Universität Mannheim sowie die Technischen Universitäten Dresden und München involviert.



[Zum Projekt](#)

ALZHEIMER FRÜHZEITIG NACHWEISEN

→ Forschende am Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG) haben einen wegweisenden Fortschritt erzielt: Durch die Analyse von **Peptid-Fingerabdrücken** ermöglichen sie einen früheren Nachweis von Alzheimer oder Parkinson. Diese neurodegenerativen Krankheiten sind häufig auf Fehlfaltungen von Peptiden und Proteinen zurückzuführen. Das am KIT entwickelte Verfahren kann die Fehlfaltungen über die Trocknungsstruktur von Protein- und Peptidlösungen innerhalb von Minuten nachweisen. Durch die Identifizierung dieser charakteristischen Biomarker können Frühstadien der Erkrankung bereits vor den typischen Symptomen erkannt werden. Der innovative Ansatz eröffnet neue Perspektiven für eine frühzeitige Diagnose sowie rechtzeitige Behandlung und markiert einen bedeutenden Fortschritt im Kampf gegen Alzheimer und Parkinson.



Forschende des KIT haben eine effektive und simple Methode entwickelt, um für Alzheimer verantwortliche Fehlfaltungen von Proteinen oder Peptiden bereits in einem frühen Stadium der Erkrankung nachzuweisen.



[Zum Projekt](#)



DER VIERMAL BESSERE STANDARD

DAS GRÜNDERTEAM DER PHABIOC GMBH ENTWICKELT MULTIWELLPLATTEN FÜR DIE PHARMAZEUTISCHE UND BIOTECHNOLOGISCHE FORSCHUNG. MIT DER LEISTUNGSFÄHIGEN SPECPLATE MIT CHARAKTERISTISCHEN MESSKAMMERN LÄSST SICH DER VERBRAUCH AN PROBENTRÄGERN FÜR SPEKTROSKOPISCHE LABORANALYSEN REDUZIEREN.

ZIEL

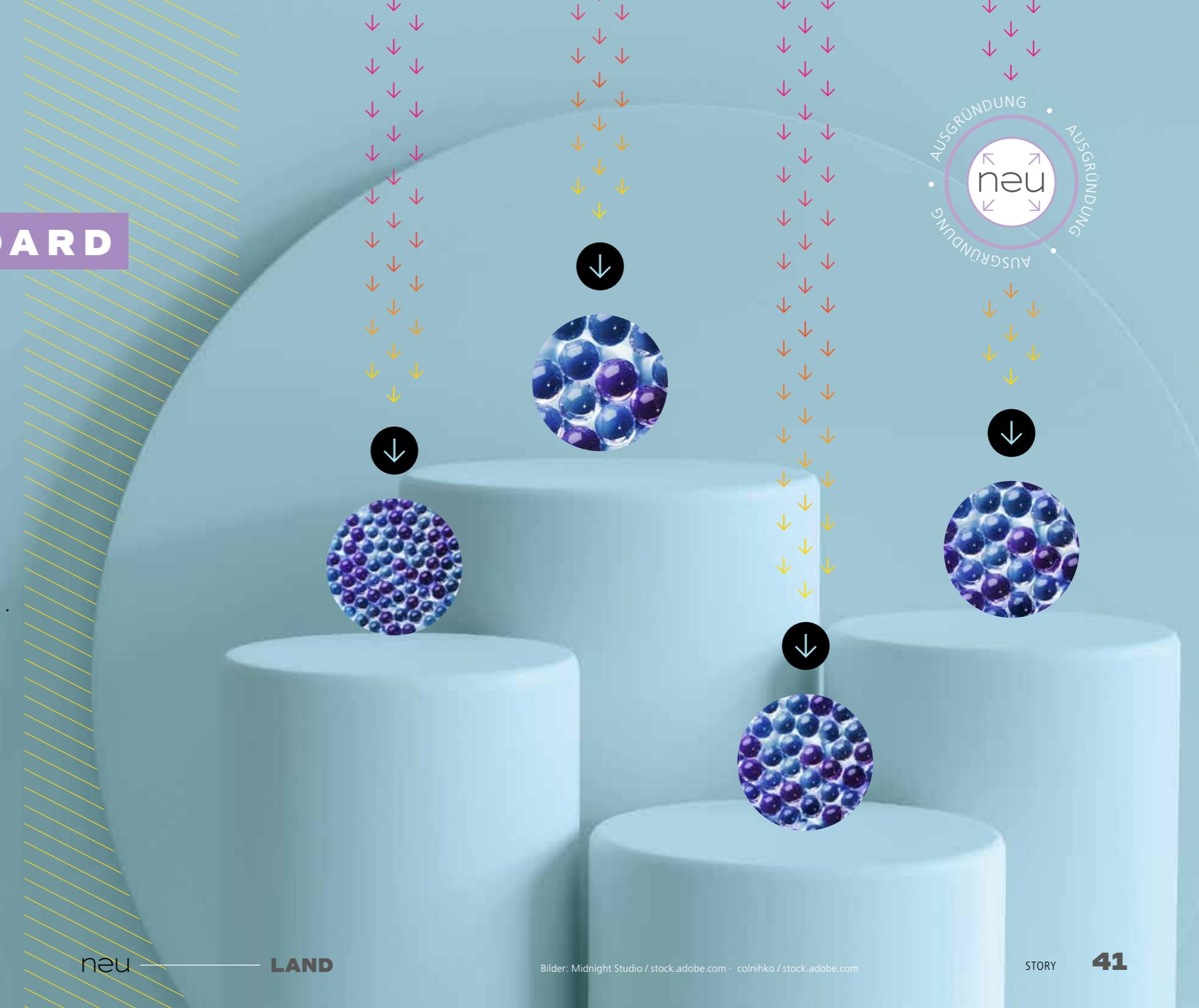
Plattenbasierte Konzentrationsbestimmung von Proben verbessern und beschleunigen, gleichzeitig den Materialverbrauch im Labor verringern

GRÜNDER

Dr. Carsten Radtke,
Jannik Jungmann

AUSZEICHNUNG

Science for Life – Venture Cup,
Sieger in der Konzeptphase 2023;
Cyber One Award 2023, 2. Platz
in der Kategorie Life Science



Bekannt durch seine 1965 aufgestellte Theorie, dass sich die Leistungsfähigkeit von Computern und technischen Geräten ungefähr alle 18 Monate verdoppelt und dabei immer mehr Elektronik auf gleichem Raum untergebracht werden kann, gilt der Chemiker und Physiker Gordon Moore als Vordenker seiner Zeit. Seine Vorhersage beruht darauf, dass aufgrund der technischen Entwicklung immer kleinere Transistoren in einem integrierten Schaltkreis nutzbar sind. Die Leistungsfähigkeit durch verbesserte Ressourcen- und Materialnutzung zu erhöhen, ist auch ein Ziel von KIT-Alumnus Dr. Carsten Radtke. Er legte den Laborkittel am Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik (BLT) des KIT ab, um als Mitgründer der PHABIOC GmbH die Laboranalytik qualitativ zu verbessern und gleichzeitig den Verbrauch von Probenträgern mit einer neuartigen Multiwellplatte zu minimieren. Das junge Unternehmen entwickelt UV-transparente Multiwellplatten für Flüssigproben für die spektroskopische Laboranalytik in der Bio- und Pharmaforschung.

Kunststoffabfall im Labor

Mikrotiterplatten sind unerlässlich in der Laborbranche. Sie werden in großen Mengen als Verbrauchsmittel zur Untersuchung von biologischen Eigenschaften eingesetzt, zum Beispiel bei der Absorptionsmessung oder beim Hochdurchsatz-Screening. Sein Kompagnon Jannik Jungmann klärt auf: „Täglich werden weltweit Zehntausende Probenträger, unter anderem Multiwellplatten, für labortechnische Anwendungen in den Biowissenschaften verbraucht. In unzähligen Messreihen im Hochdurchsatzverfahren werden die Platten aus hochwertigen Kunststoffen als Einmalprodukte eingesetzt.“ Das genaue Müllaufkommen wird in Deutschland nicht erfasst, aber Schätzungen zufolge entsteht im Vergleich zu anderen Branchen das Zehn- bis Zwölfwache an Plastikmüll in Laboren. Mit ihrem innovativen Produkt SpecPlate bieten die Gründer ein Analysewerkzeug, mit dem Probenträger eingespart werden könnten. Die Veränderung liegt hier nicht in den Prozessen im Labor, sondern in der erweiterten Funktionalität der neuen Multiwellplatten.

Moore's Analogie

Klassische Multiwellplatten sind in der Regel rechteckig und umfassen mehrere Messpunkte, vergleichbar mit kleinen Näpfchen, die matrixförmig in Reihe angeordnet sind. Wo sich bisher ein solcher Messpunkt befindet – ein sogenanntes Well – steht bei der SpecPlate auf gleicher Fläche eine neuartige, stufenförmige Messstruktur mit vier Messpunkten bereit. Radtke macht deutlich: „Mit dem Einsatz der SpecPlate können wir die Verwendung des Goldstandards reduzieren. Das heißt in Zahlen: Wir können insgesamt den Plattenverbrauch um bis zu dem Vierfachen reduzieren, weil wir vier Messpunkte mit einer Messung bedienen können anstatt mit der normalen Platte eben nur eine. Hinzu kommt, dass wir für unsere Probenträger weniger Material verwenden. Der Materialeinsatz pro Platte im Spritzguss ist dadurch geringer.“

Multitasking im Hochdurchsatz

Der Entwicklungssprung zu einer effizienteren Multi-messkammerplatte für Flüssigproben liegt im Detail, verrät Radtke: „Unsere Messstrukturen bestehen jeweils aus vier mit einem Kanal verbundenen Messkammern unterschiedlicher Höhe und Füllvolumen. Durch diese stufenweise Erhöhung kann in einem Messvorgang verdünnungsfrei in einem breiten Konzentrationsbereich spektroskopisch gemessen werden.“ Dadurch sind viermal so viele Messungen beziehungsweise parallele Messungen in unterschiedlichen Konzentrationsgraden



**DR. CARSTEN
RADTKE**

Mitgründer und CSO von PHABIOC

in einem Durchlauf möglich. Ein großer Fortschritt für die Laborarbeit, denn bisher werden sogenannte Verdünnungsreihen mit unterschiedlichen Stoffkonzentrationen in mehreren Messungen nacheinander durchgeführt.

Vermessen gut und fehlerfrei

Die SpecPlate verbessert jedoch nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität der Messergebnisse erheblich. Anders als bei den offenliegenden Näpfchen auf →



SO FUNKTIONIERT **PHABIOC**

PHABIOC bietet Kunden aus der Biotechnologie, Pharmazie und Chemiebranche eine neuartige Multiwellplatte als Probenträger für verdünnungsfreie UV-Absorptionsmessungen im Hochdurchsatz.

Die besondere, stufenförmige Geometrie der geschlossenen Messkammern steigert einerseits die Qualität der Messergebnisse an Flüssigproben und vereinfacht andererseits Experimente in der Spektroskopie.

Durch gleichzeitige Messung von hoch- und niedrigkonzentrierten Proben in einem Messvorgang werden Prozessschritte und Verbrauchsmaterialien eingespart. Es werden insgesamt weniger Multiwellplatten verbraucht.

neu

LAND

Bild: Amadeus Bramsiepe / KIT

STORY

43

DIE MULTIWELLPLATTE SPECPLATE BIETET PRO MESSSTRUKTUR VIER MESSPUNKTE. DIE KONZENTRATIONSTUFEN DER PHYSIKALISCHEN VERDÜNNUNG SIND AN DER ABGESTUFTEN SÄTTIGUNG DER GRÜNEN FLÜSSIGKEIT ERKENNBAR. MIT HILFE VON EINLASS UND AUSLASS WIRD DER FÜLLSTAND GEREGLT.

AUSLASS

2000 μm

EINLASS

1400 μm

700 μm

100 μm

VERGRÖßERTE KANALSTRUKTUR DER SPECPLATE-MESSSTRUKTUR MIT DEN VIER KAMMERN UNTERSCHIEDLICHER KANALHÖHE UND FÜLLVOLUMEN. DURCH DIE UNTERSCHIEDLICHEN HÖHEN DER KAMMERN KANN BEI EINER MESSUNG IN EINEM BREITEN KONZENTRATIONSBEREICH GEMESSEN WERDEN.

Standardplatten setzt PHABIOC auf geschlossene Messstrukturen mit Ein- und Auslassöffnungen. Durch die Verwendung von geschlossenen, vollgefüllten Messkammern bilden sich keine unerwünschten Flüssigkeitsmenisken aus. Dieses physikalische Phänomen bezeichnet eine Oberflächenkrümmung in der Flüssigprobe, die zu Ungenauigkeiten in den Messergebnissen führt. Jungmann beschreibt die Handhabung genau: „Bei der SpecPlate

wird eine Probe wie gewohnt mittels Handpipette oder Pipettierroboter in die Kanalstruktur in mikrofluidischer Größenordnung eingefüllt. Wir haben in unserer Messstruktur vier Kanalhöhen, wodurch eine physikalische Verdünnung auftritt. Die automatisierte Befüllung ist ohne weiteres möglich. Die Proben werden dann mit gängigen Analysegeräten mit Durchlicht bei spezifischen Wellenlängen spektroskopisch untersucht. Durch die →



**JANNIK
JUNGMANN**

Mitgründer und CEO von PHABIOC

Messung der Probe bei vier verschiedenen Pfadlängen, also der unterschiedlichen Höhe der Messkammern, in einem Messvorgang können sowohl hohe Konzentrationen an Molekülen als auch niedrige Konzentrationen gleichzeitig detektiert werden.“ Das Vier-Kammer-System erlaubt den Verzicht auf zusätzliche Verdünnung, wodurch der Einfluss von Pipettierfehlern ausgeschlossen ist. Die SpecPlate gleicht in Maß und Material den konventionellen Multiwellplatten und ist so auch in automatisierten Prozessen und etablierten Geräten in bekannten Hochdurchsatzverfahren einsetzbar.

Innovation mit Weitsicht

Mit der SpecPlate wollen die Gründer die Pharma- und Biotech-Branche effizienter und nachhaltiger gestalten, indem zunächst weniger Probenträger verbraucht werden. Die SpecPlate ist eine vielversprechende Alternative oder Ergänzung zu bestehenden Geräten für jedes Forschungslabor mit UV/VIS-Spektroskopie. Erfinder Radtke, der mehrere Jahre in der universitären Forschung im Labor tätig war, ist sich aber bewusst darüber, dass das nur der Anfang sein kann: „Um den Kunststoffverbrauch weiter zu reduzieren, werden wir langfristige Lösungen der Wiederverwertung brauchen. Bisher ist die Verwendung von recyceltem Material für optische Anwendungen eher schwierig. Eine Idee wäre, in Zukunft selbst Recycling anzubieten, indem wir gebrauchtes Material einsammeln und eine Methode finden, den Rohstoff weiter im Kreislauf zu halten.“ Jungmann ergänzt: „Wir sehen uns als Wegbereiter für Veränderungen in der Branche und möchten auf lange Sicht etwas bewegen. Da für optische Messungen eine besonders hohe Oberflächengüte nötig ist, wird die Verwendung von recyceltem Kunststoff eines unserer Zukunftsthemen.“ ←



• [Zum Video](#)

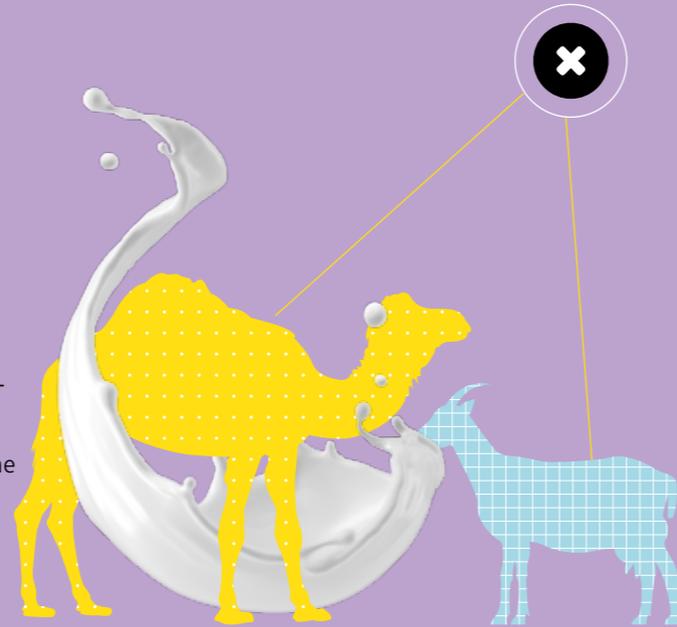


MIKROTITERPLATTEN SIND STANDARDLABORARTIKEL, DIE TÄGLICH WELTWEIT IN UNTERSCHIEDLICHEN VARIANTEN VERWENDET WERDEN. PHABIOC BIETET EINE LÖSUNG, UM DIE STEIGENDE ZAHL UND IMMER HÖHERE QUALITÄTSANFORDERUNGEN AN DIE LABOREXPERIMENTE ZU ERFÜLLEN.



GESICHERTE MILCHPRODUKTION IN TROCKENEN GEBIETEN

→ Der Klimawandel schränkt die Milchproduktion von Milchviehbetrieben im nördlichen Afrika zunehmend ein und bedroht damit Lebensgrundlagen und Ernährungssicherheit der Menschen in dieser Region. Hitzestress und Futtermittelknappheit gefährden in rund 20 Prozent der durch Forschende vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU) untersuchten Gebiete südlich der Sahara die Milchproduktion von Rindern. Um die Situation zu entschärfen, empfehlen die Forschenden die Herdenzusammensetzung anzupassen und vermehrt **Ziegen und Kamele** zu halten. Diese sind **resistenter gegenüber Hitzestress und Futterknappheit** und können ganzjährig Milch produzieren. Dadurch können die Milcherträge gesteigert werden und gleichzeitig Wasser- und Futtermittelbedarf sowie CO₂-Emissionen reduziert werden. Die Anpassung sichert unter ökologischer Berücksichtigung des Klimawandels die Milchproduktion und ermöglicht die lokale Ernährungssicherheit.



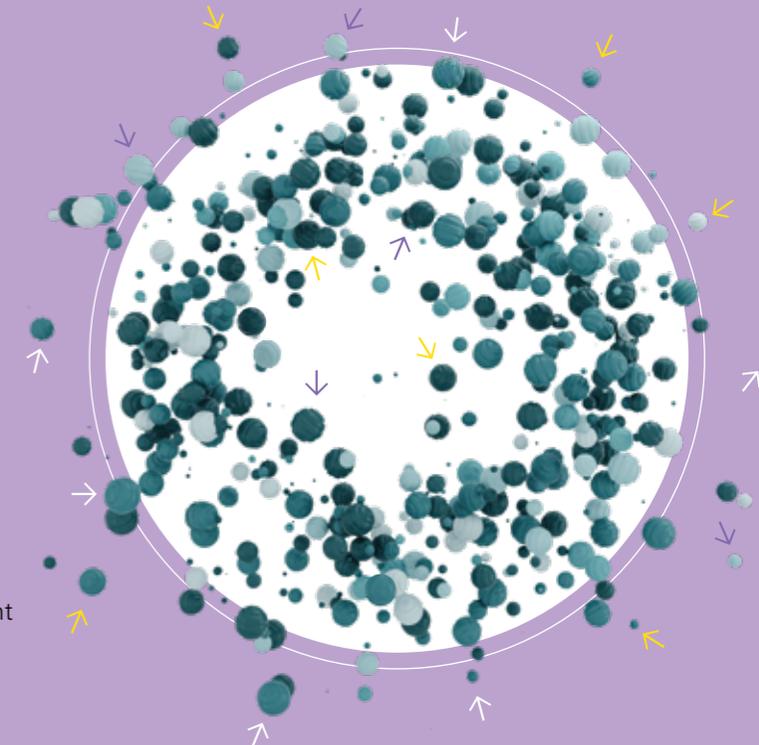
Um die Milchproduktion in trockenen Wüstenregionen zu sichern, empfehlen Forschende des KIT vermehrt Ziegen und Kamele zu halten, da diese resistenter gegenüber Hitzestress sind.



• [Zum Projekt](#)

BLACKBOX PLASTIK IN GEWÄSSERN

→ Forschende des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) haben gemeinsam mit Partnern aus den Niederlanden und Australien bestehende Annahmen zum Plastiktransport in Flüssen überprüft. Die Kooperationspartner haben mehr als 3.000 Plastikteilchen mit einem Multi-Kamera-System verfolgt und dabei entdeckt, dass sich die Teilchen je nach Position im Fluss unterschiedlich verhalten. Bisherige Verfahren zur Abschätzung der Plastikbelastung basieren hauptsächlich auf Beobachtungen an der Wasseroberfläche und vernachlässigen die sich anders verhaltenden, unter Wasser transportierten Teilchen. Die tatsächliche Menge von Plastikmüll in Gewässern könnte Schätzungen zufolge bis zu 90 Prozent größer sein, als bisher vermutet. Die neuen Erkenntnisse sollen dazu beitragen, das Monitoring zu verbessern, die Gesamtmenge realistischer einzuschätzen und **effektivere Methoden zur Entfernung von Plastik aus Gewässern** zu entwickeln.



Forschende des KIT untersuchen gemeinsam mit weiteren Partnern die Wasserbelastung durch Plastikteilchen, um zu einer effizienteren Gewässerreinigung beizutragen.



• [Zum Projekt](#)



KOPFÜBER IN DIE TEMPERATURTIEFE

KLEIN, KALT UND KOMPAKT – DIE EIGENSCHAFTEN DER VON DER QINU GMBH ENTWICKELTEN KÜHLSYSTEME, SOGENANNTER KRYOSTATE, SIND KLASSISCH UND DOCH SO ANDERS. DAS 2021 GEGRÜNDETE SPIN-OFF AUS DEM KIT STELLT DIE BISHERIGE FORSCHUNG BILDLICH GESPROCHEN AUF DEN KOPF UND ENTWICKELT HOCH-TECHNOLOGISIERTE KRYOSTATE FÜR INDUSTRIE UND FORSCHUNG. EINE MEISTERLEISTUNG UNTER DER LUPE.

ZIEL

Kommerzialisierung und Produktion von kleinen und kompakten Verdünnungskryostaten

EINSATZ

Zur Untersuchung oder Nutzung von Tieftemperatur-Technologien wie der Quantenphysik, Supraleitertechnik oder Raumfahrt in Forschung und Industrie

GRÜNDER

Marcel Schrodin, Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer, Péter Fejes





Im Labor bewiesen

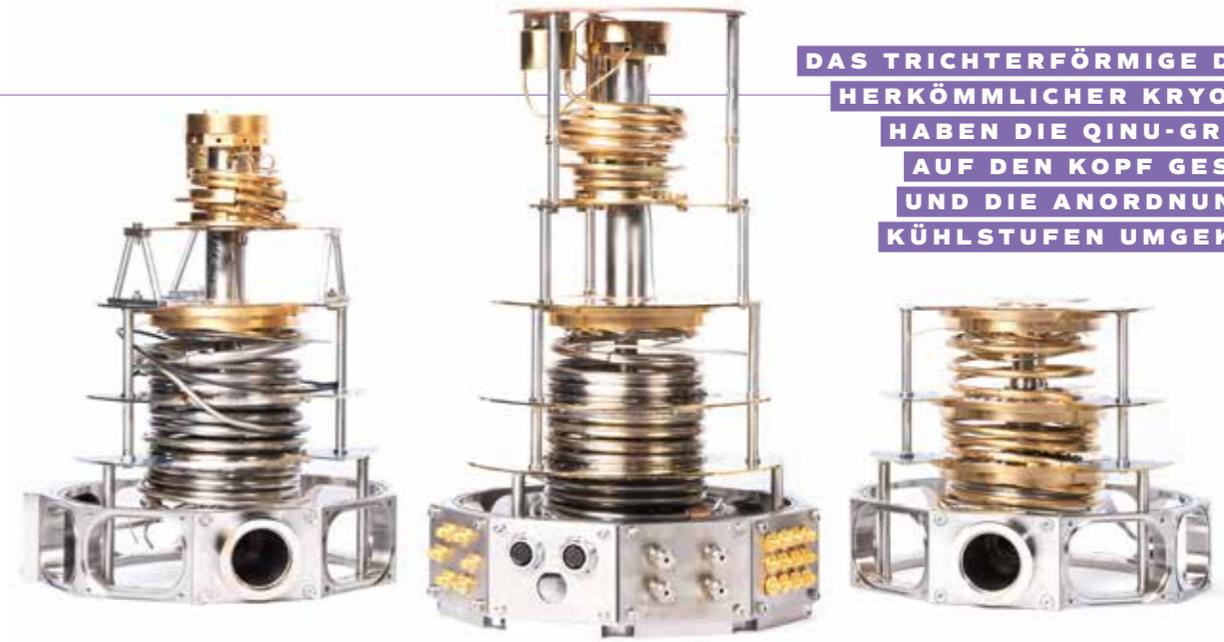
Kryostate zur Kühlung im extremen Kältebereich sind nichts Neues. Die Technik wurde bereits in den 60er Jahren entwickelt, bislang jedoch nur im Forschungsumfeld eingesetzt. Die zunehmende Leistungsfähigkeit neuer Technologien erfordert jedoch kontinuierlich effizientere und leistungsstärkere Kühlsysteme. Insbesondere im Bereich aufstrebender Quantentechnologien wie Computing, Sensorik und Kommunikation sind extrem niedrige Temperaturen eine grundlegende Voraussetzung für den Betrieb. Den Grundstein der Kommerzialisierung solcher Kryostate legte Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer, Humboldt-Professor am Physikalischen Institut (PHI) des KIT und Mitgründer von Qinu, mit seinem Forschungsschwerpunkt kleinerer, kompakterer und vor allem effizienterer Kryostate. „Ich bin als Doktorand bei Prof. Wernsdorfer mit in das Thema eingestiegen und habe durch den Kontakt zu anderen Forschenden schnell gemerkt, dass die Nachfrage nach Kryostaten zunimmt und das Potenzial für die kommerzielle Nutzung riesig ist“, beschreibt Marcel Schrodin, Mitgründer und



**PROF. DR.
WOLFGANG
WERNSDORFER**

Humboldt-Professor am Physikalischen Institut (PHI) des KIT und Mitgründer von Qinu

Geschäftsführer bei Qinu, den Anreiz zur Gründung des Unternehmens.



DAS TRICHTERFÖRMIGE DESIGN HERKÖMMLICHER KRYOSTATE HABEN DIE QINU-GRÜNDER AUF DEN KOPF GESTELLT UND DIE ANORDNUNG DER KÜHLSTUFEN UMGEKEHRT.

Eiskalt gegründet

Die Idee der Gründung war schnell geboren. Mit einem Prototyp sind die Gründer in die Umsetzung gestartet. „Wir haben ohne fertiges Produkt relativ schnell gegründet, mit dem Ziel, aus dem vorhandenen Prototyp einen marktfähigen Kryostaten zu entwickeln. Wir haben uns damit beschäftigt, wie wir unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen und unter Einhaltung aller Vorgaben schneller kühlen können. Wir wollten dabei noch einfacher und günstiger fertigen“, beschreibt Schrodin die Schritte. Neben der Praktikabilität hatte für das Gründerteam auch die Funktionalität oberste Priorität. „Wir können nicht davon ausgehen, dass unsere Kunden gelernte Kryotechniker sind und das System sofort verstehen. Die wollen auf einen Knopf drücken und dann muss das funktionieren.“

Deshalb war die Automatisierung für uns von Anfang an unumgänglich“, so Schrodin weiter.

Mit guten Argumenten auf den Markt

Mit entsprechenden Sensoren für die Regelung und Steuerung und einer umfangreichen Überarbeitung der integrierten Software hat das Team einen marktfähigen Kryos- →

SO FUNKTIONIEREN KRYOSTATE

Kryostate dienen zur Kühlung im extremen Kältebereich. Sie wurden bislang ausschließlich in der Forschung eingesetzt, die Nachfrage für die kommerzielle Nutzung ist aber groß.

Die zunehmende Leistungsfähigkeit neuer Technologien, unter anderem im Quantenbereich, erfordert jedoch kontinuierlich effizientere und leistungsstärkere Kühlsysteme.

Das Spin-off Qinu entwickelt kompakte hochtechnologische Kryostate für Forschung und Industrie, die schneller und effizienter auf 0,01 Kelvin kühlen, als bisherige Kryostate.

INNOVATION
KURZGEFASST



QINU

Beim Unternehmensnamen Qinu haben sich die Gründer von der Sprache der Inuit inspirieren lassen. Qinu ist eines der 52 Wörter in Inuktitut für Schnee und Eis und damit eine Verbilligung für kalt.



MARCEL SCHRODIN

Mitgründer und Geschäftsführer von Qinu

taten entwickelt, der Temperaturen bis $-273,14$ Grad Celsius erreicht und damit nur $0,01$ Grad Celsius über dem **absoluten Nullpunkt**  liegt. „Wir haben den erfolgreichen Transfer von der Forschung in die Anwendung geschafft. Für den Markt sind vor allem drei Merkmale interessant: unsere kompakte Bauweise, die schnelle, effiziente Kühlung und die überarbeitete Hardware zur günstigeren Fertigung. Zusätzlich sind wir auch ressourcensparender im Hinblick auf Stromverbrauch und Nutzung von kryogenen Gasen, wie Helium“, beschreibt Schrodin die Alleinstellungsmerkmale der jungen Firma.

Herkömmliche Kryostate sind so aufgebaut, dass die wärmste und räumlich größte Kühlstufe oben angeordnet ist und die kälteste und kleinste Kühlstufe unten. Bildlich dargestellt sind herkömmliche Kryostate daher trichterförmig aufgebaut und „hängen“ von der Decke. Die Qinu-Gründer haben dieses Design wortwörtlich auf den Kopf gestellt und die Anordnung der Kühlstufen umgekehrt. Damit vereinfachen sie die Nutzung in quantentechnologischen Anwendungen. „Diese bestehen in der Regel aus Experimenten, die auf optischen Tischen erfolgen. Ein von der Decke hängender Kryostat ist darauf nur schwer zu integrieren, unser System hingegen kann stehend auf Tischen befestigt werden“, erklärt Schrodin. Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal ist die schnelle, effiziente Kühlung des Qinu-Systems. „Andere Systeme erreichen →



ABSOLUTER NULLPUNKT

Der absolute Nullpunkt ist der unterste Punkt der absoluten Temperaturskala (= Kelvin-Skala) und bezeichnet die tiefstmögliche Temperatur, die theoretisch erreicht und nicht unterschritten werden kann. Sie liegt bei $-273,15$ Grad Celsius oder 0 Kelvin.



DIE QINU-GRÜNDER MARCEL SCHRODIN, PROF. DR. WOLFGANG WERNSDORFER UND PÉTER FEJES (V.L.N.R.) MIT EINEM GAS-HANDLING-SYSTEM, DAS TEIL DES QINU-KRYOSTATS IST.

ähnliche Kühltemperaturen, brauchen dafür aber deutlich länger. Von Raumtemperatur bis Betriebstemperatur zum Einsatz des Systems benötigen unsere Kryostate etwa drei Stunden. Damit sind wir circa sechs- bis achtmal schneller als andere Hersteller. Dieser Zeitvorteil ist vor allem für kurzfristige Charakterisierungen in der Forschung interessant“, erklärt Schrodin. Die starke Kühlleistung von Qinu resultiert aus der kleineren Größe und den verbauten technischen Komponenten. Im Qinu-System überwachen eingesetzte Regelungs- und Steuerungssensoren die Temperatur und ermöglichen den Übergang in die nächste Kühlstufe, sobald die erforderliche Temperatur erreicht ist.



PÉTER FEJES

Mitgründer von Qinu

System anzubieten“, beschreibt Schrodin. Das Team von Qinu ist mittlerweile auf 16 Personen angewachsen und blickt zuversichtlich in die Zukunft. Ihr Ziel ist es, die Entwicklungen in der Quantenforschung mit kühlem Kopf und geballtem Know-how voranzutreiben. ←



• [Zur Webseite](#)

Klare Vision

Dass Qinu ein wichtiger und erfolgreicher Schritt zur Unterstützung der Quantenforschung ist, spiegelt sich im Feedback wider, welches das Team auf unterschiedlichen Wegen erreicht. Erste Systeme haben sie bereits ausgeliefert und sind aktuell dabei, die Produktion hochzufahren. „Wir führen Gespräche mit Investoren aus aller Welt. Das zeigt uns, dass unser System gebraucht wird und wir eine Schlüsseltechnologie für die Quantenforschung entwickelt haben. Unsere derzeitigen Kunden kommen überwiegend aus Europa. Wir analysieren aber die internationalen Märkte, um deren Herausforderungen – wie Zertifikate, Sicherheitsbestimmungen und andere elektrische Spannungen – zu lösen und zeitnah das erste internationale

DER QINU-KRYOSTAT

Die hohe und schnelle Kühleffizienz erreicht Qinu in drei Stufen. In der ersten Kühlstufe wird flüssiges Helium-4 in einen geschlossenen Kreislauf geführt. Dort geht es durch Verdampfung aufgrund von Temperaturunterschieden in den gasförmigen Zustand über, während die Umgebung im Kryostaten auf vier **Kelvin** *i* abkühlt. Die zweite Kühlstufe basiert auf der Joule-Thomson-Expansion. Das heruntergekühlte Helium wird durch kleine Röhrchen in einen größeren Bauraum geleitet, wo es sich bei gleichbleibendem Druck aufgrund physikalischer Gesetze ausdehnt und auf etwa ein Kelvin abkühlt. Die dritte und letzte Kühlstufe basiert auf quantenmechanischen Prozessen. Ein Gasgemisch aus **Helium-3** *i* und **Helium-4** *i* trennt sich aufgrund der bereits erzeugten Kälte von unter einem Kelvin durch einen quanten-statistischen Prozess in zwei Phasen. Bildlich gesprochen sinkt das „schwere“ Helium-4 zu Boden, während das „leichtere“ Helium-3 darüber schwebt. Ein quantenmechanischer **Enthalpie**-Prozess *i*, vergleichbar mit dem Prozess des Wasserverdampfens, wird ausgelöst. Durch das Eindampfen des Helium-3 in Helium-4 entsteht eine Kühlung auf bis zu zehn Millikelvin. Um diesen Kühlzustand konstant zu halten, sorgen Pumpen im Kryostaten dafür, dass das Helium-3 wieder aus der Helium-4-Phase extrahiert wird und sich der Vorgang im Kreislauf wiederholt.

Kelvin-Kälteskala	Celsius	Kelvin
Siedepunkt von Wasser	100 °C	373,15 K
Höchste im Freien gemessene Lufttemperatur	56,70 °C	329,85 K
Körpertemperatur des Menschen	36,60 °C	309,75 K
Gefrierpunkt von Wasser	0 °C	273,15 K
Tiefste im Freien gemessene Lufttemperatur	-89,20 °C	183,95 K
Siedepunkt von Stickstoff	-195,80 °C	77,35 K
Temperatur des Universums	-270 °C	3,15 K
Qinu Kryostat	-273,14 °C	0,01 K
Absoluter Nullpunkt	-273,15 °C	0 K



KELVIN

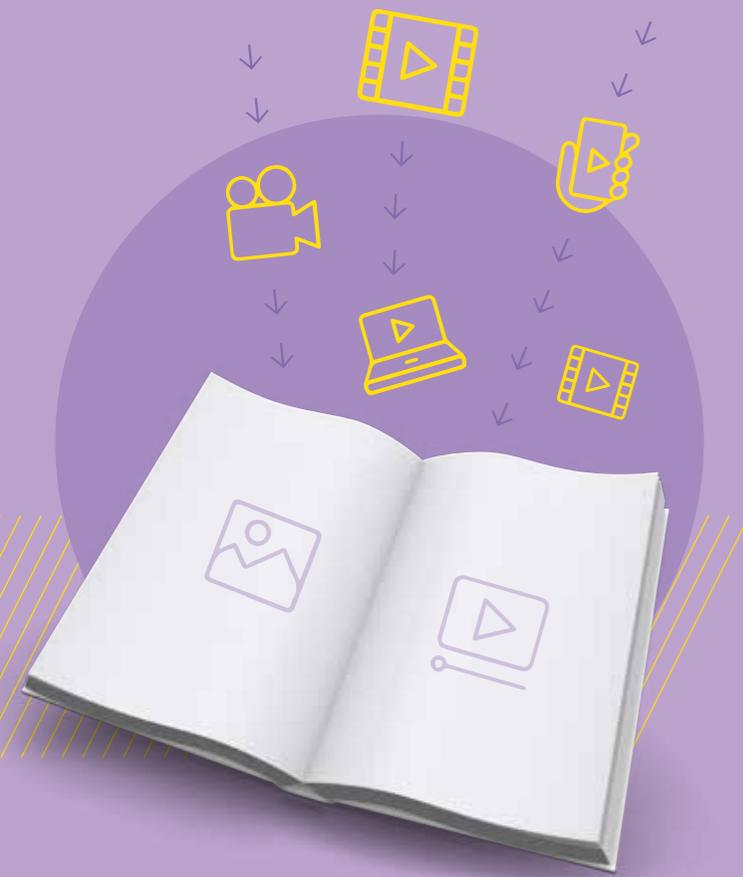
Kelvin ist eine Maßeinheit der absoluten Temperaturskala K. Sie wurde 1848 von Lord Kelvin definiert, der die Notwendigkeit sah, die niedrigste mögliche Temperatur von -273,15 °C als Nullpunkt zu definieren. Heute wird die Kelvinskala größtenteils in der Wissenschaft verwendet.

HELIUM

Das farb- und geruchlose Edelgas Helium eignet sich aufgrund seiner chemischen Eigenschaften für die Tiefenkühlung. Es bleibt bis zu sehr tiefen Temperaturen gasförmig, wird erst nahe dem absoluten Nullpunkt flüssig und bei Normaldruck auch am absoluten Nullpunkt nicht fest. Die einzigen stabilen Isotope von Helium sind Helium-4, das etwa 99,9 Prozent des Heliums auf der Erde ausmacht, und das seltene Helium-3. Durch unterschiedliche Quanteneigenschaften sind sie im flüssigen Zustand nicht mischbar.

ENTHALPIE

Die Enthalpie ist eine abstrakte Kenngröße für die Beschreibung eines thermodynamischen Systems und misst die Differenz zwischen zwei Zuständen. Geht ein Zustand durch Reaktion in einen anderen über, bezeichnet sie die abgegebene beziehungsweise aufgenommene Wärmemenge dieser Reaktion in Kilojoule (kJ).



MEMPERIENCE MAKES MEMORIES

→ Die Ausgründung **memperience** aus dem KIT hat eine innovative Lösung für die Erinnerungen von morgen entwickelt: VideoBooks. Statt Videos nur auf einer externen Festplatte zu speichern und in Vergessenheit geraten zu lassen, kombiniert das Gründerteam Videos mit Fotobüchern. Simpel gedacht, smart gelöst: **memperience** integriert eine einzigartige Video-Technologie in die Papierseiten von Büchern, welche die Videos nach dem Umblättern abspielen lässt und damit für eine einzigartige Erlebniserinnerung sorgt. Jedes VideoBook wird in Karlsruhe handgefertigt, umfasst je nach Variante bis zu 40 Seiten und bietet Platz für bis zu vier Videos und zahlreiche Fotos. Adieu an die Vergänglichkeit von Videos.



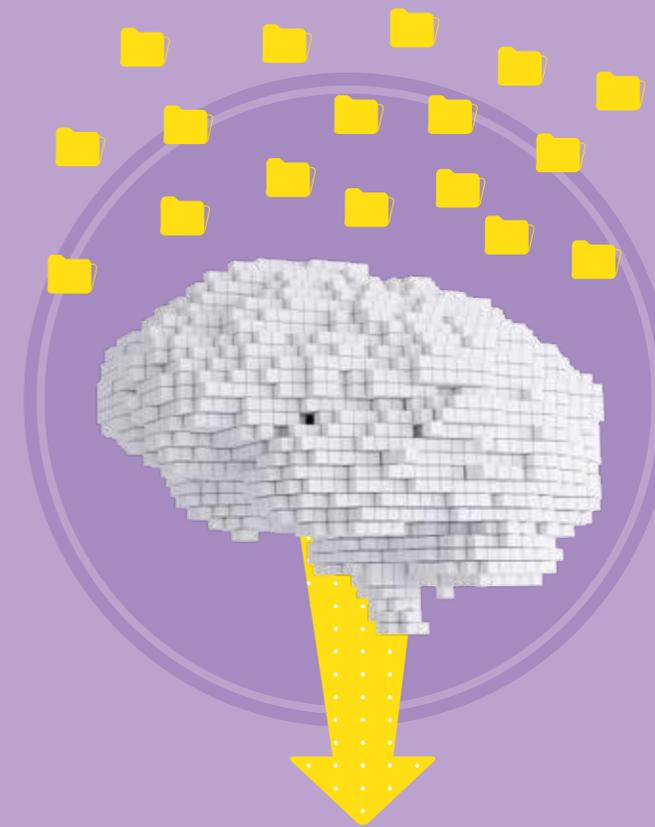
Klassisch meets innovativ: Mit den Videobüchern der Ausgründung **memperience** können Urlaubserinnerungen zukünftig als interaktive Erinnerung im klassischen Buchformat festgehalten werden.



• [Zur Webseite](#)

SMART DATA INNOVATION SERVICES

→ Das Smart Data Innovation Lab (SDIL) des KIT, das an der Fakultät für Informatik angesiedelt ist, bietet einen **Service-Katalog**, der Unternehmen den Zugriff auf Infrastruktur, Werkzeuge, Technologien und Prozesse **für KI-basierte Projekte** erleichtert. Das SDIL bündelt die Expertise von KI-Forschenden und Industriepartnern, darunter das Deutsche Forschungszentrum für künstliche Intelligenz, das Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS, das Forschungszentrum Jülich sowie die Firmen IBM, SAP, Software AG und Sicos BW GmbH, um die deutsche KI-Spitzenforschung direkt zu den Unternehmen zu bringen. Für den vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Transferleistungskatalog konnten sich Unternehmen 2023 mit innovativen KI-Projektideen bewerben. Die vom SDIL ausgewählten Projekte werden mit Transferleistungen im Wert von bis zu 50.000 Euro gefördert.



Mit dem Service-Katalog bietet das Smart Data Innovation Lab eine Austauschplattform für Unternehmen zu Technologietransfer und KI-Kompetenzen an.



• [Zum Projekt](#)



HALBLEITER- OFFENSIVE MIT KI(T)

WIE DER EINSATZ VON KÜNSTLICHER INTELLIGENZ DEN WETTLAUF IN DER HALBLEITERKRISE ENTSCHIEDEN KÖNNTE, ZEIGEN FORSCHENDE DES KIT GEMEINSAM MIT INDUSTRIEPARTNERN IM PROJEKT AISSI AUF: SIE ARBEITEN DARAN, DIE CHIPPRODUKTION IN DEUTSCHLAND AGILER UND WETTBEWERBSFÄHIGER ZU MACHEN.

ZIEL

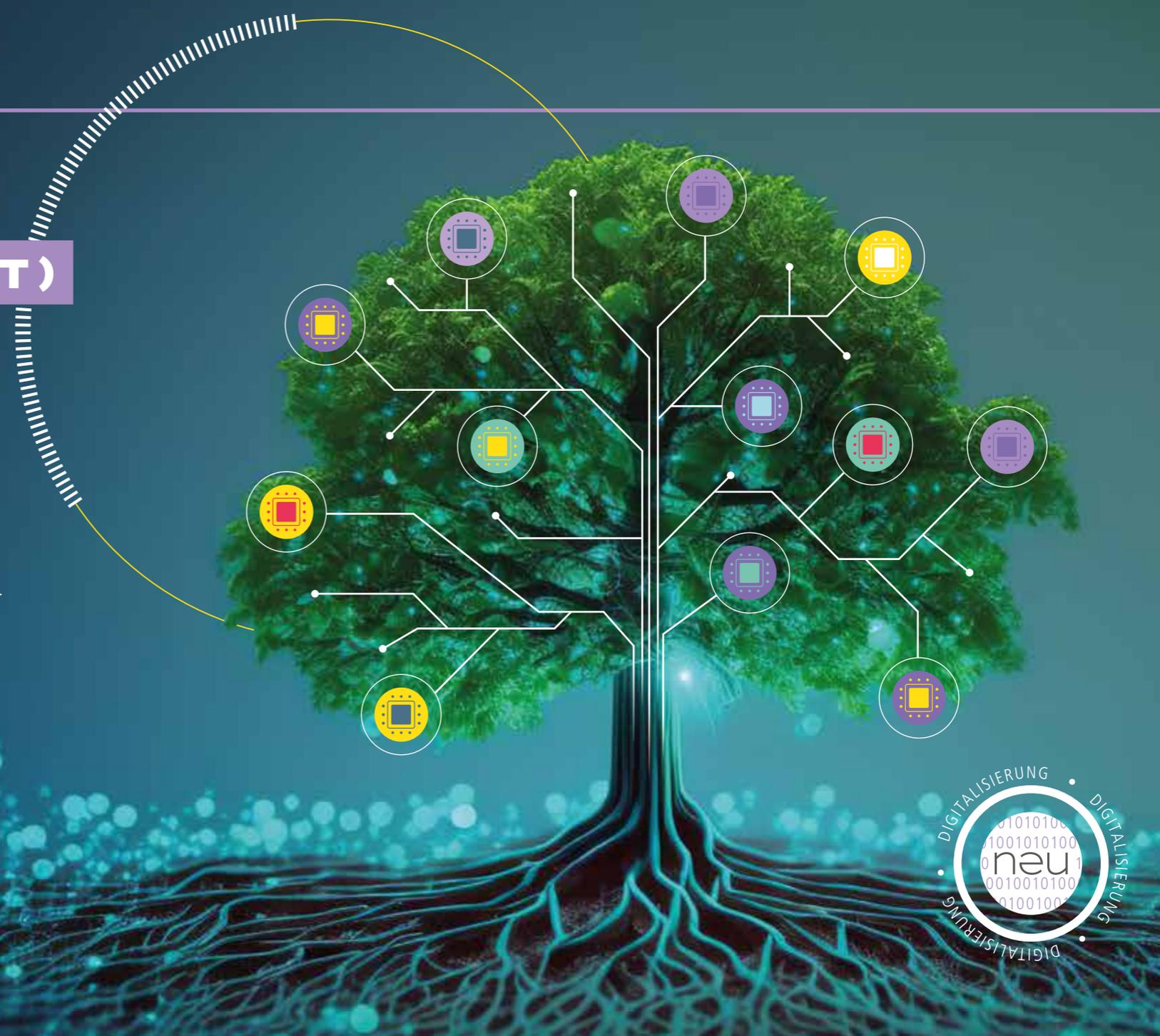
Entwicklung eines KI-basierten Scheduling-Agenten für die Produktionsplanung in der Chipindustrie

EINSATZ

Zur optimalen Planung von Arbeitskraft, Maschinen, Material, Arbeitsschritten und Produktvarianten in der Halbleiterproduktion mithilfe von künstlicher Intelligenz

PARTNER

Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL), Robert Bosch GmbH, Bosch Sensortec GmbH, Nexperia Germany GmbH, SYSTEMA Systementwicklung Dipl.-Inf. Manfred Austen GmbH, D-SIMLAB Technologies GmbH



Mikrochip – Produkt der Stunde

„Unsere Welt ist spürbar im Wandel, hin zu mehr Digitalisierung und Elektromobilität. Halbleiterchips sind die Grundlage dafür, dass neue Technologien, wie E-Autos, 5G oder Industrie 4.0 umsetzbar sind“, sagt Christoph Jacobi vom Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) am KIT. Die Chipproduktion wird heute von meist asiatischen oder amerikanischen Giga Fabs dominiert. Die Massenfertigung typgleicher Chips ist das Credo dieser Unternehmen, um die Produktionskosten und Endkundenpreise für Halbleiterchips so gering wie möglich zu halten. Der anhaltend hohen Nachfrage nach Chips begegnen die Branchenführenden mit einem massiven Ausbau der Produktionskapazitäten. In diesem Wettbewerb haben europäische Hersteller das Nachsehen.

Klasse statt Masse

Den technologischen und anlagentechnischen Vorsprung aufzuholen, ist nur unter größter Anstrengung denkbar. „Die europäische Halbleiterindustrie geht einen anderen →



**DR. CHRISTOPH
JACOBI**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Logistiksysteme
am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)



SO FUNKTIONIERT **AISSI**

Der reale Herstellungsprozess, dessen Abbildung als digitaler Zwilling und die Automatisierung der Produktionsplanung durch eine künstliche Intelligenz spielen im Projekt AISSI zusammen.

Mit einem Entscheidungsbaum lassen sich die Prozessparameter Mensch, Maschine, Material, Methode und Produktvariante hinsichtlich der sinnvollsten und effizientesten Prozessführung analysieren.

Mit einem Scheduling-Agenten sollen Fabrikanten bei der Produktionsplanung unterstützt werden. Das KI-Modell wird dahingehend trainiert, an den Knotenpunkten die optimale Entscheidung zu treffen.



**BEISPIEL EINER HALBLEITERFERTIGUNG IM REINRAUM:
IM PROJEKT AISSI SOLLEN NEUE KI-BASIERTE ANSÄTZE
DIE PRODUKTIONSPLANUNG FÜR DIE CHIPHERSTELLUNG
VERBESSERN UND WETTBEWERBSFÄHIGER MACHEN.**



**DR. ANDREJ
GISBRECHT**

Manufacturing Digitalization,
Robert Bosch GmbH

Weg, um sich auf dem Chipmarkt zu behaupten: mit Spitzenleistung in einem Nischenmarkt. Die Fertigung von hochspezialisierten und kundenspezifischen Mikrochips für komplexe technische Anwendungen ist eine europäische Spezialität“, erzählt Dr. Andrej Gisbrecht von der Robert Bosch GmbH. „Solche Spezialaufträge in kleineren Stückzahlen erzeugen einen immensen Planungsaufwand in den Produktionsprozessen der Chipfabriken. Je nachdem welches Material, welche Anlagen und Arbeitsschritte oder wie viel Personal eingesetzt wird, ergeben sich sehr große Leistungsunterschiede der Produktion. Wer ineffizient plant, lastet die verfügbaren Ressourcen nicht aus und produziert dementsprechend weniger“, so Gisbrecht weiter. Daher gibt es in jeder professionellen Produktion Experten zur umfassenden Planung aller Produktionsparameter,

die den kurz- und mittelfristigen Arbeitsplan in einem sogenannten **Schedule**  festlegen – mit dem Ziel hoher Produktivität (das heißt hohe Ausbringung) bei gleichzeitiger Einhaltung der zugesagten Liefertermine (hoher Servicegrad für die Kunden).

Halbleiterfertigung trifft KI

Im Projekt AISSI (Autonomous Integrated Scheduling for Semiconductor Industry) haben es sich die Projektpartner rund um das IFL und Bosch zur Aufgabe gemacht, die Produktionsplanung mit künstlicher Intelligenz auf ein höheres Level zu heben und so die Performance der Halbleiterproduktion zu verbessern. Jacobi gibt Einblick in die Projektarbeit: „Wir haben Daten- und Entscheidungsmodelle auf Basis von **Deep Reinforcement Learning (DRL)**  für die integrierte Planung von Produktionsaufträgen und Wartungsaktivitäten entwickelt, die die Planungsexperten als Entscheidungshilfe unterstützen sollen. Dafür nutzen wir die Daten aus der realen Produktion unserer Partner und bilden diese in einem digitalen Zwilling ab. Diese digitale Fab dient aktuell als Simulationsumgebung und Trainingsraum für die KI und wir evaluieren ihre Leistungsfähigkeit anhand verschiedener Vergleichsmodelle.“ Damit die KI im produktiven Umfeld anwendbar wird, bauen die Projektpartner einen Scheduling-Agenten auf – eine →



DEEP REINFORCEMENT LEARNING

Deep Reinforcement Learning (DRL) ist ein Teilgebiet des maschinellen Lernens, das die Techniken Deep Learning (DL) und Reinforcement Learning (RL) kombiniert. DL verwendet neuronale Netze, um Muster in gegebenen Daten, wie hier Produktionsdaten, zu erkennen und Prognosen dazu auszugeben. RL bedeutet, dass ein Computeragent durch Interaktion mit einer dynamischen Umgebung lernt und Entscheidungen trifft. In Kombination als DRL werden also künstliche neuronale Netze genutzt, um verstärktes Lernen einzusetzen. Der DRL-Agent ist somit in der Lage, Entscheidungen aus unstrukturierten Daten zu treffen.



SCHEDULE IN DER PRODUKTION

Unter „Scheduling“ wird der Prozess der Anordnung, Kontrolle und Optimierung von Arbeit und Arbeitsbelastung in einer Fabrik zusammengefasst. Der so entstehende detaillierte Arbeitsplan stellt sicher, dass die Produktionsaufgaben auf koordinierte Weise ausgeführt werden. Ziel der akkuraten Planung ist, Kundentermine einzuhalten, Leerlaufzeiten zu minimieren, verfügbare Ressourcen optimal zu nutzen und Produktionszeit und -kosten zu senken.



EIN SCHEIBENFÖRMIGER WAFER DURCHLÄUFT DIE HALBLEITERFABRIK UND WIRD ALS WERKSTÜCK MEHRFACH BEARBEITET. AM ENDE ENTSTEHEN NACH MEHREREN PRODUKTIONSSCHRITTEN DURCH ZERSCHNEIDEN DES WAFERS MEHRERE TAUSEND KLEINER MIKROCHIPS.

Software, die den aktuellen Zustand in der Produktion als Input erhält und eine Scheduling-Entscheidung zurückgibt. Ein erster Demonstrator ist gerade kurz vor der Fertigstellung.

Vom Datenstamm zum Entscheidungsbaum

Die Fertigungsprozesse in der Halbleiterindustrie zählen zu den komplexesten industriellen Prozessen: Parallele Prozessabläufe mit hunderten von Bearbeitungsschritten, welche sich zum Teil wiederholen, machen die Fertigungsplanung zu einem Entscheidungsproblem. Hieraus ergibt sich eine Vielzahl an Entscheidungsmöglichkeiten, die in dem KI-gestützten Scheduling-Agenten in Form eines verzweigten Entscheidungsbaums abgebildet werden. Die verbundenen Äste im baumartigen Graphen entsprechen dabei den möglichen Entscheidungspfaden. „Mithilfe des Entscheidungsbaums versetzen wir unser KI-Modell in die Lage, die Suche nach der sinnvollsten Lösung im Gesamtlösungsbaum einzugrenzen. Eine vollständige Durchsuchung des Lösungsraums ist aufgrund der hohen Anzahl an Entscheidungspfaden nicht möglich. Durch die Kombination der Baumsuche mit künstlichen neuronalen Netzen erhalten wir eine Prognose, in welchem Bereich des Suchbaums der Schedule zu finden ist, mit dem der Output der gesamten Fabrik am Schluss möglichst

stabil und maximal sein wird“, beschreibt Jacobi die Entscheidungsfindung.

Besser wissen mit KI

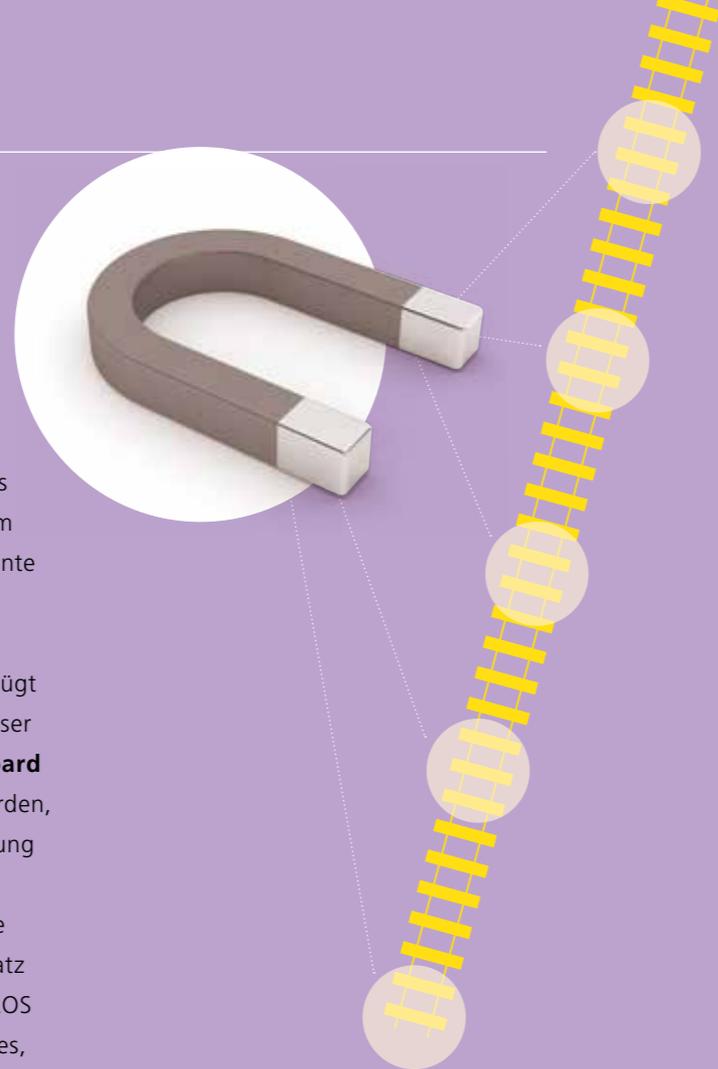
Ein Ansatz, mit dem Jacobi optimistisch in die Zukunft blickt: „Aktuell decken die weltweiten Kapazitäten nicht die tatsächliche Nachfrage nach Chips ab, aber es wird irgendwann der Moment kommen, an dem es in Überproduktion umschlägt. Ein wichtiger Punkt ist, nicht einfach sehr viel zu produzieren, sondern auch noch höchst effizient zu produzieren. Denn an diesem Peak entscheidet sich, welcher Hersteller seine Chips zu den besseren Konditionen und dem günstigsten Preis anbieten kann. Vielen Menschen ist nicht bewusst, wie entscheidend die Logistik in solchen Fällen ist. Erst wenn es mal im System hakt, wie zum Beispiel bei der Halbleiterkrise, zeigt sich, wie wichtig funktionierende Prozesse sind.“ Mit dem Scheduling-Agenten wollen die AISSI-Partner zukünftig ein logistisches Handwerkszeug bieten, um die Produktionsplanung so effizient wie maximal möglich zu gestalten. ←





MAGNETISCHE FINGERABDRÜCKE FÜR MEHR ZÜGE IM STRECKENNETZ

→ Mit einem innovativen Sensor, den Forschende des Instituts für Mess- und Regelungstechnik (MRT) gemeinsam mit dem Softwareentwickler ITK Engineering entwickelt haben, könnte in Zukunft die Kapazität des Schienennetzes im deutschen Bahnverkehr erhöht sowie Engpässe und Verspätungen reduziert werden. Jeder Abschnitt des Schienennetzes verfügt über einen individuellen, magnetischen Fingerabdruck. Dieser kann mit dem neu entwickelten **Magnetic Railway Onboard Sensor (MAROS)** über ein elektrisches Feld gemessen werden, wodurch die Geschwindigkeit sowie die exakte Positionierung der Züge verlässlicher ermittelt werden. Mit der genauen Positionsbestimmung auf den Schienen kann wiederum die Effizienz des Schienenverkehrs erhöht werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen GPS- oder Kamerasystemen bietet MAROS eine kostengünstigere und präzisere Lokalisierung des Zuges, unabhängig von den Wetterbedingungen oder dem Gelände.



Mithilfe eines Sensors ermöglichen Forschende des KIT die genaue Positionsbestimmung eines Zuges und möchten so zur Kapazitätserhöhung des Schienenverkehrs beitragen.



[Zum Projekt](#)

PEEPOWER: WIE AUS URIN STROM ENTSTEHT

→ Gewinnung von grünem Wasserstoff aus Urin – ein neuartiger Ansatz, der im Projekt **PeePower** verfolgt wird. Beteiligt sind die Forschungsstelle des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) am Engler-Bunte-Institut (EBI) des KIT und die Technische Universität Hamburg. Gemeinsam arbeiten sie an einer mikrobiellen Elektrolyse mit elektroaktiven Mikroorganismen, um Kohlenstoffverbindungen im Urin abzubauen und Wasserstoff zu produzieren. Auf der Bundesgartenschau 2023 in Mannheim wurde das Verfahren erstmals im größeren Maßstab getestet. Dafür kam ein neuartiges, am EBI entwickeltes 100-Liter-Reaktor-System zum Einsatz. Über Trenntoiletten wurde Urin der Besuchenden gesammelt und im Reaktor in Wasserstoff umgewandelt. Der produzierte Wasserstoff wurde daraufhin verstromt und den Besuchenden in Form einer Smartphone-Ladestation wieder zur Verfügung gestellt.



Forschende des KIT arbeiten an einem Reaktor zur Wasserstoffgewinnung aus Urin, um daraus anschließend mithilfe einer Brennstoffzelle Strom herzustellen.



[Zum Projekt](#)



DAS UNGENUTZTE NUTZBAR MACHEN

FORSCHENDE DES KIT ENTWICKELN EIN VERFAHREN ZUR KOSTEN- GÜNSTIGEN HERSTELLUNG UND SKALIERUNG VON THERMO- ELEKTRISCHEN GENERATOREN (TEGS), UM WÄRME IN STROM UMZUWANDELN UND DAMIT EINEN BEITRAG ZUR ENERGIEWENDE ZU LEISTEN.

ZIEL

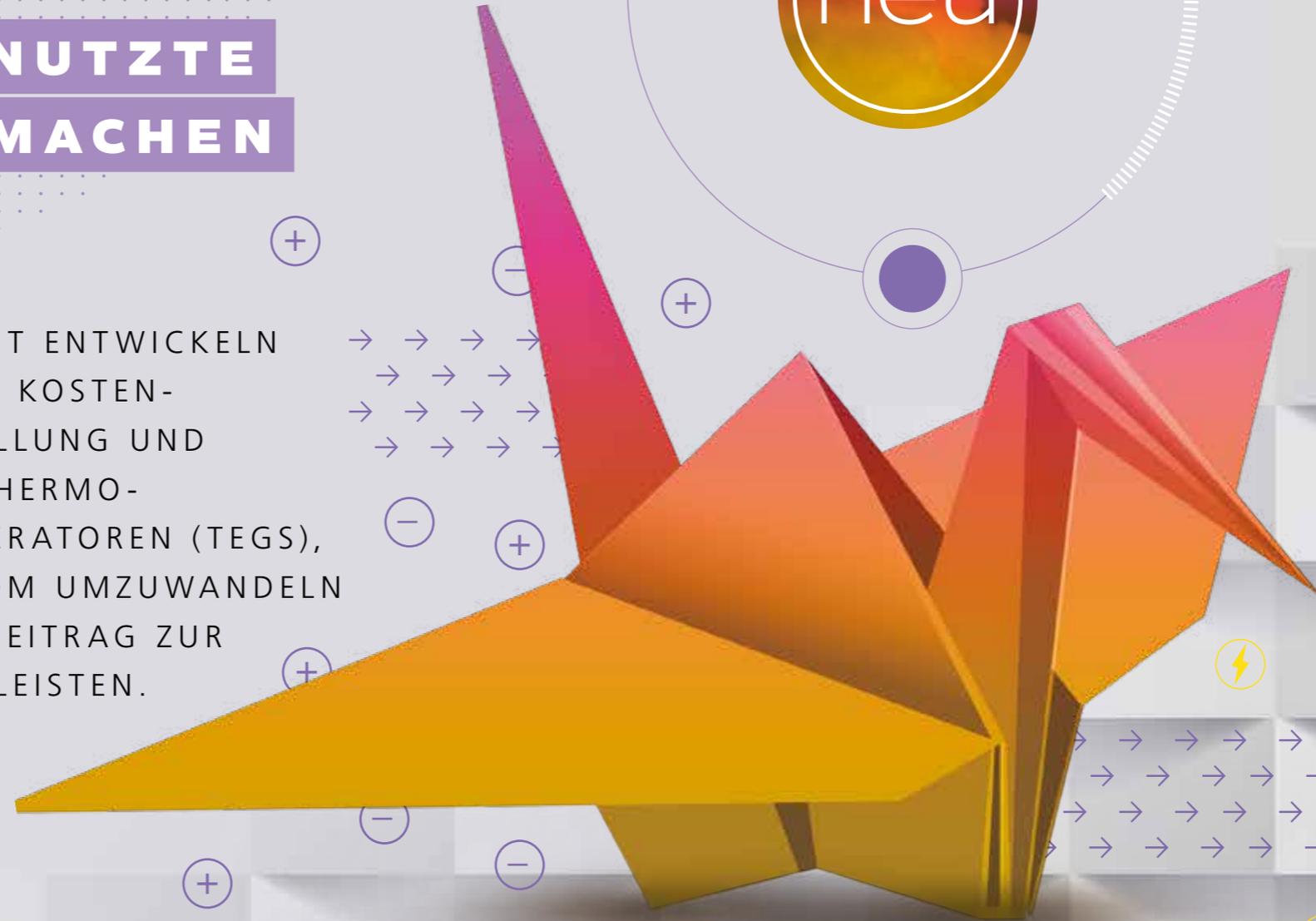
Entwicklung von zwei Demonstra- toren zur Herstellung und Skalierung thermoelektrischer Generatoren

EINSATZ

Ungenutzte Abwärme beispielsweise in Industrieprozessen, Kraftwerken, Heizsystemen oder Geothermie in elektrische Energie umwandeln

PREIS

ERC Advanced Grant Förderung über 2,4 Millionen Euro





SO FUNKTIONIERT
ORTHOGONAL

Abwärme entsteht als unbeabsichtigtes Produkt in vielen Prozessen, wird aber nicht weiter genutzt. Ein ungenutztes Potenzial zur Stromerzeugung.

Thermoelektrische Generatoren können mittels thermoelektrischem Effekt Strom aus ungenutzter Wärme erzeugen, sind in der Herstellung aber zu komplex und teuer.

Im Projekt ORTHOGONAL wird eine kostengünstige und flexible Produktion der thermoelektrischen Generatoren erforscht, um einen flächendeckenden Einsatz zu ermöglichen.



Potenzial, Problem, Projekt – die drei P’s der TEGs

Abwärme entsteht als unbeabsichtigtes Nebenprodukt in vielen alltäglichen Prozessen: In Heizkraftwerken, durch Fernwärme, in Rechenzentren oder Biogasanlagen, um nur einige Beispiele zu nennen. Auch Motoren und Maschinen strahlen Wärme ab. Elektrische Energie wird in diesen Prozessen in Wärmeenergie umgewandelt. „Die meiste täglich genutzte Energie wird als Wärmeenergie freigesetzt. Der Energieverbrauch in der EU beläuft sich auf rund 17.000 **Terawattstunden** **i** im Jahr. Wenn wir davon nur ein Prozent nutzen würden, könnten wir 170 Terawattstunden Strom aus Abwärme erzeugen und damit rund ein Drittel des gesamten jährlichen Strombedarfs in Deutschland decken“,



DAS PROJEKT ORTHOGONAL BEFASST SICH MIT DER HERSTELLUNG VON TEGS DURCH 2D-DRUCKEN MIT ANSCHLIESSENDEM 3D-FALTEN. DEN DRUCKPROZESS HABEN DIE FORSCHENDEN IN DEN LETZTEN JAHREN INTENSIV ANALYSIERT UND WEITERENTWICKELT.



PROF. DR. ULI LEMMER

Leiter des Lichttechnischen Instituts (LTI) am KIT

zeigt Prof. Dr. Uli Lemmer, Leiter des Lichttechnischen Instituts (LTI) am KIT, das enorme Potenzial der Stromerzeugung aus Abwärme auf. Die Basis dafür wären thermoelektrische Generatoren, denn sie können mittels thermoelektrischem Effekt durch positive und negative Halbleiter Strom aus ungenutzter Wärme erzeugen. Das Problem: Ihre Herstellung ist zu komplex. „Tausende Halbleiter werden maschinell Stück für Stück nebeneinandergesetzt. Das macht die Herstellung teuer und den Einsatz von TEGs im flächendeckenden Gebrauch bisher unmöglich“, beschreibt Lemmer das Problem. Das soll sich →

TERA-WATT-STUNDE

Eine Terawattstunde (TWh) sind umgerechnet eine Milliarde Kilowattstunden (kWh). Zur Veranschaulichung: Ein Einfamilienhaus in Deutschland benötigt im Jahresdurchschnitt etwa 5.000 kWh Strom.



mit den Forschungsarbeiten im Projekt „Origami inspired thermoelectric generators by printing and folding“ (kurz: ORTHOGONAL) ändern.

Thermoelektrik trifft auf japanische Faltkunst

Ein grundlegender Meilenstein, den die Forschenden am LTI entwickelt haben und der auch dem Projekt zugrunde liegt, ist das 2D-Drucken mit anschließendem 3D-Falten. „Wir haben in den letzten Jahren viel im Bereich der Thermoelektrik geforscht und unter anderem den Druckprozess analysiert und weiterentwickelt. Ein entscheidender Fortschritt zur kostengünstigen und flexiblen Produktion der TEGs sind unsere verwendeten Materialien“, erklärt Lemmer. „Dr. Mofasser Mallick, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lichttechnischen Institut (LTI), hat uns davon überzeugt, dass es sinnvoller ist, sich mit anorganischen statt organischen Materialien zu beschäftigen. Sein Wissen zur klassischen Thermoelektrik haben wir mit unseren Drucktechniken zusammengebracht“, so Lemmer weiter. Das Ergebnis ist der Einsatz von anorganischen Nano-Komposit-Materialien mit hohem Wirkungsgrad für die gedruckte Elektronik. Die Forschenden haben klassische thermoelektrische Materialien zermahlen, die pulverisierten Nanopartikel mithilfe des Siebdrucks zu druckbaren Tinten verarbeitet,



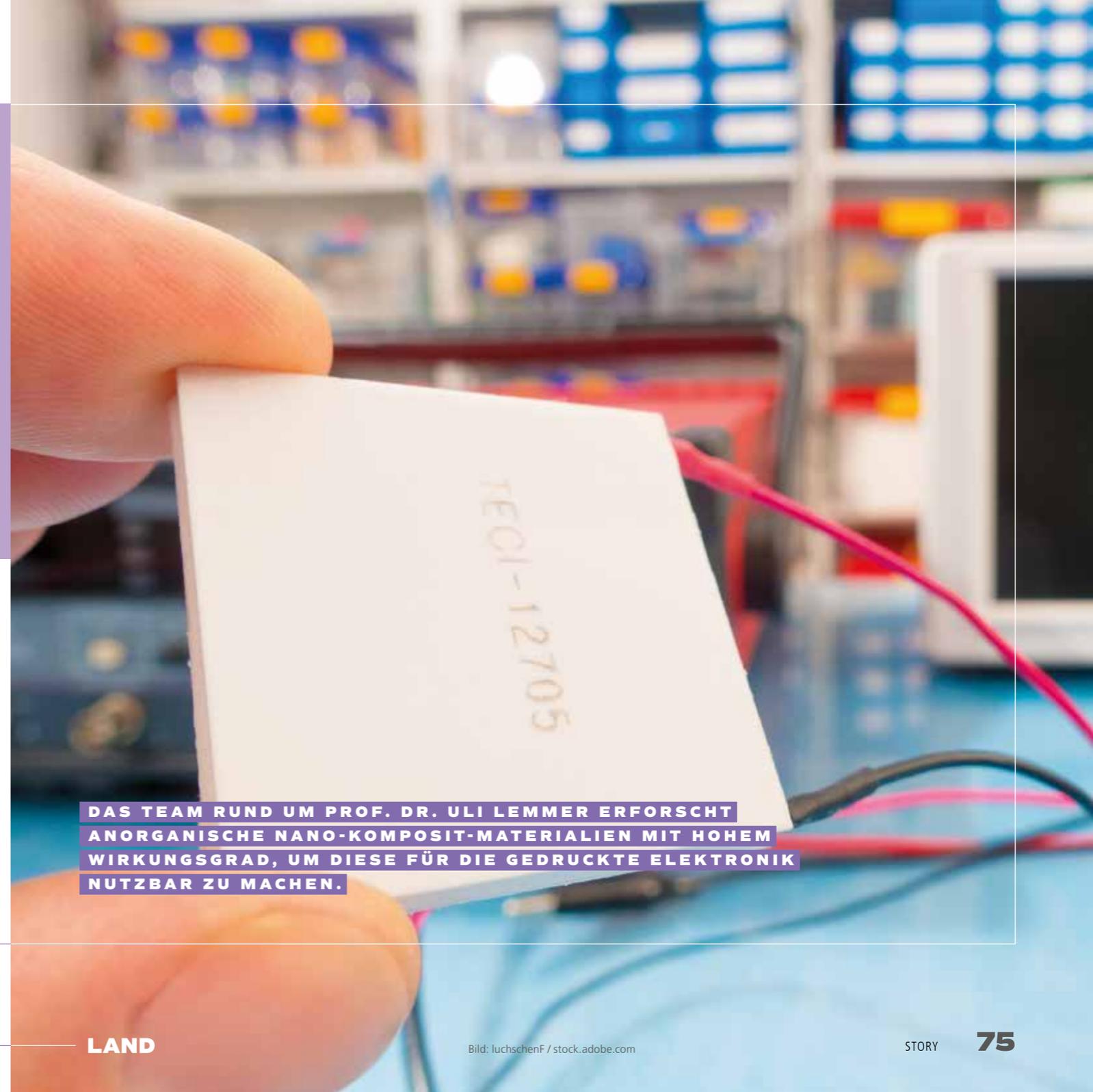
SINTERN

Sintern ist ein Verfahren, um pulverförmige Materialien unterhalb ihres typischen Schmelzpunktes durch Einwirkung von Hitze und Druck oberflächlich zu schmelzen und zu einem Festkörper zu formen. Beim photonischen Sintern wird dafür gepulstes Licht verwendet. Das Verfahren ist möglich, da Nanopartikel aufgrund ihrer geringen Größe durch Quanteneffekte die Materialeigenschaften wie Schmelzpunkt und Lichtabsorption ändern und Lichtenergie damit einen Sinterprozess bewirken kann.

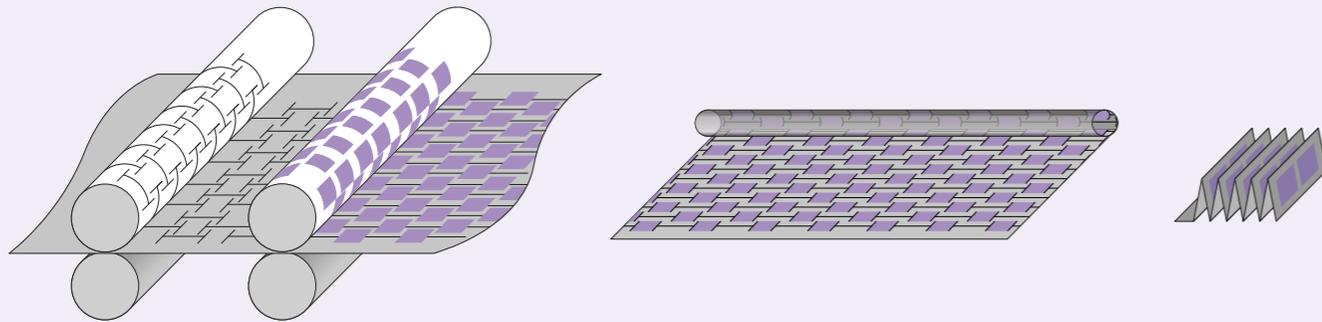
auf ultradünne Substrate aufgetragen, verschmolzen und mithilfe des photonischen **Sinterns** ausgehärtet. Die entstandene 2D-Folie haben sie dann – inspiriert von der japanischen Faltkunst Origami – mechanisch in die gewünschte 3D-Geometrie gefaltet.

Die thermoelektrische Kunst verstehen und skalieren

Diesen Prozess gilt es nun weiterzuentwickeln und durch Skalierung für unterschiedlichste Anwendungen →



DAS TEAM RUND UM PROF. DR. ULI LEMMER ERFORSCHT ANORGANISCHE NANO-KOMPOSIT-MATERIALIEN MIT HOHEM WIRKUNGSGRAD, UM DIESE FÜR DIE GEDRUCKTE ELEKTRIK NUTZBAR ZU MACHEN.



ZIEL VON ORTHOGONAL IST, PULVERISIERTE NANOPARTIKEL ZU DRUCKBAREN TINTEN ZU VERARBEITEN, DIE MITHILFE DES PHOTONISCHEN SINTERN AUSGEHÄRTET WERDEN UND DURCH FALTEN IN DIE GEWÜNSCHTE 3D-GEOMETRIE GEBRACHT WERDEN.

nutzbar zu machen. „Um den Prozess hochzuskalieren und die Technologie marktfähig zu machen, müssen wir verstehen, wie die Materialien funktionieren und wie wir die Stabilität verbessern können“, sagt Lemmer. Die erforderliche Schichtdicke der TEGs hängt von der späteren Anwendung ab. Es wird zwischen der Wärmeabgabe gegen Luft und der Wärmeabgabe gegen Flüssigkeit unterschieden. „Bei Wärmeabgabe gegen Luft sind ein paar Millimeter Schichtdicke erforderlich. Da wir diese nicht drucken können, kamen wir auf die Idee des Faltens. Bei Wärmeabgabe gegen Flüssigkeiten funktioniert das

Falten aber nicht. Wir müssen in der Ebene bleiben, benötigen aber dickere Schichten für höhere Effizienz“, erklärt Lemmer. Das Forschungsteam prüft verschiedene Möglichkeiten zur Anpassung der Schichtdicke. „Wir probieren unglaublich viel aus und simulieren unterschiedlichste Anwendungen“, so Lemmer.

Von der Smartwatch bis zum Wärmekraftwerk
Ziel der fünfjährigen ERC-Förderung besteht darin, nicht nur das Verständnis auf der Materialebene zu vertiefen, sondern auch zwei Demonstratoren zu entwickeln – einen

für den Kleinflächengebrauch und einen für die industrielle Nutzung. Da Wärme in unzähligen Prozessen entsteht, sind die möglichen Anwendungsszenarien ebenso vielfältig. Jedoch gilt: Je größer der Temperaturunterschied, desto effizienter ein TEG. Langfristig steht für die Forschenden daher das Thema Waste-Heat-Recovery im Vordergrund, um eine Erhöhung der Energieeffizienz in Industrie und Gesellschaft und damit einen Beitrag zur Energiewende zu leisten. „Wärmekraftwerke sind ein gutes Beispiel für Waste-Heat-Recovery. Hier herrschen Temperaturunterschiede von bis zu 300 Grad Celsius, woraus sich eine hohe Effizienz für TEGs ergibt. Bei Fernwärme liegt der Temperaturunterschied bei 30 bis 40 Grad Celsius und damit ist die Effizienz schon deutlich niedriger. Bei Wearables, wie einer Smartwatch, liegt die Effizienz dann unter einem Prozent. Trotzdem muss man die Zielanwendung und das dafür entstehende Potenzial im Blick behalten: Bei einer Smartwatch ist es die verlängerte Akkulaufzeit und damit der Komfort für den Endkunden, bei Kraftwerken ist es die kommerzielle Stromerzeugung. Entscheidend ist, dass ein ungenutztes Produkt nutzbar gemacht wird, um daraus Energie zu gewinnen“, erklärt Lemmer. Im Hinblick auf den gesellschaftlichen Nutzen sind industrielle Anwendungen sinnvoll, doch wirtschaftlich gesehen stellen sie hohe Anforderungen an die

kostengünstige Herstellung dar. Daher ist die kostengünstige Produktion von TEGs ein weiteres Anliegen der Forschenden, um ein wettbewerbsfähiges Produkt zu schaffen.

Ausblick mit Impact

Die Arbeit der Forschenden ist schon jetzt vielversprechend. „Das Interesse an der Technologie ist da, das bekommen wir aus vielen unterschiedlichen Anfragen und Gesprächen von Uhrenherstellern bis zu Stahlwerken mit. Die Kerntechnologie für den Prozess ist das Drucken und das bekommen wir dank unserer jahrelangen Forschung besser hin als der Wettbewerb. Ich sehe hier Potenzial für eine Ausgründung, um die Technologie in die flächendeckende Anwendung zu bringen und damit einen Beitrag zur Energiewende zu leisten“, sagt Lemmer und blickt optimistisch in die Zukunft. ←



• [Zum Projekt](#)



**BAU EINER
PILOTANLAGE FÜR
DIE PHOSPHOR-
RÜCKGEWINNUNG**



Das Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Aerosol Forschung (IMK-AAF) kooperiert gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum für Materialfeuchte (CMM), welches am Institut für Massivbau und Baustofftechnologie (IMB) angesiedelt ist, der Firma Geltz Umwelttechnologie mbH sowie der ISU mbH im Bereich der Phosphorrückgewinnung. Die jahrelange Forschung soll nun auf Basis des vom KIT patentierten Verfahrens „Phosphorus Recovery by Crystallization“ (P-RoC) in eine Pilotanlage überführt werden.

Um den Zielen eines nachhaltigen Umwelt- und Ressourcenschutzes stärker als bisher gerecht zu werden, müssen Städte und Gemeinden zukünftig den lebenswichtigen Rohstoff Phosphor aus Klärschlamm rückgewinnen. Mit dieser durch die Bundesregierung eingeführten Verpflichtung stehen Kläranlagenbetreiber unter Zugzwang, seit 2023 ein Konzept zur Phosphorrückgewinnung vorzulegen und bis 2029 dessen Realisierung umzusetzen. Neben der Phosphorrückgewinnung aus Kläranlagen stellt die Nährstoffentfrachtung landwirtschaftlicher Abwasserströme im Zusammenhang mit dem Boden- und Grundwasserschutz eine weitere wichtige Aufgabe im nachhaltigen Umwelt- und Ressourcenschutz dar. Gerade Wirtschaftsdünger, wie Gülle, Jauche, Mist, Rindenmulch und Gärreste, verfügen über

hohe Nährstoffgehalte, die in den letzten Jahren zu Einschränkungen in der Ausbringung geführt haben. Eine Nährstoffentfrachtung der Wirtschaftsdünger ermöglicht eine größere Ausbringung der vorhandenen Wirtschaftsdünger und erzeugt zusätzlich ein lagerfähiges Düngeprodukt.

Die Verordnung der Bundesregierung beschreibt kein verpflichtendes Vorgehen zur Phosphorrückgewinnung und lässt somit Spielraum für den Einsatz innovativer Technologien. Eine Möglichkeit ist das am KIT entwickelte und patentierte P-Roc-Verfahren, mit dem das Kompetenzzentrum für Materialfeuchte am KIT seit 2006 in Forschung und Anwendung tätig ist und weitreichende Erfahrungen im Umgang mit verschiedenen Abwässern sammeln konnte, beispielsweise aus der Lebensmittelindustrie, Kläranlagen und der Landwirtschaft.

Um Kläranlagenbetreiber bei der Umsetzung der gesetzgebenden Verpflichtung zu unterstützen, werden die Kooperationspartner des Projektes gemeinsam eine Pilotanlage in Betrieb nehmen. Die mobile Pilotanlage bietet neben einem verlässlichen Upscaling für einen Dauerbetrieb gleichzeitig die Chance, als Demonstrationsanlage für interessierte Kläranlagen- und Biogasanlagenbetreiber zu dienen. Das Kompetenzzentrum

übernimmt im Projekt die Überwachung des Baus, die Vorversuche im Labormaßstab zur Festlegung der notwendigen Betriebsmittel und den Betrieb der Pilotanlage. Die Firma Geltz liefert die Pilotanlage, leistet die Einweisung des Personals am KIT und steht begleitend für Um- und Nachrüstungen zur Verfügung. Die ISU mbH übernimmt das Projektmanagement, das Berichtswesen und bringt sich in die Diskussion um das Erreichen der Benchmarks sowie notwendiger verfahrenstechnischer Modifikationen ein. Das IMK-AAF leistet die administrative Begleitung des Projekts.

Im Frühjahr 2024 soll die Dimensionierung der Pilotanlage festgelegt und mit dem Bau begonnen werden. Anschließend wird die Pilotanlage auf einer hessischen Biovergärungsanlage eingesetzt, um die bei der Entwässerung des Gärrestes anfallende Gärrestflüssigkeit an Nährstoffen zu entfrachten, sodass mehr Gärrestflüssigkeit ausgebracht werden kann und parallel ein lagerbarer mineralischer Dünger erzeugt wird. Durch die Produktion eines mineralischen Düngers in Granulatform werden Lagerkapazitäten an der Anlage geschont, da somit weniger Gärrestflüssigkeit gelagert werden muss. Eine Anwendung im kommunalen Abwasserbereich, an der eine Gemeinde im Kreis Aschaffenburg Interesse bekundet hat, ist im Herbst 2024 geplant, um dort das Schlammwasser aus der Entwässerung des Faulschlammes zu behandeln. Mit einer



vorgeschalteten Klärschlamm-Desintegration können die Nährstoffe in eine lösliche Form überführt werden und so der anschließenden Rückgewinnung mit dem P-RoC-Verfahren zur Verfügung stehen.

Für das KIT und seine Kooperationspartner ist der Bau der Pilotanlage ein Beispiel für den erfolgreichen Transfer von der Forschung in die Anwendung.





INNOVATIONSKENNZAHLEN

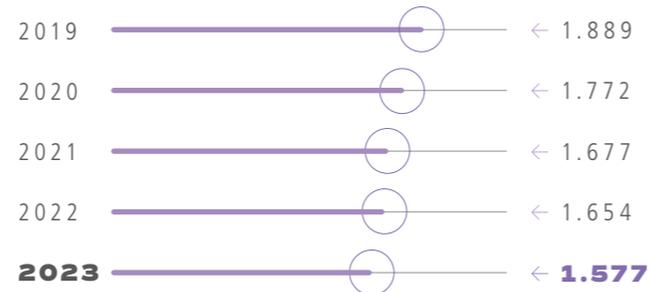
ERFINDUNGS- MELDUNGEN



PATENT- ANMELDUNGEN



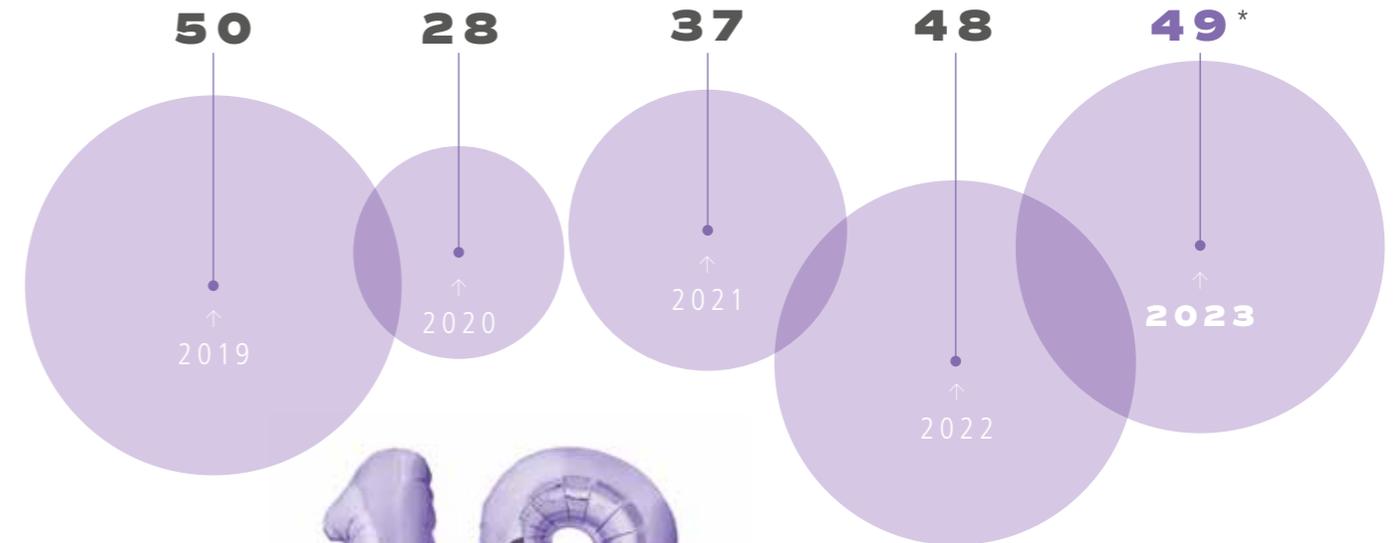
SCHUTZRECHTSBESTAND



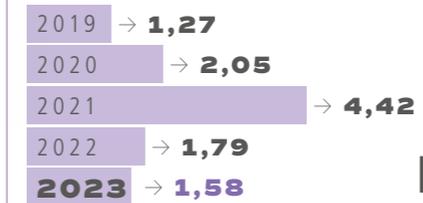
EINE UMFANGREICHE ERLÄUTERUNG DER KENNZAHLEN
ENTNEHMEN SIE BITTE UNSERER WEBSEITE.

UNTERNEHMENSGRÜNDUNGEN

* DAVON 19 SPIN-OFFS UND 30 START-UPS



2023 UNTERNEHMENS- BETEILIGUNGEN (BESTAND) AN SPIN-OFFS



IN MIO. €

IP-BASIERTE LIZENZ EINNAH MEN

AUSZEICHNUNGEN



AUSZEICHNUNGEN FÜR BESCHÄFTIGTE UND GRÜNDUNGEN DES KIT – FÜR INNOVATIVE IDEEN, PROJEKTE UND PRODUKTE 01.01. - 31.12.2023 ↘

PREIS	FÖRDERER	PREISTRAGENDE	INSTITUTION
Alexander Todd-Hans Krebs Lectureship in Chemical Sciences	Royal Society of Chemistry / Gesellschaft Deutscher Chemiker	Prof. Dr. Stefanie Dehnen	Institut für Nanotechnologie (INT)
Award for Continuing and Significant Contributions in the Field of Applied Superconductivity	IEEE CSS Council on Superconductivity	Prof. Dr. Tabea Arndt	Institut für Technische Physik (ITEP)
Best Green Startup Award	La French Tech	INERATEC	Gründung des KIT
BW Startup Award	Start-up BW	asvin GmbH	Gründung des KIT
Carl-Zerbe-Preis	Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für nachhaltige Energieträger, Mobilität und Kohlenstoffkreisläufe e.V.	TT-Prof. Dr. Moritz Wolf	Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKFT)
Centenary Prize	Royal Society of Chemistry	Prof. Dr. Christopher Barner-Kowollik	Institut für Nanotechnologie (INT) / Queensland University of Technology
CIRCULAZE Award	CIRCULAZE	INERATEC	Gründung des KIT
Deutscher Mobilitätspreis	Bundesministerium für Digitales und Verkehr	Projekt MobileCityGame	Fraunhofer ISI, Fraunhofer ISOB, KIT, takomat GmbH
Female Start Aperitivo	WEStartupSH	femfeel	Gründung des KIT
Gips-Schüle-Forschungspreis	Gips-Schüle-Stiftung	Dr.-Ing. Benjamin Dietrich und Team	Institut für Thermische Verfahrenstechnik (TVT)
Gründungswettbewerb – Digitale Innovationen	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz	Valoon GmbH	Gründung des KIT
Hamburg-Preis Persönlichkeitsstörungen	Asklepios Kliniken Hamburg	Dr. Tobias Kockler	Institut für Sport und Sportwissenschaften (IfSS)
Hector Research Career Development Award	Hector Fellow Academy	TT-Prof. Dr. Philip Willke	Physikalisches Institut (PI)
Hospitality Summit Startup Award	Deutsche Hotelakademie	MARA Solutions GmbH	Gründung des KIT
IEEE J. L. Flanagan Speech and Audio Processing Award	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Prof. Dr. Alexander Waibel	Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR)

PREIS	FÖRDERER	PREISTRAGENDE	INSTITUTION
Innovationspreis NEO	TechnologieRegion Karlsruhe	nanoshape GmbH	Gründung des KIT
Innovationspreis NEO – Publikumspreis	TechnologieRegion Karlsruhe	Prof. Dr. Norbert Willenbacher und Dr. Katrin Dyhr	Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik (MVM)
Lee Kuan Yew Global Business Plan Competition (1. Platz)	Singapore Management University	PlasticFri	Gründung des KIT
Lothar Späth Award (3. Platz)	Lothar Späth Award-Stiftung	ICODOS GmbH und KIT	Gründung des KIT und KIT
Lothar Späth Award (3. Platz)	Lothar Späth Award-Stiftung	KOMPASS GmbH und MikroTribologie Centrum µTC Karlsruhe	Gründung des KIT und MikroTribologie Centrum µTC Karlsruhe
Lothar Späth Award (3. Platz)	Lothar Späth Award-Stiftung	FORMIC Transportsysteme GmbH und Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)	Gründung des KIT und Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)
Microsoft Intelligent Manufacturing Award	Microsoft Deutschland GmbH	prenode GmbH und TRUMPF Werkzeugmaschinen SE + Co. KG	Gründung des KIT und TRUMPF Werkzeugmaschinen SE + Co. KG
MOC Award	Japan Society of Applied Physics / Microoptics Research Group	Prof. Dr. Martin Wegener	Institut für Angewandte Physik (APH) / Institut für Nanotechnologie (INT)
Physik-Preis Dresden	MPI-PKS und Fakultät Physik der TU Dresden	Prof. Dr. Jörg Schmalian	Institut für Theorie der Kondensierten Materie (TKM)
Preis der STIFTUNG DIAGNOSTIK HILFT	STIFTUNG DIAGNOSTIK HILFT	Dr. Frank Biedermann	Institut für Nanotechnologie (INT)
Sadi Carnot Award	International Institute of Refrigeration	Dr. Jingyuan Xu	Institut für Mikrostrukturechnologie (IMT)
Sparkassen-Umweltpreis	Stiftung Umweltpreis der Sparkasse Pforzheim Calw	Dr. Nazanin Saeidi und Dr. Alireza Javadian	Professur Nachhaltiges Bauen
Ulf Grenander Prize	American Mathematical Society	Prof. Dr. Tilmann Gneiting	Heidelberger Institut für Theoretische Studien (HITS) / Institut für Stochastik (STOCH)
UNIPRENEUR	UNIPRENEURS	Prof. Dr. Wilhelm Stork	Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV)

IMPRESSUM



HERAUSGABE

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Prof. Dr. Oliver Kraft
in Vertretung des Präsidenten des KIT
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
www.kit.edu

INHALTLICH VERANTWORTLICH

Dr.-Ing. Jens Fahrenberg
Innovations- und Relationsmanagement (IRM)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Telefon: 0721 608-22612
E-Mail: neuland@kit.edu · www.neuland.kit.edu

REDAKTIONSLEITUNG

Sarah Wiegräfe, Anke Weigel
Innovations- und Relationsmanagement (IRM)
Technologiemarketing und -transfer (TMT)

REDAKTIONELLE MITARBEIT

Karola Janz, Selina Paul, Lara Neumann

GESTALTUNG

goetzinger + komplizen GmbH, Karlsruhe

DRUCK

Stober Medien GmbH, Eggenstein, März 2024



WWW.NEULAND.KIT.EDU

→ Innteil gedruckt auf 100 % Recyclingpapier mit dem Gütesiegel „Der Blaue Engel“.