



INNOVATIONEN AM KIT

ZUKUNFT MIT WASSERSTOFF

NEGATIVE EMISSIONEN

BLENDFREIE PHOTOVOLTAIK

HORMONFREIES TRINKWASSER

SMARTE PRODUKTE

CO₂ AUF DER BAUSTELLE



NEULAND INTERAKTIV

NEULAND FOLGEN UND ZU INNOVATIONSTHEMEN
AUF DEM NEUESTEN STAND BLEIBEN



**PROJEKT-
VORSTELLUNGEN**

TECHNOLOGIEN

INTERVIEWS

WETTBEWERBE

GRÜNDUNGEN



neuLAND

TRANSFER

FÜR EINE LEBENSWERTE ZUKUNFT



**PROF. DR.-ING.
HOLGER HANSELKA**



**PROF. DR.
THOMAS HIRTH**

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

wir blicken auf ein Jahr voller Herausforderungen zurück – Krieg, Pandemie, Engpässe in der Energie- und Rohstoffversorgung bestimmten die Nachrichten. Auch unser Blick auf Innovation und Transfer wurde durch die globalen Entwicklungen weiter geschärft. Noch viel klarer als bisher sehen wir die Notwendigkeit, den großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit mit wissenschaftlichem, lösungsorientiertem Denken zu begegnen.

Diesen „Spirit“ leben wir am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) tagtäglich. Der breit angelegte Transfer von Technologien, Wissen und klugen Köpfen in Wirtschaft und Gesellschaft zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und des Wohlstands ist eine strategisch verankerte Aufgabe unserer Einrichtung. Die Forschenden arbeiten nicht nur an ihren wissenschaftlichen Fragestellungen. Sie setzen sich

auch engagiert dafür ein, diese in die Anwendung zu bringen, in Form technischer und sozialer Innovationen zum Nutzen von Gesellschaft und Wirtschaft. Durch die Verknüpfung der Umsetzung von Ideen und Erfindungen zu systemischen Lösungen werden die Lebensqualität verbessert und die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert.

Das KIT entwickelt sich stets weiter. So wurde das Ressort Innovation und Internationales 2022 zum Ressort für Transfer und Internationales erweitert. Diese Umbenennung repräsentiert die inhaltliche Ausrichtung der wissenschaftsunterstützenden Maßnahmen an den dringlichsten Bedarfen der Gesellschaft. So bringen wir Technologien und Wissen auch auf die Straße, beispielsweise in Reallaboren in und um Karlsruhe oder bei der zweiten Science Week, die im Herbst 2023 unter dem Motto „Global denken, lokal handeln – gemeinsam in eine nachhaltige Zukunft“ stattfinden wird. Beim NEULAND Innovationstag 2022 konnten unsere Ausgründungen und Kooperationsprojekte mit der Industrie zeigen, welchen Mehrwert ihre Forschung hat. Die Gründungscommunity des KIT wächst weiter und kommt im Rahmen der KIT-Gründerschmiede zu-

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
Präsident des KIT

sammen, um sich zu vernetzen, zu lernen und Erfahrungen zu teilen.

Dieses transferorientierte Denken soll in Zukunft noch stärker unterstützt und gefördert werden. So wurde 2022 am KIT ein Intrapreneurship-Programm aufgelegt, um jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern unternehmerisches Denken sowie das richtige Handwerkszeug für den Transfer ihrer Arbeit projektbasiert zu vermitteln.

Mit diesem Magazin möchten wir Einblicke schaffen in die zahlreichen und sehr unterschiedlichen Wege beim Transfer von Know-how und Technologien in den Markt und in die Gesellschaft. Wie kann die Wasserstofftechnologie Treiber des Energiewandels werden? Wie kann die Natur Inspiration für zukunftsweisende Technologien sein? Wie schaffen wir einen entscheidenden Impuls zum Aufbau einer globalen Kreislaufwirtschaft? Diesen und vielen weiteren Fragen widmen wir uns in dieser Ausgabe von NEULAND. Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen.

Prof. Dr. Thomas Hirth
Vizepräsident für Transfer und Internationales des KIT



STORIES

- 10 **SECOND-HAND-ELEKTROMOTOR**
Warum die Bauteilaufbereitung in der Industrie wichtiger denn je ist
- 16 **EINE SCHIPPE DRAUF**
Über die Effektivität von Hybridisierungsmaßnahmen für Hydraulikbagger
- 22 **KLEIN, ABER OHO**
Mit Transportmodulen tonnenschwere Lasten im Handumdrehen bewegen
- 32 **ROSIGE AUSSICHT FÜR DIE ENERGIEWENDE**
Wie Antireflexfolien nach dem Vorbild von Blütenblättern Photovoltaikmodule blendfrei machen
- 42 **MINUS*MINUS = EIN PLUS FÜRS KLIMA**
Wie durch negative Emissionen aus klimaschädlichem Kohlenstoffdioxid ein nutzbarer Rohstoff wird
- 50 **ERFOLGREICHER TECHNOLOGIETRANSFER**
Von der Projektidee zur Eröffnung einer neuen Produktionsanlage
- 54 **COMPUTATIONAL DESERT**
Über die Verbreitung von schnellen, kostengünstigen und zuverlässigen (Mini-)Computern mittels gedruckter Elektronik
- 64 **LICHT AM ENDE DER MEMBRAN**
Wie Hormone mit photokatalytischen Membranen effizient aus Wasser entfernt werden können
- 72 **UNSICHTBAR ABER OMNIPRÄSENT**
Das KIT forscht in drei BMBF-Leitprojekten nach zukunftssträchtigen Energielösungen mit Wasserstoff



EINBLICKE

- 06 **NEULAND HIGHLIGHTS**
- EINBLICKE**
- 20 Lithium-Ionen-Batterietests
- 21 Elektronischer Bodenfeuchtesensor
- 30 Digitaler Montageassistent
- 31 Plattform zur Vernetzung von Speditionen
- 40 Leitfähiger Kleber für Solarzellen
- 41 Wärmespeicherung im Boden
- 60 Verbraucherschutz im Internet
- 61 Lösungen zur Malware-Erkennung
- 62 Deepfakes auf der Spur
- 63 Digitale Kunst nahbar machen
- 70 Emissionsuntersuchungen durch Satelliten
- 71 Molekulare Genschere für Pflanzen
- 80 Projekteinblick: maKeIT
- 81 Energieeffiziente Gebäude für die Zukunft



BILANZ

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



HIGHLIGHTS

VON INNOVATION ZU TRANSFER

→ Das Ressort Innovation und Internationales wird zum Ressort für Transfer und Internationales. Diese Umbenennung repräsentiert die Weiterentwicklung des KIT sowie die inhaltliche Ausrichtung der wissenschaftsunterstützenden Maßnahmen an den Bedarfen der Gesellschaft.



GELUNGENER AUSTAUSCH BEIM TIL:FESTIVAL

→ Das Festival der Wissenschaft in Karlsruhe: Ein abwechslungsreiches Programm mit tanzenden Robotern, einer eSports-Teststation, Kunst aus Algorithmen, dem KIT-Gründergrillen und unterhaltsamer Musik von der KIT Big Band machen das TIL:Festival zu einem gelungenen Austausch zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft im TRIANGEL Open Space in Karlsruhe.

NEULAND INNOVATIONS- WETTBEWERB FEIERT 10-JÄHRIGES JUBILÄUM

→ In der zehnten Runde des NEULAND Innovationswettbewerbs setzt sich das Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik (MVM) gleich doppelt gegen die anderen Teams durch. Der Ideenpreis geht an das Team von FastCast Ceramics, der Transferpreis an das Team der elektrisch leitfähigen Klebstoffe (mehr dazu auf Seite 40).



ZWEITE AMTSZEIT VON PROF. DR. THOMAS HIRTH STARTET

→ Auftakt in ein neues Jahr und in die zweite Amtszeit von Prof. Dr. Thomas Hirth. Einstimmig hat der Aufsichtsrat des KIT die Wiederwahl des Vizepräsidenten für Transfer und Internationales beschlossen. Im Fokus der Tätigkeit stehen unter anderem die Weiterentwicklung der Innovations- und Internationalisierungsstrategie sowie der Wissenstransfer und Dialog mit der Gesellschaft.



HYBRIDER INNOVATIONSTAG BEGEISTERT RUND 800 TEILNEHMENDE

→ Als fest etabliertes Event im Terminkalender des KIT betritt der Innovationstag 2022 NEULAND: Zum ersten Mal findet das Event hybrid statt. Sowohl vor Ort im Audimax als auch vor dem Rechner im Büro oder zu Hause gibt es für die rund 800 Teilnehmenden Einblick in die aktuellen Geschehnisse am KIT.



• Eindrücke zur Veranstaltung



WIEDER DA: RESEARCH TO BUSINESS LIVE

→ Nach zweijähriger Pause kehrt das Format RESEARCH TO BUSINESS live zurück – erstmals in digitaler Fassung. Forschende des KIT und der Universitätsklinik Göttingen geben Einblicke in aktuelle Forschungsergebnisse zu Nanopartikeln in der Medizin und deren Biokompatibilität. Ein Panel Talk mit den Forschenden und einem Industriegast der CureVac AG rundet das Event ab.



PROF. DR. THOMAS HIRTH MIT DER VDI-EHRENMEDAILLE AUSGEZEICHNET

→ Prof. Dr. Thomas Hirth wird von der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen mit der VDI-Ehrenmedaille für seine Arbeiten und Erfolge in der Chemie und Verfahrenstechnik sowie für wegweisende nationale und internationale Kooperationen ausgezeichnet.



HELMHOLTZ FÖRDERT INTRAPRENEURSHIP-PROJEKT DES KIT

→ Im geförderten Projekt „Helmholtz Academy for Intrapreneurship“ (kurz: HAFIS) entsteht eine projektbasierte Academy, die Forschende – von Promovierenden über Postdocs hin zu wissenschaftlichen Beschäftigten – befähigt, innovative Transferprojekte zu identifizieren und auszugestalten. Die Academy bietet einen strukturierten Rahmen, um die prototypische Umsetzung solcher Projekte zu fördern.



GELUNGENER TECHNOLOGIETRANSFER MIT CARGILL

→ Nach langjähriger Zusammenarbeit eröffnet das Unternehmen Cargill Inc. gemeinsam mit Forschenden des KIT am 16. November 2022 eine neue Produktionsanlage in Polen, die mithilfe einer vom KIT entwickelten und patentierten Mikroreakorteknologie ‚lösliche Ballaststoffe‘ produziert und damit die Herstellung von zuckerreduzierten Produkten unterstützt. Mehr zum Projekt finden Sie auf Seite 48.



AUS ALT MACH NEU: SECOND-HAND- ELEKTROMOTOR

WIE FORSCHENDE DES KIT
ELEKTROMOTOREN AUTOMATISIERT
DEMONTIEREN UND WARUM
DIE WIEDERAUFBEREITUNG
IN DER INDUSTRIE
WICHTIGER DENN JE IST.

ZIEL

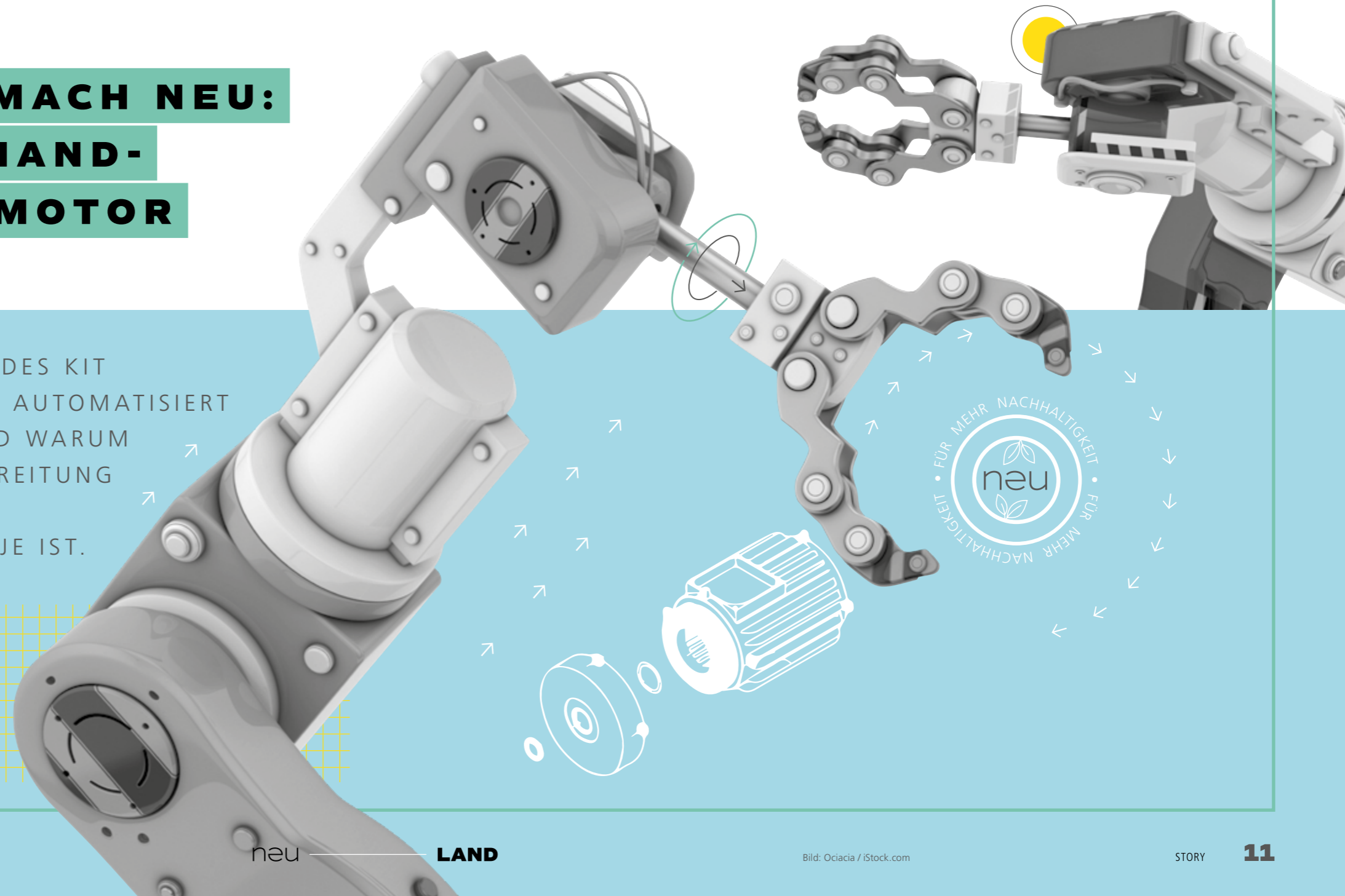
Machbarkeit einer automatisierten,
vollumfänglichen Remanufacturing-
Fabrik

PILOTPROJEKT AGIPROBOT

Agiles Produktionssystem mittels
mobiler, lernender Roboter mit
Multisensorik bei unbekanntem
Produktspezifikationen

PROJEKT- PARTNER

wbk, IFL, IFAB, IAR, H2T, IPR, IES, IIIT





SO FUNKTIONIERT AGIPROBOT

In Deutschland wird der Aufarbeitung von Gebrauchtpunkten aufgrund des aufwendigen und teuren Prozesses keine besonders große Bedeutung zugeschrieben.

Das soll sich ändern. Mittels künstlicher Intelligenz und Messtechnik sowie agiler Produktionssteuerung sollen Gebrauchtpunkte automatisierter demontiert werden.

Forschende des KIT möchten damit einen Anstoß für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft geben und ermöglichen, die Wertschöpfungskette zukünftig im eigenen Land zu halten.



Re-was? Das Konzept und seine gegenwärtige Bedeutung

Remanufacturing ist ein Prozess zur Aufarbeitung von Gebrauchtpunkten, um diese auf den Qualitätsstandard von Neupunkten zu bringen und für eine Wiederverwendung nutzbar zu machen. Aktuell wird dem Remanufacturing in Deutschland keine besonders große Bedeutung zugeschrieben, Fabriken dafür finden sich vorwiegend in Osteuropa wieder. „Produkttechnisch betrifft das Remanufacturing hauptsächlich werthaltige Punkte mit einer langen Nutzungsdauer, beispielsweise Seilwinden oder Großmotoren. Der Prozess des Auseinanderbauens und Analysierens solcher Punkte ist aufwendig und teuer. Die logische Konsequenz: Unternehmen gehen dorthin, wo die manuelle Arbeitskraft günstig ist, nach Osteuropa“, erläutert Sina Peukert, Oberingenieurin für globale Produktionsstrategien am wbk Institut für Produktionstechnik. Vor allem die hohen Lohnkosten führen aufgrund der bislang kaum etablierten Automatisierung in Deutschland aktuell zur Auslagerung solcher Prozesse. Darüber hinaus verhindert auch eine fehlende Gesetzgebung, nicht nur in Deutschland, sondern allgemein, einen flächendeckenderen Einsatz von Remanufacturing. „Es gibt zu wenig Regularien, die die Wiederverwendung von Altteilen in der Produktion voraussetzen. In Summe gibt es für die deutsche Industrie bisher kaum Anreize, Remanufacturing zu betreiben“, so Peukert weiter.

Demonstrator-Fabrik am KIT

Mit dem Projekt AgiProbot soll sich diese Sichtweise auf das Remanufacturing in Deutschland ändern. Forschende des KIT bauen am wbk eine Demonstrator-Fabrik auf, mit der sie die Machbarkeit des automatisierten, vollumfänglichen Remanufacturings aufzeigen wollen. Ziel ist es, ein agiles Produktionssystem zu erschaffen, das mittels künstlicher Intelligenz dynamisch auf ständig neue Bedingungen und ungewisse Produktspezifikationen reagieren kann. „In einer

Remanufacturing-Fabrik kommen Gebrauchtpunkte in unbekanntem Zustand zu einem unbekanntem Zeitpunkt und in unbekannter Menge zurück. Es ist eine Herausforderung, so viele ungewisse Parameter miteinander zu verbinden und zu automatisieren. Im Projekt begegnen wir diesen Herausforderungen mit intelligenter Messtechnik, agiler Produktionssteuerung und der Befähigung der Roboter zum Lernen vom Menschen“, beschreibt Constantin Hofmann, Postdoktorand am wbk. Die Forschenden haben über die vergangenen drei Jahre intensiv an der Umsetzung geforscht.

Entstanden ist bis heute eine Sammlung verschiedener Stationen, die die automatisierte Demontage eines Anlasses zeigen. Die entstandene Demonstrator-Fabrik unterteilt sich in vier unterschiedliche Stationen: Es gibt eine Befundungsstation für möglichst autonome Inspektionsprozesse, eine manuelle Demontagestation, an der Mitarbeitende bislang unbekannte Punkte demontieren, eine autonom lernende Roboterstation, an welcher Punkte möglichst automatisiert demontiert werden und eine modulare automatisierte Station. Zusätzlich wurde ein fahrerloses Transportsystem entwickelt, um der notwendigen Flexibilität der Warenströme gerecht zu werden.



SINA PEUKERT

Oberingenieurin für globale Produktionsstrategien am wbk Institut für Produktionstechnik

Auf dem Weg zur Automatisierung

Die Stationen dienen derzeit einzelnen Forschungsfragen. Angelegt haben die Forschenden sie so, dass eine Vernetzung möglich und auch gewollt ist. „Unser Fokus lag primär auf den jeweiligen Themenfeldern und der Entwicklung der einzelnen Stationen. Wir sind auf einem sehr guten Weg und die Prozesse greifen immer nahtloser ineinander. In den nächsten Monaten fokussieren wir uns nun auf die Verknüpfung. Wir hoffen, zeitnah eine →



DAS TEAM VON AGIPROBOT BAUT AM WBK EINE DEMONSTRATOR-FABRIK AUF, UM DIE MACHBARKEIT DES AUTOMATISIERTEN REMANUFACTURING AUFZUZEIGEN.



CONSTANTIN HOFMANN

Postdoktorand am wbk Institut für Produktionstechnik

erste komplett automatisierte Demontage angehen zu können“, beschreibt Hofmann die nächsten Schritte im Projekt. Neben der Vernetzung arbeiten die Forschenden derzeit auch am Wissenstransfer. „Wir sammeln unzählige wertvolle Informationen an den Stationen. Methodisch wissen wir, wie wir wann vorgehen müssen. Eine große Herausforderung ist es, diese Vorgänge so zu beschreiben, dass sie jeder versteht. Wir erstellen daher nicht nur 3D-Modelle, sondern auch Informationsmodelle“, so Hofmann weiter. Das Team möchte mit diesen Modellen die Abhängigkeit von Experten lösen und Informationen möglichst transparent darstellen, damit sie ohne Kontextwissen von automatisierten Systemen genutzt werden können.



Handlungsnotwendigkeit für die deutsche Industrie

Die Forschenden sind sich bewusst, dass die großen Herausforderungen nicht nur im Aufbau und der großflächigen Umsetzung einer solchen Demonstrator-Fabrik, sondern auch im Umdenken liegen. „Unsere Forschung ist sehr zukunftsgetrieben. Jetzt an das Thema Kreislaufwirtschaft und an Szenarien in 15 bis 20 Jahren zu denken, tun die wenigsten, denn es gibt schlichtweg dringendere Themen auf der Tagesordnung. Wir können aber schon heute auf die Handlungsnotwendigkeit hinweisen und mit unserer Demonstrator-Fabrik Interesse wecken sowie einen Anstoß für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft in der deutschen Industrie geben“, erklärt Peukert. Das Projekt AgiProbot zeigt zudem das Potenzial auf, wie die Wertschöpfungskette zukünftig im eigenen Land gehalten werden kann. „Die deutsche Industrie steckt enorm viel Zeit, Arbeitskraft, Material und Energie in die Produktion unzähliger Produkte. Altteile in die Produktion zu integrieren, ohne die Prozesse auszulagern, kann nicht nur ökologische, sondern auch ökonomische Vorteile mit sich bringen und die wirtschaftliche wie standortbezogene Sicherung unserer Industrie für die Zukunft bedeuten“, so Peukert. ←

• [Detaillierte Projektbeschreibung](#)





EINE SCHIPPE DRAUF

FÜR EINE CO₂-ÄRMERE BAUSTELLE DER ZUKUNFT



**NIKLAS BARGAEN AM
VERSUCHSBAGGER FÜR
DIE ERMITTLUNG DES
HYBRIDISIERUNGSPOTENZIALS**



Land- und Baumaschinen machen Untersuchungen zum Kraftstoffverbrauch zufolge rund acht bis neun Prozent des CO₂-Ausstoßes dieselbetriebener Fahrzeuge innerhalb der EU aus. „Das scheint auf den ersten Blick ein kleiner Bereich zu sein, aber über seine gesamte Lebensdauer gerechnet verbraucht ein Bagger deutlich mehr Sprit als ein PKW. Wenn man da einige Prozente einsparen kann, ist das enorm“, so Niklas Bargaen, akademischer Mitarbeiter am Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST), Institutsteil Mobile Arbeitsmaschinen.

Erste Ansätze der Hybridisierung und Elektrifizierung von Baumaschinen gibt es bereits seit einigen Jahren. Um die wachsende Bedeutung solcher Konzepte zu untermauern, haben Forschende des KIT gemeinsam mit dem

Industriepartner stoba e-Systems GmbH die Effektivität verschiedener bekannter Hybridisierungsmaßnahmen am Beispiel eines Hydraulikbaggers untersucht. Das vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg geförderte Projekt erstreckte sich über eine Laufzeit von 12 Monaten. Mit dem Ziel, sämtliche Alltagsbewegungen sowie den Leistungsfluss des Baggers aufzuzeichnen, haben die Forschenden einen Versuchsbagger mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet. In rund 100 Einsatztagen auf drei unterschiedlichen Baustellen haben sie anschließend automatisiert alle benötigten Messdaten bei typischen Einsätzen gesammelt. Parallel dazu hat das Forschungsteam für Bagger geeignete Hybridisierungsmaßnahmen recherchiert sowie ein computerbasiertes Modell eines konventionellen Baggers aufgebaut. „Die auf den Baustellen gesammelten Daten nutzen wir in unserem Modell, um die Bewegungen und Leistungsflüsse eines realen Baggers möglichst genau abzubilden. Eine vordefinierte Auswahl der Hybridisierungskonzepte können wir dann in das Modell implementieren, die elektrischen Komponenten simulieren und somit das Einsparungspotenzial des jeweiligen Konzeptes bestimmen“, erläutert Bargaen

die einzelnen Projektschritte. Die Ergebnisse beziehen sich auf das 90-Grad-Ladespiel, das als wichtigste Tätigkeit eines Baggers gilt, und sind vielversprechend: „Eines der Konzepte zeigt eine Effizienzsteigerung um 12,5 Prozent sowie eine Kraftstoffeinsparung von 9,3 Prozent. Rechnerisch haben wir sogar ein Potenzial zur Effizienzsteigerung von rund 20 Prozent ermittelt“, berichtet Bargaen.

Mit zunehmend kritischem Blick auf den weltweiten CO₂-Ausstoß und den damit verschärften Auflagen dürften die Ergebnisse nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch interessant sein. „Gesetzgebungen werden Baufirmen zum Zweck der Verringerung ihres CO₂-Ausstoßes voraussichtlich mehr oder minder zur Elektrifizierung ihrer Fahrzeugflotten drängen. Unsere Ergebnisse stärken die Bedeutung der Hybridisierung als Brückentechnologie auf dem Weg zur Voll-elektrifizierung von Baumaschinen. Sie können zudem eine wichtige Grundlage für Baufirmen sein, zukünftig die richtige Kaufentscheidung für neue Baumaschinen zu treffen“, erläutert Bargaen mit Blick auf die Baustellen von morgen. ←





NEUE STANDARDS FÜR LITHIUM-IONEN- BATTERIETESTS

→ Die Entwicklung immer neuer, leistungsstärkerer Zellsysteme setzt eine verlässliche Sicherheitsprüfung von Lithium-Ionen-Zellen voraus, um das Risiko gefährlicher Vorfälle wie Batteriebrände zu minimieren. Heutige Testverfahren, wie der Propagationstest, dienen zwar der Sicherheitsüberprüfung, bilden aber keine real existierenden zellinternen Fehler ab. Die Batteriezellen werden hier durch massive äußere Manipulation zum thermischen Durchgehen gebracht. Das KIT forscht gemeinsam mit weiteren Partnern aus Industrie und Forschung im Projekt **ProLIB** an einem verbesserten Prüfverfahren, das die Beanspruchung einer Batteriezelle realistischer abbildet. Hierbei wird sogenanntes Lithium Plating als zellinterner Fehler induziert und das Verhalten bewertet, das die Zelle während des Stresstests zeigt. Anders als bisher wird kein thermisches Durchgehen der Zelle erzwungen. Die Forschenden konnten in ersten vielversprechenden Testreihen mit mehreren Zelltypen und -chemien zeigen, dass eine realitätsnähere, reproduzierbare Prüfung auf neue Weise möglich ist und machen sich stark für eine neue Norm zur Sicherheitsprüfung von Lithium-Ionen-Batterien in stationären und mobilen Anwendungen.



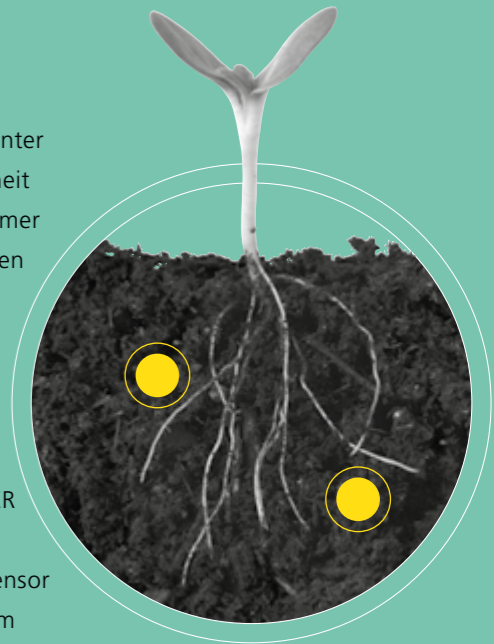
Das KIT arbeitet an einem verbesserten Sicherheitstest für Lithium-Ionen-Batterien.



[Zum Projekt](#)

MESSTARKE BODENFEUCHTESENSOREN FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT

→ Die Landwirtschaft ist mit einem Anteil von 70 Prozent weltweit der mit Abstand größte Wasserverbraucher. Unter dem Aspekt der zunehmenden globalen Wasserknappheit wird der Bedarf an nachhaltiger Ressourcennutzung immer größer. Heute eingesetzte Bodenfeuchtesensoren können zwar zum ressourcenschonenden Umgang mit Wasser beitragen, messen bisher aber nur, wie viel Feuchte im Boden vorhanden ist. Entscheidend für das richtige Wassermanagement ist jedoch, wieviel Wasser die Pflanzenwurzeln aus dem Boden ziehen können. Forschende des KIT haben zusammen mit der TRUEBNER GmbH einen **elektronischen Bodenfeuchtesensor** entwickelt, der diese Messgröße ermitteln kann. Der Sensor basiert auf einer speziellen porösen Keramikscheibe vom KIT, die ähnlich saugfähig wie eine Wurzel ist. Durch die von TRUEBNER hinzugefügte elektronische Messeinheit kann der Sensor eine Aussage zur Saugspannung der Pflanze treffen und ermöglicht eine nachhaltige Nutzung der verfügbaren Wasserressourcen.



Gemeinsam mit der TRUEBNER GmbH entwickeln Forschende des KIT neue Bodenfeuchtesensoren auf Basis von poröser Keramik für den landwirtschaftlichen Einsatz.



[Zum Projekt](#)



KLEIN, ABER OHO

WIE DIE AUSGRÜNDUNG FORMIC MIT KLEINEN TRANSPORTMODULEN TONNENSCHWERE LASTEN IM HANDUMDREHEN BEWEGT UND WAS DAS MIT AMEISEN ZU TUN HAT.

ZIEL

Lasten unterschiedlicher Größen und Gewichte mit modularem Transportsystem sicher bewegen

EINSATZ

Unterstützung von unter anderem Transportdienstleistern, Werkzeugmaschinenherstellern und Produktionsunternehmen beim Versetzen schwerer Maschinen

GRÜNDER

Dr.-Ing. Maximilian Hochstein,
Dr.-Ing. Benedikt Klee





Was wir von Ameisen lernen können

Sie sind klein, sozial und arbeitsteilig organisiert. Sie kommunizieren über Gerüche und verfügen über gigantische Körperkräfte. Sie können ein Vielfaches ihres Körpergewichts heben und Lasten sogar kopfüber oder rückwärts über weite Strecken in ihr Nest transportieren – Ameisen verfügen über wahre Superkräfte. Es ist kaum verwunderlich, dass sich ihre Eigenschaften im Transportbereich großer Beliebtheit erfreuen. Bereits seit langer Zeit unterstützen Hubwägen oder Gabelstapler die Menschheit beim Transportieren oder Verrücken schwerer Maschinen und Waren. Einige dieser Maschinen tragen sogar passenderweise den Namen „Ameise“.

Limitierte Einsatzmöglichkeiten

Was für viele Transportgüter gut funktioniert, hört bei den meisten Anlagen und Maschinen jedoch auf. Kürzere Produktlebenszyklen oder Änderungen im Produktionslayout sind nur einige Gründe, warum in produzierenden




DR.-ING.

BENEDIKT KLEE

Mitgründer von FORMIC Transportsysteme, ehemaliger Oberingenieur am wbk Institut für Produktionstechnik

Unternehmen Maschinen und Anlagen verschoben oder abtransportiert werden müssen. Oftmals sind diese groß, sperrig und wiegen mehrere Tonnen – eine Herausforderung für deren Transport. „Wir waren in vielen Industrieprojekten unterwegs und haben live miterlebt, wie aufwendig und kompliziert ein Maschinentausch mit derzeitigen Methoden ist. Nicht selten beeinflusst es zudem andere Prozesse, die im schlimmsten Fall pausieren müssen. Was eine am Ende kleine Verbesserung im Produktionsprozess versprechen soll, ist vorab nervenaufreibend, mühsam und in der Konsequenz zeit- und kostenintensiv“, erläutert Dr.-Ing. Benedikt Klee, Mitgründer von FORMIC Transportsysteme.

Eins für alle, alle für eins

Schnell war klar, dass es eine unterstützende technische Lösung braucht. Gemeinsam mit seinem Mitgründer Dr.-Ing. Maximilian Hochstein hat Klee das modulare Transportsystem FORMIC25 entwickelt, das schwere Lasten unabhängig von Größe und Gewicht koordiniert anheben und sicher bewegen kann – bedient von nur einer einzigen Person. Das System besteht aus mindestens drei bis maximal fünfzehn verhältnismäßig kleinen, flachen und fahrbaren Modulen. Diese fahren ferngesteuert an die Anlage heran und arbeiten dann automatisiert. Sie heben die Last als Gruppe via Hubmechanismus an, fahren unter das Lastgut und lassen dies koordiniert auf sich absinken. „Da Maschinen in Form und Gewicht sehr individuell sind, dockt man mit den Fahrzeugen in der Regel immer an unterschiedlichen Stellen an. Die Fahrzeuge wissen folglich nicht, wo sich die anderen befinden. Sie agieren als Schwarm und können mittels kamerabasierter Objekterkennung  millimetergenau ihre exakte Position zueinander bestimmen. Erst danach bewegen sie die Last in Formation hin zum Bestimmungsort“, beschreibt Hochstein den Ablauf im Detail. Im übertragenen Sinne agieren die Transportmodule als soziales →



OBJEKT-ERKENNUNG

Spielt Intelligenz keine Rolle?

Das Geheimnis der Schwarmintelligenz bei Ameisen besteht aus einfachen, unflexiblen Aufgaben sowie abgestimmten Verhaltensweisen und Regeln innerhalb des Schwarms. Der Gesamterfolg liegt damit im sozialen Kollektiv und der arbeitsteiligen Lebensweise, nicht in der Intelligenz einzelner Individuen. Übertragen auf das modulare Transportsystem FORMIC25 wird schnell ersichtlich, warum künstliche Intelligenz nur eine untergeordnete Rolle spielt: „Der Einsatz von KI ist sinnvoll, um komplexe Zusammenhänge zu erkennen und abstrakte Probleme zu lösen, zum Beispiel in der Objekterkennung wie bei der Erkennung von Fahrzeugen. Die Ergebnisse sind jedoch wahrscheinlichkeitsbasiert. Meistens funktioniert es, manchmal aber nicht. Diese Unsicherheit können wir uns bei den sicherheitskritischen und steuerungstechnischen Funktionen nicht leisten. In diesen Fällen brauchen wir klare, deterministische Prozesse, damit die schweren, oftmals teuren Anlagen unbeschadet bewegt werden können“, so Hochstein.



SO FUNKTIONIERT FORMIC

Nicht selten sind Maschinen oder Anlagen zu groß, sperrig und schwer, um diese ohne großen Aufwand zu verschieben. Ein Maschinentausch kann daher andere Prozesse beeinflussen oder diese sogar vorübergehend stilllegen.

FORMIC hat ein modulares Transportsystem entwickelt, das schwere Lasten unabhängig von Größe und Gewicht koordiniert anheben und sicher bewegen kann.

Dank Sensoren und Schwarmintelligenz können die Transportmodule ihre exakte Position zueinander millimetergenau bestimmen und automatisiert ohne menschliche Kraft arbeiten.

neu

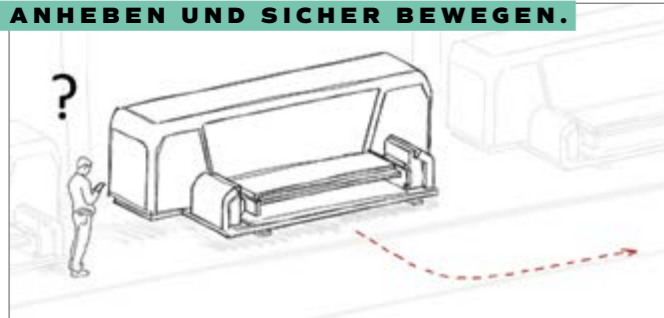
LAND

Bild links: Amadeus Bramsipe / KIT

STORY



**DAS MODULARE TRANSPORTSYSTEM
FORMIC25 KANN SCHWERE LASTEN
ANHEBEN UND SICHER BEWEGEN.**



**DR.-ING.
MAXIMILIAN
HOCHSTEIN**

Mitgründer von FORMIC Transportsysteme,
ehemaliger Abteilungsleiter am Institut für
Fördertechnik und Logistiksysteme

Kollektiv wie in einer Ameisenkolonie: Zusammen erbringen sie eine Leistung, die ein einzelnes Tier nicht erbringen kann. Eine Vielzahl einfacher Interaktionen lässt ein intelligentes Gesamtgebilde entstehen und mündet in der perfekten Bewegung zum Versetzen der Anlage.

Sicheres Schwarmverhalten

Damit dieser automatisierte Ablauf keine Gefahr für Mensch und Maschine birgt, haben die Gründer wesentliche Funktionen für die Sicherheit der Fahrzeuge

implementiert. „Wenn ein Fehler passieren sollte, zum Beispiel, weil ein Fahrzeug vor ein Hindernis fährt und die Formation verlässt, müssen Gefahren für die Anlage und umstehende Personen unter allen Umständen vermieden werden. Wir haben anfangs eine ausführliche Risikobewertung gemacht und herausgefunden, wie wir Gefahren auf ein Minimum reduzieren können. Entsprechende Sensoren und Mechanismen mussten wir neu entwickeln und in die Fahrzeuge einbauen“, sagt Klee. →



**DIE TRANSPORTMODULE FAHREN
FERNGESTEUERT AN DIE ANLAGE HERAN
UND AGIEREN MITTELS KAMERABASIERTER
OBJEKTERKENNUNG ALS SCHWARM.**



**ERFOLGREICH GEGRÜNDET:
DR. MAXIMILIAN HOCHSTEIN (L.)
UND DR. BENEDIKT KLEE (R.)
HABEN SICH DEN TRAUM EINER
SELBSTSTÄNDIGKEIT MIT FORMIC
TRANSPORTSYSTEME VERWIRKLICHT.**

Der Maschinenbauingenieur Hochstein ergänzt: „Die von uns entwickelten Sensoren erkennen potenzielle Gefahren und sorgen im Zweifel für einen Not-Stopp. Die Fahrzeuge bleiben dann direkt stehen.“ Neben Sensoren haben die Gründer auch Teile der Elektronik, den Hubmechanismus

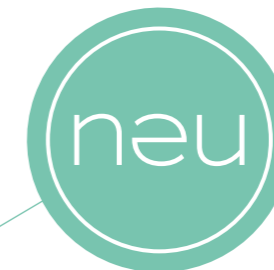
und die Software selbst entwickelt. Derzeit bauen und testen sie den dritten Prototyp. Der Austausch mit diversen Industriepartnern und Transportdienstleistern hilft ihnen dabei, wertvolle Erkenntnisse zur Weiterentwicklung des Systems einzuholen.

Volle Kraft voraus

Die physischen Merkmale sowie die enorme Leistungsfähigkeit der Module dürften vor allem für Dienstleistungsunternehmen im Transportsektor, Werkzeugmaschinenhersteller oder große produzierende Unternehmen interessant sein, um Anpassungen in Produktionsketten zukünftig flexibel und mit geringerem Aufwand eigenständig umzusetzen. Die Formic-Module sind klein und platzsparend, dadurch auch in engen Korridoren einsetzbar. Ihr Fahrwerk ist darauf ausgelegt, kleine Unebenheiten wie Schwellen, Fugen oder Regenrinnen problemlos zu überqueren. Auf den Einsatz von Zugfahrzeugen und Muskelkraft kann mit FORMIC25 vollständig verzichtet werden. Schon jetzt sind erste Industrierversuche mit dem aktuellen Prototyp erfolgversprechend und das Gründerduo blickt optimistisch in die Zukunft: „Anfang 2023 streben wir die notarielle Ausgründung an, möchten unseren Prototyp marktfähig haben und mit der Produktion starten.“ ←



• Zur Webseite



» Mir macht es Spaß,
an den Fahrzeugen
zu arbeiten und
**ZU SEHEN,
DASS DA WAS
WÄCHST.**

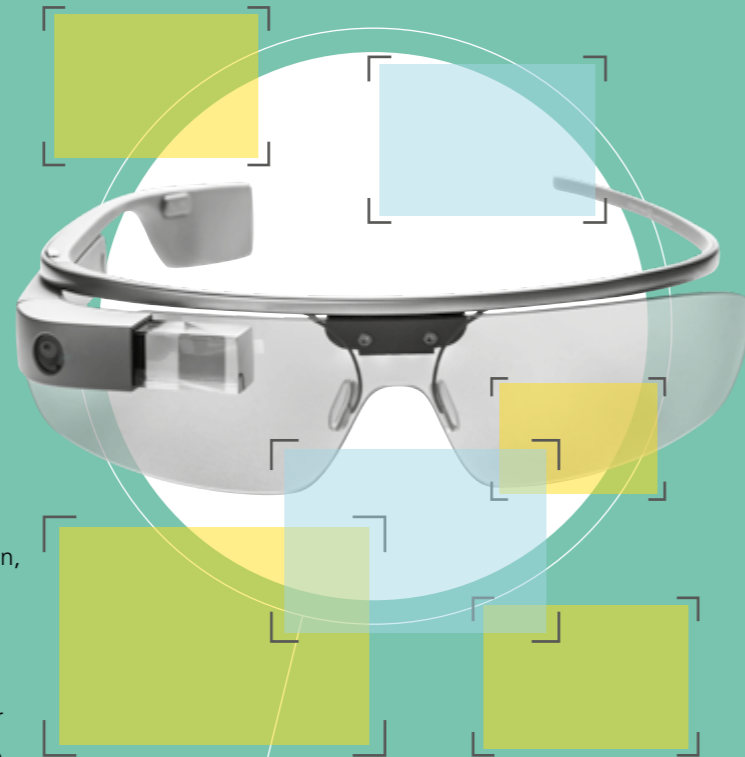
Mein Ziel war es
schon immer, mich mit
einer guten Hardwarelösung
selbstständig zu machen,
die anderen etwas bringt.«

Dr.-Ing. Benedikt Klee



DER DIGITALE MONTAGEASSISTENT

→ Das aus dem KIT ausgegründete Startup **Kimoknow** hat es sich zum Ziel gesetzt, Lösungen der künstlichen Intelligenz in Schnelligkeit und Effizienz zu optimieren. Das Gründungsteam ermöglicht durch Automatisierung eines KI-Trainingsprozesses einen schnellen Zugang zu individueller Objekterkennung. Diese wiederum ermöglicht eine Vielzahl wiederkehrender Aufgaben, wie aufwendige Dokumentations- und Sucharbeiten, einfacher und schneller zu gestalten. Dabei gilt: Überall, wo die Menschen von der Fähigkeit des Sehens profitieren, können Prozesse mit KI-Objekterkennung unterstützt werden. Durch offene Schnittstellen zur von Kimoknow entwickelten Objekterkennung wird die Integration und Entwicklung von KI-Anwendungen erleichtert. Neben der verbesserten Zusammenarbeit von Mensch und Maschine können zudem Produktivität, Qualität, Effizienz und Schnelligkeit der Prozesse gesteigert werden. Das Startup bietet darüber hinaus vollständige KI-Lösungen über einen eigenen App-Store an.



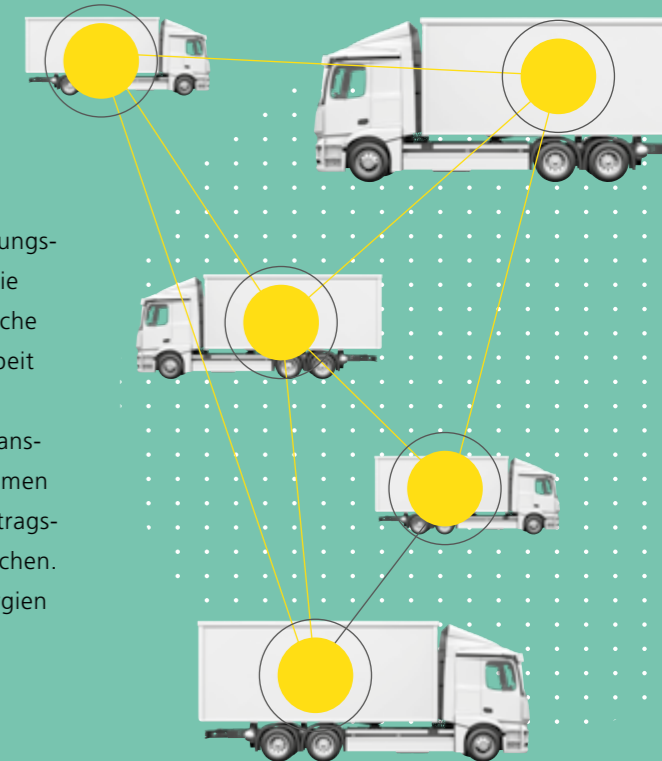
Optimierung für KI-Lösungen:
Die Ausgründung Kimoknow hat für die automatisierte Bild- und Objekterkennung einen Montageassistenten entwickelt.



• Zur Webseite

DIE EFFIZIENTE VERNETZUNG MITTELSTÄNDISCHER SPEDITIONEN

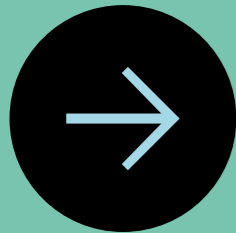
→ Die im Dezember 2021 gegründete **NeoCargo AG** aus Karlsruhe entstand aus der Idee, sich den Herausforderungen der Digitalisierung für mittelständische Spediteure zu stellen. Das Gründungsteam hat eine Vernetzungsplattform entwickelt, die Unternehmen aus der Transport- und Logistikbranche eine einfache und effiziente digitale Zusammenarbeit ermöglicht. Mithilfe digitaler und unabhängiger Schnittstellen können Spediteure, Anbieter von Transport-Management-Systemen und Partnerunternehmen barrierefrei miteinander vernetzt werden und Auftragsdaten unternehmensübergreifend leichter austauschen. So können Kapazitäten optimal ausgelastet, Synergien gehoben, Ressourcen geschont und die Effizienz gesteigert werden.



Digitale Hilfe für die Transport- und Logistikbranche:
Die Ausgründung NeoCargo AG des KIT hat eine Vernetzungsplattform für die digitale Zusammenarbeit geschaffen.



• Zur Webseite



ROSIGE AUSSICHT FÜR DIE ENERGIEWENDE

WIE SICH DAS GRÜNDUNGSTEAM VON PHYTONICS DIE EIGENSCHAFTEN EINES ROSENBLATTES ZUNUTZE MACHT UND DAMIT DEN PHOTOVOLTAIK-MARKT REVOLUTIONIEREN WILL.

ZIEL

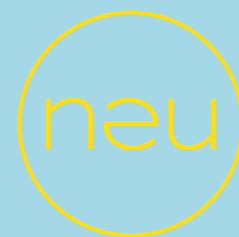
Photovoltaikmodule mit einer antireflektierenden Beschichtung blendfrei machen

EINSATZ

Vom Dach eines Einfamilienhauses über Firmen-Flachdächer in der Stadt hin zu Photovoltaik-Anlagen in Flughafennähe: Die Folie kann für alle denkbaren Photovoltaik-Elemente eingesetzt werden

GRÜNDER

Dr. Benjamin Fritz, Dr. Guillaume Gomard, Dr. Ruben Hünig, Moritz Luck, Raphael Schmager





Das Tech-Spin-off Phytonics des KIT hat eine Vision: Die Energiewende durch einen Technologiesprung in der Photovoltaik zu beschleunigen. „Wenn wir es überspitzt formulieren, können wir die europäischen Klimaziele nur erreichen, wenn sich Gesetzgebungen nicht selbst im Weg stehen. Aktuell haben wir auf der einen Seite eine Solarpflicht für gewerbliche Standorte und Neubauten, die ihren Strombedarf zukünftig über eigene Photovoltaik-Anlagen decken sollen. Auf der anderen Seite bestehen Regularien zum Blendverhalten von Solarzellen, die dazu führen, dass solche Anlagen nicht überall angebracht werden dürfen“, erklärt Dr. Ruben Hünig, Mitgründer und CEO von Phytonics.

Von der Realität geblendet

Damit diese Gesetzgebungen nicht weiter im Konflikt stehen, bedarf es neuer Ideen. Photovoltaik-Anlagen erzielen heutzutage zwar schon beachtliche Energieerträge, sind bis dato aber nicht blendfrei. „Solarmodule dürfen

nicht mehr als 20.000 Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) Helligkeit abstrahlen. Wenn man sich überlegt, dass die Sonne mit einer Helligkeit von 1,6 Milliarden cd/m^2 scheint, von der ein ein- bis zweistelliger Prozentbereich an den Solarmodulen reflektiert wird, wird klar, welche technologische Herausforderung in der Entspiegelung der Module liegt. Herkömmliche Solargläser schaffen diese Entspiegelung einfach nicht“, erläutert Hünig die Handlungsnotwendigkeit. Das Team von Phytonics hat für dieses Problem eine Lösung gefunden: Eine antireflektierende Beschichtung für Photovoltaikmodule. „Das Anwendungsprinzip ist ähnlich wie bei einer Handy-schutzfolie für Displays. Unsere folienartige Beschichtung ist ein Add-on für Solarmodule und wird auf die Oberfläche laminiert. Damit ist die Antireflexfolie unabhängig von der darunterliegenden Technologie und mit allen Solarmodul-Typen kompatibel. Vor allem aber ist das beschichtete Modul so absolut blendfrei“, beschreibt Hünig die Innovation. Die Technologie ermöglicht den Einsatz

von Photovoltaik überall dort, wo bislang aus Gründen der Blendwirkung keine aufgestellt werden durfte, beispielsweise um Flughäfen, in Autobahnnähe oder auf zahlreichen Hausdächern mit suboptimaler Ausrichtung der Module zum Nachbarn.

Von der Natur inspiriert

Hinter dieser vermeintlich simplen Folie stecken über acht Jahre Forschung und eine komplexe Lösung. Hünig erklärt: „Wir haben uns die Natur zum Vorbild genommen, denn Pflanzen sind wahre Meister im Lichtmanagement. Damit Blüten bestäubt werden, müssen sie einen sehr kräftigen Farbeindruck erzeugen, der aus allen Richtungen für das Insekt gleich aussieht. Das gelingt nur, wenn an der Grenzfläche zur Luft keine Reflexion stattfindet, da der Farbeindruck andernfalls von weißem Umgebungslicht überlagert würde. Daher haben die meisten Blütenblätter eine spezielle Kombination aus Mikro- und Nanostrukturen an der Blattoberfläche, die Licht aller Wellenlängen und aus allen Einfallrichtungen annähernd vollständig in das Blütenblatt einkoppeln können.“ Um diese einzigartige Struktur auf Solarzellen zu übertragen, hat das Gründungsteam mittels Galvanik **i** einen metallischen Abzug von aneinandergereihten Rosenblütenblättern gemacht, um deren Mikro- und Nanostruktur in Metall zu übertragen. →



DR. RUBEN HÜNIG

Mitgründer und CEO von Phytonics



GALVANOTECHNIK

(umgangssprachlich: Galvanik)

Die Galvanotechnik beschreibt die elektrochemische Abscheidung metallischer Niederschläge (Überzüge) auf Gegenständen durch ein elektrolytisches Bad. Ein elektrischer Strom löst Metallionen eines am Pluspol befindlichen Metalls ab und lagert dieses durch Reduktion auf dem zu beschichtenden Gegenstand am Minuspol ab. Je höher der Strom und je länger das Bad, desto stärker fällt die Beschichtung des Gegenstands aus.



SO FUNKTIONIERT PHYTONICS

Herkömmliche Solarmodule reflektieren die Sonne abhängig vom Einfallswinkel im ein- bis zweistelligen Prozentbereich, dürfen aber in ihrer Anwendung nicht zu viel Helligkeit abstrahlen.

Die Lösung von Phytonics: Eine vollständig blendfreie Antireflexfolie, die unabhängig von der darunterliegenden Technologie mit allen Solarmodul-Typen kompatibel ist.

Die Funktion der Folie ist der Natur nachgeahmt: Die meisten Blütenblätter können Licht aller Wellenlängen und aus allen Einfallrichtungen fast vollständig in ihre Blattstruktur einkoppeln.

neu

LAND



ERFOLGREICH: DAS TEAM VON PHYTONICS IST NEBEN DEN FÜNF GRÜNDERN INZWISCHEN AUF DIE DOPPELTE ANZAHL AN MITARBEITENDEN GEWACHSEN.

Von Rolle zu Rolle

„Damit haben wir ein Formwerkzeug erschaffen, das sich anschließend viele Male für das statische Heißprägen von Polymerfolien **i** verwenden lässt. Das Werkzeug eignet sich für die Entwicklung im Labor sehr gut, im industriellen Maßstab ist es aber nicht effizient genug. Wir haben daher viel Zeit und Entwicklungsaufwand für das Hochskalieren des Verfahrens auf die Fläche eines Solarmoduls aufgewendet“, beschreibt Hünig die Entwicklungsschritte der letzten Jahre. Eine weitere Herausforderung bestand für das Team anschließend im Auswählen eines geeigneten Herstellungsverfahrens. „Wir haben einen Projektpartner gefunden, der sich auf das Prägen von Nanostrukturen spezialisiert hat und mit dem wir den Prozess auf ein günstiges Rolle-zu-Rolle-Verfahren übertragen konnten“, so Hünig. Das Rolle-zu-Rolle-Verfahren ist ein Prägevorgang, bei dem die vorher ausgewählte Polymerfolie in die Anlage eingespannt, durch zwei Prägewalzen geführt und unter Druck bei hohen Temperaturen die Struktur in die Folie fortlaufend eingepreßt wird. Vereinfacht gesagt: Die Folie läuft von einer Rolle auf die andere und erhält unterwegs ihre einzigartige, blendfreie Oberfläche. →



POLYMERFOLIE

Spezielle Polymerfolien sind langzeitstabil, kratzfest und besonders transparent für UV-Strahlung. Dank dieser Eigenschaften eignen sie sich besonders gut für den Außeneinsatz und damit für die Technologie von Phytonics.



DIE VON PHYTONICS ENTWICKELTE BESCHICHTUNG MACHT SOLARMODULE ABSOLUT BLENDFREI.

Blütezeit

Die antireflektierende Eigenschaft der Folie hat Phytonics sowohl mit Messungen am eigenen Teststand nachweisen können, als auch über die Auswertung einer offiziellen Blendungsvermessung. „Die Ergebnisse haben bestätigt, dass wir sämtliche Grenzwerte einhalten und wir damit praktisch unbegrenzte Einsatzmöglichkeiten für blendfreie Photovoltaik-Anlagen der Zukunft ermöglichen“, so Hünig. Neben der absoluten Blendfreiheit sowie der Unabhängigkeit von der darunterliegenden Photovoltaik-Technologie bringt die Folie einen weiteren entscheidenden Vorteil mit sich. „Wir erreichen an unserem Teststand am KIT unter Einsatz unserer Antireflexfolie außerdem einen relativen Mehrertrag von etwa fünf bis zehn Prozent, je nach Ausrichtung und Einfallswinkel, im Vergleich zum Testdurchlauf mit derselben darunterliegenden Technologie ohne die Beschichtung. Damit erzielen wir einen doppelt so hohen Mehrertrag als am Markt erhältliche Entspiegelungstechnologien. Diese erreichen nicht nur weniger Ertrag, sie entspiegeln eine Solarzelle zudem nicht vollständig“, beschreibt Hünig die Vorteile der Phytonics-Technologie.

Rosige Zukunft

Langfristig möchte Phytonics die Entspiegelungstechnologie in die Produktionsprozesse von Photovoltaik-Herstellern integrieren. „Das Interesse in der Industrie ist groß. Mit ein paar herstellenden Unternehmen kooperieren wir bereits

enger. Sie testen die Folie derzeit auf ihre Langzeitstabilität in beschleunigten Alterungsverfahren. In 2023 sollten diese Tests abgeschlossen werden. Parallel dazu planen wir mit den produzierenden Unternehmen die Aufbringung der Folie und die Integration in die bestehende Prozessstruktur“, so Hünig zum weiteren Vorgehen. Dass die Technologie nicht nur für herstellende Unternehmen, sondern auch für Endkunden von Bedeutung ist, zeichnet sich durch umfangreiches Feedback ab: „Wir haben eine lange Warteliste an Interessenten, die die Folie auf ihre bestehende Solaranlage integrieren möchten, darunter viele Privatpersonen mit Aufdachanlagen. Auch, weil es immer häufiger zu Rechtsstreitigkeiten unter Nachbarn aufgrund der Blendung von Photovoltaik-Anlagen kommt“, erklärt Hünig.

Bis 2030 möchte Phytonics zehn Prozent des Weltmarktes mit der antireflektierenden Folie ausstatten. Das ist ambitioniert, aber nicht unrealistisch, denn mit ihrer Technologie ermöglichen sie, was bisher keiner schafft: Sie überwinden die gesetzlichen Hürden der Photovoltaik mit einer simplen Lösung. ←



• [Zur Webseite](#)



DIE ANTIREFLEKTIERENDE BESCHICHTUNG VON PHYTONICS BERUHT AUF EINER ZWEIFACHEN OBERFLÄCHENSTRUKTUR, DEREN AUFBAU DURCH DIE PFLANZENWELT INSPIRIERT WURDE.



SUPERKLEBER FÜR SOLARZELLEN

→ Die Produktion kostengünstiger, ressourcenschonender Solarmodule ist eine der zentralen technischen Herausforderungen des nächsten Jahrzehnts. Das KIT und das Unternehmen PROTAVIC INTERNATIONAL möchten einen gemeinsamen Beitrag leisten und entwickeln einen „Superkleber“, der unter anderem für den Zusammenbau von mikroelektronischen Geräten sowie für die Herstellung von Photovoltaik-Modulen eingesetzt werden soll. Gegenstand der Kooperation ist die Entwicklung eines **elektrisch leitfähigen Struktur-Klebstoffs** mit hoher Leitfähigkeit bei geringem Silbergehalt. Als Basis dienen Polymerharze und von PROTAVIC INTERNATIONAL produzierte Silberpartikel. Die hohe Leitfähigkeit wird durch Anwendung des vom KIT entwickelten Konzepts der Kapillarsuspension erreicht. Dieses beruht darauf, dass beim Mischen von Feststoff und erster Flüssigkeit durch die geringe Zugabe einer zweiten, nicht mit der Hauptphase mischbaren Flüssigkeit, ein stabiles Partikelnetzwerk entsteht. Dieses Netzwerk wird durch Kapillarkräfte zusammengehalten und erlaubt, dass bereits bei niedrigen Partikelkonzentrationen eine hohe Leitfähigkeit vorliegt.



Prof. Norbert Willenbacher und Katrin Dyhr (rechts) vom KIT nehmen gemeinsam mit Simon Malandain (links) von PROTAVIC INTERNATIONAL den 1. Preis des Innovationswettbewerbs NEULAND für ihr Transferprojekt entgegen.



• Zum Projektvideo



NEUE MÖGLICHKEIT DER WÄRMESPEICHERUNG

→ Die Untergrundverhältnisse des Oberrheingrabens bieten ein enormes Potential für die nachhaltige Wärmeversorgung. Prof. Dr. Eva Schill und Prof. Dr. Thomas Kohl entwickeln am KIT deswegen neuartige geothermische Konzepte für variable Wärmeerzeugungs- und Speicherszenarien. Grundlastfähige Wärmeproduktion erzeugt in den warmen Monaten des Jahres einen Wärmeüberschuss. Um diesen Wärmeüberschuss zu nutzen, wird in **DeepStor** am KIT-Campus Nord ein saisonaler Hochtemperatur-Wärmespeicher getestet, der im Sommer befüllt und im Winter entladen wird. Der wissenschaftliche Demonstrator ist ein unterirdischer Hochtemperatur-speicher in einem ehemaligen Erdölfeld mit Rückgewinnungstemperaturen von $> 110^{\circ}\text{C}$. DeepStor soll in das bestehende Wärmenetz integriert werden und die Machbarkeit eines solchen Speichers zeigen.



Im Projekt DeepStor wird das Potenzial von Hochtemperatur-ATES-Systemen für die Speicherung von Wärme aufgezeigt.



• Detaillierte Projektbeschreibung



MINUS * MINUS = EIN PLUS FÜRS KLIMA

WIE FORSCHENDE DES KIT
GEMEINSAM MIT DEN
INDUSTRIEPARTNERN INERATEC
UND CLIMEWORKS MIT
NEGATIVEN EMISSIONEN
DEM KLIMAWANDEL BEGEGNEN
UND DABEI DAS TREIBHAUSGAS
KOHLENSTOFFDIOXID IN EINEN
INDUSTRIELL NUTZBAREN
ROHSTOFF UMWANDELN.

ZIEL

Schaffung negativer Emissionen durch Auftrennung von atmosphärischem Kohlenstoffdioxid in wirtschaftlich verwertbaren Kohlenstoff und Sauerstoff

PILOTANLAGE

Aufbau des gesamten Prozesses, von der Entfernung des CO₂ aus der Luft bis zur Umwandlung in festen pulverförmigen Kohlenstoff am Campus Nord des KIT

PROJEKT PARTNER

Institut für Thermische Verfahrenstechnik (TVT), Karlsruher Flüssigmetalllabor (KALLA) am Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit (ITES), INERATEC GmbH, Climeworks Deutschland GmbH





„Fünf vor zwölf!“, so die klagenden Worte der Klimaaktivistinnen und -aktivisten. Sie werden zunehmend lauter und fordernder. Um den Klimawandel aufzuhalten, hatte die Reduktion und Vermeidung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) in sämtlichen Lebens- und Wirtschaftsbereichen bislang höchste Priorität. Trotz globaler gesellschaftspolitischer Bemühungen, wie dem Pariser Klimaabkommen von 2015 und zuletzt der UN-Klimakonferenz im November 2022, ist die Bilanz ernüchternd. Gesteckte Klimaziele bleiben unerreicht. Das liegt zum einen daran, dass Maßnahmen nicht schnell genug umgesetzt werden können. Zum anderen fehlen schlichtweg wirkungsvolle Lösungen.


Am Wendepunkt

Die offiziellen Klimastatistiken zeigen die bittere Wahrheit auf: Es reicht nicht aus, den Ausstoß von CO₂ und anderen Treibhausgasen zu verringern, um die Erderwärmung auf höchstens 1,5 Grad zu begrenzen. Dieser Wert markiert den Wendepunkt, ab dem die fortschreitenden Klimaveränderungen für Mensch und



DR.-ING. BENJAMIN DIETRICH

Geschäftsführer (Akademischer Oberrat),
Institut für Thermische Verfahrenstechnik

Lebensraum zunehmend schädlich werden. Umdenken und Handeln ist gefragt, um bereits emittierte Emissionen zurückzuholen. Vor diesem Hintergrund arbeitet das KIT seit 2019 mit den Unternehmen Climevents Deutschland GmbH und INERATEC GmbH im Projekt NECOC (Negative Carbon dioxide to Carbon) zusammen. Ihr weltweit einzigartiger Ansatz: CO₂ aus der Luft entziehen und es in festen Kohlenstoff umwandeln. Dr.-Ing. Benjamin Dietrich vom Institut für Thermische Verfahrenstechnik (TVT) des KIT koordiniert das Projekt und ist überzeugt: „Mit unserer technischen Lösung kommen wir den ambitionierten klimapolitischen Zielen einen entscheidenden Schritt näher. Kohlenstoffdioxid, das als negative Emission  aus der Atmosphäre entzogen wird, kann dem Klima nichts mehr anhaben.“

Starkes Trio

Die 2022 in Betrieb genommene Demonstrationsanlage am Campus Nord des KIT vereint wichtige Verfahrensschritte der drei Projektpartner zu einer bedeutenden Prozesskette. Die Basis bildet dabei die von Climevents entwickelte CO₂-Abscheidung aus der Umgebungsluft, bekannt als „Direct Air Capture“. Die Luft wird mittels Ventilatoren aus der Umgebung angesaugt und das klimaschädliche Kohlenstoffdioxid mithilfe eines selektiven Filters abgetrennt. Durch Erhitzen wird das CO₂ dann für den Folgeprozess der Methanisierung freigesetzt. Im Methanisierungsreaktor von INERATEC →



NEGATIVE EMISSIONEN

Den Löwenanteil am Treibhauseffekt macht Kohlenstoffdioxid (CO₂) aus. Um die resultierende Erderwärmung auszubremsen, muss der Ausstoß von Treibhausgasen massiv reduziert werden. Ein Anfang, der aber nicht ausreicht, um die Klimaziele zu erreichen. Deshalb wird an technischen Lösungen gearbeitet, mit denen CO₂ der Atmosphäre entzogen werden kann. Da es sich hierbei um das Gegenteil von Emissionen handelt, wurde hierfür der Begriff «Negativemissionen» geprägt. Neben der CO₂-Abscheidung, wie sie bei NECOC zugrunde liegt, gibt es weitere Ansätze für negative Emissionen: zum Beispiel die (Wieder-) Aufforstung von Wäldern oder die Düngung von Ozeanen, um die natürliche CO₂-Aufnahme zu erhöhen.



SO FUNKTIONIERT **NECOC**

Der Klimawandel schreitet zu schnell voran. Trotz globaler gesellschaftspolitischer Bemühungen zur Reduktion des gesamten CO₂-Ausstoßes werden Klimaziele nicht erreicht.

Die Forschenden haben es geschafft, Treibhausgas-Emissionen der Luft zu entziehen und in nutzbares Kohlenstoffpulver umzuwandeln.

Hierdurch entsteht ein Doppelnutzen: Weniger klimaschädliches CO₂ in der Atmosphäre und das Endprodukt dient als nachhaltiger Rohstoff für industrielle Anwendungen.

INNOVATION

KURZGEFASST



neue

LAND

Bild links: KIT

STORY



» Die weltweite CO₂-Einsparung allein reicht nicht aus. Erst mit dem

**ENTZUG
VON CO₂
AUS DER
ATMOSPÄRE**

ließe sich der Treibhauseffekt effektiv ausbremsen. Mit unserer Anlage wandeln wir das klimaschädliche CO₂ in einen wirtschaftlich nutzbaren Rohstoff um, der sonst heutzutage überwiegend noch aus fossilen Quellen gewonnen wird.«

Dr.-Ing. Benjamin Dietrich

reagiert CO₂ unter Zugabe von regenerativ gewonnenem Wasserstoff bei Druck und hohen Temperaturen zu Methan und Wasser. „Im letzten Schritt wird das erzeugte Methan in einer mit flüssigem Zinn befüllten Blasensäule bei hohen Temperaturen in seine Bestandteile zerlegt. In aufsteigenden Gasblasen findet die Zersetzung in Wasserstoff und Kohlenstoff statt. Der Wasserstoff wird für den Prozess der Methanisierung rückgeführt. Im Blasensäulenreaktor kann das entstehende, oben schwimmende schwarze Pulver dann mechanisch abgetrennt werden“, erklärt Dietrich die sogenannte Methanpyrolyse, die am Karlsruher Flüssigmetalllabor (KALLA) als Einrichtung des Instituts für Thermische Energietechnik und Sicherheit (ITES) des KIT entwickelt wurde. Durch die Methanpyrolyse entsteht festes Kohlenstoffpulver, das als Rohstoff für industrielle Anwendungen nutzbar ist. Denkbar wäre der Einsatz als Baustoff in der Bauindustrie, in Elektrodenfolien, in der Agrarindustrie oder für Farben. Dietrich berichtet zum aktuellen Status: „Wir haben das Know-how aller Partner zusammengeführt und einen schlüssigen Prozess im Containermaßstab geschaffen. Im kontinuierlichen Betrieb entfernt die Pilotanlage je nach Auslegung aktuell jeden Tag knapp zwei Kilogramm CO₂ aus der Umgebungsluft und produziert daraus etwa 0,5 Kilogramm festen Kohlenstoff.“ →



DETAILANSICHT DER ANLAGE ZUR METHANPYROLYSE AM KIT: DER FLÜSSIGMETALL-BLASENSÄULENREAKTOR GENERIERT REINEN KOHLENSTOFF.



**TEILE DER NECOC-VERSUCHSANLAGE AM CAMPUS NORD DES KIT:
METHANISIERUNG (CONTAINER RECHTS) UND
METHANPYROLYSE (AUFBAU IN DER HALLE LINKS)**

Von der Last zum Ertrag

Mit der Inbetriebnahme der Anlage konnten die Projektpartner zeigen, dass Kohlenstoffdioxid sich zum Positiven wandeln lässt. „Uns ist es gelungen, den NECOC-Prozess erfolgreich zu demonstrieren. Die nächsten Monate bleiben spannend. Wir untersuchen, wie mit unterschiedlichen Prozessparametern verschiedene Kohlenstoffmodifikationen produziert werden können. Dies könnte z.B. Carbon Black oder graphenartiger Kohlenstoff sein. Dabei haben wir ein besonderes Augenmerk darauf, wie effizient die Gase in den einzelnen Prozessschritten im Gesamtablauf umgewandelt werden und wie wir die

**ENDPRODUKT VON NECOC UND
ROHSTOFF FÜR DIE INDUSTRIE:
CARBON BLACK**

Prozesswärme direkt rückgewinnen und nutzen können“, sagt Dietrich. Für den Einsatz im Markt müsse die nächste Aufbaustufe erreicht und die Qualitätsanforderungen der abnehmenden Unternehmen erfüllt werden. NECOC bietet die Chance, das konventionelle Herstellungsverfahren des schwarzen Pulvers auf Basis von fossilen Rohstoffen, wie Erdöl, durch ein nachhaltiges Herstellungsverfahren in Verbindung mit negativen Emissionen zu ersetzen. Ein Doppelnutzen für die Umwelt. Projektkoordinator Dietrich gibt einen weiteren Ausblick: „Neben der Luft als Quelle für das CO₂ zur Erzeugung negativer Emissionen sind auch weitere Quellen denkbar, wie zum Beispiel stark emittierende Industriebetriebe, die direkt an den Prozess angekoppelt werden könnten. Überall dort, wo die CO₂-Vermeidung bereits ausgereizt ist oder Emissionen schlichtweg unvermeidbar sind, wie zum Beispiel bei der Zementherstellung, ist das direkte Abzweigen des Kohlenstoffdioxids eine Zukunftslösung.“ ←



• Dr. Dietrich im Interview



• Zum Projektvideo

ERFOLGREICHER TECHNOLOGIETRANSFER **VON DER IDEE ZUR INBETRIEBNAHME**



**ERGEBNIS EINER LANGJÄHRIGEN KOOPERATION:
CARGILL ERÖFFNET NEUE PRODUKTIONSANLAGE MIT EINER
AM KIT ENTWICKELTEN MIKROREAKTORTECHNOLOGIE.**

„Der Anstoß für ein erstes gemeinsames Technologietransfer-Projekt mit Cargill ist durch die langjährige Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Jürgen Brandner vom Institut für Mikrostrukturtechnik 2008 entstanden“, erinnert sich Dr. Rainer Körber, promovierter Chemiker und Innovationsmanager am KIT. „Wir haben gemeinsam viele Ideen entwickelt, unter anderem zu Mikrowärmetauschern und Mikroreaktoren. Auch mit Cargill war ich seit etwa 2008 in regelmäßigem Austausch“, so Körber weiter. Cargill befasst sich mit dem Handel von Lebens- und Futtermitteln, unter anderem von Nahrungsmittel-Grundstoffen wie Glukose und Stärke. „Die am KIT entwickelte Mikroreaktortechnologie ist für die Polymerisierung von Zucker und damit für die Herstellungsprozesse von Cargill interessant. Wir kamen also auf die Idee, beides miteinander zu verbinden. Das war im Prinzip der Grundstein für die langjährige Zusammenarbeit und die kürzlich in Betrieb genommene Anlage“, resümiert Körber.

Gegenstand des 2011 gestarteten, ersten Technologietransfer-Projekts war, zunächst im Labormaßstab aufzuzeigen, zu entwickeln und zu validieren, wie eine Anwendung der Mikroreaktortechnologie des KIT für die spezifischen Bedarfe bei Cargill aussehen könnte. Nach erfolgreichen Laboruntersuchungen mit guten Ergebnissen hinsichtlich Umsatz und Selektivität folgte der Aufbau einer Technikumsanlage, die die Technik auf Nachhaltigkeit, Robustheit und Verlässlichkeit prüfte und die heute noch



**MIT DER NEUEN PRODUKTIONSANLAGE
KANN CARGILL LÖSLICHE
BALLASTSTOFFE HERSTELLEN.**

im Cargill-Werk in Krefeld im Einsatz ist. „Ich habe schon viele Technologietransfer-Projekte begleitet. Nach der Machbarkeitsphase wünschen wir uns natürlich immer die Skalierung auf den großen Maßstab und damit den Einsatz nicht nur im Forschungsbereich, sondern auch in der Industrie. Das Motto ‚Never change a running system‘ gilt es zu überwinden, Vertrauen in Innovation zu schaffen und damit neue Technologien zu etablieren. Wir waren sehr erfreut, als wir von Cargill hörten, dass sie sich für den Bau einer neuen Anlage und damit erstmals für den Einsatz der am KIT entwickelten Technologie im Produktionsmaßstab entschieden haben“, berichtet Körber. Eine unter Einbezug von Marktveränderung, Branchenentwicklung und Firmenpolitik nicht einfache und riskoreiche →



DAS UNTERNEHMEN KANN MIT DER NEUEN PRODUKTIONS-LINIE DIE STEIGENDE NACHFRAGE NACH ZUCKERREDUZIERTEN PRODUKTEN DECKEN.

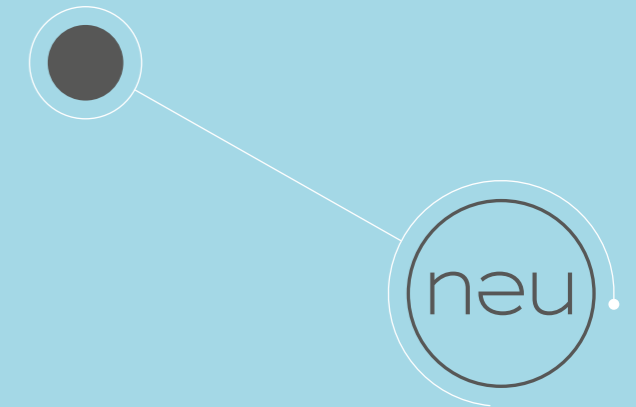
Entscheidung. „Auf eine neue, nicht bewährte Technologie zu setzen, ist und bleibt ungewiss. Dass Cargill sich dazu entschlossen hat, ist eine beachtenswerte Entscheidung. Auch für uns aus Sicht des KIT, denn hier geht es um weit mehr als ‚nur‘ gute Laborergebnisse, wie beispielsweise der Steigerung des Umsatzes und der Reinheit des Produktes.

So kommt es wirklich nicht jeden Tag vor, dass aus einem gemeinsamen Entwicklungsprojekt eine 38 Millionen Euro teure Anlage entsteht“, so Körber weiter. Mit der Intention, eine neue Technik zu entwickeln, die für Cargill im späteren Einsatz eine Umsatzsteigerung durch effizientere Prozesse und Kapazitätserhöhung verspricht, haben die

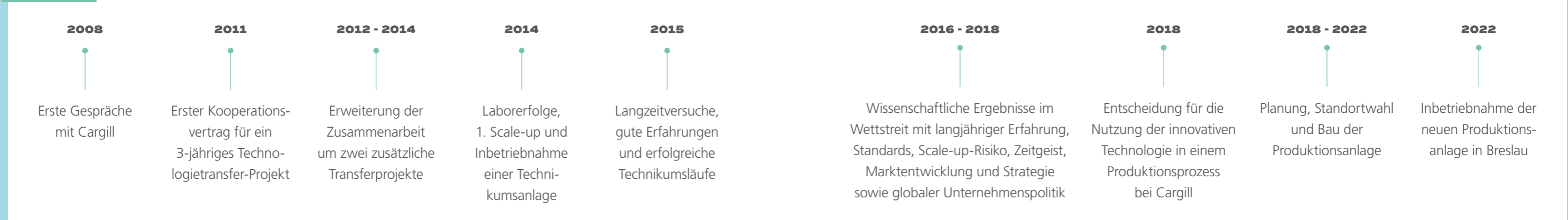
Kooperationspartner in der jahrelangen Zusammenarbeit von der Ideenfindung über die Technologieentwicklung hin zum Scale-up den Grundstein für einen erfolgreichen Anlagenbau gelegt. Am 16. November 2022 wurde die neue Produktionsanlage im polnischen Breslau offiziell eröffnet. Cargill hat gemeinsam mit dem KIT auf eine innovative technische Lösung für die zukünftige Poly-dextrose-Produktion gesetzt. „Ich freue mich, dass wir heute gemeinsam eine so wichtige Investition einweihen können“, sagte Ryszard Pacholik, Bürgermeister des Bezirks Kobierzyce, bei der Inbetriebnahme.

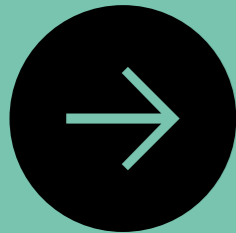
Cargill legt mit der neuen Anlage den Grundstein für die steigende Nachfrage nach zuckerreduzierten Produkten. Mit der neuen Produktionslinie kann das Unternehmen

lösliche Ballaststoffe herstellen, die eine Zuckerreduzierung von mindestens 30 Prozent ermöglichen. Dadurch können Lebensmittel- und Getränkehersteller das Nährwertprofil einer breiten Produktpalette, wie Süßwaren, Backwaren, Milchprodukten und Getränken, verbessern. ←



TIMELINE





COMPUTATIONAL DESERT

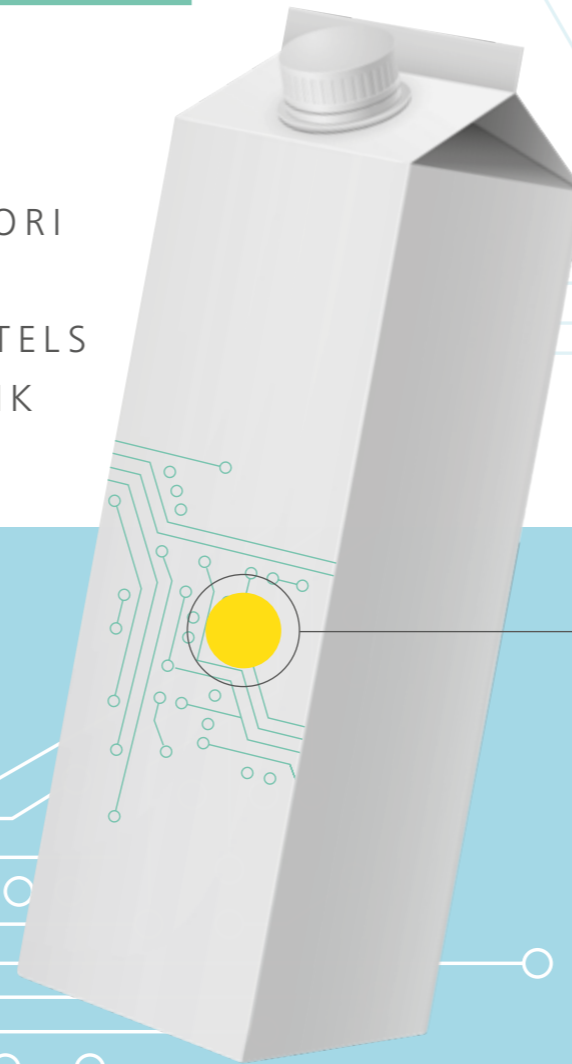
WIE PROF. MEHDI TAHOORI
NEUE FUNKTIONEN FÜR
SMARTE PRODUKTE MITTELS
GEDRUCKTER ELEKTRONIK
ERMÖGLICHEN MÖCHTE.

ZIEL

Mehr Lebensqualität durch schnelle, kostengünstige und zuverlässige (Mini-)Computer auf Basis gedruckter Elektronik

EINSATZ

Ob schnelllebige Konsumgüter wie Lebensmittelverpackungen oder individuell angefertigte Medizinprodukte: Der Einsatz solcher (Mini-)Computer und Sensoren ist vielfältig



5
TAGE
HALTBAR

O.K.
TEMP. +5,5°C
MIN - 1,5°C
MAX + 6,0°C

!
TEMP. +6,1°C
MIN - 1,5°C
MAX + 6,0°C

O.K.
TEMP. -0,8°C
MIN - 1,5°C
MAX + 6,0°C

neu

Ist die Milch noch frisch?

Eine Milchpackung mit Frischesensor, der Handelsunternehmen und Endkonsumierenden den Frischegrad anzeigt. Ein Temperatursensor auf der Weinflasche, der die optimale Trinktemperatur überprüft. Ein Pflaster, das die behandelte Person benachrichtigt, wann die Wunde ausreichend geheilt ist. Das sind mögliche Beispiele von smarten Produkten der Zukunft. „Auf den ersten Blick denken viele, dass das kein Mensch braucht. Andererseits haben wir vor 20 Jahren auch nicht die Vision gehabt, dass Smartphones unabdingbar werden und dass man die vielfältigen Funktionen auf ein so kleines Gerät bekommt. Anfangs konnte man damit telefonieren und ein Bild machen, aber inzwischen machen wir damit alles Mögliche, sodass Smartphones aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken sind“, sagt Prof. Dr. Mehdi Tahoori, Lehrstuhlinhaber für verlässliches Nano-Computing (CDNC) am Institut für Technische Informatik (ITEC) des KIT.

Smarte Produkte von morgen einfach drucken?

Gemeinsam mit dem Institut für Nanotechnologie (INT) des KIT sowie einigen internationalen Universitäten hat sich Tahoori die Verbreitung von schnellen, kostengünstigen und zuverlässigen (Mini-)Computern für oben genannte Anwendungsszenarien zur Aufgabe gemacht. „Für diese smarten Produkte braucht es Minisensoren, die eine Menge an Daten speichern und zuverlässig auslesen können“,



PROF. DR. MEHDI B. TAHOORI

Professor und Lehrstuhlinhaber für verlässliches Nano-Computing (CDNC) am Institut für Technische Informatik (ITEC)

erklärt Tahoori. Heute eingesetzte Miniprozessoren oder Chips in elektronischen Geräten wie Smartphones oder Smartwatches basieren auf Siliziumtechnologien. Diese bestehen aus einer sehr großen Anzahl von Komponenten und Transistoren, was sie zu sehr komplexen Systemen macht. „Für die sehr kostengünstigen Produkte, an die wir denken, stößt die Siliziumtechnologie an ihre Grenzen. Sie erfordert sehr komplexe Herstellungsverfahren, die enorm kostenintensiv sind. Selbst die kleinsten

Siliziumchips, zum Beispiel Java Cards oder RFID-Tags, sind in der Herstellung zu teuer für unser Vorhaben. Wenn wir an Produkte wie ein intelligentes Pflaster oder eine Milchtüte mit Frischesensor denken, dann müssen wir die Elektronikkomponenten sehr kostengünstig anbieten, damit das Endprodukt dadurch nicht teurer wird. Das ist mit der Siliziumtechnologie schlicht und einfach nicht möglich“, so Prof. Tahoori.

Im Projekt PRICOM (printed computing) fokussieren sich Tahoori und sein Team daher auf die Entwicklung neuer Rechnerarchitekturen, die nicht auf Siliziumchips, sondern auf gedruckter Elektronik basieren. „Die additive Fertigung ermöglicht das Produzieren in geringen Mengen mit einem kleinen Drucker zu günstigen Konditionen, weil man nicht von großen teuren Produktionsprozessen der Siliziumtechnologie abhängig ist“, beschreibt Tahoori das Potenzial. Zudem können Sensoren, die mit gedruckter Elektronik ausgestattet sind und direkt in das jeweilige Produkt implementiert werden, mehr Komponenten integrieren, Informationen besser aufbereiten und diese für die Nutzerinnen und Nutzer visualisieren.

Neue Art von Berechnungen als Herausforderung

So einfach die Umsetzung zunächst scheint, ist sie dann jedoch nicht. Die additive Fertigung ist in ihrer derzeitigen Form für die Herstellung solcher Minicomputer nicht einsetzbar. „Es gibt zwar Ansätze, Sensoren mithilfe der additiven Fertigung zu erzeugen, aber diese Verfahren sind für große Mengen zu langsam“, erklärt Tahoori das Problem. „In siliziumbasierten Chips finden sich mehr als 100 Milliarden Transistoren, bei der gedruckten Elektronik sind es maximal 100 bis 1000 Komponenten. Hinzu kommt die Ungenauigkeit der Fertigung. Wenn man beispielsweise zwei Transistoren druckt, ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese am Ende exakt gleich sind, sehr gering“, so Tahoori weiter.

Die große Herausforderung und damit die grundlegende Forschungsfrage von PRICOM ist daher, wie man genaue, zuverlässige und energieeffiziente Klassifizierungsberechnungen durchführen kann, um die Anforderungen des Vorhabens innerhalb der Beschränkungen der additiven Druckproduktion zu erfüllen. Vereinfacht gesagt bedeutet dies, dass der smarte Sensor eine Entscheidung →



Heute eingesetzte Miniprozessoren in elektronischen Geräten bestehen aus zahlreichen Komponenten und basieren in ihrer Fertigung auf Siliziumtechnologien.

Das Potenzial, Miniprozessoren in schnelllebigem Konsumgütern einzusetzen, findet bisher aufgrund der komplexen und teuren Herstellungsverfahren von Siliziumtechnologien keine Anwendung.

PRICOM widmet sich der Miniprozessorfertigung mittels additiver Fertigung, die eine günstige Alternative bieten kann. Dafür forschen Beschäftigte des KIT an neuen Rechnerarchitekturen.

DAS PROJEKT PRICOM FOKUSSIERT SICH AUF DIE ENTWICKLUNG NEUER RECHNERARCHITEKTUREN, DIE NICHT AUF SILIZIUMCHIPS, SONDERN AUF GEDRUCKTER ELEKTRONIK BASIEREN.

(Klassifizierung) trifft, beispielsweise, ob eine Milch noch gut ist. Dafür wollen die Forschenden eine Mischung aus analoger und digitaler Rechnung **i** nutzen. „Die digitale Rechnung war in der Chip-Herstellung bisher üblich. Da wir in der additiven Fertigung aber so wenige Transistoren und Komponenten haben, kommen wir um die analoge Rechnung nicht herum, weil sie mit weniger Komponenten arbeitet. Dafür ist sie aber auch ungenau und reagiert auf Schwankungen sehr empfindlich. Mit dem Mischsignal, also dem Einsatz beider Verfahren, erhoffen wir uns eine optimale Lösung zu finden“, erklärt Tahoori.

Die Vision zum Leben erwecken

Die Forschenden konnten in den letzten Jahren bereits erfolgreich erste Komponenten drucken, implementieren und messen. „Am KIT haben wir gute Erfahrungen im Bereich der additiven Fertigung. Hinzu kommt unser enormes Know-how für Informatikmethoden und Elektrotechnik. Diese Verbindung von gedruckter Elektronik und Informatik ist selten. Auch bei maschinellem Lernen und künstlicher Intelligenz sind wir sehr gut aufgestellt. Der Mix dieser unterschiedlichen Bereiche ist ausschlaggebend für unseren Ansatz und wir sind auf einem sehr guten Weg“, beschreibt Tahoori. Aktuell arbeitet das Team an der Stabilität gedruckter Chips. Tahoori blickt optimistisch in die Zukunft: „In vielen wichtigen Lebensbereichen wie beispielsweise dem schnelllebigen Konsumgütermarkt (FMCG) oder der personalisierten Medizin ist der Mehrwert der Computertechnik noch nicht erschlossen, was vor allem an den hohen Produktionskosten für starre Siliziumtechnologien liegt. Dabei machen diese Anwen-

ANALOGES UND DIGITALES RECHNEN



Dem analogen Rechnen liegt das Lösen mathematischer Aufgaben durch Beobachtung physikalischer Modelle mit analogen Gesetzmäßigkeiten zugrunde. Die Berechnung erfolgt mithilfe von kontinuierlichen mechanischen oder elektrischen Vorgängen und beliebigen Zwischenwerten. Die Unterscheidung zum digitalen Rechnen liegt in der Werteverteilung. Digitalrechner arbeiten hingegen nur mit bestimmten diskreten Zahlen, 0 und 1.

dungen ein enorm hohes Marktvolumen aus und bieten damit auch ein großes Potenzial für smarte Technologien. Ich bin sehr optimistisch, dass wir mit PRICOM vorzeigbare Anwendungsprojekte generieren und damit bestimmte Aspekte unseres Lebens besser berechnen können. Mit dem Ziel, Halbleiterchips und bereits verfügbare gedruckte Elektronik um hochindividualisierbare, sehr kostengünstige, integrierte Elektronik mit Rechenkapazität zu erweitern. Weg von der Wüste hin zu mehr Lebensqualität.“ ←



• Zur Pressemitteilung





DATENSICHERHEIT UND PRIVATSPHÄRE WAHREN

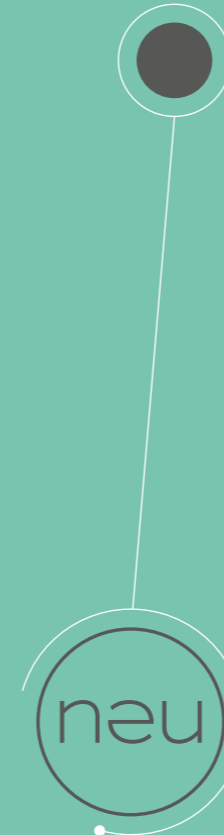
→ Die Forschungsgruppe **SECUSO** (**SEC**urity, **Usability** und **SO**ciet) des KIT hat es sich zur Aufgabe gemacht, Nutzende von Online-Diensten nutzungsfreundliche Konzepte und Tools zur Verfügung zu stellen, wodurch die Datensicherheit und Privatsphäre gewahrt werden kann. „IT-Sicherheit muss für jeden verständlich und umsetzbar sein“, so die Leiterin des Forschungsteams, Prof. Dr. Melanie Volkamer. Das Angebot ist für Bürgerinnen und Bürger kostenfrei: Informationsbroschüren, 5 Minuten NoPhish-Erklärvideos, Schulungsunterlagen mit Quizangeboten, Awareness-Maßnahmen und „Privacy Friendly Apps“ sind nur einige der Angebote, die SECUSO zur Verfügung stellt. Das Angebot wurde von der Stiftung des Verbraucherzentrale Bundesverbands mit dem Preis für herausragende Verbraucherschutz-Projekte ausgezeichnet. Der Preis wurde von der Bundesministerin für Verbraucherschutz überreicht.



Fokus IT-Sicherheit: Die Forschungsgruppe SECUSO stellt Konzepte und Tools zur Wahrung der Datensicherheit und Privatsphäre zur Verfügung.



• Zur Pressemitteilung



• Zur Webseite

IM KAMPF GEGEN VIREN, TROJANER UND RANSOMWARE

→ Das Start-up **Inlyse** treibt die Malware-Erkennung durch die Kombination von intelligenten Bilderkennungsmechanismen und selbstlernenden, neuronalen Netzen voran und schützt Unternehmen damit vor Viren, Trojanern und Ransomware. Die Sicherheitsplattform ermöglicht die komfortable Verwaltung aller wichtigen Sicherheitsfunktionen im Unternehmen über ein einfach zu bedienendes Dashboard und dient als ergänzende Lösung für bestehende IT-Sicherheitsinfrastrukturen. Während reguläre Virenprogramme im Durchschnitt nur noch rund 50 Prozent der existenten Schadprogramme entdecken, kommt Inlyse auf eine Erkennungsgenauigkeit von 99 Prozent. Die Sicherheitslösung des Start-Ups kann sowohl in der Cloud als auch On-Premise bei Unternehmen eingesetzt werden. Zusätzlich bietet Inlyse eine kostenfreie Version für Privatpersonen an.



Schluss mit Viren, Trojanern und Ransomware: Wie das Start-up Inlyse den IT-Schädlingen den Kampf ansagt.



BEDROHUNG DEEPFAKES: WIE DAS KIT ABHILFE SCHAFFT

→ **Deepfakes** sind nüchtern betrachtet eine faszinierende Technologie: Personen können mithilfe von künstlicher Intelligenz in neue Kontexte gestellt werden. So beeindruckend die Technologie auf den ersten Blick sein mag, wird sie zunehmend zum Problem für die Privatsphäre, aber auch für die Demokratie. Gefälschte Audiodokumente könnten beispielsweise dafür eingesetzt werden, juristische Prozesse zu beeinflussen. Die Manipulation durch Propagandamaterial und Identitätsdiebstahl sind nur einige der negativen Folgen. Forschende des KIT haben sich im Auftrag des Europaparlaments mit Partnern aus den Niederlanden, Tschechien und Deutschland zusammengeschlossen, um sich mit potenziellen Gefahren der Deepfake-Technologie zu beschäftigen. Aufbauend auf dieser europäischen Studie für den „Scientific Technology Options Assessment“-Ausschuss wird in einem weiteren Projekt nach einer Lösung gesucht, Erkenntnisse und Ansätze der unterschiedlichen Disziplinen zusammenzuführen. Hier soll insbesondere die Perspektive von Nutzerinnen und Nutzern genauer untersucht werden. Bis dahin appellieren die Forschenden an das kritische Hinterfragen der Glaubwürdigkeit von Medieninhalten zu jeder Zeit.



Forschende des KIT beschäftigen sich mit den Gefahren von Deepfakes und suchen nach effizienten Lösungsansätzen.



• Zur Pressemitteilung



IM ZEITALTER DIGITALER KUNST

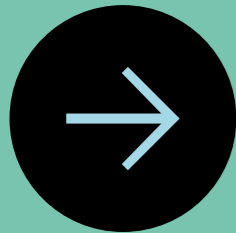
→ Die permanente Weiterentwicklung des Internets und damit zusammenhängende Softwareupdates auf Webseiten können Ursache für unbeabsichtigte Veränderungen digitaler Kunstwerke sein. Das interdisziplinäre Forschungsprojekt **COSE** (Programmierte Geheimnisse: künstlerische Interventionen im digitalen Gewebe) wurde von Inge Hinterwaldner, Professorin am Institut für Kunst- und Baugeschichte des KIT, ins Leben gerufen und stellt sich genau dieser Herausforderung. Ziel des Projekts ist die Nutzung digitaler Kunst in den Geisteswissenschaften nahbarer zu gestalten, indem Kunst, die als solche noch nicht erkennbar ist, aufgezeichnet, in eine Datenbank integriert und dokumentiert wird. Der Fokus des Projekts liegt auf computerbasierten und im Internet aufzuspürenden künstlerischen Artefakten, der Online-Kunst.



Die Kunst der Zukunft: Prof. Inge Hinterwaldner vom KIT möchte die Nutzung digitaler Kunst nahbarer gestalten.



• Zur Pressemitteilung



LICHT AM ENDE DER MEMBRAN

SCHLUSS MIT UNSICHTBAREN
VERUNREINIGUNGEN: WIE
FORSCHENDE DES KIT
HORMONE EFFIZIENT AUS
WASSER ENTFERNEN UND
DAMIT ZUKÜNFTIG SAUBERES
TRINKWASSER GARANTIEREN
MÖCHTEN.

ZIEL

Hormone mittels photokatalytischer Membranfiltration effizient aus Gewässern entfernen

EINSATZ

Von der Wasseraufbereitungsanlage bis zum Vorfiltern von Industrieabwässern und Wasserrecycling: die Technologie kann vielfältig eingesetzt werden

PROJEKT PARTNERIN

Dr. Agnes Schulze, Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung (IOM), Leipzig

neu

neu ——— LAND

Bild: Tierney / stock.adobe.com



Beim Thema Hormone denken viele an den weiblichen Zyklus und die Antibabypille. Die winzigen Moleküle steuern jedoch viele Funktionen des menschlichen Körpers. Hormone kommen überall dort vor, wo Menschen und Tiere sind. Sie werden auf natürliche Weise ausgeschieden, in der Landwirtschaft oder bei medizinischen Therapien



**PROF. DR.-ING.
ANDREA IRIS SCHÄFER**

Leiterin des Instituts für
Advanced Membrane Technology (IAMT)

und Produkten verwendet. Ihre Eigenschaften sind mindestens so vielfältig, wie ihr Vorkommen. Sie regeln unter anderem den Energie- und Wasserhaushalt des menschlichen Körpers, tragen zum Wachstum und zur Fortpflanzung bei. Sie können in Medikamenten Lebensretter für Betroffene mit schweren Krankheiten sein, können aber genauso Krankheiten auslösen oder die Fruchtbarkeit beeinflussen. Schlaf- und Stoffwechselstörungen, Depressionen oder Nierenversagen sind nur einige von vielen Beispielen. Fakt ist: Hormone sind winzige, aber komplexe Moleküle, die nicht unterschätzt werden dürfen. Schon in geringen Mengen können sie Einfluss auf die grundlegenden menschlichen Funktionen nehmen.

Diese geringen Mengen nehmen die Menschen nicht nur bewusst durch beispielsweise Medikamente auf, sondern häufig auch unbewusst über verunreinigtes Wasser. „Wir verzeichnen seit Jahren einen beständigen Anstieg an Mikroverunreinigungen im Wasser. Das sind neben Pharmazeutika, Bioziden und anderen Chemikalien auch Hormone, beispielsweise durch das Ausscheiden über den Urin, das Ableiten von Industrieabwässern oder aus Rückständen in der Landwirtschaft“, erklärt →

SO FUNKTIONIERT DIE **WASSERFILTRATION**

Hormone sind winzige Moleküle, die häufig unbewusst über verunreinigtes Wasser in den menschlichen Körper gelangen und dann Einfluss auf die grundlegenden menschlichen Funktionen nehmen können.

Durch Membranen, die am IOM modifiziert werden, haben das KIT und das IOM gemeinsam ein effizientes Verfahren zur Entfernung von Steroidhormonen aus Abwässern entwickelt.

Eine Membran mit Nanopartikeln sorgt im kontinuierlichen Durchfluss bei Lichteinfall für eine chemische Reaktion, bei der die Hormone zersetzt und abbaubar gemacht werden.

neu

LAND

FORSCHENDE DES KIT HABEN EINE PHOTOKATALYTISCHE MEMBRANFILTRATIONSANLAGE ZUR ENTFERNUNG VON STEROIDHORMONEN AUS ABWÄSSERN ENTWICKELT.



Bilder: Amadeus Bramsiepe / KIT

STORY

INNOVATION
KURZGEFASST



Prof. Dr.-Ing. Andrea Iris Schäfer, Leiterin des Instituts für Advanced Membrane Technology (IAMT) des KIT. Nanofiltration und Umkehrosmose haben sich als effiziente Methode für die Entfernung diverser Schadstoffe aus Wasser erwiesen, gelangen jedoch bei Hormonen an ihre Grenzen. Hormone sind relativ klein, zudem neutral und nicht über eine Ladung herauszufiltern, wie das bei vielen anderen Pharmazeutika praktiziert wird. „Es ist faszinierend, dass Hormone im menschlichen Körper eine so präzise Arbeit leisten können. Sie sind pünktlich in der gefragten Menge am richtigen Ort, um bestimmte Funktionen zu erfüllen. Die Hormone aber ebenso präzise aus Gewässern zu entfernen, ist bislang nicht möglich“, so Schäfer.

Um diese Stoffe zunächst aus verschiedenen Wasserströmen effektiv zu entfernen, hat sich das IAMT die Entwicklung entsprechender Verfahren zur Wasserreinigung zum Ziel gemacht. In Kooperation mit einem Team aus Forschenden des Leibniz-Instituts für Oberflächenmodifizierung (IOM) in Leipzig werden Membranen modifiziert und gezielt für die Entfernung von Steroidhormonen entwickelt. „Wir machen uns bei dem Ansatz eine Technologie aus der Photokatalyse zunutze. Die Membranen werden am IOM beschichtet“, erklärt Schäfer. Diese Titandioxid-Nanopartikel auf und in den Membranporen sorgen bei Lichteinfall für eine chemische Reaktion, bei der die Hormone zersetzt

und abbaubar gemacht werden. Entstanden ist somit eine photokatalytische Membranfiltrationsanlage, die Steroidhormone im kontinuierlichen Durchfluss entfernt. Das Verfahren ist nicht nur energieeffizient, sondern verringert auch die Hormonkonzentration im gefilterten Wasser. „Auch, wenn wir noch mitten in der Forschung stecken, ist unsere Technologie ein großer Meilenstein und eine wichtige Grundlage für die zukünftige Wasserreinigung. Die aktuelle Trinkwasserrichtlinie der WHO liegt für das Hormon Estradiol bei 1 Nanogramm pro Liter. In der Regel werden um die 100 Nanogramm pro Liter in behandelten Abwässern nachgewiesen, was bedeutet, dass wir 99 Prozent entfernen müssen. Eine Herausforderung, der wir nun begegnen können“, beschreibt Schäfer das Potenzial der Technologie.

Die Forschenden arbeiten mit vielen Kooperationspartnern im In- und Ausland daran, ihre Technologie weiterzuentwickeln und diese auch für andere Schadstoffe nutzbar zu machen. „Es gibt weiterhin Schadstoffe, die noch immer nicht abbaubar sind, unter anderem die ‚Forever Chemicals‘. Das sind Industriechemikalien wie Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS). Wir möchten unseren Teil dazu beitragen, und versuchen zu verstehen, wie wir solch stabile chemische Verbindungen angreifen können“, so Schäfer. Parallel beschäftigt sich das Forschungsteam aber auch mit der Skalierung der Technologie für den industriellen Maßstab und sucht nach geeigneten Industriepartnern.

Hier ist das Einbringen von Licht in Membranmodulen eine große Herausforderung, die das Team mit Kooperationspartnern wie Prof. Bryce Richards vom Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT) und dem Lichttechnischen Institut (LTI) des KIT bearbeitet. Die photokatalytische Membranfiltrationsanlage eignet sich für ein breites Feld an Anwendungsbeispielen, von der Wasseraufbereitungsanlage hin zur Aufarbeitung von Konzentraten, wie sie mit anderen Verfahren anfallen.

Ob Weiterentwicklung oder Industrieskalierung: Für die Forschenden steht das Ziel von sauberem Trinkwasser im Fokus. „Die Trinkwasserqualität in Deutschland ist in der Regel sehr gut, in anderen Ländern sieht das aber ganz anders aus und zunehmende Verunreinigung betrifft uns alle. Die Wasserverschmutzung ist und bleibt ein globales Kernthema, denn sie nimmt weiter zu. Wir können Wasser nicht herstellen, wir können es nur sauber machen. Wenn wir Mikroverunreinigungen wie Hormone nicht effizient entfernen, ist es nur eine Frage der Zeit, bis wir sie durch das Trinkwasser aufnehmen“, warnt Schäfer. ←



• [Zur Webseite](#)



TITANDIOXID-NANOPARTIKEL AUF DER MEMBRANOBERFLÄCHE SORGEN BEI LICHTEIFALL FÜR EINE CHEMISCHE REAKTION, WELCHE DIE HORMONE ZERSETZT UND ABBAUBAR MACHT.



CAIRT: THE CHANGING-ATMOSPHERE INFRARED TOMOGRAPHY EXPLORER



Atmosphärische Veränderungen: Das Satellitenkonzept CAIRT untersucht Emissionen und ozonstörende Substanzen mit Auswirkungen auf die Erde.



→ Klima, Wetter und Luftqualität stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Veränderung der Zusammensetzung der Atmosphäre. Mit dem Satellitenkonzept **CAIRT** (The **C**hanging-**A**tmosphere **I**nfra-**R**ed **T**omography Explorer) wollen Forschende des KIT gemeinsam mit weiteren Partnern Emissionen und ozonzerstörende Substanzen mit Auswirkungen auf die Erdatmosphäre untersuchen und damit belastbare Vorhersagen ermöglichen. Das Infrarot-Tomographie-Experiment wurde als eines von vier Vorschlägen für eine Mission zur wissenschaftlichen Erdbeobachtung von der Europäischen Weltraumorganisation ESA in Betracht gezogen, die in etwa zehn Jahren beginnen soll. Die Infrarotmessungen ermöglichen ein detailliertes Bild vom inneren Zustand der Atmosphäre – vom Erdboden bis an den Rand des Weltalls.



• Zur Pressemitteilung

PFLANZENENTWICKLUNG VON MORGEN

→ Um Entwicklungsvorgänge von Pflanzen besser nachvollziehen zu können, haben Forschende des KIT die Methode der molekularen Schere CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) weiterentwickelt. Molekulare Scheren ermöglichen die Veränderung von pflanzlicher DNA und verringern damit die Anfälligkeit gegen Schädlinge, Krankheiten oder extreme klimatische Bedingungen. Mit der vom Joseph Gottlieb Kölreuter Institut für Pflanzenwissenschaften des KIT entwickelten Methode **CRISPR-Kill** kann die Entstehung spezifischer Pflanzentypen während der Pflanzenentwicklung gezielt verhindert werden, indem die DNA dieser Zelltypen eliminiert wird. Dabei werden Genome – eine in fester Reihenfolge angeordnete Anzahl an Chromosomen – durch Anwendung der Schere gleichzeitig an mehreren Stellen durchtrennt.



CRISPR-Kill kann pflanzliche DNA verändern und damit die Entstehung schädlicher Pflanzentypen verhindern.



• Zur Pressemitteilung

UNSICHTBAR

ABER OMNIPRÄSENT

ES IST DAS LEICHTESTE CHEMISCHE ELEMENT IM PERIODENSYSTEM, FARB-, GESCHMACK- UND GERUCHLOS. SO UNSCHENBAR SEINE EIGENSCHAFTEN KLINGEN, UMSO GRÖßER IST SEIN POTENZIAL ALS ENERGIETRÄGER FÜR DIE ZUKUNFT: WASSERSTOFF. DAS KIT FORSCHT IN DREI BMBF-LEITPROJEKTEN NACH ZUKUNFTSTRÄCHTIGEN LÖSUNGEN MIT DEM ZWEIATOMIGEN MOLEKÜL.

Deutschland hat die Klimaschutzgesetze verschärft. Das Ziel: Bis 2045 soll die Bundesrepublik klimaneutral sein. Der globale Klimawandel sowie die daraus abgeleiteten verschärften Auflagen zwingen unter dem Aspekt des Energiebedarfs vor allem die Sektoren Industrie, Verkehr und Energiewirtschaft, zukünftig auf nachhaltigere nicht-fossile Lösungen zu setzen. Steht das chemische Element bald nicht nur im Periodensystem, sondern auch für unsere energetische Zukunft an erster Stelle? Das Potenzial ist da: „Wasserstoff kann fossile Brennstoffe ersetzen, als Treibstoff die nachhaltige Mobilität vorantreiben, in Strom

und Wärme umgewandelt werden und als Speicher für Strom aus erneuerbaren Quellen dienen“, beschreibt Dr. Wolfgang Breh, Geschäftsführer am KIT-Zentrum Energie, die vielfältigen Möglichkeiten mit Wasserstoff.

In der Vergangenheit mag Wasserstoff von wirtschaftlich attraktiveren Energieträgern wie Öl und Erdgas in den Hintergrund gedrängt worden sein, unter Berücksichtigung der Klimapolitik gewinnt er aber zunehmend an Bedeutung. Die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger ist nichts Neues. Nicht nur in der Wirtschaft, auch am

KIT hat das chemische Element eine Historie. „Am KIT betreiben wir schon sehr lange Wasserstoffforschung. Sei es der Betrieb des Wasserstoffbusses in den 80er Jahren am damaligen Kernforschungszentrum, die elektrische Herstellung von Wasserstoff oder die Sicherheitstests der BMW-7er-Reihe-Wasserstoff. Wir haben ein breitgefächertes Forschungsspektrum im Bereich Wasserstoff. Das Forschungsthema war und ist am KIT omnipräsent“, so Breh.

Aktuell sind unterschiedliche Institute des KIT maßgeblich an drei Wasserstoff-Leitprojekten beteiligt, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert werden, um einen zentralen Beitrag für die Wasserstoffstrategie in Deutschland zu leisten. In allen drei Leitprojekten arbeiten Forschende des KIT gemeinsam mit Partnern aus Industrie, Wissenschaft und Verbänden an unterschiedlichen Lösungen. „Mit der vielfältigen Wasserstoffforschung am KIT decken wir die gesamte Wertschöpfungskette ab, von der Produktion über den Transport hin zur Anwendung von grünem Wasserstoff“, fasst Dr. Thomas Walter Tromm, wissenschaftlicher Sprecher des KIT-Zentrums Energie, zusammen.



DIE FARBENLEHRE DES WASSERSTOFFS

Grüner Wasserstoff wird in einem chemischen Prozess hergestellt (Elektrolyse), bei dem Wasser mithilfe von Strom in seine Komponenten Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. Unter Nutzung von erneuerbaren Energien ist der Prozess CO₂-neutral.

Türkiser Wasserstoff entsteht bei der Methanpyrolyse durch Spaltung von Methan in Wasserstoff und festen Kohlenstoff, der gelagert und später weiterverwendet werden kann. Auch hier gilt: Wird erneuerbare Energie genutzt und der Kohlenstoff unterirdisch eingelagert oder für langlebige Produkte verwendet, ist der Prozess klimaneutral.

Blauer Wasserstoff entsteht wie grauer Wasserstoff durch Dampfreformierung, mit dem Unterschied, dass das dabei entstehende CO₂ danach unterirdisch gespeichert wird. Die Form gilt daher als klimaneutral, greift aber auf fossile Rohstoffe zurück.

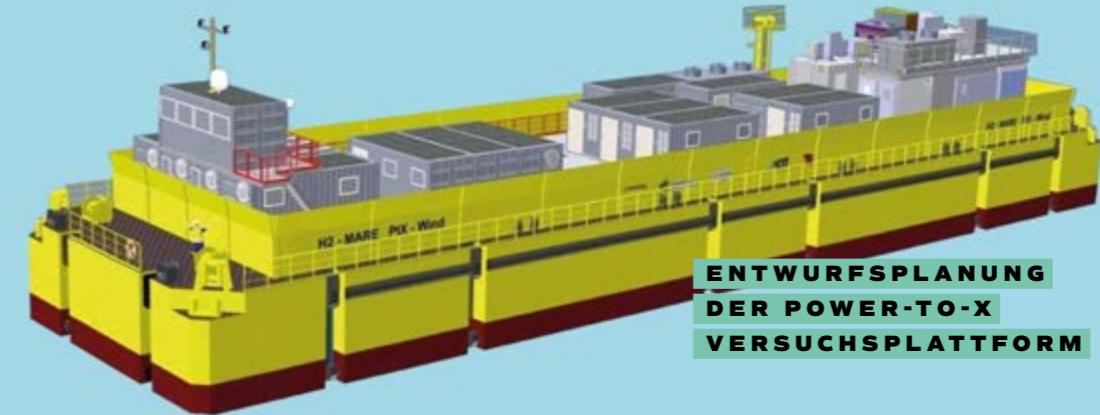
Grauer Wasserstoff entsteht durch Dampfreformierung fossiler Energieträger. Chemisch betrachtet wird der fossile Energieträger in Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid aufgespalten, das in die Atmosphäre entweicht. Der Prozess ist daher nicht klimaneutral.

Pinker Wasserstoff wird ebenfalls durch Elektrolyse hergestellt, der Strom kommt jedoch aus Kernkraftwerken. Dieser Art der Wasserstoffproduktion wird auf europäischer Ebene verfolgt.

H₂MARE - ÜBER DIE WASSERSTOFFHERSTELLUNG AUF HOHER SEE

Um den steigenden Wasserstoffbedarf in Deutschland klimagerecht zu decken, braucht es Alternativen zu grauem Wasserstoff. „Eine Alternative ist die Herstellung von grünem Wasserstoff mittels Elektrolyse. Dafür brauchen wir erneuerbaren Strom. Wir haben an Land zwar auch Wind und Sonne, aber nicht über lange Zeit mit hoher Intensität, sodass die Zahl der Volllaststunden mit etwa 1.000 für Photovoltaik und 2.000 bis 2.500 für Wind begrenzt ist. Auf hoher See hingegen herrschen bessere Bedingungen zur Stromerzeugung aus Windenergie. Offshore-Windanlagen erzeugen mit bis zu 15 Megawatt Leistung pro Turbine und etwa 4.000 bis 5.000 Volllaststunden mehr und regelmäßiger Strom als die kleineren Onshore-Windanlagen“, erklärt Prof. Dr. Roland Dittmeyer, Leiter des Instituts für Mikroverfahrenstechnik (IMVT).

Von diesem Offshore-Energiepotenzial wollen die Projektpartner in **H₂Mare** Gebrauch machen. Die Idee: Wasserstoff direkt auf See produzieren. „Den Strom aus Offshore-Windparks an Land zu transportieren, um dort Elektrolyse zur Wasserstoffherstellung zu betreiben, zieht wirtschaftliche, ökologische und technische Nachteile mit sich: Erstens benötigt man viele teure Stromleitungen, zweitens stellen diese Kabelsysteme einen großen Eingriff in die maritime Umwelt dar und drittens erfordert das Einspeisen große Strommengen in das küstennahe Netz einen hohen technischen Aufwand. Warum also nicht direkt dort Wasserstoff herstellen, wo die erneuerbare Energie entsteht“, erklärt Dittmeyer. Um das zu ermöglichen, wollen die Forschenden Wasser-Elektrolyseure direkt mit Offshore-Windkraftanlagen koppeln, die nicht ans Netz angeschlossen werden. Zwei Konzepte



ENTWURFSPLANUNG
DER POWER-TO-X
VERSUCHSPLATTFORM

werden verfolgt: Eines integriert den Elektrolyseur direkt in die Windturbine, indem am Fuß jeder einzelnen Turbine eine kleine Plattform angebracht wird, auf der bis zu drei kompakte 5 Megawatt Wasser-Elektrolyseure und eine Meerwasserentsalzungsanlage angeordnet werden. Das andere betrachtet die Herstellung von Wasserstofffolgeprodukten wie Methan, Methanol, flüssige Kohlenwasserstoffe und Ammoniak auf einer zentralen, in den Windpark integrierten Offshore-Power-to-X-Plattform. Neben der Beurteilung der technischen, ökonomischen und ökologischen Machbarkeit wollen die Projektpartner ein Konzept für eine Offshore-Forschungsplattform entwickeln, die im Nachgang zur Weiterentwicklung besonders vielversprechender Power-to-X-Verfahren für den Offshore-

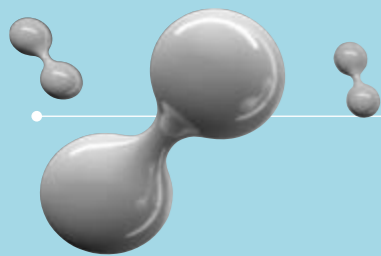
Einsatz gebaut werden könnte. Dafür planen sie auch eine schwimmende Offshore-Versuchsplattform, auf der gegen Ende der Projektlaufzeit schon erste Erfahrungen mit dem dynamischen Betrieb einer Power-to-X-Anlage in der realen Umgebung gesammelt werden sollen.



• Zum Projekt



• Zum Projektvideo

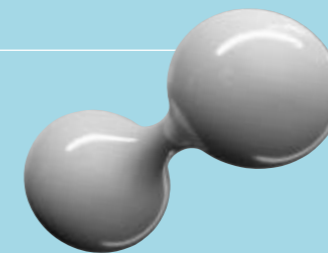


H₂GIGA - ÜBER DIE SERIENFERTIGUNG VON ELEKTROLYSEUREN

Es existieren bereits einige Unternehmen, die die für die Herstellung von grünem Wasserstoff benötigten Elektrolyseure in Kleinserien fertigen. Auch wenn Deutschlands genauer zukünftiger Bedarf an Wasserstoff noch unklar ist, dürfte feststehen, dass es einige Millionen Tonnen jährlich sein werden und die benötigte Anzahl an Elektrolyseuren eine Industrialisierung der Fertigung erfordern wird. „Wir brauchen zukünftig große Kapazitäten an effizienten, robusten und leistungsfähigen Elektrolyseuren und somit folglich Firmen, die diese in großem Maßstab fertigen können“, erklärt Dr. Philipp Röse, Gruppenleiter Elektrokatalyse am Institut für Angewandte Materialien – Elektrochemische Technologien (IAM-ET).

Die automatisierte Herstellung von Wasser-Elektrolyseuren im Gigawatt-Maßstab untersuchen Industrie und Forschung im Projekt **H₂Giga**. Die Forschung erfolgt technologieoffen.

Gemeinsam mit etablierten Elektrolyseur-Herstellern, Zulieferern unterschiedlicher Technologiebereiche sowie weiteren Forschungseinrichtungen untersucht Röse die Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse (PEM) im Projekt StacIE (Scale Up PEM EL Industrialisierung Stack). Sein Kollege Dr.-Ing. André Weber, Gruppenleiter Batterien, Brennstoffzellen und Elektrolyse am IAM-ET, untersucht neben der PEM-Elektrolyse zusätzlich die Hochtemperatur-Elektrolyse (HTEL) im Projekt HTEL-Stacks. „Wir schauen uns in den Projekten die elektrochemischen Prozesse an und konzentrieren uns auf die elektrochemisch aktiven Komponenten. Vom Katalysator über Elektroden und Zelle bis hin zur Verschaltung dieser in großen Zellstapeln charakterisieren wir die Bauteile der Elektrolyseure experimentell und mittels digitaler Modelle, um notwendige Änderungen für die Serienfertigung großskaliger Elektrolyse-Stacks aufzuzeigen“, beschreibt



Weber das Aufgabengebiet des KIT im Projekt. Röse konkretisiert: „Wir beschäftigen uns vor allem mit der Zellcharakterisierung, das heißt, wir schauen uns verschiedene Zelltypen in kleinem Maßstab an, versuchen diese im Detail zu verstehen, zu bewerten und natürlich auch mögliche Probleme frühzeitig zu erkennen. Das kann zum Beispiel eine Alterung oder nicht ausreichende Leistung sein“. Die Forschung erfolgt dabei stets in engem Austausch mit der Industrie. „Die Ergebnisse können wir dann an die Firmen zurückspiegeln, die auf dieser Basis gezielt optimieren und das Ganze in den großen Maßstab übertragen können“, so Weber.



• [Zum Projekt](#)



**HOCHTEMPERATUR-ELEKTROLYSE
TESTZELLE MIT KERAMISCHEM
TESTGEHÄUSE UND MESSAUFBAU
IM PRÜFSTAND**

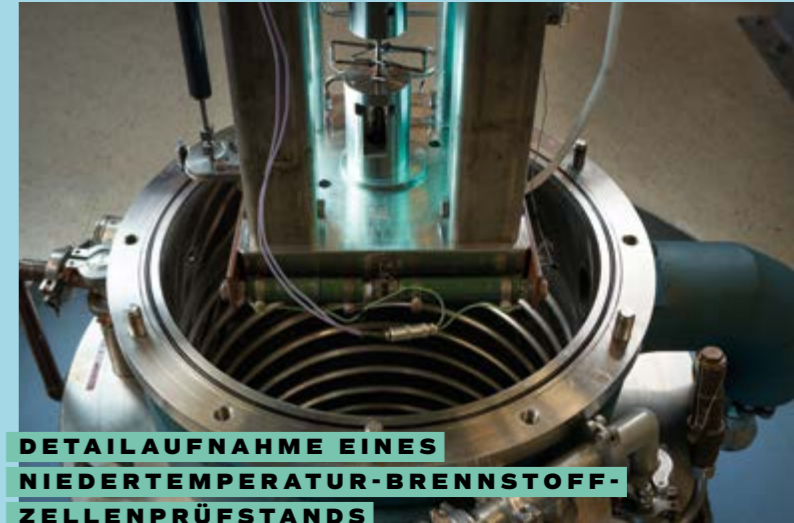
TRANSHYDE - ENTWICKLUNG EINER WASSERSTOFFTRANSPORT- INFRASTRUKTUR

Wasserstoff gilt als deutscher Hoffnungsträger zur Klimaneutralität. Dass es dafür mehrere Millionen Tonnen jährlich braucht, steht fest. Ein Teil davon soll auf unterschiedlichen Wegen, wie beispielsweise im Projekt H2Mare vorgestellt, in Deutschland selbst produziert werden. Den deutlich größeren Teil wird die Bundesrepublik jedoch importieren müssen. Beide Szenarien erfordern eine effiziente Wasserstoff-Transport-Infrastruktur, denn nur selten wird Wasserstoff dort genutzt, wo er produziert wird. Ohne geeignetes Verteilernetz keine funktionierende Wasserstoffwirtschaft!

Im Projekt **TransHyDE** fokussieren sich Forschende des KIT gemeinsam mit weiteren Industrie- und Forschungspartnern auf die Entwicklung, Bewertung und Demonstration diverser Technologien für eine effiziente Wasserstoffverteilung. Welches Transportsystem

am geeignetsten ist hängt dabei stark von den Anwendungsanforderungen, den Produktionsbedingungen sowie der zu überwindenden Distanz ab. Um verschiedene Szenarien abzudecken beleuchten die Forschenden in unterschiedlichen Teilprojekten mehrere Technologien: Der Wasserstofftransport in Hochdruckbehältern, in bestehenden Gasleitungen, mittels LOHC und in Ammoniak gebunden. Das Institut für Technische Physik (ITEP) am KIT koordiniert innerhalb von TransHyDE das Verbundprojekt „AppLHy!“, das sich mit Flüssigwasserstoff beschäftigt. Ein Ansatz, den die Forschungsgruppe rund um Frau Prof. Dr. Tabea Arndt, Direktorin am ITEP, verfolgt, ist die hybride Energie-Pipeline. Die Idee: Der zeitgleiche Fluss von chemischer und elektrischer Energie durch Kombination aus Flüssiggas-Pipeline und Supraleiterkabel. „Flüssiger Wasserstoff weist bei größter Reinheit auch die höchste Energiedichte auf. Am KIT nutzen wir die Energie

und die Kälte des flüssigen Wasserstoffs, indem wir sie mit elektrotechnischen Anwendungen vereinen, wie etwa im Energietransport mit Hochtemperatur-Supraleitern“, beschreibt Arndt das Potenzial der Idee. Die Symbiose macht sich dabei die Vorteile beider Technologien zunutze. Beim Pipeline-Transport von flüssigem Wasserstoff kann chemische Energie sehr platzsparend übertragen werden. Supraleiterkabel können elektrische Energie kompakt und verlustfrei übertragen, ohne dabei Wärme zu produzieren. Ersetzt man das gängige Kühlmittel flüssigen Stickstoff durch den noch kälteren flüssigen Wasserstoff, wird die Leistungsfähigkeit von Supraleitern zusätzlich gesteigert. Bei der Vereinigung beider Technologien in einer hybriden Energie-Pipeline entsteht durch die zeitgleiche Übertragung chemischer und elektrischer Energie ein besonders effizienter Energietransport.



• Zum Projekt



• Detailliertes Whitepaper

In·tra·pre·neur·ship

› INTRAPRENEURSHIP ‹

Substantiv, feminin [die] oder Substantiv, Neutrum [das]

→ Übersetzt ins Deutsche „Unternehmertum in der Mitarbeiterschaft“. Intrapreneurship beschreibt das innovationsorientierte und vom Unternehmergeist geprägte Denken und Handeln von Mitarbeitenden in einer Organisation.

Am KIT gibt es etliche Forschungsergebnisse, gute Ideen und Optimierungspotenziale – nicht alle werden jedoch in die Realität umgesetzt. Nicht selten spielen Fragen wie „Was kann ich wirklich daraus machen?“ oder „Wie kann ich es mit meinen beruflichen Verpflichtungen vereinbaren?“ eine große Rolle in der Entscheidung, dieses eine Thema endlich anzupacken. Außerdem sind die ersten Schritte gar nicht so einfach: „Wie fange ich es an, aus meiner Idee eine Innovation zu machen?“

Alle Wissbegierigen sowie Macherinnen und Macher erhalten dafür nun praktische Unterstützung im Projekt **maKeIT**. Die Initiative unterstützt Teilnehmende dabei,

das Potenzial und die Verwertungsmöglichkeiten der eigenen Idee schrittweise herauszuarbeiten. Dabei stehen bei maKeIT drei Punkte im Fokus: Projektbasiertes Lernen, Kooperation und Coaching. Aktuell setzen Mitglieder der Graduiertenschule ENZo ihr Wissen und ihre Forschungsergebnisse in Projekten für den Klimaschutz ein. Und 2022 hat ein Studierenden-Trio eine Applikation konzipiert, die das hybride Lernen am Campus erleichtert. Frei nach dem Motto: „Nicht meckern, machen!“

maKeIT



**LUST, AUCH ETWAS INNERHALB DES KIT ZU BEWEGEN?
DR. NIELS FELDMANN (R.) LEITET DAS INTRAPRENEURSHIP-PROGRAMM UND IST ANSPRECHPARTNER BEI FRAGEN.**

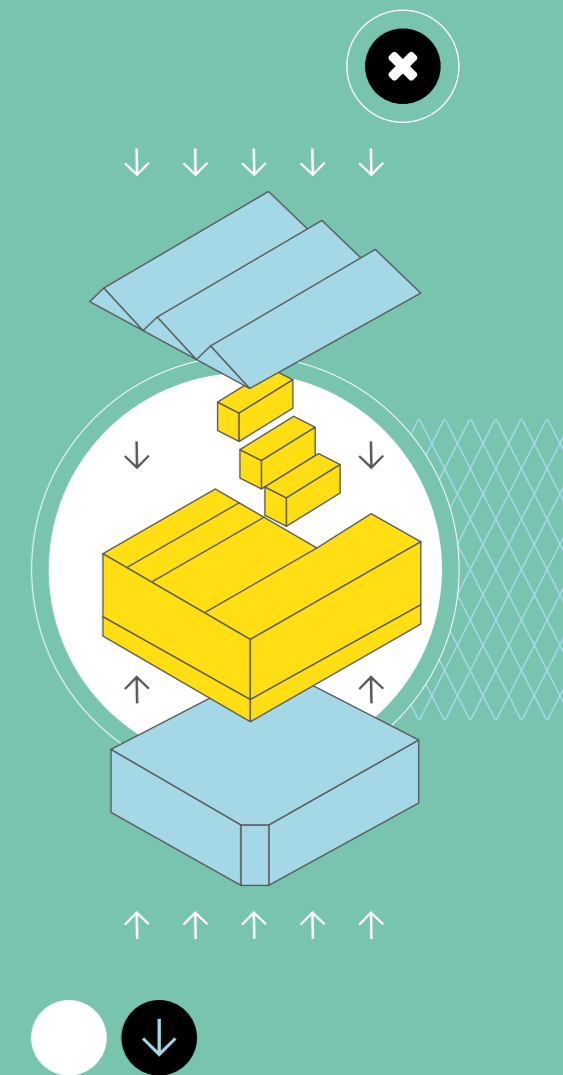


ROOFKIT GEWINNT INTERNATIONALEN HOCHSCHULBAUWETTBEWERB

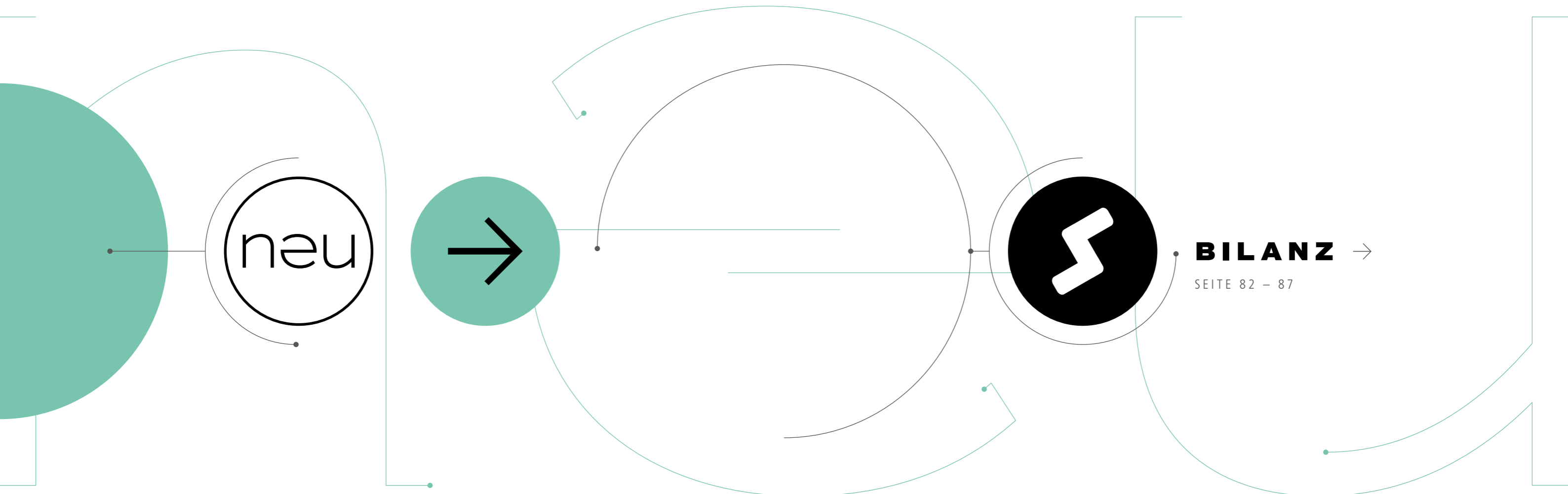
→ Im Rahmen des Projekts **RoofKIT** haben sich Studierende und Mitarbeitende unterschiedlicher Fachbereiche des KIT zwei Jahre mit den Herausforderungen der Energiewende in der Bauindustrie beschäftigt. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen haben sie ein energieeffizientes sowie kreislaufgerechtes Gebäude entworfen und in Wuppertal gebaut. Das Bauwerk, das ausschließlich erneuerbare Energien nutzt und im Einklang mit ökologischer, ökonomischer, sozialer sowie ästhetischer Aspekte entstanden ist, setzt sich aus vorgefertigten Modulen zusammen. Diese haben einen schnellen, effizienten und kostengünstigen Bauprozess ermöglicht. Durch die Verwendung flexibler Grundrisse in Verbindung mit einem Sharing-Economy-Konzept wird eine optimale Raumnutzung sichergestellt. Die modulare Bauweise berücksichtigt zudem die Anpassung des Gebäudes an die Bedürfnisse der Bewohnerinnen und Bewohner. Mit dem Konzept hat das Team beim internationalen Hochschulbauwettbewerb Solar Decathlon Europe 21/22 den ersten Platz belegt. Das Bauprojekt wurde Anfang 2023 von Wuppertal auf das Gelände des KIT umgesiedelt, wo es für die nächsten drei Jahre diversen Forschungsvorhaben zur Verfügung steht.



• Zur Webseite

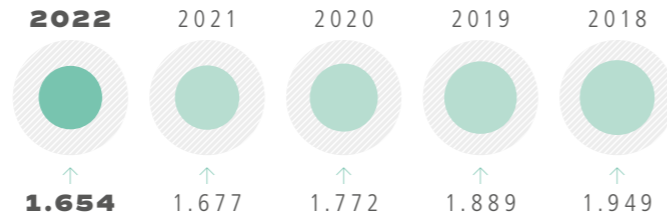
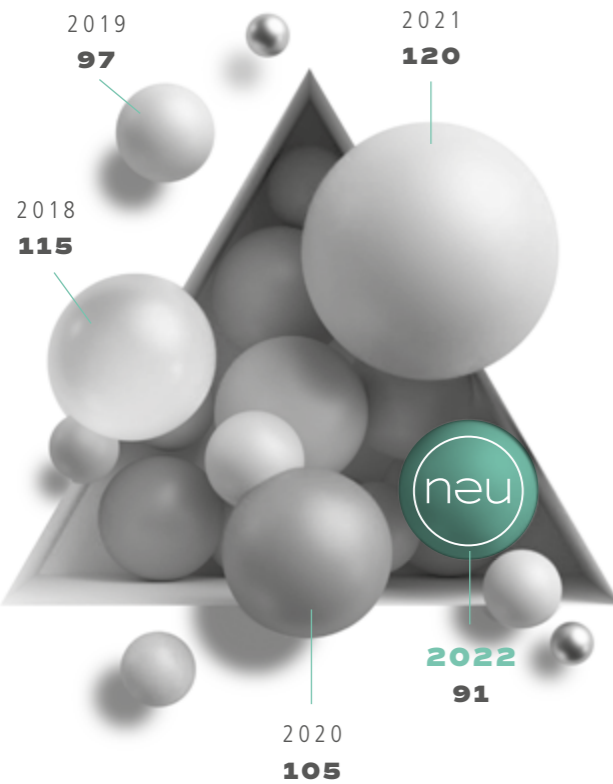


Mit einem energieeffizienten und kreislaufgerechten Gebäude sichert sich das Team vom KIT den ersten Platz beim weltweit größten universitären Zehnkampf für nachhaltiges Bauen und Wohnen in der Stadt.



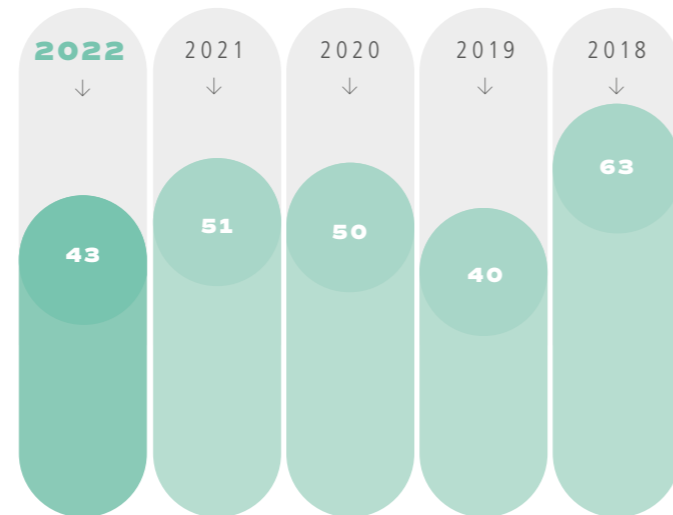
INNOVATIONSKENNZAHLEN

ERFINDUNGS- MELDUNGEN



SCHUTZRECHTSBESTAND 2022

PATENT ANMELDUNGEN



EINE UMFANGREICHE ERLÄUTERUNG DER KENNZAHLEN
ENTNEHMEN SIE BITTE UNSERER WEBSEITE.

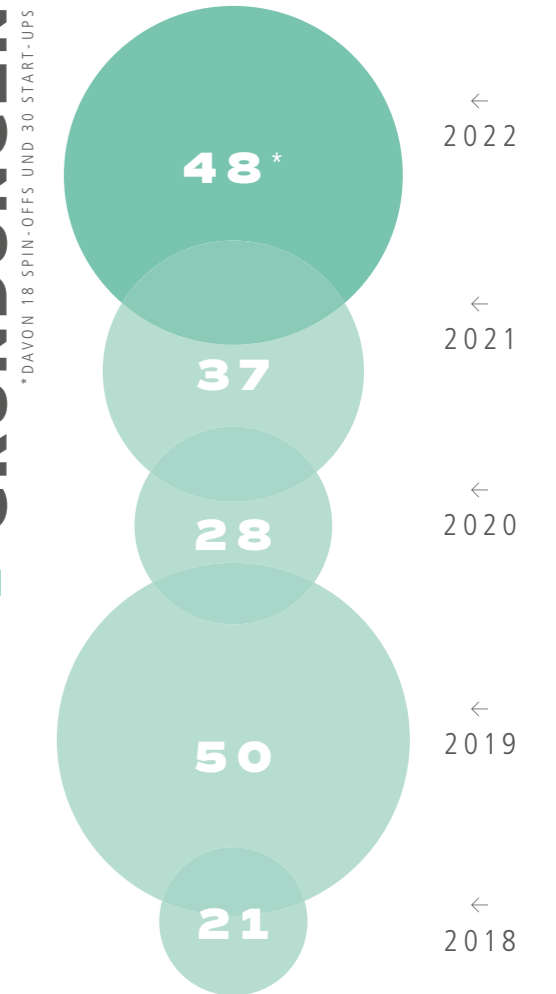
NEUN

UNTERNEHMENS BETEILIGUNGEN (BESTAND) AN SPIN-OFFS 2022

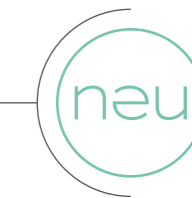


IP-BASIERTE LIZENZ EIN NAH MEN

UNTERNEHMENS GRÜNDUNGEN



AUSZEICHNUNGEN



AUSZEICHNUNGEN FÜR BESCHÄFTIGTE UND GRÜNDUNGEN DES KIT – FÜR INNOVATIVE IDEEN,
PROJEKTE UND PRODUKTE 01.01. - 31.12.2022 ↘

PREIS	FÖRDERER	PREISTRAGENDE	INSTITUTION
AI Founders-Inkubatorprogramm	Heilbronn Slush'D	SemorAI	Gründung des KIT
Alexander-von-Humboldt-Professur	Alexander-von-Humboldt-Stiftung	Prof. Dr. Markus Klute	Institut für Experimentelle Teilchenphysik (ETP)
BMDV Start-up Pitch	Bundesministerium für Digitalisierung und Verkehr (BMDV)	SafeAD GmbH	Gründung des KIT
Carus-Medaille	Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina	Dr. Dominic Bresser	Helmholtz-Institut Ulm (HIU) für Elektrochemische Energiespeicherung
EARTO Innovation Awards	European Association of Research & Technology Organisations	INERATEC GmbH	Gründung des KIT
Gaede-Preis	Deutsche Physikalische Gesellschaft	TT-Prof. Dr. Philip Willke	Institut für Quantenmaterialien und -technologien (IQMT)
Green Solution Awards: Sustainable Infrastructure Grand Prize	Construction21	Entwurf Mehr.Wert.Pavillon	Institut Entwerfen und Bautechnik (IEB)
Hans Rumpf-Medaille	DECHEMA/ProcessNet	Prof. Dr.-Ing. Hermann Nirschl	Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik (MVM)
Hermann-Credner-Preis	Deutsche Geologische Gesellschaft – Geologische Vereinigung e. V. (DGGV)	Dr. Dipl.-Ing. Gabriel Rau	Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW)

PREIS	FÖRDERER	PREISTRAGENDE	INSTITUTION
Joachim-Reutter-Preis für soziale Innovation	Gips-Schüle-Stiftung	Dr. Oliver Parodi	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
KI-Champions Baden-Württemberg	Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus	asvin GmbH und Klangio GmbH	Gründung des KIT
Landespreis für junge Unternehmen	Landesregierung Baden-Württemberg & L-Bank	INERATEC GmbH	Gründung des KIT
Life Sciences Bridge Award	Aventis Foundation	Dr. Frank Biedermann	Institut für Nanotechnologie (INT)
Nernst-Haber-Bodenstein-Preis	Deutsche Bunsengesellschaft für physikalische Chemie	Priv.-Doz. Dr. Lars Heinke	Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG)
NEULAND Gründerpitch	SET Management B.V.	Phytonics GmbH	Gründung des KIT
Next Economy Award	Stiftung Deutscher Nachhaltigkeitspreis	INERATEC GmbH	Gründung des KIT
Stage Two Investment	High-Tech Gründerfonds	FastCast Ceramics	Gründung des KIT
Test of Time Award	25th Conference on Research in Computational Molecular Biology (RECOMB)	Prof. Dr. Alexandros Stamatakis	Institut für Technische Informatik (ITEC), HITS Heidelberg
Wasser-Ressourcenpreis	Rüdiger Kurt Bode-Stiftung	Prof. Dr. Harald Kunstmann	Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)

IMPRESSUM



HERAUSGABE

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Präsident Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
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, Vanessa Heinz, Selina Paul

GESTALTUNG

goetzinger + komplizen GmbH, Ettlingen

DRUCK

Stober Medien GmbH, Eggenstein, März 2023



WWW.NEULAND.KIT.EDU

- Innteil gedruckt auf 100 % Recyclingpapier mit dem Gütesiegel „Der Blaue Engel“.
- Alle Interviews und Fotoaufnahmen für die Publikation wurden gemäß der zu dem Zeitpunkt geltenden Corona-Maßnahmen durchgeführt.

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 wegweisenden Forschungsbeiträge den Weg in Wirtschaft und Gesellschaft finden. NEULAND stellt rückblickend innovative Highlights aus diesem Bereich vor.

INNOVATIONSMAGAZIN · INNOVATIONSTAG · INNOVATIONSWETTBEWERB

www.neuland.kit.edu

neuLAND

2022