

Fortschritt mit Sicherheit!



BAM Report 2024/25

Fortschritt
mit Sicherheit!

BAM Report
2024/25

Editorial

Liebe Leser*innen,

es sind nicht die ruhigen Zeiten, in denen wir wachsen. Es sind die fordernden. Denn sie zwingen uns, Dinge zu verändern. Genau in einer solchen Zeit befinden wir uns – als Gesellschaft, als Wirtschaft, als Wissenschaftsgemeinschaft. Die Herausforderungen sind unübersehbar und häufig benannt: Klimawandel, technologische Transformation und neuerdings globale Handelsdifferenzen.

Doch gerade darin liegt unsere Chance. Denn wenn Wandel unausweichlich ist, dann ist es unsere Aufgabe, ihn entschlossen, verantwortungsvoll – und vor allem sicher – zu gestalten. Welchen Nutzen schließlich hätte technologischer Fortschritt, wenn er im Praxistest nicht bestehen würde? Wenn neue Materialien versagen, digitale Systeme nicht robust genug sind oder neue, vielversprechende Technologien im Alltag keine Verlässlichkeit bieten? Fortschritt, der auf unsicherem Fundament steht, schafft kein Vertrauen – er gefährdet es.

Deshalb ist unsere Aufgabe als BAM so zentral: Mit wissenschaftlich fundierten Prüfmethoden, verlässlichen Standards, aktivem Wissens- und Technologietransfer sowie internationaler Vernetzung treiben wir Innovation voran – und sichern sie zugleich ab.

Dabei orientieren wir uns als Ressortforschungseinrichtung an den großen Transformationsfeldern unserer Zeit: dem Aufbau sicherer Energieinfrastrukturen, dem klima- und ressourcenschonenden Bauen, der Etablierung zirkulärer Wertschöpfungsketten und der Entwicklung leistungsfähiger, zukunftsfähiger Werkstoffe. Wir erforschen neue Möglichkeiten, Wasserstoff zu speichern sowie die Betriebsdauer von Windparks zu steigern, und entwickeln Standards für neue Materialien, bringen die Digitalisierung der Materialwissenschaft mit KI und datenbasierten Verfahren voran und fördern den Transfer in die industrielle Praxis – gemeinsam mit Partner*innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik.

Aktuelle Einblicke in diese Arbeit gibt Ihnen der neue BAM Report. Ich freue mich auf den Dialog mit allen, die gemeinsam mit uns die Zukunft gestalten und Fortschritt sicher machen wollen.

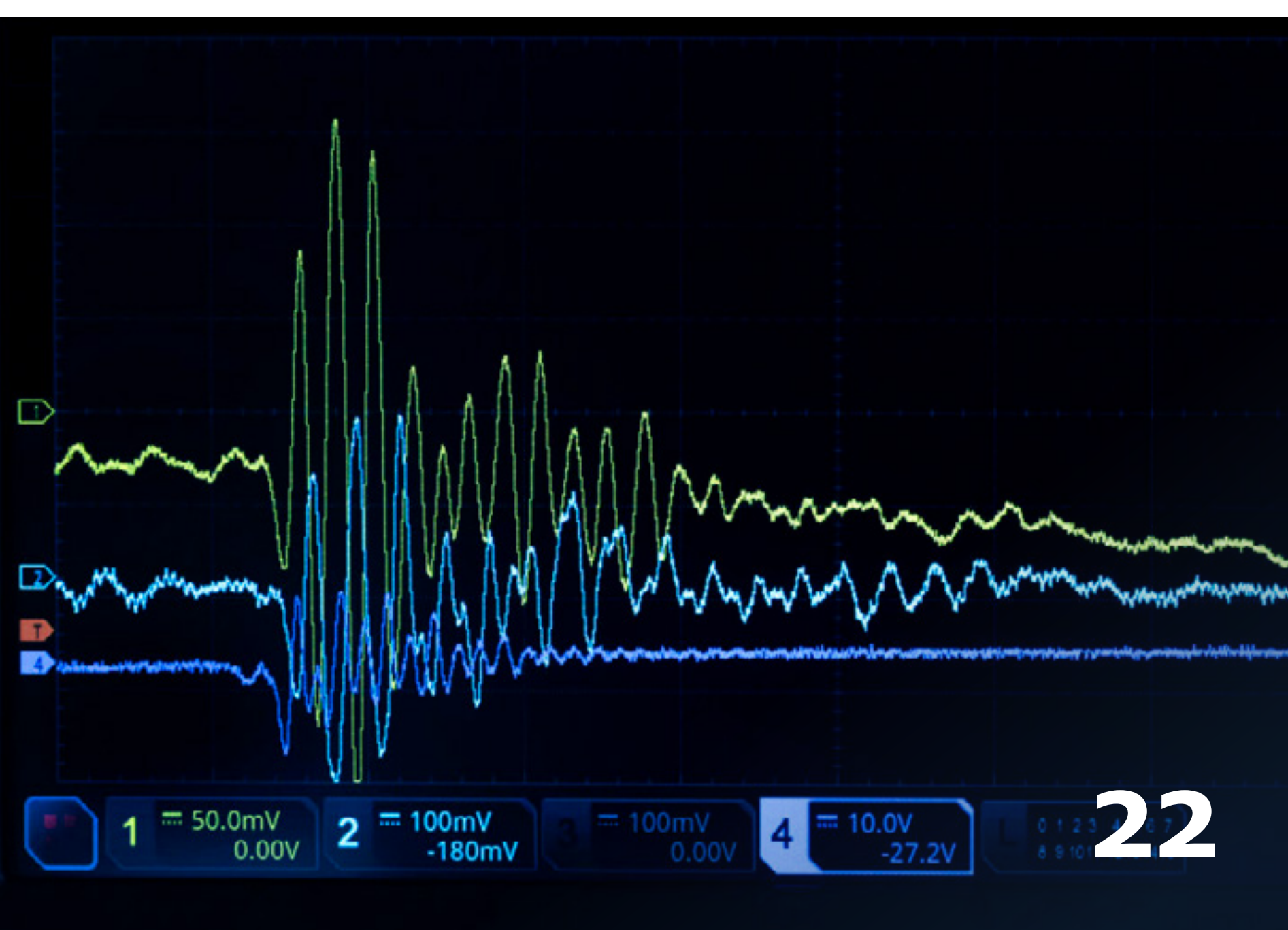
Ihr
Prof. Dr. Ulrich Panne
Präsident

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)





12



22



27

Inhalt

Editorial	2
Fortschritt mit Sicherheit!	4
Die BAM und ihre fünf Themenfelder	7

Energie

Recyceltes Titan-Eisen als Wasserstoffspeicher	9
Standfeste Windtürme	13
Materialien für leistungsstarke Batterien	17

Infrastruktur

Die perfekte Welle für sichere Brücken	22
Smarte Gefahrstoffanalyse aus der Luft	25
Waldbrände effektiver bekämpfen	28
3D-Druck von Beton optimieren	31

Umwelt

Nachhaltige Stahlproduktion mit Wasserstoff	36
---	----

Material

Datenschätze der additiven Fertigung	41
Neue Materialien aus dem Supercomputer	44

Chemie und Prozesstechnik

Simulation schafft Sicherheit	49
-------------------------------	----

Qualitätsinfrastruktur Digital

Made in Germany wird digital	53
------------------------------	----

Geschichte der BAM

Ressortforschung in der NS-Zeit	56
---------------------------------	----

Die BAM auf einen Blick	59
Mitglieder des Kuratoriums der BAM	60
Impressum	61



40



43



55



„Verantwortung übernehmen mit der BAM-Klimaschutzstrategie, damit künftige Generationen gut leben können.“

Anja Wunsch,
Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement



„Mit KI-gestützten Systemen nachhaltige Lösungen für den Beton der Zukunft entwickeln.“

Tim Klewe,
Abteilung Zerstörungsfreie Prüfung

Fortschritt mit Sicherheit!

In einer Zeit rasanter Umbrüche braucht es nicht nur kluge Ideen, sondern auch verlässliche Grundlagen für das Neue. Genau das ist unsere Stärke: Seit über 150 Jahren verbinden wir wissenschaftliche Exzellenz mit praxisnaher Sicherheitsforschung. Unsere Mitarbeiter*innen leben diesen Anspruch jeden Tag – mit ihrem Fachwissen, Engagement und dem klaren Ziel, Technik und Chemie sicher in die Zukunft zu führen. Hier verraten sie, was „Fortschritt mit Sicherheit!“ für sie ganz konkret bedeutet:

„Eine digitale Qualitätsinfrastruktur vorantreiben – gemäß unserem gesellschaftlichen Auftrag.“

Matthias Honnacker,
Leiter Abteilung
Qualitätsinfrastruktur



„Mit Materialinnovationen die Basis für eine sichere, resiliente und nachhaltige Zukunft schaffen.“

Özlem Özcan,
Leiterin Fachbereich Material-
und Oberflächentechnologien





„Das Potenzial nachhaltiger Lehmbaumstoffe für den Massivbau voll ausschöpfen.“

Johanna Baier,
Fachbereich Ingenieurbau



„Korrosionsschäden an Brücken auf den Grund gehen – bevor sie zum Risiko werden.“

Gino Ebell,
Fachbereich Korrosion
und Korrosionsschutz

„Wissen so vermitteln, dass Innovation und Sicherheit von Anfang an zusammengedacht werden.“

Clara Seitz,
Leiterin BAM Akademie



„Als BAM-Ausgründung unsere Innovation verantwortungsvoll in den Markt bringen.“

Fatma Nur Akyel,
Teammitglied der BAM-
Ausgründung WeldNova



„Windenergieanlagen so überwachen, dass sie möglichst effizient und lange Strom liefern.“

Somsubhro Chaudhuri,
Fachbereich Thermografische
Verfahren



„Wasserstofftechnologien durch vertrauenswürdige Wissenschaft und Zusammenarbeit voranbringen.“

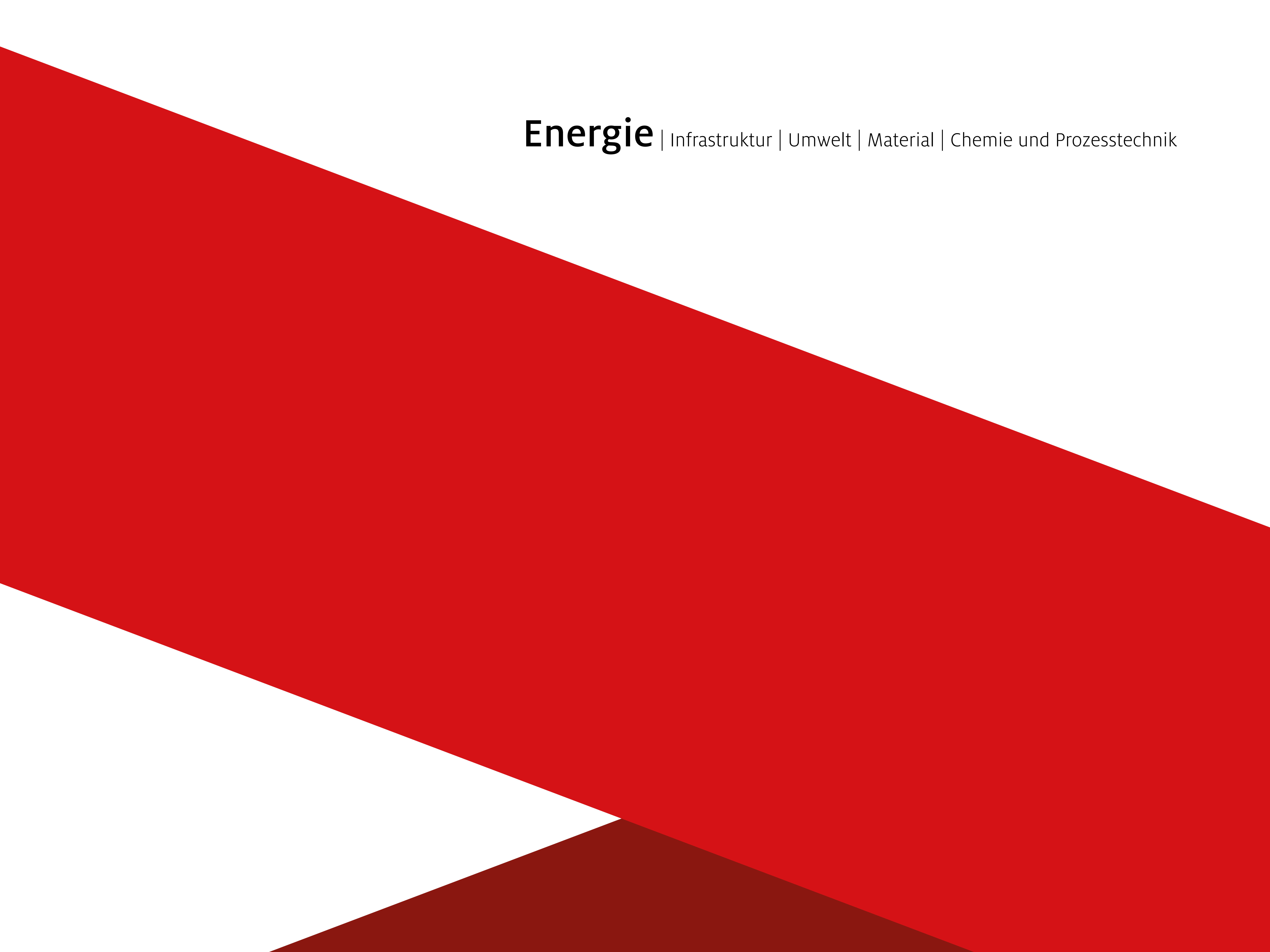
Natasya Rizka,
Fachbereich Sicherheit
von Gasspeichern





Die BAM und ihre fünf Themenfelder

Die BAM integriert Forschung, Bewertung und Beratung für die Sicherheit in Technik und Chemie unter einem Dach. Im Rahmen unserer gesetzlichen und gesellschaftspolitischen Aufgaben identifizieren wir Anforderungen an die Sicherheit in Technik und Chemie für die Gesellschaft von morgen. Der Fokus unserer Arbeit liegt auf den fünf Themenfeldern Energie, Infrastruktur, Umwelt, Material sowie Chemie und Prozesstechnik.



Energie | Infrastruktur | Umwelt | Material | Chemie und Prozesstechnik

Energie

Recycltes Titan-Eisen als Wasserstoffspeicher



Metalllegierungen aus Titan und Eisen eignen sich besonders gut für die Speicherung von Wasserstoff, sind aber vergleichsweise teuer. Die BAM erforscht im Rahmen der Wasserstoff-Grundlagenforschung des Bundes, ob sich auch recyceltes Material sicher verwenden lässt.

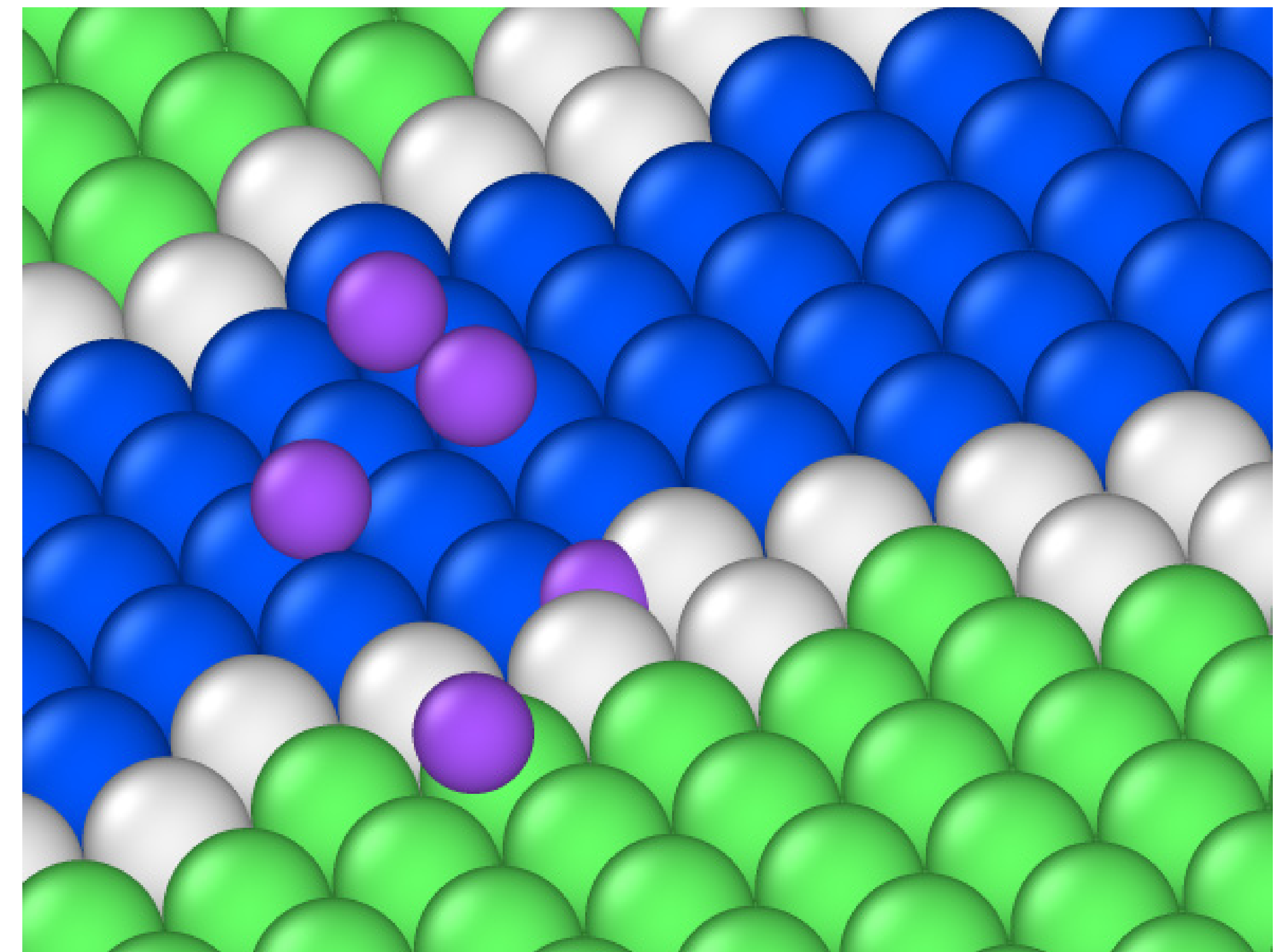
Deutschland und Europa müssen künftig Wasserstoff in großen Mengen speichern, um die grüne Transformation voranzubringen. Neben Druckspeichern kommen dafür auch Festkörper, etwa bestimmte Metalllegierungen, infrage. Der Wasserstoff wird dabei wie von einem Schwamm aufgesogen: Die H_2 -Moleküle spalten sich beim Kontakt mit der Oberfläche des Metalls in einzelne Atome auf, dringen in die gitterförmige Struktur des Metalls ein und lagern sich in Zwischenräumen ein.

Besonders sichere Speicherung von Wasserstoff

Dies erlaubt nicht nur eine sehr effiziente, sondern auch besonders sichere Speicherung von Wasserstoff, denn dessen Atome binden sich an das Metall und können weder sofort entweichen noch sich entzünden. Anders als bei Gasspeichern sind hoher Druck und extrem niedrige Temperaturen nicht erforderlich. Wird der Wasserstoff benötigt, kann er z. B. unter Einsatz von geringfügiger Wärme wieder als Gas freigesetzt werden.

Hierfür eignen sich besonders gut Titan-Eisen-Legierungen, sie sind jedoch deutlich teurer als Flüssigastanks. Daher wurde diese Methode bislang nicht

Wasserstoffatome lagern sich in die gitterartigen Strukturen der Titan-Eisen-Legierung ein.



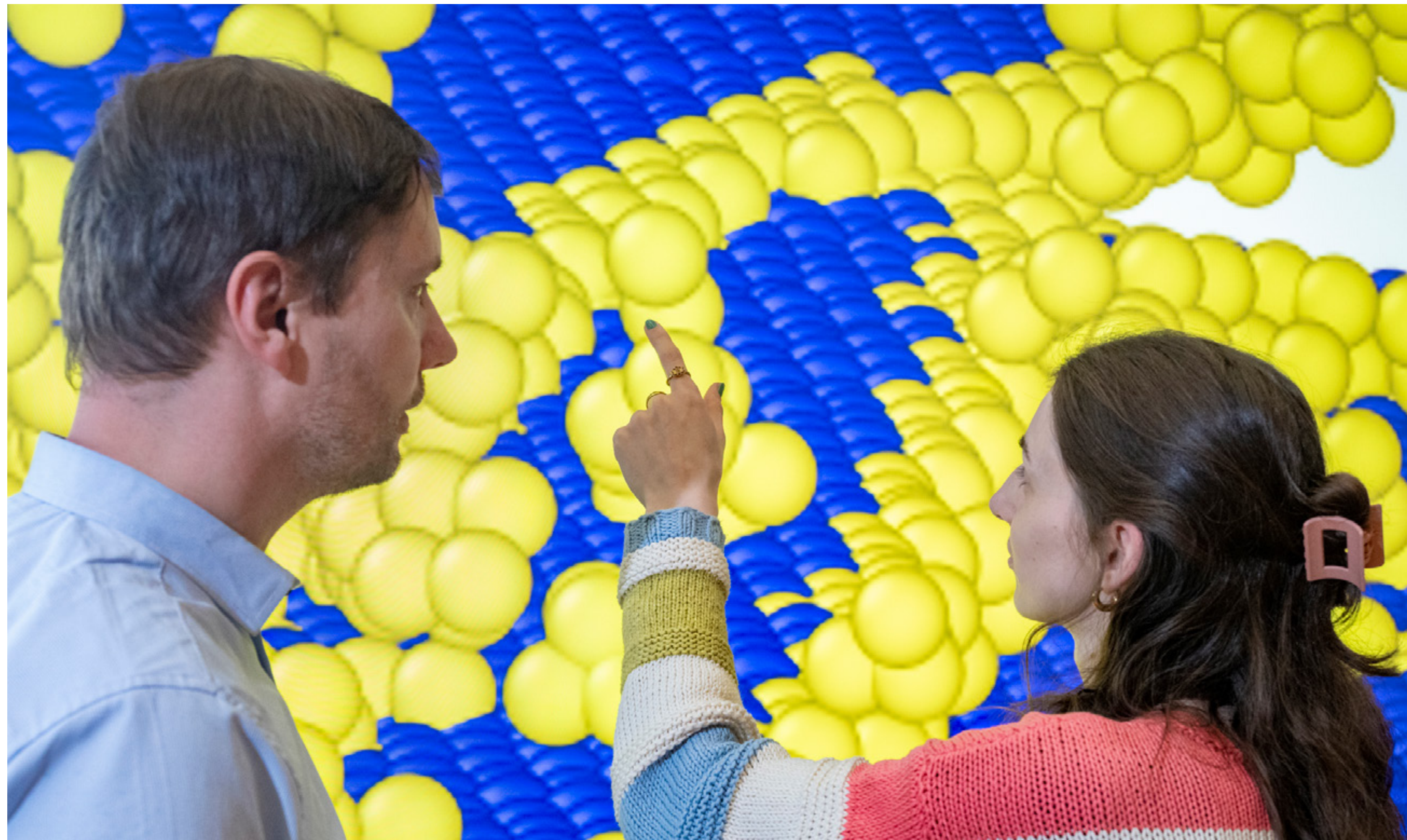
für den großflächigen Einsatz berücksichtigt. Aus diesem Grund untersuchen der Materialinformatiker Tilmann Hickel und sein Team im Verbundprojekt [GreenH2Metals](#), ob sich auch recyceltes Material aus der Kreislaufwirtschaft für diese Art der Wasserstoffspeicherung verwenden lässt. „Entscheidend ist vor allem, wie effizient das Material Wasserstoff aufnehmen kann und wie stabil und sicher es über längere Zeiträume ist“, so Tilmann Hickel.

Das Team nutzt dafür die Methoden der Materialinformatik, führt also keine physischen Experimente im Labor, sondern ausschließlich Berechnungen am Computer durch. Es verwendet Simulationen, entwickelt für diese Workflows und schreibt Codes. Im Kern geht es darum, Vorhersagen zum Materialver-

halten zu treffen – und das ist ganz ohne empirische Annahmen und oftmals schneller als im Labor inzwischen in der digitalisierten Wissenschaft mit großer Zuverlässigkeit möglich.

Abermilliarden würfelförmige Strukturen

„Titan-Eisen-Legierungen sind Kristalle, sie bestehen also aus Abermilliarden würfelförmigen Strukturen, die nebeneinander angeordnet sind und ein riesiges, undurchdringlich erscheinendes dreidimensionales Gitter ergeben“, erklärt Hickels Kollege Ali Tehrani. „Jedes Wasserstoffatom, das von außen in dieses Gitter eindringt und seinen Platz finden muss, legt – bezogen auf seine eigene Größe – eine unvorstellbare Reise zurück.“



Einbau erwünschter Defekte

Besonders attraktiv für die Einlagerung sind Defekte im Gitter, z. B. eine Leerstelle, die durch ein fehlendes Eisenatom entstanden ist. „In eine einzige dieser Lücken passen gleich sechs Wasserstoffatome. Wir untersuchen mit unseren Simulationen, wie man Defekte gezielt in das recycelte Material einbauen und nutzen kann“, so Tilmann Hickel. Ziel ist es auch, Vorhersagen dazu zu treffen, ob sich Verunreinigungen beim Recyclingprozess auf die Sicherheit und Langzeitstabilität des Titan-Eisens und seine Defekte auswirken. Ein zweites Team aus dem **Wasserstoff-Kompetenzzentrum der BAM** untersucht Varianten mit besonders erwünschten Eigen-

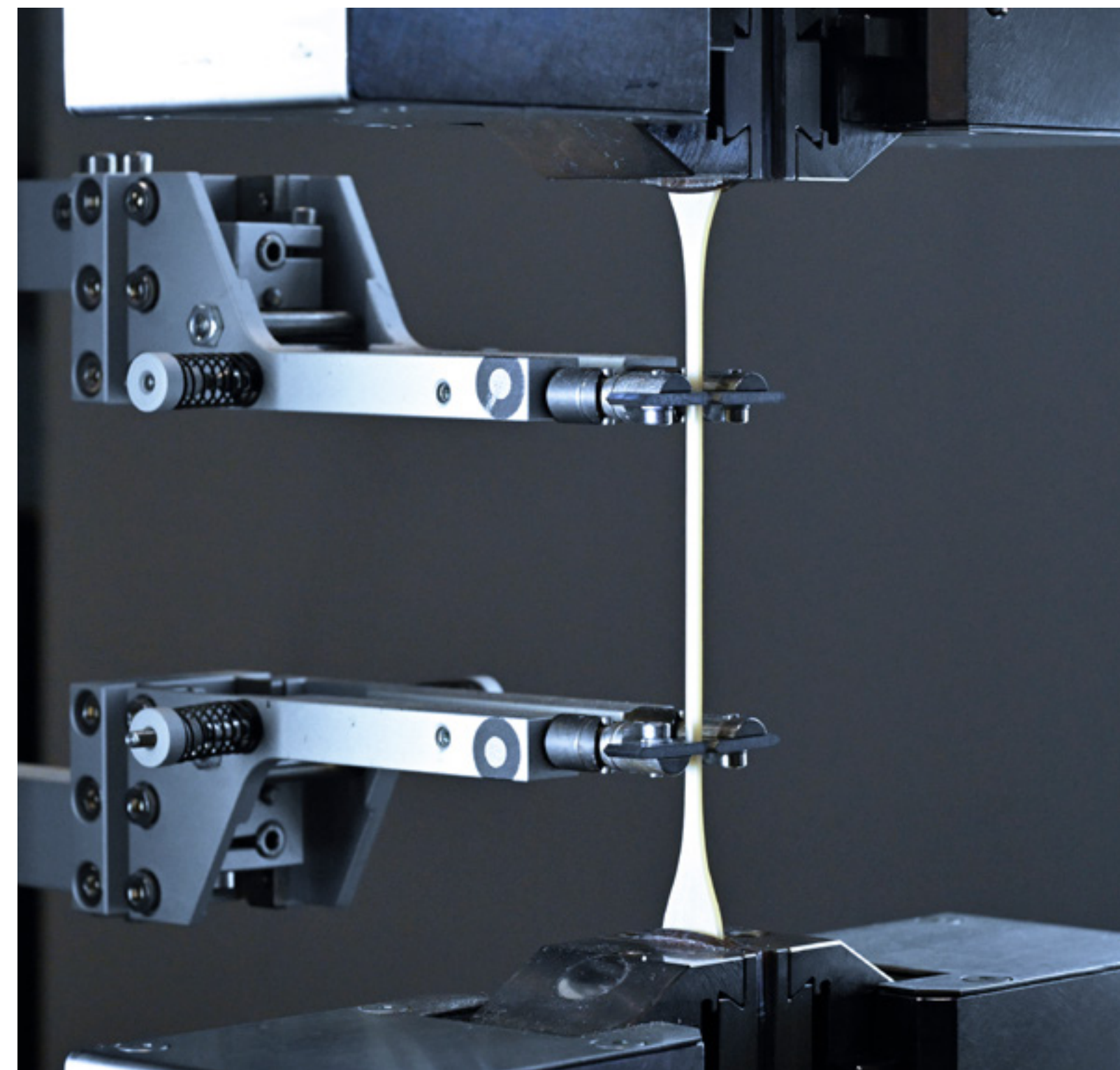
schaften auf ihre Sicherheit. „Diese Tests können noch nicht vollständig durch Simulationen ersetzt werden. Aber unser ‚Vorscreening‘ am Computer reduziert die physischen Untersuchungen“, ergänzt der Materialinformatiker.

Beteiligt an dem vom Helmholtz-Zentrum Hereon koordinierten Verbundprojekt sind neben der BAM die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, die Ruhr-Universität Bochum und als assoziiierter Partner das Max-Planck-Institut für Nachhaltige Materialien. GreenH2Metals wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit rund 2,6 Millionen Euro gefördert. —

Besonders geeignet für die Einlagerung sind Defektstellen (l. o.). Untersucht wird auch, ob Verunreinigungen des recycelten Metalls (r.) die Sicherheit beeinträchtigen.

Faseroptische Sensorik schützt Wasserstoffspeicher

Für die Speicherung von grünem Wasserstoff sollen in Zukunft auch unterirdische Kavernen genutzt werden. Der Vorteil: In den natürlichen Hohlräumen in bis zu 1400 Metern Tiefe umschließen mächtige Schichten an Salzgestein das komprimierte Gas und schirmen es gegen äußere Einflüsse ab. Allerdings sind diese Salzstöcke keine statischen geologischen Gebilde: Sie sind in Bewegung. Das kann zu Leckagen führen, zu Absenkungen an der Erdoberfläche oder im Extremfall zu Erdbeben im Umfeld der Kavernen. Kavernenspeicher müssen daher dauerhaft überwacht werden. Bisher geschieht dies nur an Stichtagen durch vereinzelte Ultraschall-Sensoren – die Methode ist zudem ungenau und zeitaufwendig. Die BAM entwickelt **in einem Verbundprojekt ein neuartiges Monitoring-System** [\[1\]](#). Es basiert auf faseroptischer akustischer Sensorik. Dabei werden Lichtsignale durch Glasfaserkabel geleitet. Durch Veränderungen an diesen Signalen lässt sich auf feine Vibrationen und Dehnungen schließen, die sich bis zu einem Meter genau lokalisieren lassen. Seismische Wellen und Setzungseffekte können so rechtzeitig und besser als bisher erkannt werden. Die neue Technologie erlaubt erstmals die permanente und lückenlose Überwachung ganzer Kavernenfelder. „Wir wollen die Technologie zur Marktreife entwickeln, damit sie schnell in die Anwendung gelangen und den Aufbau einer sicheren Wasserstoffinfrastruktur in Deutschland unterstützen kann“, so Projektleiter Konstantin Hicke von der BAM. Gefördert wird das Verbundprojekt durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand.



Belastungstest für Elastomere:
Messung der Dehnung unter Spannung

Sichere Polymere für Wasserstoff

Werkstoffe aus Polymeren sind für die Wasserstoffwirtschaft unverzichtbar: Sie werden für zuverlässige Dichtungen, Leitungen, Ventile oder Membranen benötigt. Doch welche Polymere sind dafür tatsächlich geeignet? Elastomere etwa sind Werkstoffe, die sich durch hohe Elastizität, Flexibilität, Dichtheit und Beständigkeit auszeichnen. Nach ersten Untersuchungen zeigten sie sich jedoch anfällig, besonders für die sogenannte schnelle Gasdekompression. Sie tritt auf, wenn es zu einem plötzlichen Druckabfall etwa beim Betanken aus einem Hochdruckspeicher kommt. Dann können Risse in Elastomer-Dichtungen entstehen. Um sie zu vermeiden, hat die Industrie synthetische Elastomere modifiziert. Im **internationalen Gemeinschaftsprojekt „Polymer-4Hydrogen“** [\[1\]](#) hat Géraldine Theiler von der BAM mehrere dieser neuen Werkstoffe auf ihre Beständigkeit bei hohem Druck und wechselnden Belastungen untersucht. Anschließend wurden die Materialproben umfangreichen Tests unterzogen. „Die beste Performance erzielte ein mit Rußpartikeln verstärkter Kautschuk“, so Géraldine Theiler. Ziel ist es, auf dieser Basis ein Hochleistungs-Elastomer zu entwickeln, der allen Herausforderungen einer künftigen Wasserstoffwirtschaft gewachsen ist.

Datenbank zum europäischen Gasnetz

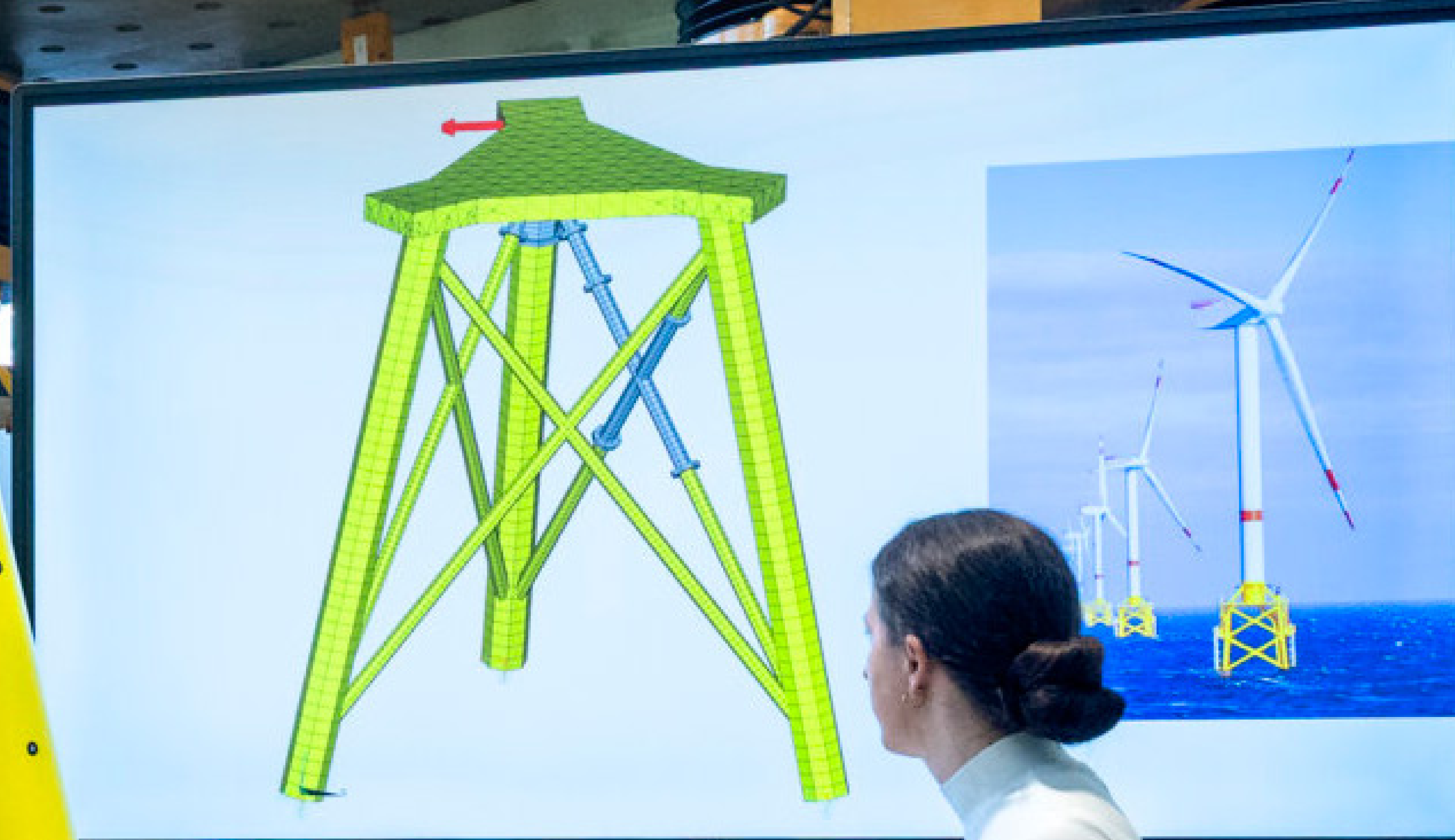
Die Einspeisung von Wasserstoff in bestehende Gasnetze bringt sowohl technische als auch regulatorische Herausforderungen mit sich. Sie betreffen insbesondere die Materialintegrität von Pipelines und die Harmonisierung gesetzlicher Anforderungen. Das von der Europäischen Union geförderte Projekt SHIMMER (Safe Hydrogen Injection Modelling and Management for European Gas Network Resilience) zielt darauf ab, das Verständnis für die Integration von Wasserstoff in die bestehende Gasinfrastruktur zu verbessern und damit den Markthochlauf sicherer Wasserstofftechnologien insgesamt zu unterstützen. Die BAM hat **in dem Projekt den Aufbau einer**

umfangreichen Datenbank koordiniert [\[1\]](#) sowie Informationen zu typischen Komponenten in bestehenden europäischen Gasnetzen gesammelt und systematisch aufbereitet. Auf Basis dieser Daten sollen Entscheidungshilfen zur Prüfung, Qualifizierung und Nutzung von Materialien und Komponenten für den Wasserstoffbetrieb entwickelt werden. Die Datenbank wird auf der **Website des Projekts** [\[1\]](#) frei zugänglich sein. Neben der BAM sind elf weitere europäische Partner*innen an dem Projekt beteiligt, darunter staatliche Institutionen und Gasnetzbetreiber. Gefördert wird SHIMMER im Rahmen des Programms Clean Hydrogen Partnership.

Energie

Standfeste Windtürme

Daten zu den Tragstrukturen fließen in das digitale Entscheidungstool ein.



Weiternutzen oder ersetzen? Ein digitales Tool unterstützt Betreiber*innen von Windparks bei der Entscheidung, ob ältere Windenergieanlagen weiterbetrieben oder ausgetauscht werden sollen.

Der schnelle Ausbau der Windenergie spielt eine zentrale Rolle auf dem Weg zur Klimaneutralität. Deutschland will seine Kapazitäten an Land und auf See in den kommenden Jahren massiv ausbauen. Um die gesteckten Ziele zu erreichen, werden viele neue Anlagen benötigt. Zugleich kommt es darauf an, kluge Konzepte für die Nachnutzung von Windparkstandorten zu entwickeln, deren geplantes Nutzungsende demnächst erreicht wird.

Komplexe Entscheidungsfindung

Jedes Jahr erreichen Hunderte ältere Windenergieanlagen das Ende ihrer vorgesehenen Nutzungsdauer von 20 bis 25 Jahren. 2024 wurden allein an Land 555 Anlagen stillgelegt, während dort 635 neue Einheiten ans Netz gingen. Ingenieurtechnische Untersuchungen zeigen jedoch, dass viele ältere Anlagen sicher und standfest genug sind, um noch einige Jahre länger genutzt zu werden. Diese Erkenntnis wirft die Frage auf, ob – und unter welchen Bedingungen – ein Weiterbetrieb wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll sein kann. Mit zunehmender Nutzung der Windenergie wird man sie sich in Zukunft immer häufiger stellen.

Auf dem Meer sind die Tragstrukturen besonderen Belastungen ausgesetzt.



Für diejenigen, die Windparks betreiben, sind damit viele Überlegungen verbunden: Rechnet sich ein Weiterbetrieb? Sind die Tragstrukturen noch belastbar genug? Lohnt es sich, die Anlagen zu ertüchtigen oder sind ein vollständiger Rückbau und die Investition in eine neue Anlage wirtschaftlicher? Besonders offshore, wo immer gigantischere Windtürme mit optimierten Rotorblättern bis zu 20 Megawatt erzeugen und damit das Drei- bis Vierfache älterer Strukturen, ist diese Entscheidung komplex. Die Kosten für Demontage, Transport und Installation neuer Anlagen sind erheblich und die Verfügbarkeit von

Ressourcen und Fachkräften ist begrenzt. Diese Faktoren machen die Entscheidungsfindung für Windparks zu einer anspruchsvollen Aufgabe, die technische, ökologische und wirtschaftliche Aspekte berücksichtigen muss.

„Bislang werden Windparkbetreiber*innen mit dieser Entscheidung allein gelassen“, erklärt Ronald Schneider vom **Kompetenzzentrum Wind@BAM**. „Jede Demontage bindet gleichzeitig knappe Ressourcen bei Herstellern und Installationsfirmen sowie bei den Schiffen, die Offshore-Anlagen trans-



portieren. Diese Kapazitäten werden in Deutschland für einen beschleunigten Windausbau benötigt.“ Um diese Herausforderungen zu bewältigen, **entwickelt die BAM** zusammen mit der Jörss-Blunck-Ordemann GmbH und der RWE Renewables GmbH ein digitales Entscheidungstool, das alle relevanten Gesichtspunkte berücksichtigt.

Digitales Entscheidungstool nach Baukastenart

Das Ziel des Projekts ist es, Betreiber*innen ein einfaches Baukastensystem zur Verfügung zu stellen, damit sie in wenigen Schritten die optimale Entscheidung treffen können. „Der Bedarf für solch ein Tool ist in der Branche sehr groß“, so Schneider. Das Tool wird an einen digitalen Zwilling der Anlage gekoppelt, in den über Sensoren und Monitoringsys-

teme alle aktuellen Daten zum Erhaltungszustand einfließen können. Zeigt das Tool Schwachstellen auf, bietet das Kompetenzzentrum Wind@BAM konkrete Lösungen zur Ertüchtigung der Tragstrukturen an und berät etwa, wie sich Schweißnähte, die die Tragstrukturen zusammenhalten, nachträglich mit überschaubarem Aufwand wieder verstärken lassen.

Das digitale Entscheidungstool wird an einem Offshore-Windpark in der Nordsee auf seine Praxistauglichkeit geprüft. Dieser Praxistest ist entscheidend, um sicherzustellen, dass das Tool unter realen Bedingungen zuverlässig funktioniert und Betreiber*innen tatsächlich eine wertvolle Unterstützung bietet. Gefördert wird das Verbundprojekt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im 7. Energieforschungsprogramm mit rd. 780 000 Euro. —



Im Fokus: die Schweißnähte der Tragstrukturen



Auszeichnung für BAM-Start-up WeldNova

WeldNova GmbH, eine Ausgründung der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), wurde 2024 mit dem renommierten „Innovationspreis Berlin Brandenburg“ ausgezeichnet. Vergeben wird die Ehrung alljährlich von der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe des Landes Berlin sowie vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Landes Brandenburg. Prämiert wurde das BAM-Start-up für seine innovative Schweißtechnologie. Die Jury lobte besonders die wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile des Verfahrens. Der WeldMagnet, ein spezieller Elektromagnet für das Laser-Hybridschweißen, beschleunigt die Fertigung von Windtürmen und anderen Stahlkonstruktionen deutlich. Die Besonderheit des Magneten liegt in seiner Fähig-

keit, das Austropfen der Schmelze bei dicken Blechen zu verhindern – eine Herausforderung, die bislang den breiten Einsatz des Laser-Hybridschweißens eingeschränkt hat. Bei der herkömmlichen Schweißtechnik benötigen die 30 Millimeter dicken Bleche eines Turms etwa 95 Schweißstunden. Mit dem WeldMagnet und Laser-Hybridschweißen kann diese Zeit auf elf Stunden reduziert werden. Dies entspricht einer Kostenersparnis von 90 Prozent und einer Reduktion der CO₂-Emissionen um den Faktor 16. Unterstützung erhält WeldNova durch das EXIST-Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE). Gleichzeitig steht dem Team die exzellente Forschungsinfrastruktur der BAM in der Gründungsphase zur Verfügung.



Das WeldNova-Team bei der Preisverleihung im November 2024



Mit Thermografie lassen sich frühzeitig Schwachstellen erkennen.

Innovative Prüfmethoden für langlebigere Rotorblätter

Rotorblätter von Windenergieanlagen sind wahre Giganten: Sie erreichen Längen von bis zu 130 Metern und wiegen bis zu 60 Tonnen. Während des Betriebs sind sie enormen Kräften ausgesetzt. Diese setzen den Materialien zu, was zu Rissen, Ermüdung oder Bersten führen kann. Reparaturen oder der Austausch eines Blatts verursachen nicht nur hohe Kosten, sondern auch teure Ausfallzeiten. Gefertigt werden Rotorblätter vor allem aus faserverstärkten Kunststoffen, Balsa-holz und PVC-Schaum. Vor der Markteinführung muss jedes neue Modell zur Zertifizierung einen sogenannten Ganzblatttest bestehen. Zugleich entwirft und testet die Industrie innovative Designs für immer leistungsfähigere Anlagen. Diese Tests sind kostspielig und zeitaufwendig. Allerdings decken die aktuellen Standardprüfungen nicht immer die Schwachstellen eines neuen Rotorblattdesigns auf. Das **Projekt Relia-**

Blade2 [🔗](#), koordiniert vom Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme (IWES) und gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, vereint Wissenschaft und Industrie, um die Ganzblatttests mithilfe moderner, zerstörungsfreier Prüfverfahren zu verbessern. Die BAM bringt ihre Expertise im Bereich Thermografie ein, denn die spielt eine Schlüsselrolle beim Erkenntnisgewinn aus den Belastungstests: Mit Wärmebildkameras werden sowohl Spannungen als auch innere Schäden frühzeitig sichtbar. „Wir wollen nicht nur frühzeitig Schwachstellen erkennen, sondern auch den Erkenntnisgewinn der Ganzblatttests erhöhen“, so Michael Stamm, Experte für das Messverfahren im **Kompetenzzentrum Wind@BAM** [🔗](#). „Am Ende profitieren sowohl die Industrie als auch die Umwelt von robusteren und effizienteren Windkraftanlagen.“

Energie

Materialien für leistungsstarke Batterien

Additive sollen den Festelektrolyten chemisch besonders stabil machen.



Ein neu entwickelter Festelektrolyt könnte den Durchbruch für Festkörperbatterien markieren: Das Material verspricht hohe elektrochemische Stabilität, bessere Sicherheit und längere Lebensdauer – und stellt damit eine leistungsfähige Alternative zu Lithium-Ionen-Technologien dar.

Die Grenzen konventioneller Lithium-Ionen-Batterien sind erreicht: Ihre Anode, meist aus Graphit, kann nur begrenzt Ionen speichern. Eine Alternative bieten Anoden aus reinem Lithium oder dem nachhaltigeren und günstigeren Natrium – sie könnten die Energiedichte um bis zu 40 Prozent steigern. Doch um sie sicher betreiben zu können, bedarf es eines festen statt eines flüssigen Elektrolyten. Ein zentrales Problem dabei: An der Grenzfläche zwischen fester Anode und Festelektrolyt kann es zu Kontaktverlusten und Hohlräumen kommen, die die Batterie unbrauchbar machen. Eine mögliche Lösung: Eine teilweise flüssige Anode.

Flüssige Alkalimetall-Anode als Gamechanger

„Wir konnten in einer Studie zeigen, dass eine flüssige Alkalimetallanode hundertmal leistungsfähiger ist als herkömmliche Graphitanoden“, erklärt Gustav Graeber, Batteriematerial-Experte und Gastwissenschaftler an der BAM. „Das liegt u. a. daran, dass bei einer flüssigen Anode der Ionen-Transport wesentlich besser funktioniert. Bisher ist diese Technologie allerdings nur bei 250 °C einsetzbar. Unser Ziel ist es, ihre Vorteile auf Raumtemperatur zu übertragen.“ Um dies zu erreichen, experimen-

tiert das Forschungsteam mit Kalium-Zusätzen, die den Schmelzpunkt der Anode aus Natriummetall senken. Die Herausforderung dabei: Viele gängige Festelektrolyte sind nicht stabil genug gegenüber Kalium, denn die Ionen des Alkalimetalls können in die Gitterstrukturen des Elektrolyten eindringen und ihn von innen zerstören.

Die Lösung könnte in einem speziellen Festelektrolyt auf Basis von Natrium-Superionenleitern (NASICON) liegen. Dabei handelt es sich um eine ganze Klasse von Hochleistungswerkstoffen auf kristalliner Basis, wie sie in den letzten Jahren vermehrt in den Fokus der Batterieforschung gerückt sind. Diese Materialien bieten eine hohe Ionenleitfähigkeit bei Raumtemperatur und sind gleichzeitig chemisch stabil gegenüber Kalium – insbesondere, wenn sie mit Hafnium, einem sogenannten Übergangsmetall, versetzt werden. Doch Hafnium, das zu den kritischen Rohstoffen zählt, ist selten und teuer. Im NASICON-Projekt suchen Graeber und sein interdisziplinäres Team aus BAM-Expert*innen deshalb nach alternativen Additiven wie z. B. Magnesium, die ebenso leistungsfähig, aber nachhaltiger und breit verfügbar sind. Die vielversprechendsten Kandidaten werden direkt in Natriumbatterien getestet.



NASICON ist ein Hochleistungswerkstoff auf kristalliner Basis.

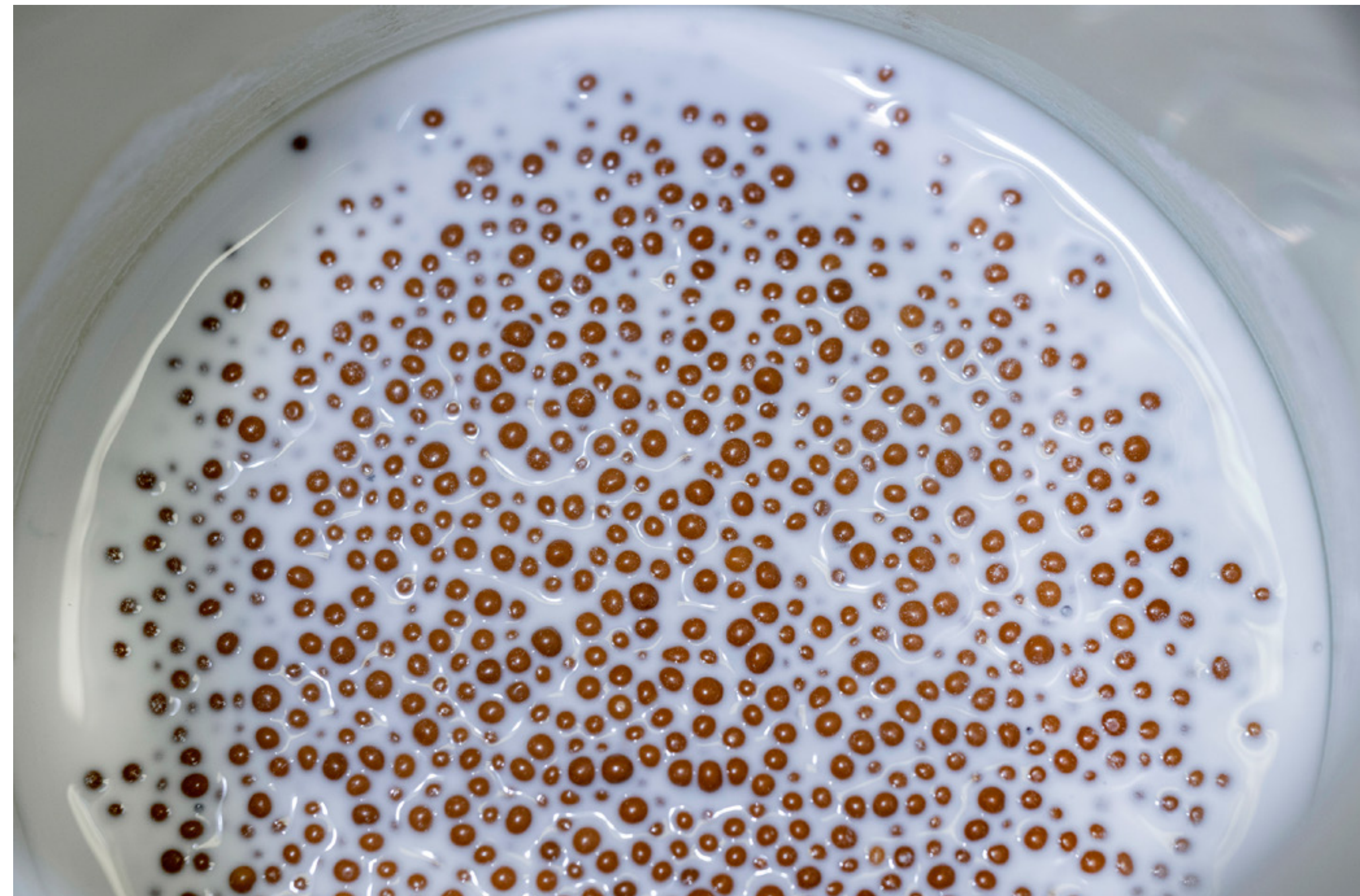
„**Natrium-Feststoffbatterien könnten die Ladezeiten drastisch verkürzen und die Leistungsfähigkeit mobiler und stationärer Energiespeicher erheblich verbessern.**“

Drastisch verkürzte Ladezeiten

„Unser Forschungsprojekt ist ein entscheidender Schritt hin zu Hochleistungsbatterien, die nachhaltiger, günstiger und effizienter sind“, so BAM-Wissenschaftler Andrea Cornelio aus dem Team. „Natrium-Feststoffbatterien könnten die Ladezeiten drastisch verkürzen und die Leistungsfähigkeit mobiler und stationärer Energiespeicher erheblich verbessern – ein wichtiger Beitrag zur Dekarbonisierung.“

Ein weiterer Schwerpunkt des Projekts wird perspektivisch auf der Erforschung der Langzeitstabilität der Batterien liegen. Systematische Tests und Simulationen können dazu beitragen, dass innovative Feststoffbatterien auch unter extremen Bedingungen zuverlässig funktionieren.

Das Projekt profitiert von der engen Kooperation innerhalb der BAM sowie mit verschiedenen Industriepartner*innen und anderen Forschungseinrichtungen. „Diese Zusammenarbeit ist für uns von unschätzbarem Wert“, betont Graeber. „Sie ermöglicht uns, die neuesten Erkenntnisse und Technologien zu integrieren und gemeinsam an Lösungen zu arbeiten, die den Markt revolutionieren könnten.“ –

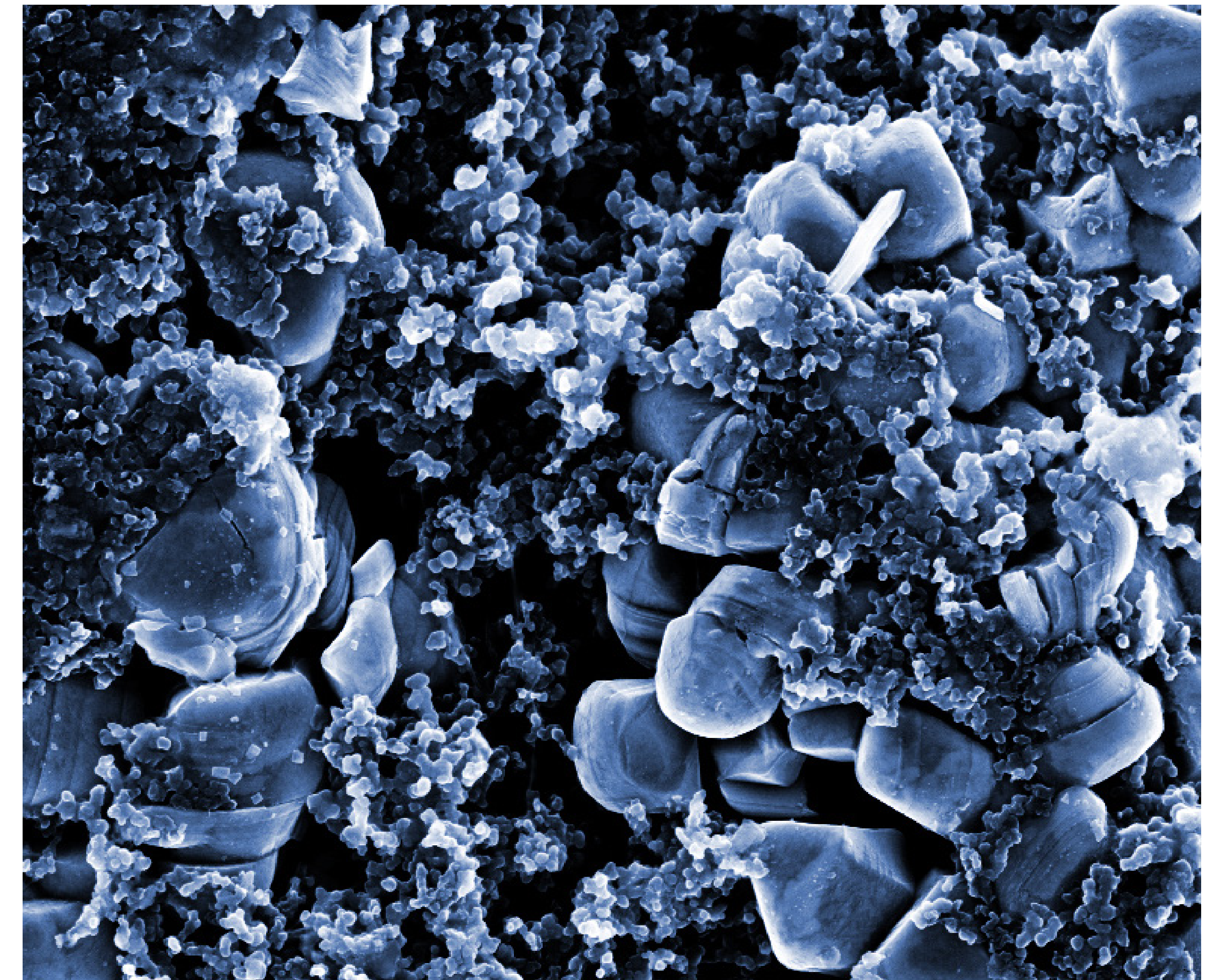


Gustav Graeber (l.) und Andrea Cornelio (r.) wählen die vielversprechendsten Materialien aus und testen sie später in Natriumzellen.

Sichere Nanomaterialien in Lithium-Ionen-Batterien

Nanomaterialien besitzen ein großes Potenzial zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Lithium-Ionen-Batterien: Sie können die Energiedichte der Elektroden erhöhen, Ladezeiten verkürzen und die Lebensdauer der Batterien insgesamt verlängern. Allerdings bringen Nanomaterialien in Batterien auch nicht unwesentliche Herausforderungen mit sich: Sie können bei der Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Batterien freigesetzt werden und potenziell gesundheitsschädlich sein. Zudem gibt es Hinweise, dass sie das Risiko für ein Thermisches Durchgehen – eine gefährliche Kettenreaktion mit Flammenbildung oder gar einer Explosion der Batterie – erhöhen können. Im [Projekt „Nano-SaNE“](#) adressiert die BAM zusammen mit der Sapienza-

Universität Rom und dem französischen INERIS-Institut diese Herausforderungen und entwickelt umfassende Sicherheitsbewertungen für Nanomaterialien in Lithium-Ionen-Batterien. Dabei werden ihre Synthese und Charakterisierung, die Integration in Batteriezellen sowie das Verhalten unter extremen Bedingungen wie Überhitzen oder Überladen untersucht. Ein besonderer Fokus liegt auf der Analyse der bei einem Thermischen Durchgehen freigesetzten Partikel und Gase sowie der potenziellen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Ziel des Projekts ist es, die Sicherheit von Nanomaterialien in Lithium-Ionen-Batterien zu erhöhen und ihre Anwendung in verschiedenen Bereichen, von der Elektromobilität bis zur stationären Energiespeicherung, zu fördern.



Die positive Elektrode einer Lithium-Ionen-Zelle. Die kleineren Nanopartikel aus Kohlenstoff sollen die Leitfähigkeit verbessern.

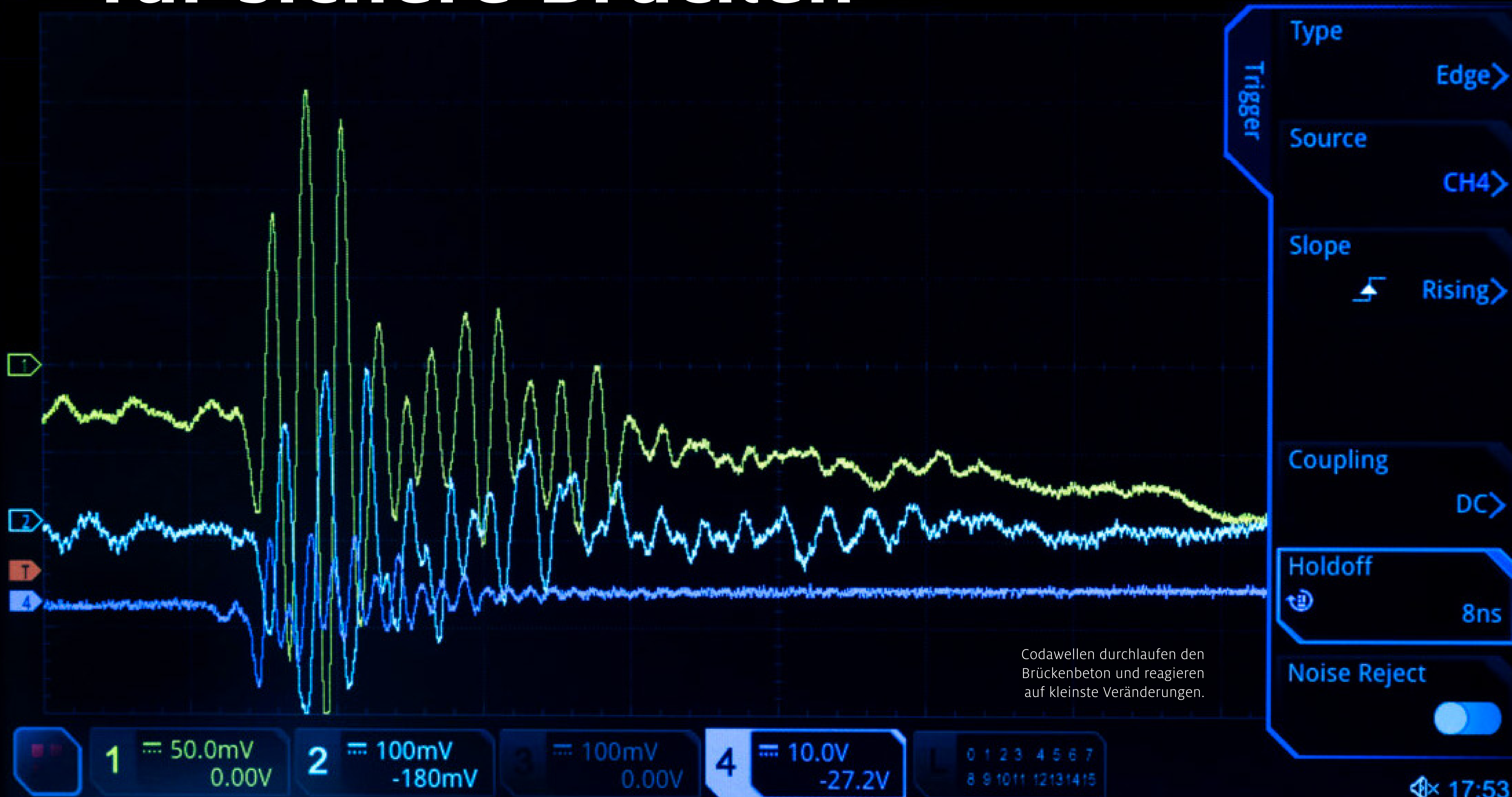
BAM, HZB und HU Berlin gründen Berlin Battery Lab

Die BAM, das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) und die Humboldt-Universität zu Berlin (HU Berlin) haben im Mai 2025 ein Memorandum of Understanding (MoU) zur Gründung des Berlin Battery Lab (BBL) unterzeichnet. Berlin hat sich als bedeutender Standort für die Forschung an Natrium-Ionen-Batterien und Lithium-Schwefel-Batterien etabliert. Die Stadt bietet eine konzentrierte Kompetenz in diesen Bereichen, unterstützt durch zahlreiche Forschungsprojekte und profilierte Forschungsgruppen. Das BBL wird die Stärken der drei Partnerinstitutionen vereinen: So be-

sitzt die BAM internationale anerkannte Expertise bei den Themen Batteriesicherheit und elektrochemische Energiematerialien. Die HU Berlin ist in Deutschland führend in der akademischen Forschung zu Natrium-Ionen-Batterien. Das HZB ist besonders aktiv in der Forschung zu Lithium-Schwefel-Batterien. Das BBL zielt darauf ab, den Transfer von Materialentwicklungen in marktfähige Produkte zu beschleunigen. Es ist offen für Industriepartner aus ganz Deutschland und Europa und dient der Förderung von Entwicklung und Produktion lokal gefertigter nachhaltiger Batterien.

Energie | **Infrastruktur** | Umwelt | Material | Chemie und Prozesstechnik

Die perfekte Welle für sichere Brücken



Tausende Brücken müssen in Deutschland modernisiert werden. Damit sie in der Zwischenzeit sicher betrieben werden können, hat das BAM-Start-Up ConScope ein Verfahren entwickelt, das Schäden mittels Codawellen frühzeitig erkennt.

Codawellen sind ein Teil von Ultraschallwellen und besonders sensibel. Sie werden im Beton gestreut und legen so längere Wege zurück. Durchlaufen sie das Material, reagieren sie dort auf kleinste Veränderungen. Codawellen zu verwenden, ist ein Ansatz aus der Seismologie. Dort werden sie unter anderem dazu genutzt, Erdbeben und ihre Ursachen besser zu verstehen. Das darauf basierende Verfahren heißt Codawelleninterferometrie (CWI).

Sogar kleinste Veränderungen erfassen

Die Gründer*innen von **ConScope**  Niklas Eppele, Julia Hau, Sven Waschkuhn und Daniel Fontoura Barroso nutzen Codawellen und speziell CWI, um Brücken zu überwachen und Schäden besonders frühzeitig zu erkennen. Dafür werden Sensoren – sogenannte Ultraschalltransducer – direkt in den Beton einer Brücke eingebettet. Sie senden und empfangen permanent Ultraschallsignale, die digital ausgewertet werden. Am Anfang der Schadenserkennung steht die Referenzmessung: Sie erfasst den Ausgangszustand des Bauwerks. Alle weiteren Messungen werden damit verglichen. Codawellen sind so sensibel, dass sich im Vergleich zum Ausgangswert sogar kleinste Abweichungen, d. h. Ver-



änderungen im Material, registrieren lassen. Das Verfahren ermöglicht also, potenzielle Schäden an der Bausubstanz im Anfangsstadium zu erkennen.

Sicherer Betrieb auf lange Sicht

Da Brücken als Teil der veralteten Verkehrsinfrastruktur Deutschlands teils lange auf ihre Modernisierung warten müssen, werden genau solche Überwachungsmethoden benötigt, um den Betrieb von Brücken und anderen Bauwerken für alle Verkehrs-



Die Sensoren – Ultraschalltransducer – (l.) werden im Beton der Brücke eingebettet (r.), um Signale zu senden und zu empfangen.

teilnehmenden sicher zu machen: Überwachungsmethoden, die sehr früh auf mögliche Probleme hinweisen und Reparaturen bzw. Sperrungen auslösen.

„Wir wollen mit unserer Methode einerseits die Sicherheit alternder Strukturen gewährleisten“, erläutert Niklas Epple. „Andererseits wollen wir einen möglichst langen Betrieb neuer Bauwerke unterstützen. Unsere Tests haben gezeigt, dass die eingebetteten Sensoren über Jahre zuverlässig Daten liefern können.“

Das Verfahren eignet sich prinzipiell für alle Betonbrücken – allein im Bundesfernstraßennetz gibt es davon 39 000. Der Fokus liegt zunächst auf der Überwachung von Brücken, die in der nächsten Dekade ersetzt, aber bis dahin noch sicher betrieben werden sollen. Die Monitoringdaten sollen die Infrastrukturbetreiber*innen beim Erhaltungsmangement unterstützen.

Eine preiswerte Lösung

Installation und Betrieb des Systems wurden bereits erfolgreich an der Gänstorbrücke in Ulm und am Münchener U-Bahnhof Scheidplatz getestet. Die Gänstorbrücke eignete sich besonders gut für einen Testlauf der Technologie: Sie sollte nur noch wenige Jahre in Betrieb sein und war bereits mit einem kommerziellen Überwachungssystem ausgestattet. Das ConScope-Team verbaute 24 Sensoren im Beton der Brücke, die anschließend fast fünf Jahre lang Daten generierten und Materialveränderungen überwachten. Nicht nur bestätigten die Messungen mit CWI die Ergebnisse des vorhande-

nen Überwachungssystems, die Technologie erwies sich unter Realbedingungen auch als geeignet für einen dauerhaften Betrieb.

Das Verfahren wird nun zur Marktreife gebracht; unterstützt durch EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft, ein Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Ziel ist es,

ein preiswertes und einfach zu installierendes Monitoringsystem für Infrastrukturbetreiber*innen anzubieten. Prototypen, bestehend aus Messgerät, Sensoren und automatisierter Auswertung, wurden bereits in der DFG-Forschungsgruppe CoDA entwickelt. Sie werden derzeit zusammen mit der Autobahn GmbH und den Stadtwerken München an Bauwerken erprobt. –

Das ConScope-Team will sein Verfahren schnell zur Marktreife bringen.



Infrastruktur

Smarte Gefahrstoffanalyse aus der Luft

Versuche zu dem innovativen
Verfahren auf dem BAM-Testgelände

Kommt es bei Gefahrguttransporten oder in Industrieanlagen zu einem Unfall, zählt jede Minute. Entscheidend ist es, chemische Schadstoffe sicher zu identifizieren. Die BAM entwickelt ein neuartiges Verfahren, das auf Drohnen, Chemosensoren und KI setzt.

Bei Unfällen mit Gefahrguttransporten oder in Industrieanlagen kann es zur Freisetzung chemischer Stoffe kommen – mit teils erheblichen Risiken für Mensch und Umwelt. Häufig ist zunächst unklar, um welche Substanzen es sich handelt: Sie können giftig, ätzend, brennbar oder explosiv sein. Proben müssen meist vor Ort oder im Labor aufwendig analysiert werden. Auch ist die entsprechende Schutzausrüstung nicht immer sofort verfügbar.

Ein Forschungsteam der BAM arbeitet daher an einer innovativen Lösung: einer automatisierten, berührungsfreien Gefahrstoffdetektion mithilfe von Drohnen, Chemosensoren und künstlicher Intelligenz. Damit lassen sich gefährliche Substanzen schnell, präzise und aus sicherer Entfernung identifizieren und kartieren.

Konfetti aus Chemosensoren

Im Mittelpunkt des **Projekts Passive Smart Dust**  stehen winzige, mit chemischen Indikatoren beschichtete Cellulosepartikel – sogenannte Chemosensoren. Sie werden wie Konfetti von einer Drohne über der potenziell kontaminierten Fläche verteilt. Sobald sie mit bestimmten Flüssigkeiten

oder Gasen – etwa Benzin, Säuren, Basen oder toxischen Gasen – in Kontakt kommen, verändern sie ihre Farbe oder fluoreszieren.

Im Anschluss fliegt die Drohne erneut über das Gebiet und erfasst mithilfe einer hochauflösenden Kamera die veränderten Sensoren. Eine speziell entwickelte Software wertet die Bilder automatisiert aus und erstellt innerhalb weniger Minuten eine präzise Gefahrenkarte des betroffenen Areals.

Zu diesem Zweck werden spezielle Filter genutzt, die gezielt nach bestimmten Farbwerten und visuellen Merkmalen suchen, um potenziell kontaminierte Bereiche einzugrenzen. Zusätzlich ermöglicht eine KI-gestützte Bilderkennung eine präzise Klassifikation der Bilddaten sowie eine schnelle und zuverlässige Lokalisierung der Gefahrenzonen.

Erfolgreicher Feldtest mit Säuren und Basen

Die ersten Feldtests haben bereits vielversprechende Ergebnisse geliefert. „Unsere Sensoren haben zuverlässig Säuren und Basen nachgewiesen“, so Patrick Neumann, der Leiter des Projekts. „Das war für uns die beste Wahl zur Überprüfung



Eine Drohne erfasst die speziell beschichteten Chemosensoren am Boden.

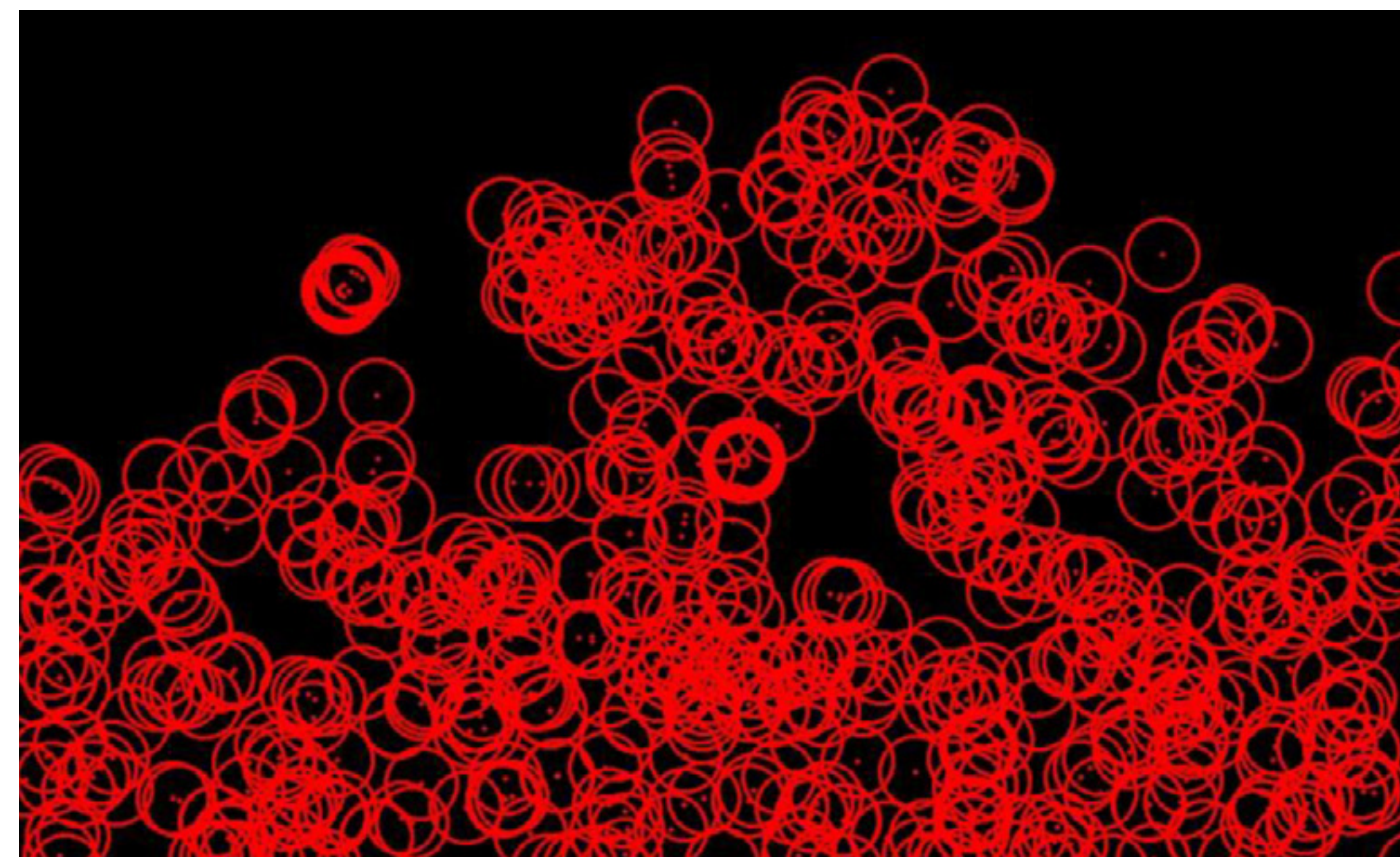
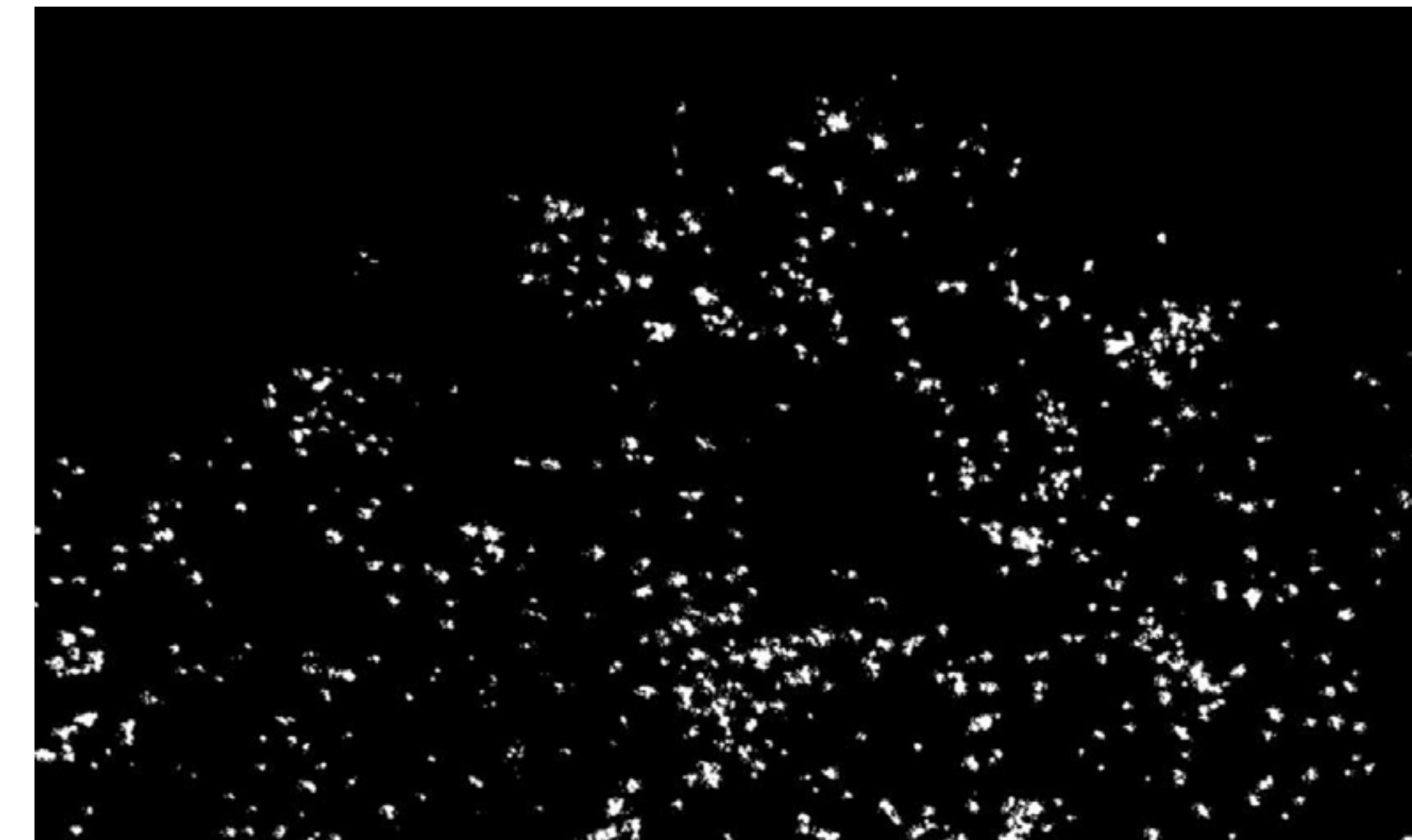
unseres Modellsystems, da es eindeutige und konsistente Ergebnisse liefert.“ Nun arbeitet das Team daran, das System mit weiteren Sensoren zu kombinieren, um ein noch breiteres und komplexeres Spektrum an Gefahrstoffen erfassen zu können, z. B. Kraftstoffe wie Diesel oder Superbenzin.

Dazu werden die Wissenschaftler weitere Tests durchführen und die Sensoren an unterschiedliche Umweltbedingungen anpassen. Die Oberfläche der reaktiven Partikel lässt sich im Labor exakt auf spezifische Gefahrstoffe ausrichten: von kurzzeitig einsetzbaren, biologisch abbaubaren Sensoren für Havarien bis hin zu langlebigen Varianten für die Langzeitüberwachung von Industrieanlagen.

Großer Fortschritt in der Gefahrstoffdetektion

Die Innovation könnte zukünftig in Katastrophengebieten, industriellen Anlagen oder bei der Überwachung kritischer Infrastrukturen zum Einsatz kommen. „Unsere Technologie eröffnet uns neue Wege in der Umweltüberwachung und beim Schutz kritischer Infrastruktur,“ erklärt Neumanns Kollege Tino Neger. „Die Fähigkeit, großflächig und automatisiert chemische Bedrohungen zu erkennen und zu kartieren, bedeutet einen gewaltigen Fortschritt in der Gefahrstoffdetektion.“ –

„Unsere Technologie eröffnet neue Wege in der Umweltüberwachung und beim Schutz kritischer Infrastruktur.“



Eine Software wertet mittels KI die Bilder aus und erstellt eine Karte des kontaminierten Areals.



Infrastruktur

Waldbrände effektiver bekämpfen

Bestimmung der Feuchtigkeit im Waldboden



Mit dem Klimawandel steigen nicht nur die Temperaturen – auch Waldbrände treten häufiger auf, verlaufen weniger berechenbar und gefährden zunehmend Mensch, Umwelt und Infrastruktur. Diese veränderte Gefahrenlage stellt auch neue Anforderungen an die Forschung.

2023 wurden in Deutschland über 1000 Waldbrände registriert. Rund 1240 Hektar Forst gingen in Flammen auf – das entspricht mehr als 1700 Fußballfeldern. Besonders betroffen sind Regionen wie Brandenburg oder Sachsen-Anhalt, wo Trockenheit, sandige Böden und Monokulturen das Waldbrandrisiko zusätzlich erhöhen.

Präventiv gegensteuern

In diesen Regionen hat die BAM gemeinsam mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg im **EU-Forschungsprojekt TREEADS** untersucht, welche Rolle Böden, Vegetation und Rauchgase bei der Entstehung und Ausbreitung von Bränden spielen – und wie daraus konkrete Schutzstrategien abgeleitet werden können. TREEADS ist ein europäisches Gemeinschaftsprojekt, in dem 48 Partner*innen aus Wissenschaft, Industrie und Verwaltung ihre Kompetenzen bündeln. Gefördert wurde das Projekt im Rahmen des EU-Forschungsprogramms Horizon Europe.

Die BAM hat in das Projekt ihre besondere Expertise in Chemie, Materialverhalten und Brandschutz eingebracht. „Wir arbeiten an einem besseren Verständnis dazu, wie sich Brände ausbreiten, um

sie gezielter und vorausschauender bekämpfen zu können“, erklärt Anja Hofmann-Böllinghaus, Brandexpertin und Projektleiterin an der BAM.

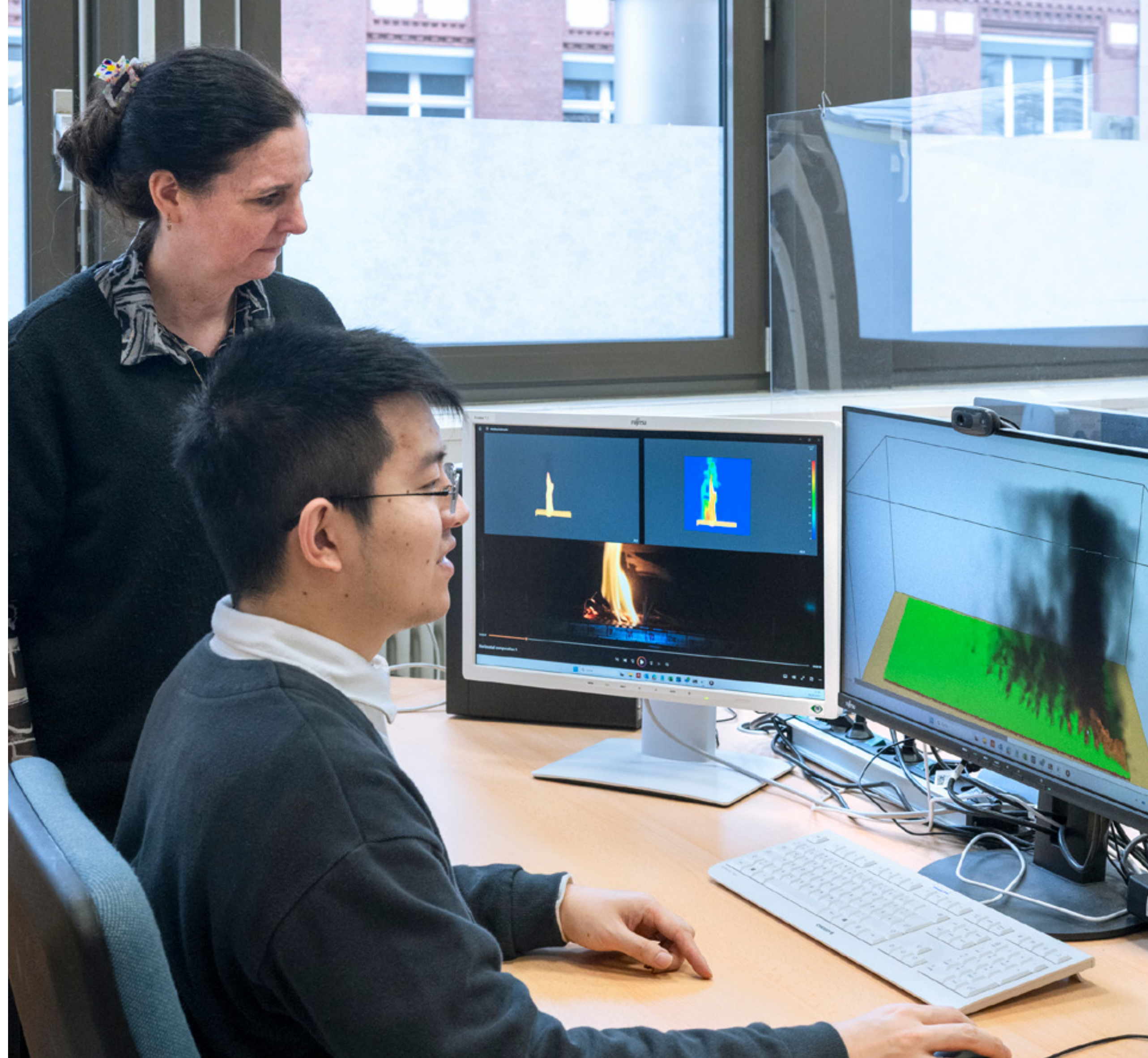
Die Untersuchungen reichten von chemischen Analysen im Labor bis hin zu kontrollierten Brandversuchen im Freien. Dabei wurden unter anderem der Anteil organischer Substanzen im Boden, die Feuchtigkeitsverhältnisse sowie die Brandintensität in unterschiedlichen Vegetationstypen erfasst.

Diese Daten bilden die Grundlage für computergestützte Simulationsmodelle, mit denen sich die Ausbreitung von Bränden unter realen Bedingungen – etwa bei Wind, in bestimmter Topografie und spezifischer Vegetation – präziser vorhersagen lässt.

Dabei kommt auch Machine Learning zum Einsatz: Es analysiert große Datenmengen und erkennt darin Muster, die für die Entstehung und Ausbreitung von Bränden typisch sind. Diese Erkenntnisse fließen wiederum in computergestützte Modelle ein, aus denen sich immer präzisere Vorhersagen ableiten lassen – etwa darüber, wie sich ein Brand unter bestimmten Bedingungen entwickeln könnte.



Der Anteil organischer Substanzen im Waldboden wird erfasst.



Mit computergestützten Simulationsmodellen lässt sich die Ausbreitung von Bränden präziser vorhersagen.



Präventiv gegensteuern

So wird es möglich, Waldbrandrisiken früher zu erkennen und präventiv gegenzusteuern, etwa durch die gezielte Ausdünnung besonders gefährdeter Vegetation oder die Bereitstellung geeigneter Löschmittel.

Neben der Entzündbarkeit von Waldboden haben die **Fire-Science-Expert*innen der BAM** auch die toxischen Bestandteile von Rauchgasen untersucht und dabei sechs besonders kritische Komponenten identifiziert, die bei Vegetationsbränden in gesundheitsschädlicher Konzentration auftreten: „Schon kurze Belastungen mit diesen Stoffen können Gesundheitsschäden auslösen“, warnt Hofmann-Böllinghaus.

Erkenntnisse wie diese helfen, Gesundheitsrisiken für Einsatzkräfte und Anwohnende besser einzuschätzen. Außerdem sollen sie in Sicherheitsrichtlinien einfließen und bei der Anwendung neuer Schutzausrüstungen berücksichtigt werden.

Löschen mit Druckluft-Schaum

Ein weiteres Ziel von TREEADS ist die Entwicklung innovativer Löschtechnologien für schwierige Einsatzbedingungen. Dazu testete die BAM einen umweltfreundlichen Druckluft-Löschschaum, der tief in den Boden eindringt und versteckte Glutnester zuverlässig erstickt. Besonders in Regionen mit eingeschränkter Wasserversorgung – wie sie in

Brandenburg häufig vorkommen – stellt das eine vielversprechende Ergänzung konventioneller Methoden dar.

Die Erkenntnisse aus TREEADS zeigen: Effektiver Waldbrandschutz beginnt nicht beim Brand, sondern bei seinem Verständnis. Denn nur wer die Ursachen von Bränden versteht, kann sie eindämmen oder verhindern. Wissenschaftlich fundiert, praxisnah – und im Ernstfall lebensrettend. –

Infrastruktur

3D-Druck von Beton optimieren



Betonbauteil aus dem 3D-Drucker

Der 3D-Druck von Beton besitzt großes Zukunftspotenzial, wird aber von vielen Parametern beeinflusst. Um den Prozess zu optimieren, entwickeln Forschende der BAM Simulationsmodelle. Ihr Ziel: die Technologie in die breite Anwendung bringen.

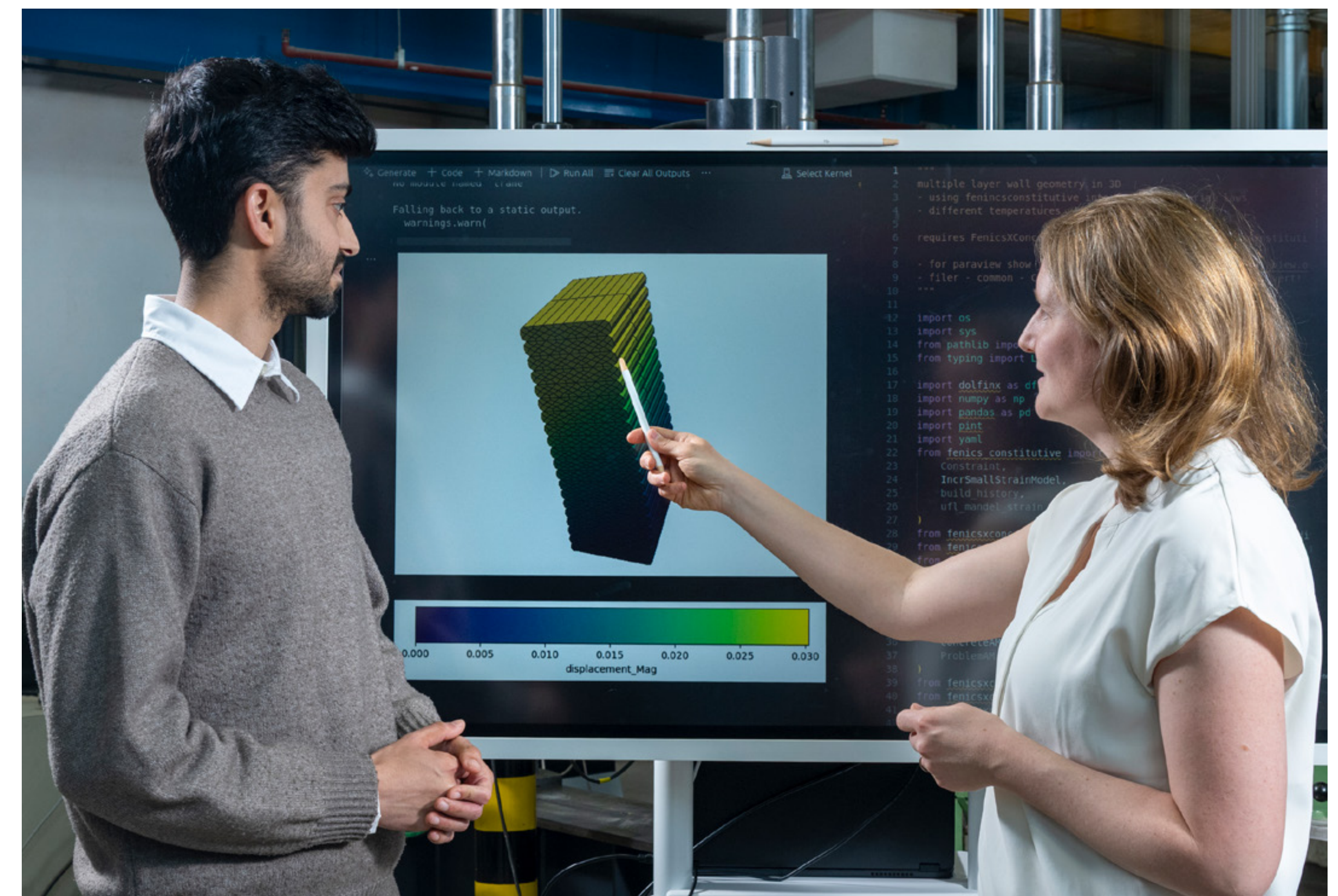
Während der Entstehung von Betonbauteilen im 3D-Drucker beeinflussen diverse Parameter Beschaffenheit, Stabilität und Qualität. Um diese Parameter zu optimieren, müssten im Normalfall viel Zeit und Material für Tests aufgewendet werden. Effizienter lässt sich diese Optimierung durch Simulationsmodelle gestalten. Daran arbeiten Forscher*innen der BAM. Denn nicht nur Material für Testläufe kann so gespart werden. Am Computer lässt sich auch herausfinden, unter welchen Druckbedingungen ein Bauteil so optimiert werden kann, dass es so wenig wie möglich Rohmaterial verbraucht. Es lässt sich eine digitale Vorhersage darüber treffen, wann ein Bauteil beim 3D-Druck versagt, einstürzt oder umknickt. In der Simulation können die Druckparameter virtuell so lange angepasst werden, bis ein stabiles und optimal designed Betonbauteil entsteht.

Höher, schneller, stabiler?

„Mal angenommen, ich möchte eine einen Meter hohe Wand drucken, dann können wir mit dem Modell die optimalen Druckparameter dafür herausfinden – z. B. mit welcher Geschwindigkeit gedruckt werden muss oder welche Erhärtungseigenschaften das Material haben sollte. Auch lässt sich unter

der Voraussetzung, dass man die realen Material- und Prozessparameter kennt, simulieren, wie sich das Aushärten des Materials auf die Stabilität beim Druck auswirkt“, erläutert Bauingenieurin Annika Robens-Radermacher. „3D-Druckmörtel härtet nämlich deutlich schneller aus. Das ist notwendig, damit

die neue Schicht Beton von den darunterliegenden getragen werden kann. Je nachdem, wie schnell das geht, kann die Druckgeschwindigkeit einen Einfluss darauf haben, wie hoch man drucken kann bzw. ob ein zu druckendes Element während des Drucks stehen bleibt.“



Durch Simulationsmodelle lässt sich der 3D-Druck von Betonbauteilen optimieren.

Den Zufall simulieren

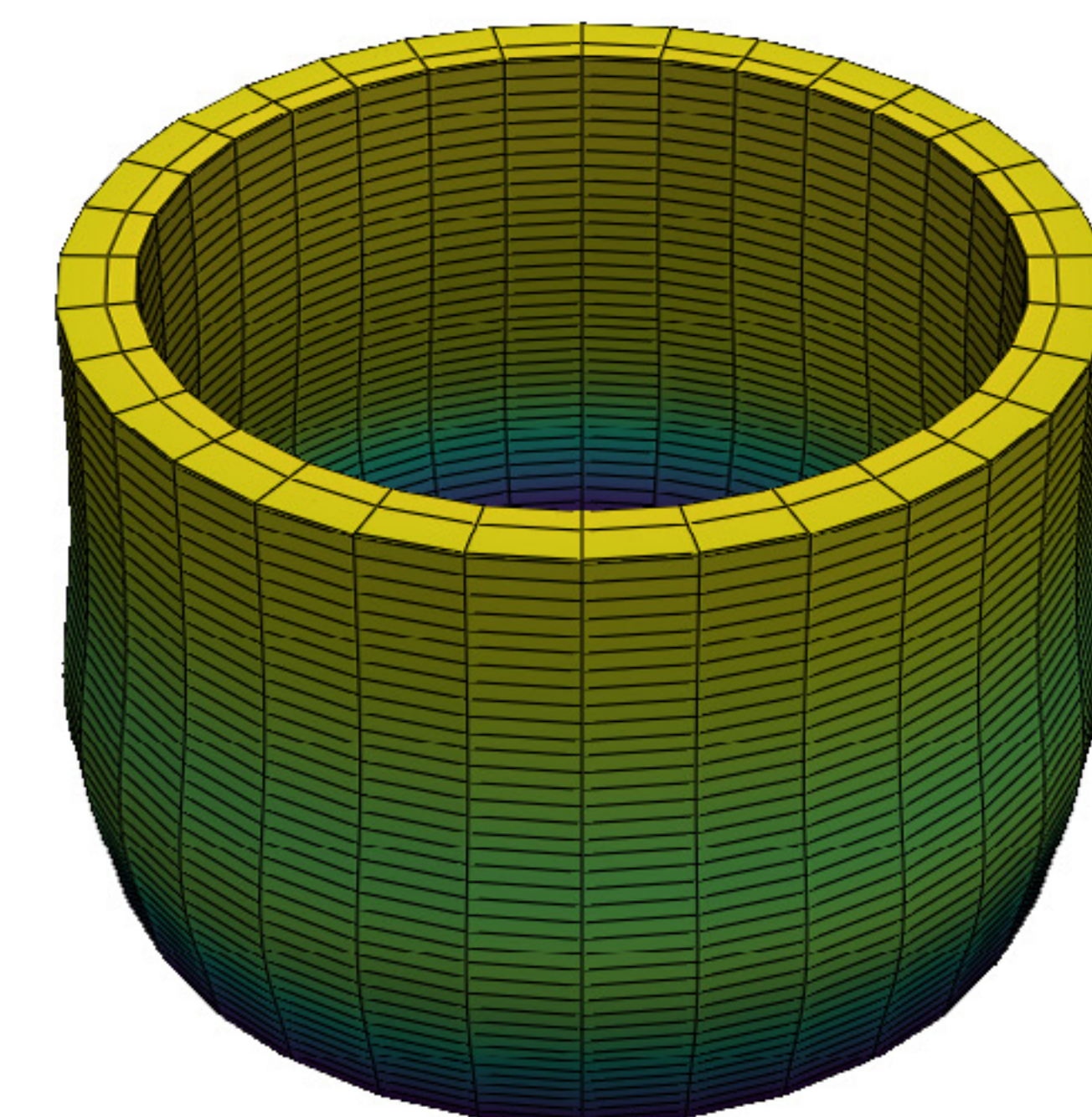
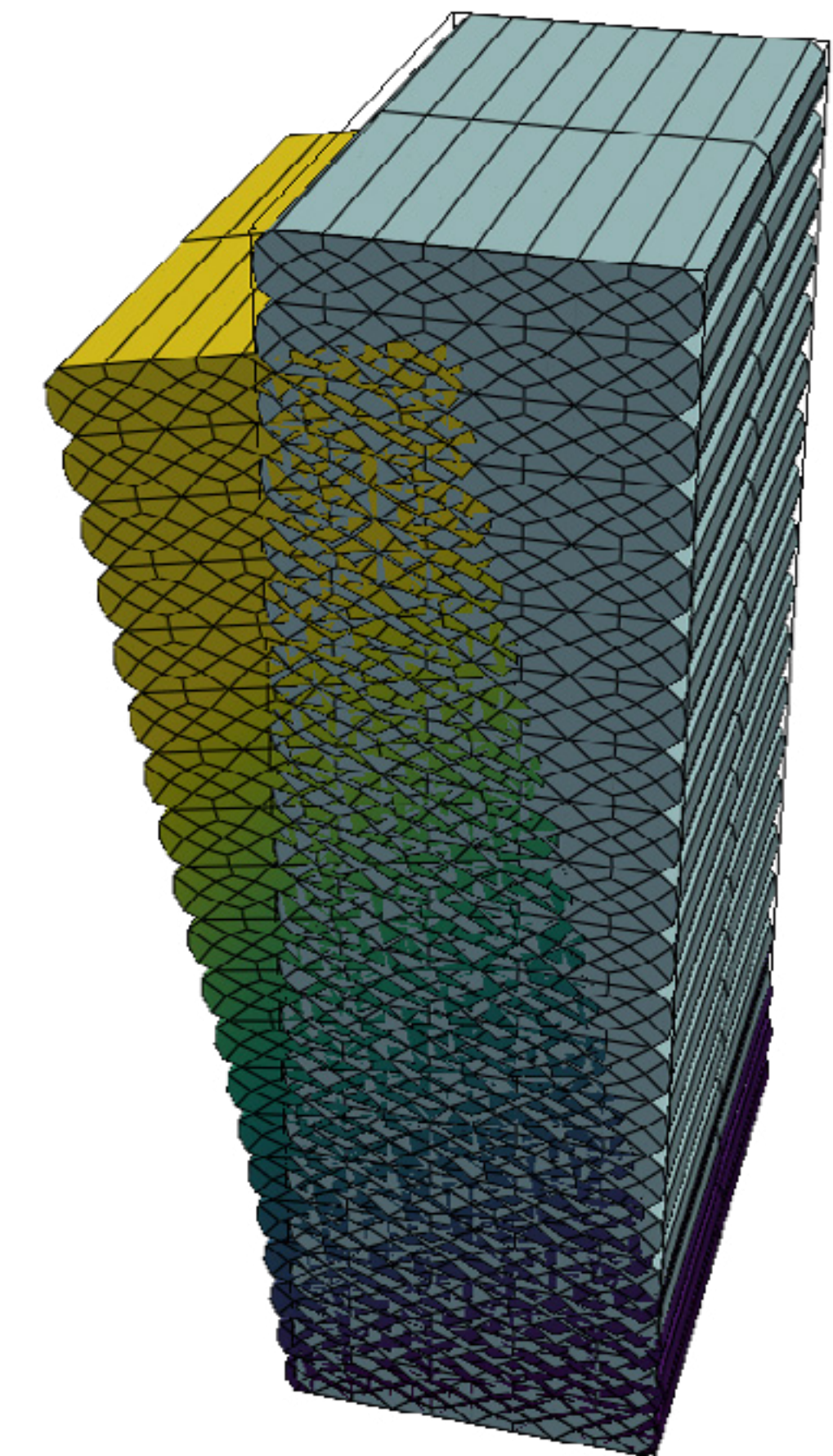
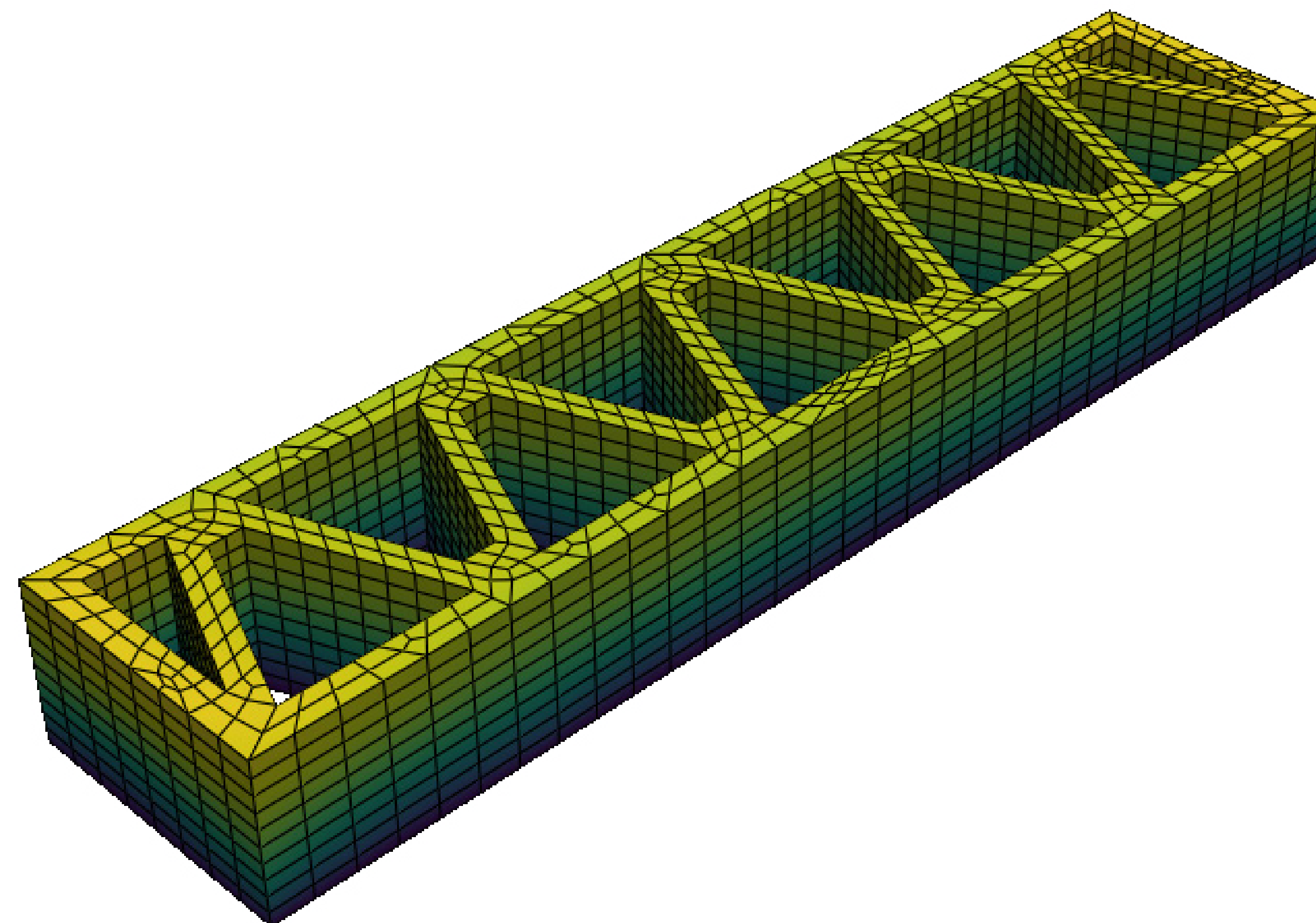
Eine Herausforderung für die Forschenden stellt die Simulation zufälliger Einflussgrößen dar. Unsicherheiten entstehen beim Druck durch die Vielzahl an Faktoren, die den Prozess beeinflussen, oder durch notwendige Modellannahmen. Materialeigenschaften können z. B. je nach Charge oder durch veränderte Umgebungsbedingungen erheblich schwanken. Wie können die Simulationsmodelle also so realistisch sein, dass sie auch diese Art von Unsicherheiten berücksichtigen?

Dafür werden einzelne Parameter nicht nur mit einem Wert angenommen, sondern mit einer Streuung, wie beispielsweise die Steifigkeit des Betons. Außerdem kann eine Vielzahl von Variationen in den Simulationsmodellen durchgespielt werden, die somit eine Reihe von Eventualitäten berücksichtigen. Um das Modell bestmöglich an den realen Druckprozess anzupassen, werden die simulierten Parameter mit realen Messdaten abgeglichen. Diese stammen aus standardisierten Materialtests oder wurden während eines Drucks gesammelt.

Normen für die Zukunft des Betondrucks

Aus der Simulation mit bestimmten Parametern können später einmal Empfehlungen darüber abgeleitet werden, wie ein bestimmtes Design zu drucken ist – ab welcher Layerdicke oder welcher Geschwindigkeit etwa eine gegebene Wand stabil ist. Die Ergebnisse der Modellierung sollen einmal in Normen einfließen, die dem 3D-Druck von Beton eine breite Anwendung ermöglichen. Denn derzeit gibt es keine Standards für den 3D-Druck von Bau-

elementen oder deren Verwendung. „Im Idealfall sollten auch die Simulationsmodelle in die Standards einfließen“, sagt Robens-Radermacher, „und damit Leitlinien entstehen, welche Modelle benutzt werden können, um Designs zu berechnen bzw. den Druck effizient vorzubereiten“. –



Im Modell werden Druckparameter wie Geschwindigkeit und Aushärtung simuliert, um eine optimale Stabilität des Bauteils zu erzielen.

Verjüngungskur für Straßen

Die Asphaltschichten auf Straßen und Autobahnen müssen nach rund 15 Jahren erneuert werden. Bereits heute kommt dabei Ausbauasphalt zum Einsatz. Dieser wiederverwendete Asphalt wird jedoch mit der Zeit hart und spröde. Das kann zu Rissen und Schäden in der Fahrbahndecke führen. Das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte **Projekt „Postcarbone Straße“**, an dem neben der BAM die Ruhr-Universität Bochum und die Technische Universität Berlin beteiligt sind, zielt auf einen möglichst unbegrenzten Wiederverwendungskreislauf von Asphalt. Bislang wird dem Altmaterial, um der Verhärtung entgegenzuwirken, neues Bitumen zugemischt. Der Anteil dieses Bindemittels auf Erdöl-, also fossiler Basis muss bei jeder erneuten Wiederverwendung jedoch erhöht werden. Das bisherige Verfahren verschlechtert daher mit jedem neuen Zyklus die CO₂-Bilanz von Ausbauasphalt. Eine Lösung können hier biobasierte Verjüngungsmittel sein, z. B. Öle aus Kiefernharz oder Cashewkernen. Deren positive Wirkung ist jedoch aktuell auf maximal vier Wiederverwendungszyklen begrenzt. Daher entwickeln die Wissenschaftler*innen einen speziell modifizierten biobasierten „Rejuvenator“. „Wir möchten zeigen, wie sich Asphalt mithilfe nachhaltiger Verjüngungsmittel deutlich länger wiederverwenden lässt“, so BAM-Expertin Sandra Weigel, die das DFG-Projekt leitet.



Ein biobasiertes Verjüngungsmittel soll fossiles Bitumen ersetzen.

Verbesserter Brandschutz für historische Gebäude

Die BAM hat in dem **Verbundprojekt BRAWA** mit Partner*innen aus Industrie und Wissenschaft ein innovatives Sensorsystem für die schnellere Detektion von Schwelbränden entwickelt. Historische Bauwerke sind besonders anfällig für Brände, die Auswirkungen meist verheerend. Ein Grund dafür sind die in vergangenen Jahrhunderten verwendeten Naturmaterialien wie Holz, Stroh oder Gras, die ohne Flammenschutz besonders leicht entzündlich sind. Im Rahmen von BRAWA hat sich das BAM-Team auf die frühzeitige Erkennung von Schwelbränden fokussiert. Diese setzen bereits Aerosole und Gase frei, bevor sichtba-

re Flammen entstehen oder eine merkliche Temperaturerhöhung auftritt. Die Wissenschaftler*innen haben dazu diverse Brandszenarien im Labor durchgespielt. Die dabei freigesetzten Brandgase wurden mittels Sensoren identifiziert und umfassend charakterisiert, um ihre Eignung für eine frühe Branddetektion zu bewerten. Ergänzend führten die Forscher*innen numerische Simulationen durch, um Brandentstehung und -ausbreitung detailliert zu modellieren. Auf Basis dieser Daten hat das Projektteam ein innovatives Sensorsystem entwickelt, das bereits in der Frühphase der Brandentstehung Alarm auslöst.

BAM und BAST intensivieren Zusammenarbeit

Die BAM und die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) haben im November 2024 **in einem Memorandum of Understanding eine noch intensivere Zusammenarbeit vereinbart**. Beide Institutionen bündeln ihre Expertisen, um die Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur in Deutschland dauerhaft zu stärken. BAM und BAST wollen so gemeinsam einen Beitrag dazu leisten, die Verkehrsinfrastruktur als zentralen wirtschaftlichen Standortfaktor zu sichern. Die technische Zuverlässigkeit, die Sicherheit und die Dauerhaftigkeit von Infrastruktursystemen und -komponenten werden im Vordergrund der Zusammenarbeit stehen. Prof. Dr. Ulrich Panne, Präsident der BAM: „Der Einsturz der Carolabrücke in Dresden hat uns einmal mehr vor Augen geführt, wie wichtig eine robuste Verkehrsinfrastruktur ist – nicht nur für den Wirtschaftsstandort Deutschland, sondern auch für die Sicherheit der Bürger*innen.“ Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Oeser, Präsident der BAST: „Wir bündeln unsere Expertise, Ressourcen und Leidenschaft, um die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der deutschen Verkehrsinfrastruktur weiter zu verbessern. So machen wir uns gemeinsam fit für die Herausforderungen der Zukunft.“

Energie | Infrastruktur | **Umwelt** | Material | Chemie und Prozesstechnik

Umwelt

Nachhaltige Stahlproduktion mit Wasserstoff



Schmelzreduktion von Eisenerz mit
Wasserstoffplasma im Lichtbogenofen

In zwei internationalen Projekten treibt die BAM die Dekarbonisierung der Stahlindustrie voran – einer der zentralen Hebel für die globale Energiewende. Im Fokus: der Einsatz von Wasserstoff und die Verarbeitung von Eisenerzen minderer Qualität.

Die weltweite Stahlindustrie ist für etwa acht Prozent der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich. Um hier Einsparpotenziale zu heben, ist die BAM führend an gleich zwei internationalen Forschungsvorhaben beteiligt.

Das Ziel: klimaneutrale Stahlproduktion

Im Projekt **ZEROSTEEL** [\[1\]](#), das von der Europäischen Union im Rahmen des Programms Horizon Europe gefördert wird, führt die BAM Laborexperimente zur wasserstoffbasierten Direktreduktion von Eisenerz durch. Ziel ist es, Kohlenstoff als Reduktionsmittel im Prozess durch Wasserstoff zu ersetzen. BAM-Wissenschaftler Christian Adam und sein Team untersuchen dabei neben der Direktreduktion mit Wasserstoff im festen Zustand auch die Schmelzreduktion von Eisenerz mit Wasserstoffplasma. Der Vorteil bei beiden Methoden: Statt schädlichen Treibhausgases wird nur Wasserdampf freigesetzt. Die Forscher*innen testen dazu in einer Pilotanlage, wie sich der Prozess auf den industriellen Maßstab skalieren lässt. Untersucht wird auch der Einsatz klimaneutraler Biokohle, z. B. zur Erzeugung von Schaum-
schlacke, um die CO₂-Emissionen des Verfahrens weiter zu senken.

Beteiligt sind zahlreiche europäische Partnerinstitutionen aus Industrie und Forschung, darunter u. a. die Technische Universität Bergakademie Freiberg, das Centre National de Recherche Scientifique in Frankreich und die Technische Universität Wien.

Im Fokus: Eisenerz minderer Qualität

Noch umfassender mit Blick auf die gesamte Logistik ist das Projekt **SuSteelAG (Sustainable Steel from Australia and Germany)** [\[2\]](#) mit dem Partnerland Australien angelegt. Es nimmt alle Facetten der Stahlproduktion in den Blick, um CO₂-Einsparpotenziale zu heben. Ziel ist es, eine nachhaltige bilaterale Wertschöpfungskette zwischen Australien als Rohstofflieferant und Deutschland als Standort der grünen Stahlproduktion zu etablieren. Im Fokus des gemeinsamen Konsortiums steht eine Technologie, mit der sich auch minderwertige Eisenerze mithilfe grünen Wasserstoffs zu Eisen veredeln lassen. Auch diese Eisenerzqualitäten sind in Australien, von wo Deutschland einen erheblichen Teil seiner Importe für die Stahlproduktion bezieht, in großer Menge vorhanden.



Analyse der resultierenden Schlacke mit laserinduzierter Plasmaspektroskopie

Entwickelt werden soll ein Verfahren, mit dem zunächst direkt vor Ort in Australien die minderwertigen Erze mit Wasserstoff zu grünem Eisen veredelt werden. „Bisher ist die Reduktion mit Wasserstoff nur für hochwertiges Eisenerz etabliert“, so Christian Adam, der auch dieses Projekt leitet. „Dabei werden vor allem Schachtöfen eingesetzt, in denen die Erze vorher aufwendig aufbereitet werden müssen. Wir dagegen wollen ein Verfahren etablieren, bei dem ein Drehrohrofen zur Anwendung kommt. Dass dieser Ansatz grundsätzlich praktikabel ist, haben wir an der BAM bereits demonstriert. Durch SuSteelAG erschließen wir also eine neue Rohstoffquelle für die grüne Stahlproduktion.“

Langfristiges Ziel ist der Aufbau einer Wertschöpfungskette, die die hiesige klimafreundliche Stahlproduktion unterstützt und zugleich Deutschlands Rolle als Technologieführer im Bereich grüner Wasserstofflösungen festigt.

Starkes internationales Konsortium

Getragen wird SuSteelAG von einem starken deutsch-australischen Konsortium, bestehend aus in ihren Bereichen führenden Forschungseinrichtungen und Industriepartnern, die ihre Expertise bei Metallurgie, Wasserstofftechnologie, Anlagenbau und Logistik in das Projekt einbringen. Zu ihnen zählen neben der BAM die Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, die TS Group Elinor GmbH, die HyIron GmbH, das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST), das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und

Systeme (IKTS), die RWTH Aachen, die Heidelberg Manufacturing Deutschland GmbH, HANSAPORT und Fortescue. Gefördert wird das Projekt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms mit rund 4,5 Millionen Euro. —



Eisenerproben verschiedener Qualität (r.), Vorbereitung der Proben für mikroskopische Untersuchungen (u.).





Nikita Gugin hat das neue In-situ-Überwachungsverfahren mitentwickelt.

Grüne Chemie wird industriefähig

Die Mechanochemie ist eine vielversprechende nachhaltige Methode, bei der chemische Reaktionen durch mechanische Verfahren ausgelöst werden und die weitgehend ohne Lösungsmittel auskommt. Bisherige Untersuchungen zur Mechanochemie, deren „grünes“ Potenzial in den letzten Jahren international immer stärker in den Fokus gerückt ist, setzen auf die Verwendung von Kugelmøhlen. Diese erlauben jedoch nur die Produktion von Substanzen im Labormaßstab. Für die industrielle Anwendung bietet der Einsatz von Extrudern eine vielversprechende Alternative, weil sie den Übergang zum großtechnischen Maßstab ermöglichen. Extruder sind weitverbreitete Geräte in der Fertigungstechnik,

die in der Herstellung von Nahrungsmitteln, Kunststoffen, Baumaterialien sowie medizinischen und pharmazeutischen Produkten eingesetzt werden. Allerdings fehlte bislang ein geeignetes In-situ-Überwachungsverfahren, um alle Prozessschritte bei einer großindustriellen Fertigung kontrollieren und steuern zu können. Ein **Team der BAM um Nikita Y. Gugin und Franziska Emmerling hat erfolgreich gezeigt** [☐](#), dass die energiedispersive Röntgendiffraktometrie (EDXRD) zur Überwachung von Extrudern eingesetzt werden kann. Diese Methode wurde im Rahmen einer Forschungs Kooperation an der PSICHÉ-Beamline der nationalen französischen Synchrotron-Anlage SOLEIL entwickelt.

Entfernung von PFAS aus der Umwelt

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind in vielen Alltagsprodukten wie z. B. wasserabweisender Kleidung und Feuerlöschschäumen enthalten und stellen aufgrund ihrer Langlebigkeit und Mobilität eine wachsende Bedrohung für Umwelt und Gesundheit dar. Die BAM **forscht in einem Projekt zur Entfernung von PFAS aus der Umwelt** [☐](#). Das von der VolkswagenStiftung geförderte Projekt wird von der Freien Universität Berlin geleitet, das Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP) ist Kooperationspartner. Im Projekt werden biogene Rohstoffe wie Lignin und Glycerol verwendet. Aus diesen Rohstoffen sollen sogenannte funktionalisierte Adsorberperlen entwickelt werden: speziell designte Materialien, die an ihrer Oberfläche Schadstoffe wie PFAS

binden können, wodurch diese aus belastetem Wasser entfernt werden. Der zirkuläre Ansatz des Projekts soll es zudem ermöglichen, die Adsorberperlen zu regenerieren, d. h. PFAS vollständig aus ihnen zu entfernen, damit sie anschließend wiederverwendet werden können. Am Ende ihrer Lebensdauer können die Perlen in der Landwirtschaft zur Wasser- und Nährstoffrückhaltung im Boden genutzt werden. BAM und FU Berlin führen über den gesamten Projektzeitraum die begleitende Analytik durch: Sie untersuchen die Qualität der Rohlig-nine, die Oberflächenbeschaffenheit, die Porosität und das Quellverhalten der fertigen Materialien. Sie testen, wie viel PFAS die Perlen tatsächlich absorbieren können, und prüfen ihre Rezyklierbarkeit.

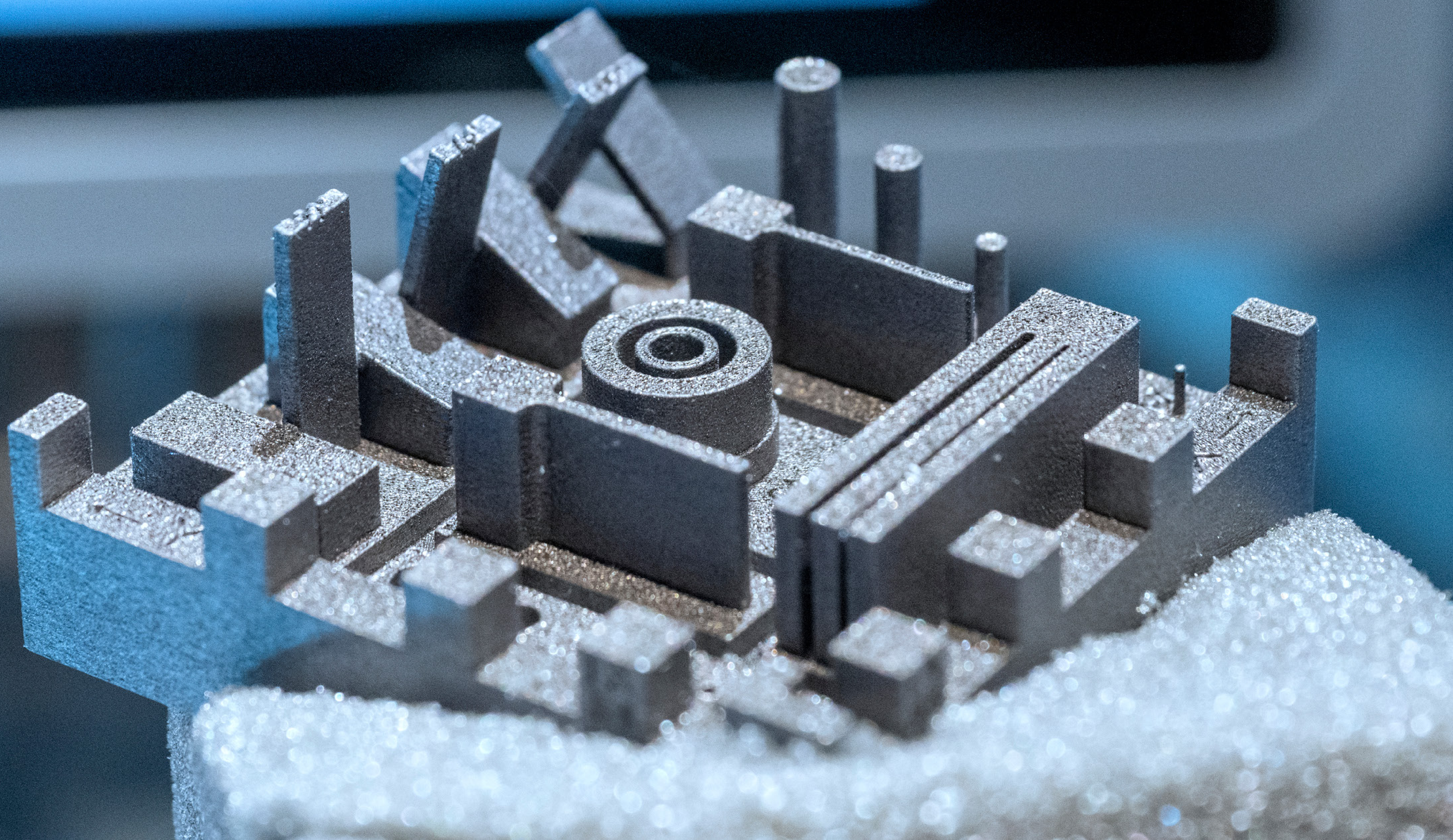


BAM und FU Berlin sind im Projekt für die Analytik verantwortlich.

Energie | Infrastruktur | Umwelt | **Material** | Chemie und Prozesstechnik

Material

Datenschätze der additiven Fertigung



Beim 3D-Druck entstehen riesige Datenmengen – ihr Potenzial, insbesondere für die Qualitätssicherung bleibt jedoch oft ungenutzt. Das will die BAM ändern. Und damit für mehr Sicherheit, weniger Fehler und eine transparente Rückverfolgung sorgen.

Daten sind essenziell für die Erstellung von 3D-Modellen, die wiederum als Basis für den Druckprozess dienen. Sie ermöglichen die präzise Gestaltung und Anpassung von Bauteilen sowie die Steuerung und Überwachung des gesamten Druckvorgangs. Durch ihre kontinuierliche Analyse lassen sich Qualitätsprobleme frühzeitig erkennen und beheben. Zudem ermöglichen sie eine effiziente Identifikation betroffener Produkte im Fall eines Produktrückrufs. Allerdings wird diese Chance bislang kaum genutzt.

Daten richtig analysieren

„Wer Daten beim 3D-Druck richtig analysiert, kann Fehler vermeiden, Material und Kosten sparen sowie Prozesse optimieren“, erklärt Martin Epperlein vom **BAM-Kompetenzzentrum Additive Fertigung**. Erfassung und Analyse dieser Daten stellen bislang aber eine große Herausforderung dar. „Jedes Material verhält sich anders, jede additive Fertigungstechnik bringt ihre eigenen Besonderheiten mit sich – das macht die Datenanalyse so komplex“, erläutert Epperlein.

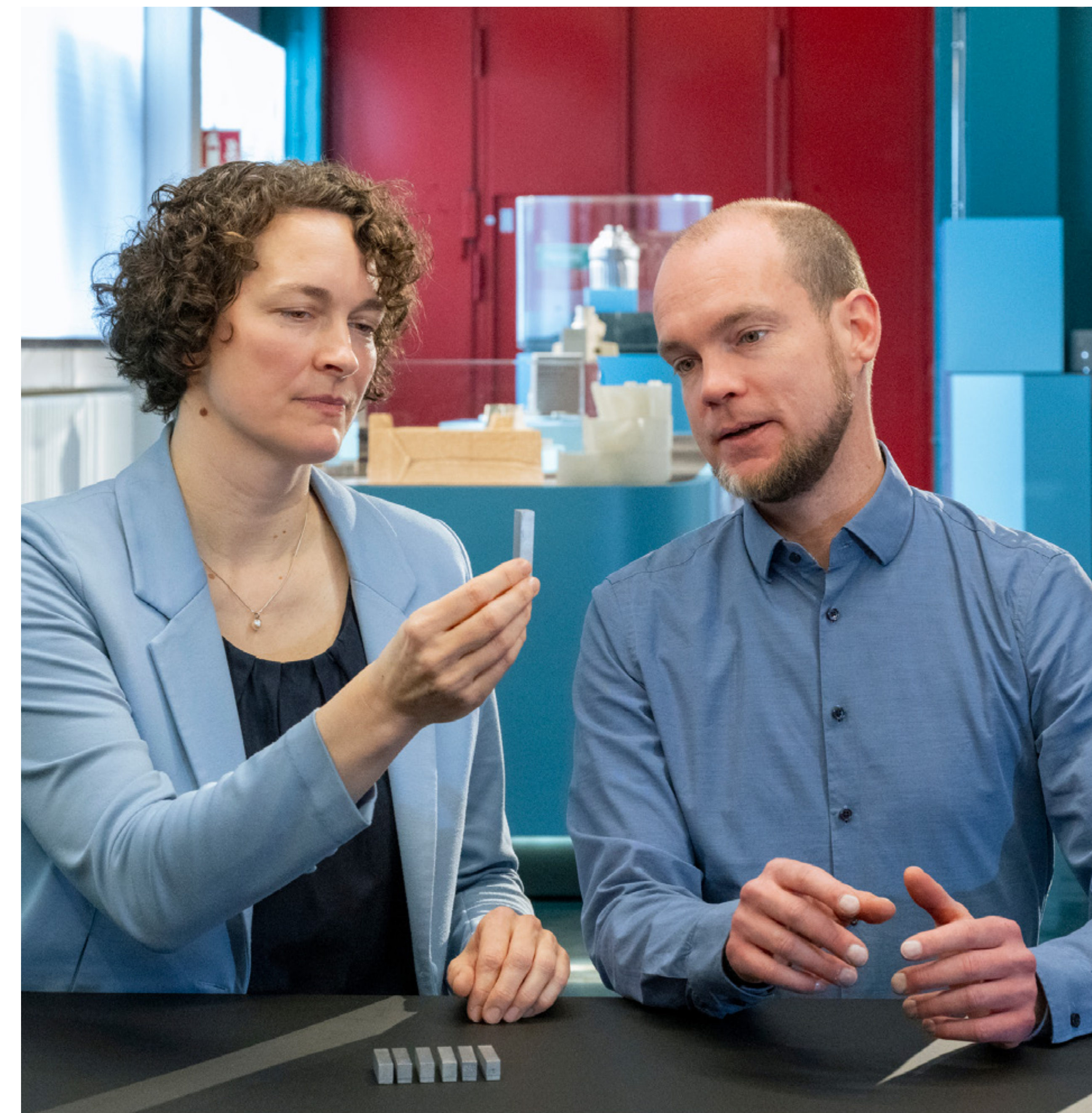
Wie groß das Potenzial dieser Daten ist, zeigt sich, wenn es etwa um Fragen der Rückverfolgbarkeit

und Qualitätskontrolle bei 3D-gedruckten Bauteilen geht. Besonders in sicherheitskritischen Branchen wie der Luft- und Raumfahrt müssen Herstellungsbedingungen exakt dokumentiert und regulatorische Vorgaben eingehalten werden. Eine lückenlose digitale Identifikation kann hier helfen, Transparenz und Sicherheit zu gewährleisten.

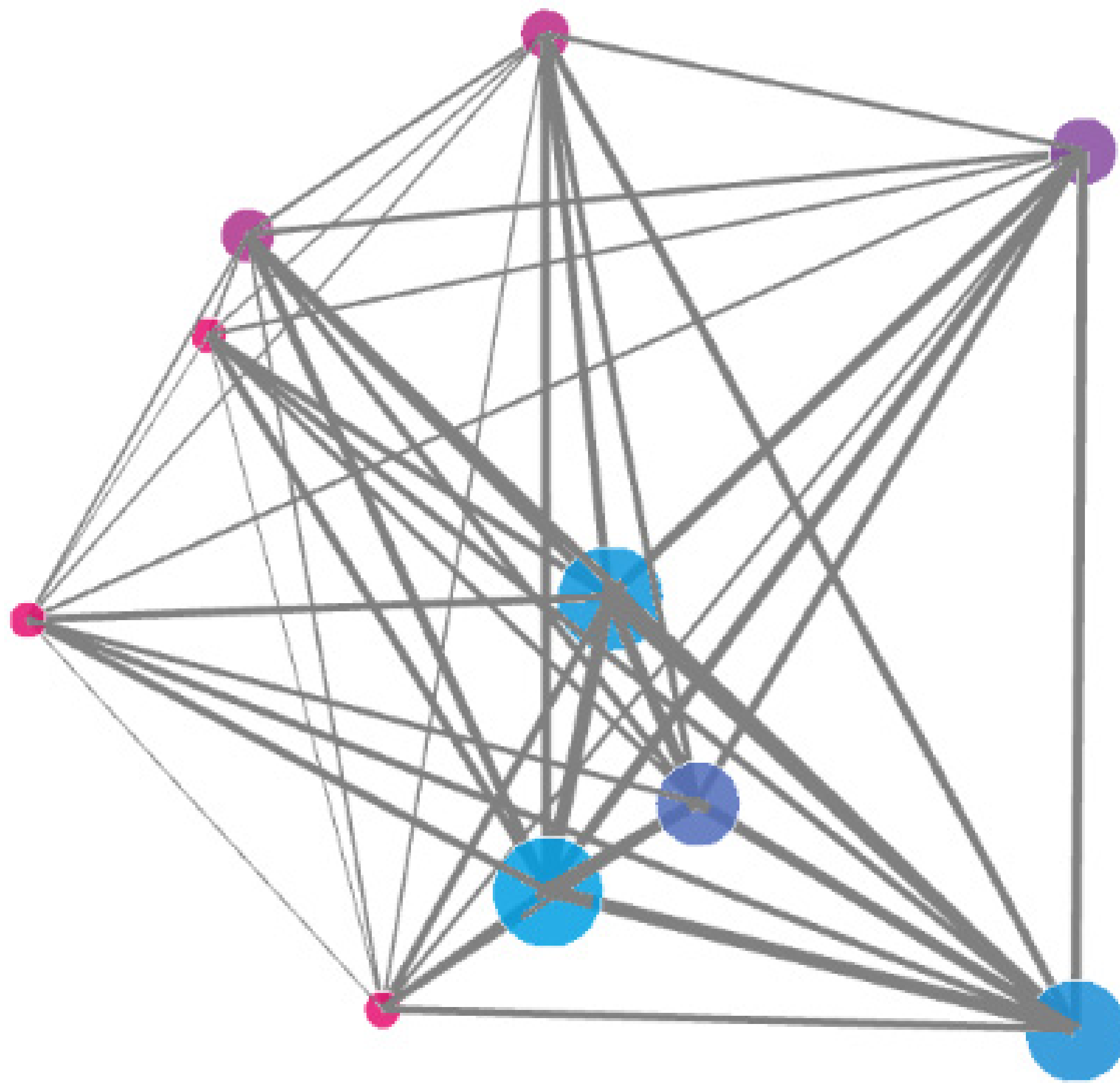
Unverwechselbarer digitaler Fingerabdruck

Die BAM hat dazu **eine Methode entwickelt**, wie sich einem 3D-gedruckten Bauteil ein unverwechselbarer digitaler „Fingerabdruck“ zuweisen lässt: Röntgen-Scans erfassen die inneren Mikrostrukturen eines Objekts und errechnen aus den 3D-Bilddaten schließlich ein geometrisches Muster – einen Identifikator. „Der ist so einzigartig wie der Fingerabdruck eines Menschen“, erklärt Anja Waske, Leiterin des Projekts.

Um die Technologie in die Anwendung zu bringen, entwickelt das Team gemeinsam mit der Additive Marking GmbH, einem Unternehmen aus Paderborn, das sich auf innovative Lösungen für die additive Fertigung spezialisiert hat und an Lösungen für die Rückverfolgbarkeit von Komponenten arbeitet,



Jedes Bauteil aus dem 3D-Drucker ist ein Unikat, die Rückverfolgbarkeit ist besonders in sicherheitskritischen Bereichen wichtig.



Der digitale Fingerabdruck, ein geometrisches Muster, wird aus den inneren Mikrostrukturen eines Bauteils errechnet.

„**Unser Ziel ist eine digitale ID, die eine eindeutige und fälschungssichere Verknüpfung zwischen digitalen und physischen Bauteilen schafft.**“

eine Software, die neben den Mikrostrukturen eines Objekts auch Seriennummern und maschinenlesbare Codes berücksichtigt. „Unser Ziel ist eine digitale ID, die eine eindeutige und fälschungssichere Verknüpfung zwischen digitalen und physischen Bauteilen schafft“, so Anja Waske. Damit ließe sich zukünftig in Schadensfällen eindeutig die Herkunft eines 3D-gedruckten Bauteils ermitteln und Haftungsfragen klären.

Zertifiziertes Reallabor als ideale Testumgebung

Das Projekt ist nur ein Beispiel von vielen für die Forschung der BAM zur datengestützten Qualitätssicherung in der additiven Fertigung. Zu diesem Zweck betreibt die BAM ein eigenes Reallabor, das

insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen zur gemeinsamen Erprobung und Optimierung neuer Verfahren offensteht.

Das Reallabor der BAM ist weltweit die erste Einrichtung dieser Art, die eine offizielle Zertifizierung für die Qualitätssicherung in der additiven Fertigung erhalten hat. „Die Zertifizierung der Internationalen Organisation für Normung unterstreicht nicht nur, wie wichtig eine datengetriebene Qualitätssicherung ist. Sie stellt auch sicher, dass die in unserem Reallabor entwickelten Methoden industriellen Anforderungen genügen. Das erleichtert den späteren Technologietransfer erheblich“, erklärt Martin Epperlein.

Um die neuesten Entwicklungen in der additiven Fertigung greif- und erfahrbarer zu machen, hat die BAM zudem einen **interaktiven Showroom** [📍](#) eingerichtet. Interessierte aus der Industrie können hier die vollständige additive Fertigungskette – vom Rohmaterial bis zum fertigen Bauteil – nachvollziehen. Und sie können ganz konkret erleben, wie die datengestützte, digitale Qualitätssicherung den 3D-Druck sicherer und effizienter macht. —

Material

Neue Materialien aus dem Supercomputer



Janine George vor dem Superrechner „Lise“ des Zuse Institute Berlin, den sie für ihre Berechnungen nutzt.

Janine George leitet an der BAM die Nachwuchsgruppe „Computergestütztes Materialdesign“ und lehrt Materialinformatik an der Uni Jena. Für ihre Arbeiten wurde sie vielfach ausgezeichnet, zuletzt mit einem Starting Grant des Europäischen Forschungsrats für ihr neues Projekt „Multibonds“.

Was ist Materialinformatik und wie unterscheidet sie sich von der traditionellen Materialforschung?

Die Materialinformatik ist eine sehr junge Disziplin im Grenzgebiet zwischen Chemie, Physik, Materialwissenschaften und Informatik. Im Gegensatz zur konventionellen Materialforschung, die sich stark auf experimentelle Methoden stützt, nutzt sie große Datenmengen, maschinelles Lernen und Simulationen, um mithilfe von Supercomputern vorherzusagen, wie Materialien sich verhalten und welche Eigenschaften sie haben könnten. Ziel ist es, Laborexperimente zu reduzieren und den Suchraum für neue Materialien – von denen es theoretisch Abermilliarden gibt – einzuschränken. Das kann die Zeit bis zur Markteinführung neuer Materialien z. B. für effizientere Solarzellen oder nachhaltigere Batterien deutlich verkürzen.

Wie gehen Sie konkret bei der Materialsuche vor?

Oft ist bekannt, welche Eigenschaften ein neues Material haben sollte, z. B. suchen wir Kristallstrukturen mit guter thermischer Leitfähigkeit. Die Fähigkeit, Wärme abfließen zu lassen, ist für Halbleiter und elektronische Bauteile jeglicher Art

bedeutsam, um sie vor Überhitzung zu schützen. Allerdings existieren nur wenige Datenbanken mit Daten zu den Eigenschaften realer kristalliner Materialien. Daher ist es in der Materialinformatik üblich, diese Daten zunächst auf Basis physikalischer Theorien und mithilfe von Supercomputern zu generieren.

Wie geht es weiter?

Im nächsten Schritt analysieren wir diese Daten, um Muster und Zusammenhänge zu erkennen, z. B. welche kristallinen Materialien eine besonders gute thermische Leitfähigkeit bewirken. Dann führen wir Simulationen durch, um diese Eigenschaft mit weiteren erwünschten Merkmalen zu kombinieren. Schließlich werden die vielversprechendsten Kandidaten im Labor hergestellt und getestet, um die Vorhersagen zu überprüfen.

Gibt es schon konkrete Erfolge der Materialinformatik?

Ich selbst war mit meinem Team an der Suche nach einem neuen Solarzellenmaterial beteiligt, das unter anderem nicht toxisch sein sollte. Wir



Berechnungen im Supercomputer beschleunigen die Materialentwicklung.

konnten mehrere geeignete Werkstoffe auf Kupferbasis identifizieren. Momentan geht es aber in der Materialinformatik vor allem um Grundlagen, d. h. die Entwicklung von Methoden, Codes und Workflows, mit denen große Mengen an Daten generiert und überprüft werden können.

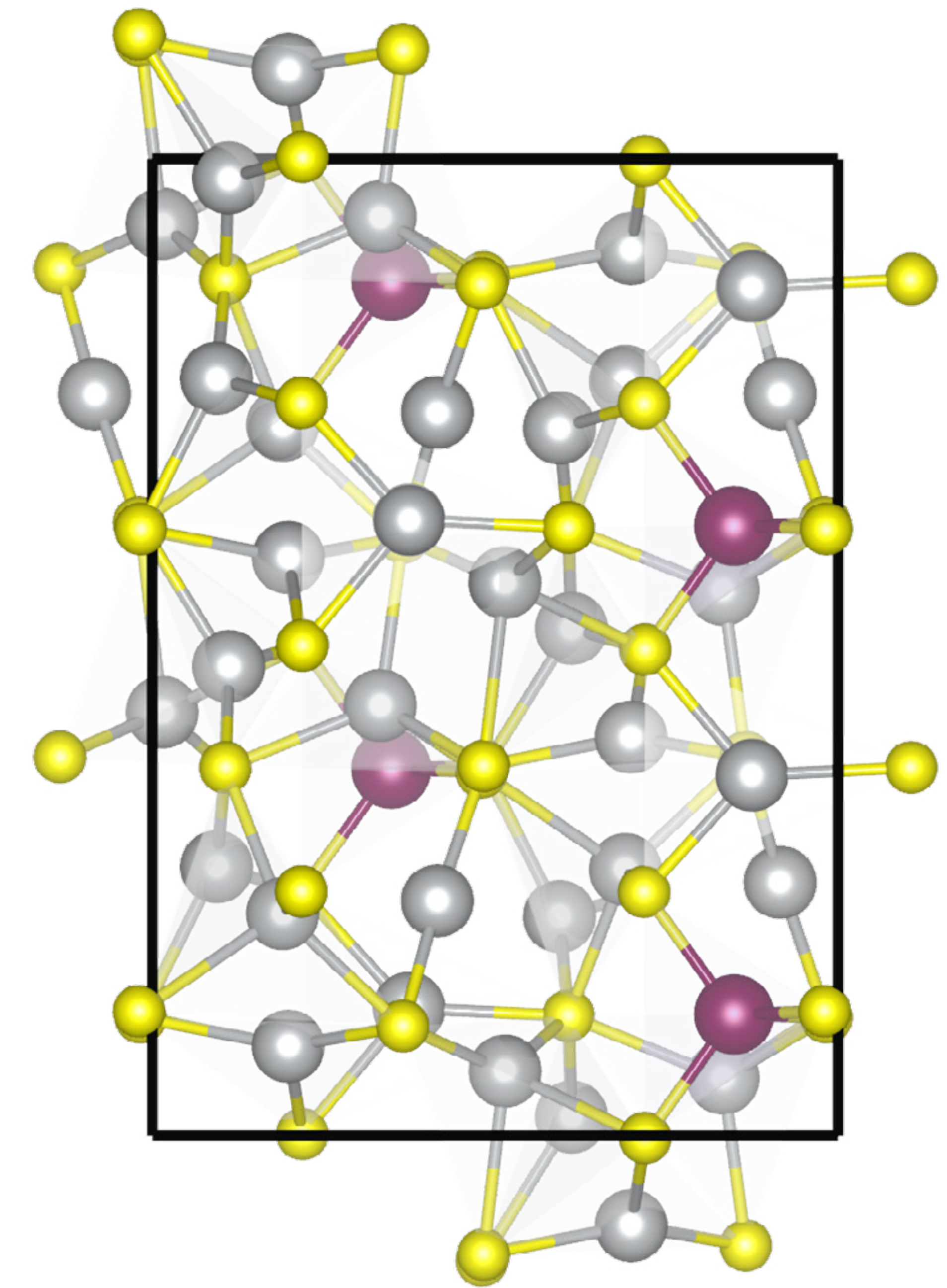
Welche Entwicklungen der Materialinformatik könnten besonderen Erfolg versprechen?

Die Materialinformatik erlaubt uns auch, etablierte chemische Regeln auf den Prüfstand stellen. Ich habe z. B. in einer früheren Arbeit die sogenannten Paulingschen Regeln, die in den 1920er-Jahren von dem US-amerikanischen Chemiker und späteren Nobelpreisträger Linus Pauling aufgestellt wurden und die Stabilität von Kristallstrukturen vorhersagen, an einem Datensatz von 5000 Verbindungen überprüft. Es zeigte sich, dass die Regeln deutliche Schwächen aufweisen. Zunächst einmal bringt das unser chemisches Verständnis in diesem Bereich voran – auch wenn wir noch nicht so weit sind, neue Regeln aufstellen zu können.

Wird dies eines Tages möglich sein? Welche Rolle spielt in diesem Zusammenhang das EU-Projekt „Multibonds“?

Mit „Multibonds“  gehen wir tatsächlich erste Schritte in diese Richtung, indem wir versuchen, Zusammenhänge zwischen Materialeigenschaften und den chemischen Bindungen zwischen Atomen zu finden. Dazu haben wir eine Datenbank mit über 1500 Materialien erstellt, um die Verknüpfung mit Magnetismus, Härte und thermischer Leitfähigkeit

zu untersuchen. Wir konnten bereits zeigen, dass chemische Bindungsdeskriptoren mit Materialeigenschaften wie den Schwingungszustandsdichten korrelieren. Das stimmt uns optimistisch, dass wir über die Analyse der chemischen Bindungen zukünftig auch beschleunigt andere Materialeigenschaften vorhersagen und daraus neue Regeln ableiten können. Insgesamt schickt sich die Materialinformatik gerade an, die Entwicklung neuer Werkstoffe entscheidend zu verändern und uns als Menschheit dabei zu helfen, Antworten auf drängende Fragen rund um die Energiewende, Nachhaltigkeit und den Kampf gegen den Klimawandel zu finden. –



Diese Verbindung aus Silber, Zinn und Schwefel weist aufgrund ihrer Bindungseigenschaften eine niedrige thermische Leitfähigkeit auf.

„ **Insgesamt schickt sich die Materialinformatik gerade an, die Entwicklung neuer Werkstoffe entscheidend zu verändern und uns dabei zu helfen, Antworten auf drängende Fragen zu finden.** “

Hightech-Keramik aus dem 3D-Drucker

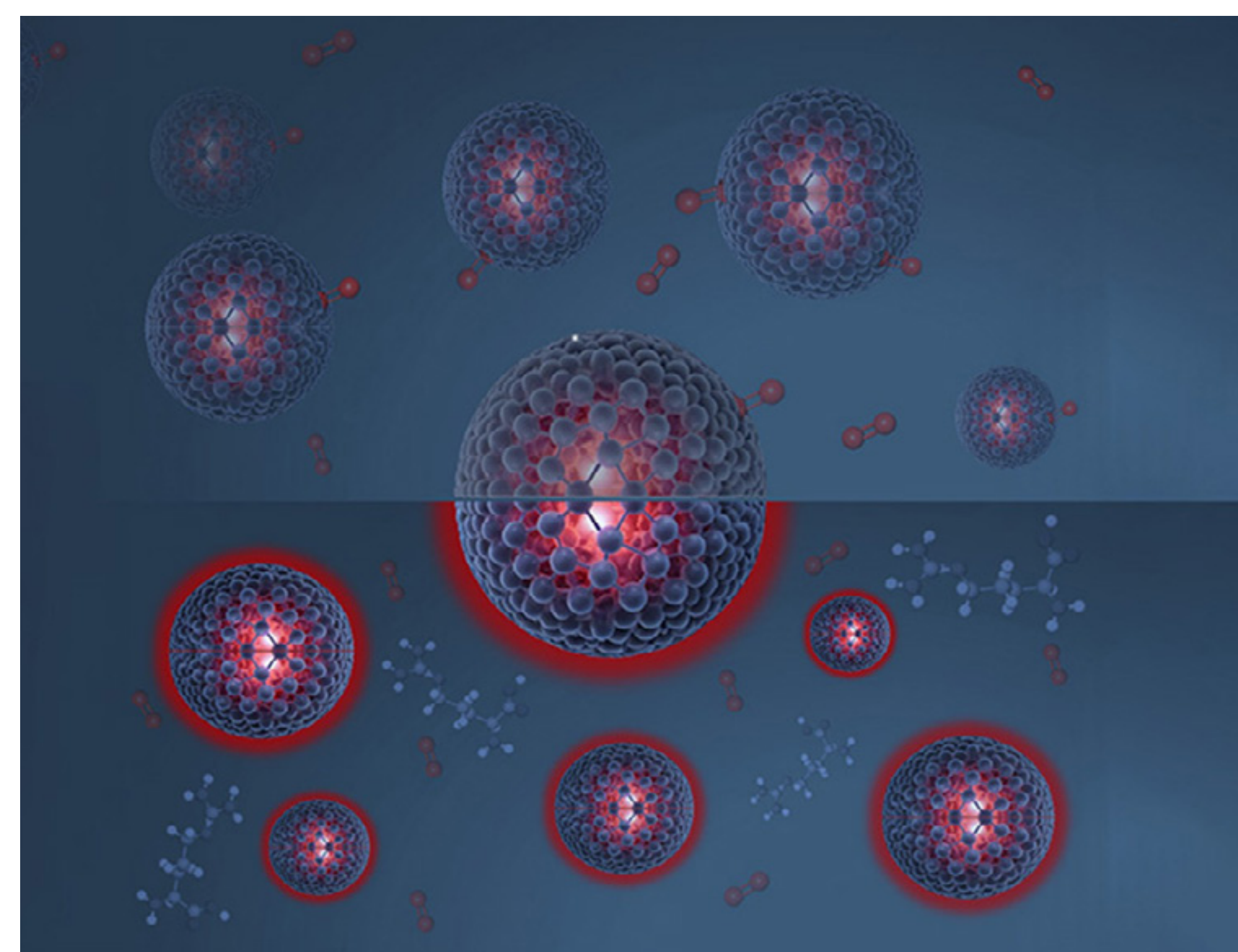
Eine wissenschaftliche **Nachwuchsgruppe**, die vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt gefördert wird, entwickelt an der BAM **transparente keramische Mikrobauteile mittels 3D-Drucks**. Ziel ist es, Keramikstrukturen für technische, optische und medizinische Anwendungen effizienter und individualisiert herzustellen. Keramische Materialien besitzen einzigartige Eigenschaften wie Temperaturbeständigkeit, chemische Resistenz und Verschleißfestigkeit. Die Verarbeitung technischer Keramik stellt jedoch eine besondere Herausforderung für die Industrie dar, insbesondere je kleiner die Bauteile werden. Der an der BAM entwickelte 3D-Druck bietet hier neue Möglichkeiten, um individuell angepasste Strukturen im Mikro- bis Millimeterformat zu fertigen. Dazu müssen Druckparameter, Materialmischung und Nachbearbeitung präzise aufeinander abgestimmt werden. Eine besondere Schwierigkeit besteht darin, die Materialmischung an die jeweiligen 3D-Drucker anzupassen. Für hohe Auflösungen sind vor allem transparente „Tinten“ notwendig. Die von Johanna Sängler geleitete Forschungsgruppe entwickelt Tinten, die transparent sind, obwohl sie Keramikteilchen enthalten. Das ist möglich, wenn die Partikel besonders fein, also nur wenige Nanometer groß sind. „Mit unserer Forschung wollen wir für den 3D-Druck keramischer Mikrobauteile neue Anwendungsfelder erschließen und diese Technologie in die Industrie bringen“, so Johanna Sängler.

Alterung metallischer Gläser

Metallische Gläser sind interessant für viele Hightech-Bereiche. Sie kombinieren metallische Eigenschaften wie Leitfähigkeit mit herausragender Festigkeit und Elastizität. Letztere verdankt das Material seiner glasartigen, d. h. amorphen, also auf der Atomebene ungeordneten Struktur. Insgesamt zeigt diese Materialklasse sogar bessere Eigenschaften als Stähle, wie sie heutzutage in der Industrie eingesetzt werden. Allerdings neigen metallische Gläser durch Alterungsprozesse zur Versprödung, was ihre Anwendungsmöglichkeiten seit Jahrzehnten erheblich limitiert. In mehreren aktuellen Studien haben Forscher*innen der BAM und der ETH Zürich **die mikrostrukturellen Prozesse metallischer Gläser während des Alterungsprozesses**

und unter mechanischer Belastung genauer untersucht. Den Wissenschaftler*innen ist es in Versuchen an der Synchrotronquelle Advanced Photon Source des Argonne National Laboratory in Chicago gelungen, die atomaren Netzwerke dieser Werkstoffe nicht nur wie bisher in Simulationen, sondern auch an real existierenden metallischen Gläsern nachzuweisen. „Die Entdeckung geordneter Unordnung auf der Mikroebene ist für uns der Ansatz, die mechanischen Eigenschaften metallischer Gläser gezielt zu verbessern und sie anwendungsreif für zahlreiche weitere sicherheitskritische Bereiche wie Robotik, Medizintechnik, Bauindustrie sowie Luft- und Raumfahrt zu machen“, so BAM-Wissenschaftlerin Birte Riechers.

Schutzschild aus Nano-Partikeln



Silica-Partikel schirmen leuchtende Moleküle vor Sauerstoff ab – deren Leuchtkraft bleibt länger erhalten.

Sie sind winzig, aber strahlen intensiv: spezielle, Licht emittierende Moleküle, die in der Energieforschung, Umweltanalytik und medizinischen Diagnostik zum Einsatz kommen. Ihre Leuchtkraft wurde bisher jedoch durch den Sauerstoff in der Luft stark eingeschränkt. Ein **interdisziplinäres Forschungsteam der BAM**, der Johannes Gutenberg-Universität Mainz sowie der Universität Wien hat nun eine Lösung gefunden, um die empfindlichen Moleküle vor Sauerstoff zu schützen: Die Wissenschaftler*innen haben aufbauend auf der Expertise von BAM-Forscherin Isabella Tavernaro die Luminophore in winzige Silica-Nanopartikel eingebettet. Nanopartikel aus Siliziumdioxid (SiO_2), dem Hauptbestandteil von Quarzglas, sind chemisch stabil und biologisch verträglich. Durch die Einkapselung der Licht emittierenden Moleküle bilden sie im Fall dieser speziell hergestellten Silica-Nanopartikel eine Art Schutzschild vor äußeren Einflüssen. So bleibt ihre Leuchtkraft erhalten.

Energie | Infrastruktur | Umwelt | Material | **Chemie und Prozesstechnik**

Chemie und Prozesstechnik

Simulation schafft Sicherheit



Digitalisierung, Flexibilisierung sowie die Energietransformation stellen chemische Anlagen vor neue Herausforderungen. Prozesssimulationen in Kombination mit komplexen Experimenten können in der Planung und im Betrieb für mehr Sicherheit sorgen.

Verfahrenstechnische Anlagen liefen in der Vergangenheit im Dauerbetrieb – mit stabilen Parametern, bekannten Rohstoffen und konstanter Energiezufuhr. Durch die Energie- und Rohstoffwende entstehen z. B. in der petrochemischen oder der pharmazeutischen Industrie, der Fein- und Spezialchemie sowie der Energieerzeugung und -speicherung neue Herausforderungen. Hier werden Stoffe wie z. B. Wasserstoff, Chlor oder Ammoniak verarbeitet, von denen potenziell ein großes Sicherheitsrisiko ausgeht. Oder: Die deutsche Kunststoffindustrie arbeitet zunehmend mit recyceltem Material. Dies bedeutet neue Unsicherheiten in der Rohstoffzusammensetzung sowie in der Verfügbarkeit und Betriebsweise chemischer Anlagen.

Flexibilität statt Dauerbetrieb

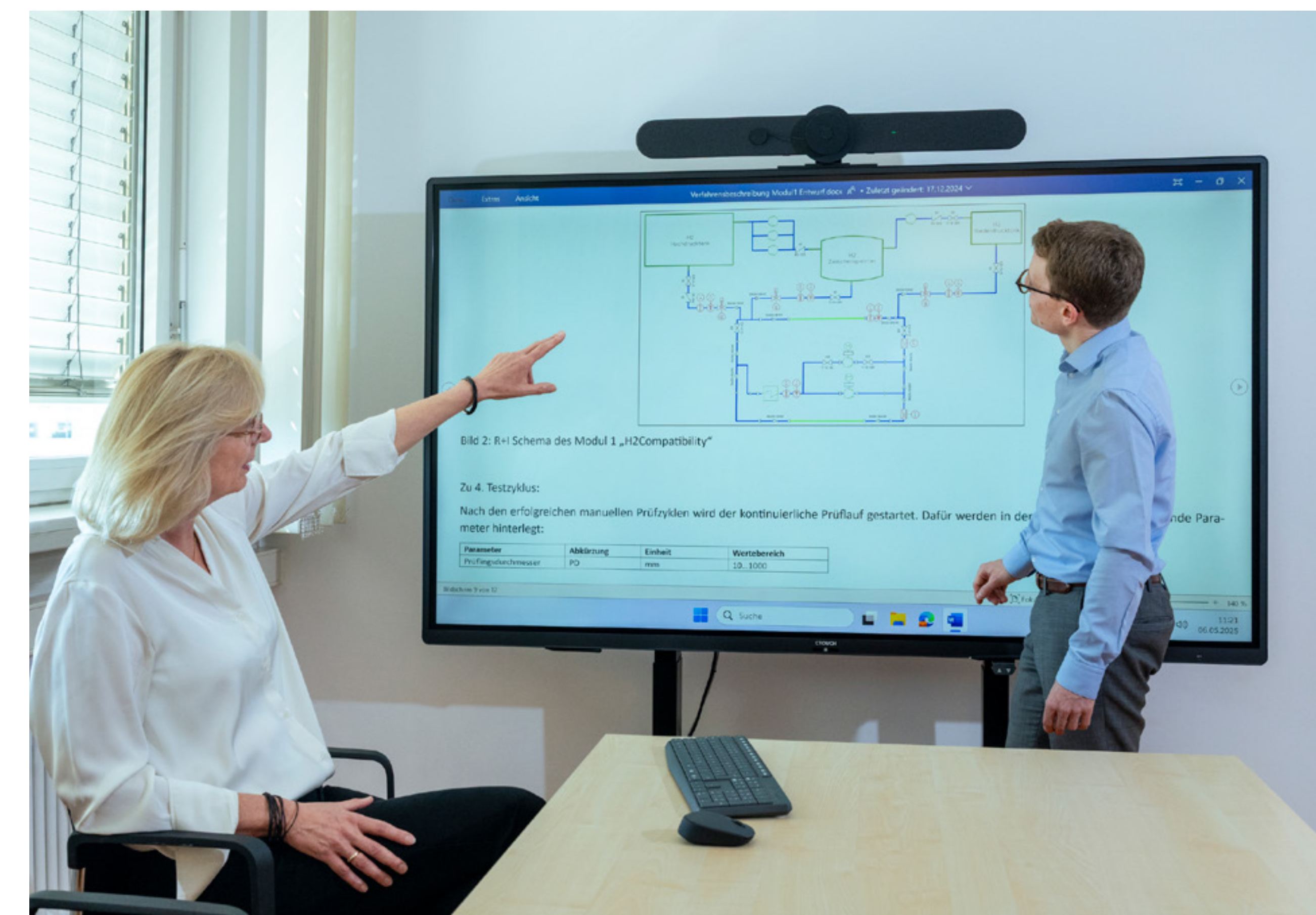
Gleichzeitig wird die Energieversorgung volatil: Um auf schwankende Einspeisung aus Wind und Sonne oder Preissignale am Strommarkt reagieren zu können, fahren viele Betreiber*innen ihre Anlagen heute flexibler und mit häufigen Starts und Stopps – auch das bedeutet neue Herausforderungen für die Anlagensicherheit.

„Früher ging man von maximal 1000 Start-Stopp-Zyklen in 30 Jahren aus – heute brauchen Anlagen 10 000 oder mehr. Das verändert die Anforderungen an die Apparate- und Sicherheitstechnik grundlegend“, erklärt Katharina Löwe, Leiterin der **Abteilung Prozess- und Anlagensicherheit** der BAM. „Unter allen Randbedingungen muss ein sicherer Anlagenbetrieb gewährleistet werden.“

Simulation trifft Realität

Damit Unternehmen diesen Herausforderungen besser begegnen können, analysiert die BAM, wie sich dynamische Betriebsstrategien auf die Sicherheit verfahrenstechnischer Anlagen auswirken – und wie sich Risiken gezielt reduzieren lassen.

Dazu hat ein Team um Erik Esche, der an der BAM den **Fachbereich Prozesssimulation** leitet, Simulationsmodelle entwickelt, mit denen sich beispielsweise Auswirkungen häufiger Lastwechsel oder variabler Temperaturverläufe auf das thermodynamische und mechanische Verhalten von Anlagenkomponenten analysieren lassen. „Digitale Zwillinge“ der Anlagen bilden diese komplexen



Mit Simulationsmodellen lassen sich z. B. Auswirkungen häufiger Lastwechsel auf das Verhalten von Anlagen analysieren.

Prozesse virtuell ab und ermöglichen eine präzise Risikoanalyse bereits in der Planungsphase.

Ergänzend dazu werden auf dem **BAM-Testgelände Technische Sicherheit**  südlich von Berlin explosionsgefährliche Stoffe, Druckbehälter oder Wasserstoffsysteme unter realistischen Bedingungen untersucht. Die dabei gewonnenen Daten fließen direkt in die digitalen Modelle ein – und verbessern deren Aussagekraft. „Der hybride Ansatz aus Simulation und Experiment ermöglicht es uns, Sicherheitsfragen frühzeitig zu klären und Prozesse effizienter und resilienter zu gestalten“, sagt Esche.

Klarer Mehrwert für Praxis und Politik

Das Zusammenwirken unterschiedlicher BAM-Fachbereiche in der Prozess- und Anlagensicherheit erlaubt die ganzheitliche Betrachtung chemischer Verfahren und Produkte vom Labor- bis in den Realmaßstab. Für Industriepartner*innen bietet diese Herangehensweise entscheidende Vorteile: Sie können Risiken bereits im Entwicklungsstadium erkennen und Investitionen gezielter planen. Die Simulationen liefern ihnen eine fundierte Grundlage für technische Entscheidungen, minimieren Ausfallrisiken und beschleunigen Genehmigungsprozesse.

Auch die beteiligten Behörden profitieren: Die BAM berät sie bei der sicherheitstechnischen Bewertung neuer Anlagenkonzepte und bringt belastbare Prüfergebnisse sowie unabhängige Expertise in kom-

plexe Bewertungsverfahren ein. Darüber hinaus formuliert die BAM Vorschläge zur verbesserten Gesetzgebung.

Für Esche ist klar: „Wenn wir Industrieanlagen flexibler, resilienter und nachhaltiger gestalten wollen, müssen wir sie ganzheitlich betrachten – technisch und wirtschaftlich, aber auch unter Sicherheitsaspekten.“ Nur so können Unternehmen auf Dauer effizient und verantwortungsvoll produzieren – und neue Technologien schneller zur Anwendung bringen. –

Volatile Energieversorgung, flexibler Betrieb:
chemische Anlagen stehen vor neuen Herausforderungen.



» **Der hybride Ansatz aus Simulation und Experiment ermöglicht es uns, Sicherheitsfragen frühzeitig zu klären.** «

Digitale Workflows für sichere Werkstoffe

Digitale Workflows sind ein Schlüssel, um innovative Werkstoffe schneller, robuster und sicherer in die Anwendung zu bringen. Im Rahmen des Projekts „MaterialDigital“ entwickelt die BAM gemeinsam mit Partner*innen strukturierte Datenprozesse für die Materialforschung. Ziel ist es, Forschungs- und Prüfdaten standardisiert, nachvollziehbar und automatisiert zu verarbeiten – etwa bei Simulationen in der additiven Fertigung, wo Temperaturverläufe die Werkstoffeigenschaften beeinflussen. Statt verstreuter Einzeltools sichern digitale Workflows eine durchgängige Datenkette, verbessern die Reproduzierbarkeit und ermöglichen eine maschinelle Weiterverarbeitung der erfassten Informationen. Und sie erleichtern die Einbindung von KI. Die BAM bringt dabei ihre Expertise in den Bereichen Datenmanagement, Softwareintegration und Standardisierung ein und schafft so belastbare Grundlagen für sichere, effiziente und zukunftsfähige Werkstoffe in Industrie und Forschung.



In dem digital gesteuerten System laufen Materialsynthese, -aufreinigung und -analyse nahezu ohne manuelle Eingriffe ab.

Materialentwicklung im „Self-Driving Lab“

Zur Synthese, Charakterisierung und KI-gestützten Optimierung von Nanomaterialien und Advanced Materials entwickelt die BAM eine automatisierte Plattform: das Self-Driving Lab (SDL). In diesem digital gesteuerten System laufen Materialsynthese, -aufreinigung und -analyse parallel und nahezu ohne manuelle Eingriffe ab. Der gesamte Prozess wird reproduzierbar dokumentiert, autonom gesteuert und perspektivisch durch KI-Algorithmen unterstützt. Ziel ist es, neuartige Materialien – etwa für Katalyse, Beschichtungen oder die Speicherung von Gasen – schneller und sicherer zu entwickeln. Das SDL minimiert Fehlerquellen, verbessert die Qualitätssicherung und schafft digitale Schnittstellen für den sicheren Transfer in industrielle Prozesse – ein wichtiger Schritt hin zu einer zukunftsfähigen, datengetriebenen Chemie.

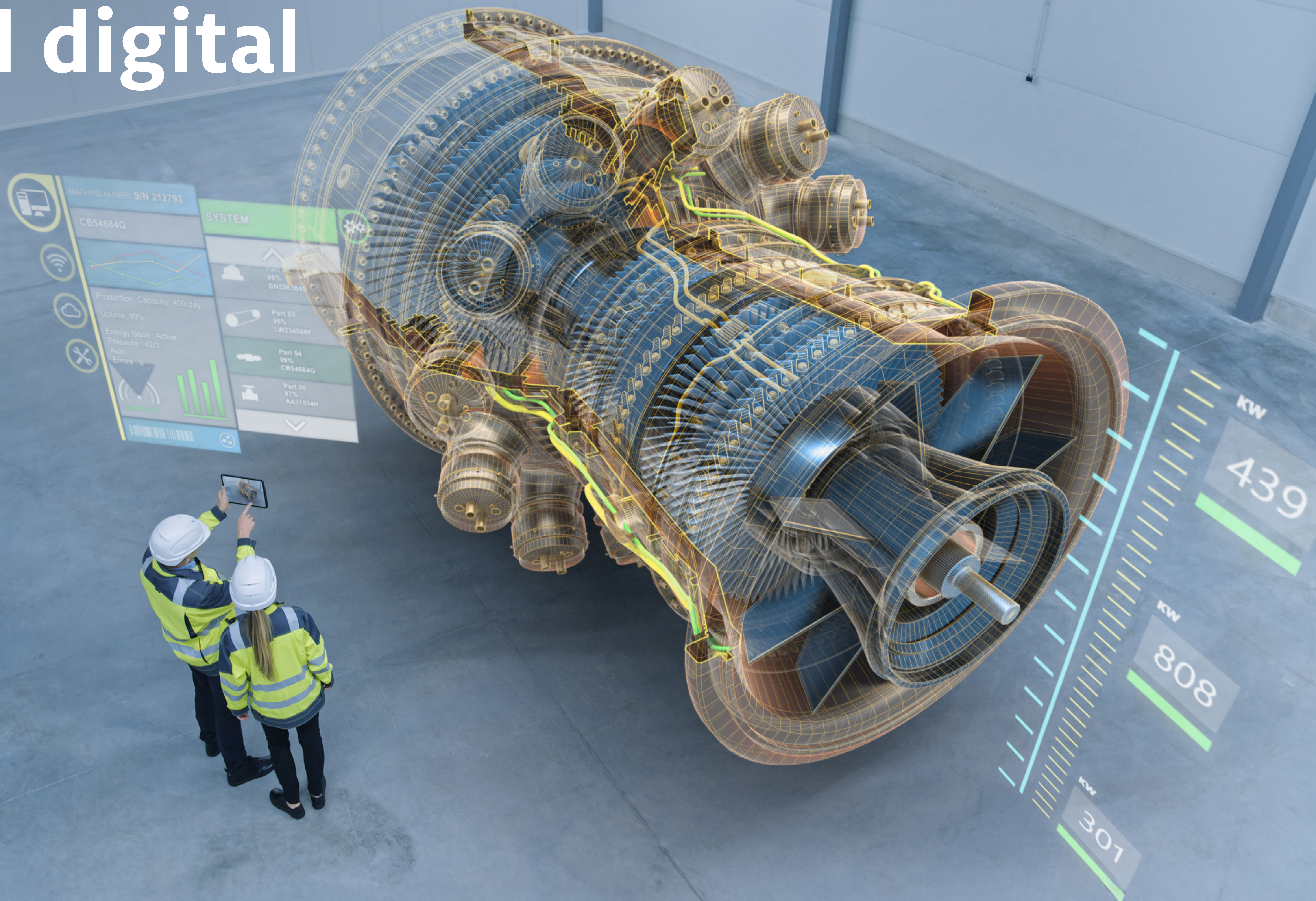
Mixed Reality sorgt für mehr Sicherheit

Wartung und Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen stellen hohe Anforderungen an Sicherheit und Präzision – insbesondere in potenziell gefährlichen Umgebungen. Die BAM hat in einem Projekt zusammen mit der TU Berlin ein Mixed-Reality-basiertes Assistenzsystem entwickelt, das Echtzeitdaten aus der Prozessleittechnik visuell zugänglich macht und Arbeitsschritte digital unterstützt. Das System ermöglicht eine sichere, strukturierte Durchführung kritischer Abläufe und reduziert

menschliche Fehler. „Die Kombination aus Internet of Things, d. h. die Vernetzung von Maschinen, Sensoren und Systemen, standardisierten Schnittstellen und nutzungszentriertem Design fördert nicht nur die Prozesssicherheit, sondern auch die Effizienz und Qualität der Arbeit von Betriebs- und Wartungspersonal“, so Hernán Darío Muñoz Gil, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt.

Qualitätsinfrastruktur Digital

Made in Germany wird digital



Made in Germany steht für höchste Qualität, Verlässlichkeit und technische Präzision, aber auch für Sicherheit und Vertrauen. Jetzt gilt es, Made in Germany an das digitale Zeitalter anzupassen. Dafür setzt sich die BAM als zentrale Akteurin der Initiative QI-Digital ein.

Die hohe Qualität von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen aus Deutschland ist ein zentraler Erfolgsfaktor für die deutsche Wirtschaft. Grundlegend dafür ist das bewährte System der Qualitätsinfrastruktur (QI) aus Normung, Konformitätsbewertung, Akkreditierung, Marktüberwachung und Messwesen. Den hohen wirtschaftlichen Wert dieses Systems belegt eine **aktuelle Studie** [\[1\]](#): Ohne QI würde das Bruttoinlandsprodukt Deutschlands um 7,8 Prozent schrumpfen – was 320 Milliarden Euro jährlich entspricht.

Qualität digital sichern und nachweisen

Um den Anforderungen einer zunehmend vernetzten Industrie weiterhin gerecht werden zu können, gilt es, die QI zu modernisieren. Zu diesem Zweck hat sich die BAM 2021 mit den zentralen Akteuren der deutschen QI – der Deutschen Akkreditierungsstelle, dem Deutschen Institut für Normung und der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik sowie der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt – zur Initiative QI-Digital zusammengeschlossen. Unterstützt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) werden gemeinsam Lösungen für die digitale Transformation der QI erarbeitet.

„Unser Ziel ist es, etablierte Strukturen und Prozesse der Qualitätsinfrastruktur zu digitalisieren, um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft langfristig zu sichern“, so Claudia Koch, die an der BAM die Aktivitäten rund um QI-Digital koordiniert.

Technologien wie integrierte Sensornetzwerke, digitale Zwillinge oder künstliche Intelligenz eröffnen für die QI viele Chancen: Präzisere Prüfverfahren, Echtzeitüberwachung- und vorausschauende Wartung erhöhen Transparenz, Effizienz und Verlässlichkeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Besonders vielversprechend ist die Integration der QI in industrielle digitale Ökosysteme, die das Management und souveräne Teilen von Daten und Informationen ermöglichen. Internationale Datenräume und digitale Verwaltungsschalen – ein wichtiges Konzept der Industrie 4.0 – bilden das Fundament des digitalen Ökosystems für die QI. Ausgehend davon wird die gemeinsame Vision umgesetzt: Anforderungen werden aus maschinenlesbaren Smart Standards automatisiert in Produktions- und Qualitätssicherungsprozesse eingespeist und ihre Einhaltung automatisch geprüft. Zertifikate und andere Ergebnisberichte werden maschinenlesbar bereitgestellt und nahtlos über



An der digital vernetzten H₂-Tankstelle der BAM wird die Qualitätssicherung der Zukunft erprobt.

Datenräume entlang der Wertschöpfungskette geteilt – ein wesentliches Element auch für den „Digitalen Produktpass“.

Transfer im Fokus

Zwei konkrete Anwendungsfälle aus der Industrie 4.0 und der Energiewende dienen dabei als Versuchsplattformen: Im „Reallabor Additive Fertigung“ sowie an einer digital vernetzten Wasserstofftankstelle werden an der BAM Lösungen entwickelt, erprobt und demonstriert. Die Wasserstofftankstelle ging im Juni 2025 ans Netz. Ein Showroom für die additive Fertigung macht zudem seit Oktober 2024 die Technologie vor allem für mittlere Unternehmenn greifbar.

Der erfolgreiche Sprung in die Anwendung erfordert neben der Gestaltung der nötigen Rahmenbedingungen auch den engen Austausch mit Stakeholder*innen. Die BAM setzt in diesem Zusammenhang auf zielgerichtete Begleitforschungsprojekte, Normungsaktivitäten und Dialogformate.



Parallel zur Forschungs- und Entwicklungsarbeit hat die Initiative QI-Digital in den vergangenen vier Jahren zudem Unternehmen, Industrieverbände, Normungsgremien und Regulierungsbehörden miteinander ins Gespräch gebracht, um Anforderungen zu erfassen und gemeinsame Lösungen zu entwickeln.

Im Oktober 2024 kamen an der BAM 300 Interessierte zum **QI-Digital Forum** [📺](#) zusammen. Erste smarte Instrumente und Verfahren wurden von der Initiative vorgestellt und veranschaulichten, wie

digitale Innovationen in der QI zu mehr Transparenz, Sicherheit und spürbar weniger Bürokratieaufwand für Wirtschaft und Verwaltung führen können. „Wir geben mit unseren Aktivitäten der Qualitätsinfrastruktur das nötige digitale Update, damit unser Wohlstand auch im digitalen Zeitalter erhalten bleibt“, so Claudia Koch. –

Claudia Koch (l. u.) koordiniert die BAM-Aktivitäten in QI-Digital. Der Showroom für die additive Fertigung (u.)



Geschichte der BAM

Ressortforschung in der NS-Zeit

Das Hauptgebäude des Staatlichen
Materialprüfungsamtes in Berlin-
Lichterfelde bei Kriegsende 1945.



Ein Forschungsprojekt hat die Geschichte der Vorgängereinrichtungen der BAM in der NS- und unmittelbaren Nachkriegszeit untersucht. Deutlich wurde dabei, wie sehr die Institutionen in Aufrüstung und Kriegsführung des NS-Regimes verstrickt waren.

Von Oktober 2020 bis September 2024 hat ein Team aus Historiker*innen die Geschichte der beiden Vorgängereinrichtungen der BAM – des Staatlichen Materialprüfungsamtes (StMPA) sowie der Chemisch-Technischen Reichsanstalt (CTR) – während der NS-Zeit und in der unmittelbaren Nachkriegszeit untersucht. In Auftrag gegeben hatte das Projekt die BAM zusammen mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE), dem sie als Ressortforschungseinrichtung nachgeordnet ist. Im Rahmen des Gesamtprojekts haben auch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) sowie die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), ebenfalls Ressortforschungseinrichtungen des BMWK, deren Anfänge bis in das 19. Jahrhundert zurückreichen, ihre Historie während des „Dritten Reichs“ und der ersten Nachkriegsdekade erforschen lassen.

Innere Gleichschaltung und „Führerprinzip“

Vier Jahre lang hat das Team der Historiker*innen, geleitet von Prof. Dr. Carsten Reinhardt (Universität Bielefeld) und Prof. Dr. Helmut Maier (Bergische Universität Wuppertal), Akten aus der BAM selbst und aus vielen anderen Archiven ausgewer-

tet und biografische Spuren verfolgt. Am Ende der Recherchen stand fest: Das StMPA und die CTR, aus denen die heutige BAM nach dem Krieg hervorgegangen ist, waren in hohem Maß in die Aufrüstung des Dritten Reichs verstrickt und haben mit ihrer Forschung die Führung des Angriffskriegs unterstützt.

1933 vollzogen sie rasch eine innere Gleichschaltung, in beiden Ressortforschungseinrichtungen wurde das „Führerprinzip“ etabliert. Zahlreiche Mitarbeitende in leitender Position traten in die NSDAP oder andere NS-Parteioorganisationen ein. Die – ohnehin sehr wenigen – jüdischen Wissenschaftler wurden vertrieben, Widerstand gegen die NS-Diktatur gab es in beiden Häusern kaum.

StMPA und CTR beteiligten sich am Aufbau eines „autarken Wehrstaates“. Sie übernahmen – oftmals proaktiv – zahlreiche Aufträge für Heer, Marine und Luftwaffe. So forschte das StMPA u. a. zu Brand- und Luftschutz, Panzerketten, Geschützrohren, Bunker- und Befestigungsanlagen und Nachtsichtgeräten. Die CTR forschte u. a. zu Panzerplatten, Gewehrgeschossen, technischen Gasen, Brandbomben und Sprengstoffen.



Mitarbeitende des MPA während der NS-Zeit (undatierte Aufnahme)

Auf dem Amtsgelände des StMPA in Berlin-Dahlem wurden spätestens ab 1942 Zwangsarbeiter*innen eingesetzt. Ferner beteiligten sich beide Behörden über ihre Außenstellen am Okkupationsregime im besetzten Europa.

Entnazifizierung und Selbstnarration

1945 wurde die CTR auf Beschluss der Alliierten aufgelöst und einige Abteilungen mit dem StMPA vereinigt. Die neue Ressortforschungseinrichtung initiierte ein betriebsinternes Entnazifizierungsverfahren. Um das Amt trotzdem „betriebsfähig“ zu halten, konnten viele ehemalige Parteimitglieder ihre Karriere fortsetzen. Auch im ostdeutschen Pendant der BAM, dem 1950 gegründeten Deutschen Amt für Material- und Warenprüfung (DAMW), wurde im Zweifel über eine NS-Belastung zugunsten fachlicher Expertise hinweggesehen.

Die in den Nachkriegsjahrzehnten an der BAM entwickelte und gepflegte Selbstnarration machte das volle Ausmaß der institutionellen Verstrickung in die Kriegswirtschaft nur unzureichend deutlich. Erst durch das aktuelle Forschungsprojekt wurde diese Verflechtung umfassend und systematisch aufgearbeitet.

Eintreten für Demokratie und Vielfalt

Die Ergebnisse wurden im März 2025 im Rahmen einer öffentlichen Fachtagung im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie vorgestellt.

BAM-Präsident Prof. Ulrich Panne würdigte die Ergebnisse des Projekts als wichtigen Beitrag zur kritischen Selbstvergewisserung der Institution. Er betonte: „Die Erkenntnisse verpflichten uns heute umso mehr, als Institution konsequent für Demokratie, Vielfalt und Toleranz einzustehen und unsere Verantwortung für eine ethisch fundierte Forschungskultur aktiv wahrzunehmen.“

Die Ergebnisse des Gesamtprojekts werden in zehn Bänden im Laufe des Jahres 2025 erscheinen und stehen dann allen Interessierten in digitaler Form zur Verfügung. –



Präsentation der Forschungsergebnisse im Bundeswirtschaftsministerium (l.) und an der BAM (o.)

Die BAM auf einen Blick

1550 Beschäftigte

55 Nationalitäten

42 Auszubildende

120 Promovierende

200 Postdocs

18 Professuren

70 Lehraufträge

500 Referierte Publikationen

925 Vorträge

58 Patente

55 Neue zertifizierte Referenzmaterialien

176 Mio. € Grundfinanzierung

25 Mio. € Drittmittel

4 Standorte in Berlin/Brandenburg

(Zahlen für das Kalenderjahr 2024)

Mitglieder des Kuratoriums der BAM

Christina Decker (Vorsitzende)

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Leiterin der Abteilung Digital- und Innovationspolitik, Berlin

Dr. Helena Alves

VDM Metals GmbH, Senior Vice President, Research & Development, Altena

Professor Dr. sc. nat. ETH Gian-Luca Bona

Ehemals Direktor der EMPA, EMPA Materials Science & Technology, Dübendorf, Schweiz

Professor Dr. Chris Eberl

Stellvertretender Institutsleiter Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg

Professor Dr.-Ing. habil. Rainer Fechte-Heinen

Vorsitzender des Direktoriums des Leibniz-Instituts für Werkstofforientierte Technologien – IWT
Direktor Amtliche Materialprüfungsanstalt der Freien Hansestadt Bremen

Henning Fehrmann

Geschäftsführer FEHRMANN GmbH, Hamburg

Professorin Dr. p. h. habil. Gesine Grande

Präsidentin der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg

Professor Dr. rer. nat. Detlef Günther

ETH Zürich, Departement Chemie und Angewandte Biowissenschaften, Zürich, Schweiz

Professorin Dr.-Ing. habil. Carolin Körner

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Technologie der Metalle, Erlangen

Alexandra Knauer

Geschäftsführerin der KNAUER Wissenschaftliche Geräte GmbH, Berlin

Professor Dr.-Ing. Steffen Marx

Technische Universität, Institut für Massivbau, Dresden

Dr.-Ing. Sebastian Muschelknautz

CEO and Managing Director, TakeOFF Engineering GmbH, München

Professor Dr.-Ing. Heinz Neubert

Ehemals Siemens Energy GmbH Co. KG, Senior Vice President Technology & Products, Berlin und München

Dr. Klaus-Jürgen Richter

Ehemals Vertriebsvorstand der Saarstahl AG, Völklingen

Dr. Carla Seidel

Senior Vice President Material Physics, Analytics & Formulation, BASF SE, Ludwigshafen

Dr. Sopna Sury

Chief Operating Officer Hydrogen, RWE Generation SE, Essen

Professorin Dr. rer. nat. habil. Brigitte Voit (stellv. Vorsitzende)

Wissenschaftliche Direktorin und Vorstand, Teilinstitutsleiterin Makromolekulare Chemie, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.

Dr. Silke Wagener (stellv. Vorsitzende)

Ehemals Freudenberg Technology Innovation SE & Co. KG, ehemals Head of Technology Innovation Communication, Weinheim

Professorin Dr. Anke Weidenkaff

Technische Universität, Institut für Materialwissenschaft, Fachgebiet Werkstofftechnik und Ressourcenmanagement, Darmstadt

Christoph Winterhalter

Vorsitzender des Vorstands des DIN, Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin

(Stand: Juni 2025)

Impressum

Herausgeber

Bundesanstalt für Materialforschung
und -prüfung (BAM)

Präsident Prof. Dr. Ulrich Panne

Unter den Eichen 87, 12205 Berlin

Telefon: +49 30 8104-0

E-Mail: info@bam.de

Internet: www.bam.de

Redaktions-Team

Oliver Perzborn (Leitung), Ralf Berhorst (Konzeption,
Projektmanagement, Texte), Janina Buchholz (Texte),
Katja Dallmann (Texte), Dora Kolar-Bosnjak, Julia
Päpke (Fotografie), Karina Fast, Jennifer Postler (Layout),
Daniel Ristow und Clara Seitz (Video-Content/E-Magazin)

Satz

yellow too, Pasiek Horntrich GbR

Lektorat

Wissenschaftslektorat Zimmermann

Bildnachweis

S. 2: Michael Danner; S. 13: Adobe Stock/benoitgrasser; S. 15:
Agentur Medienlabor/Stefan Schubert; S. 48: Adobe Stock/
AA+W; S. 50: Adobe Stock/navintar; S. 52: AdobeStock/
Gorodenkoff; S. 57: BMWK/Bundesphoto.

Alle anderen Fotos: BAM

Das Coverfoto zeigt eine Materials Acceleration Plattform (MAP)
zur automatisierten Entwicklung neuer Nanomaterialien.

ISSN 2940-7532



Die BAM ist eine wissenschaftlich-technische Bundes-
oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums
für Wirtschaft und Energie.

www.bam.de



BAM Newsletter



LinkedIn



YouTube

