

SCHADSTOFFE ROHSTOFFE

Vom Thorium zum Plutonium

Wie verhalten sich radioaktive Elemente in der Umwelt?

Energiehungrige Dampfkur

Effiziente Stofftrennung in der chemischen Industrie

Die Rolle von Wasser in Zellen erforschen

Verstärkung für das Exzellenzcluster „Physics of Life“

Auf der Suche nach der richtigen Wellenlänge

Wie ein künstliches Auge scannen spezielle Sensoren die Erdoberfläche. Die Daten geben Auskunft darüber, welche Rohstoffe im Untergrund schlummern. Daraus erstellt das Start-up TheiaX Modelle und Karten für die Bergbau- und Erkundungsbranche.

Text: Anne-Kristin Jentzsch | Graphik: Ketchum

Installiert auf Satelliten, Drohnen oder einfach nur auf Stativen vor Ort liefern sogenannte Hyperspektral-Sensoren hochauflösende Informationen über potenzielle Rohstoffvorkommen im Boden. Dabei beziehen sie ihre Informationen allein aus dem Sonnenlicht, denn jedes Mineral reflektiert das Licht in einem einzigartigen Muster, vergleichbar mit einem Fingerabdruck. Besonders Hochtechnologie-Metalle wie Lithium oder Seltene Erden lassen sich so umweltverträglich anhand ihrer spektralen Signatur aufspüren.

Das Start-up TheiaX, eine Ausgründung des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie am HZDR, nutzt hyperspektrale Bildgebungstechnologien für die berührungslose Rohstofferkundung. Die gewonnenen Daten kombiniert das Team mit eigens entwickelten Algorithmen des maschinellen Lernens und fertigt Modelle des Untergrundes an. Als Resultat entsteht eine sehr präzise, räumliche Kartierung

des gescannten Bereichs. Die genaue Zusammensetzung der Materialien und Minerale wird sichtbar. Solche Karten helfen Unternehmen bei der Bewertung der Rohstoffe und bei der Frage, ob sich ein Abbau aus wirtschaftlicher Sicht lohnt. Damit bietet TheiaX ein energieeffizientes Verfahren an, das zudem die Umwelt nur gering belastet.

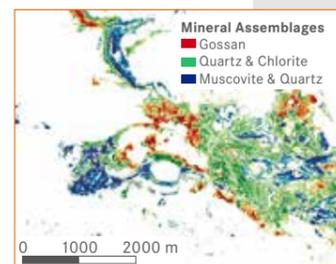
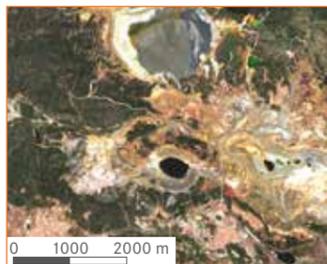
Hyperspektrale Systeme erfassen Bilddaten mit mehreren hundert Lichtfarben, die von Wellenlängen im ultravioletten Bereich bis zum langwelligen Infrarot reichen können. Im Unterschied zu multispektralen Sensoren, die die von der Erdoberfläche reflektierte Strahlung in sehr breiten Kanälen aufnehmen, zeichnen hyperspektrale Sensoren die Strahldichte kontinuierlich in unzähligen schmalen Kanälen auf. So ergibt sich für jedes einzelne Pixel ein detailliertes spektrales Profil.



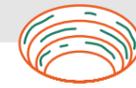
1. KARTE

Das Erkundungsgebiet

Auf unterschiedlichen Plattformen installierte Hyperspektral-Sensoren scannen die Erdoberfläche. Die erzeugten Fernerkundungsdaten bilden eine wesentliche Quelle für die flächendeckende Erfassung von Materialparametern. In ein Kartensystem integriert, geben sie einen Überblick über die Beschaffenheit des Untergrundes. Ein großer Vorteil gerade in schwer zugänglichen und unwegsamen Gebieten, denn so lassen sich Anhaltspunkte über die Mineralisierung gewinnen und Entscheidungen für weitere Erkundungsmaßnahmen treffen.



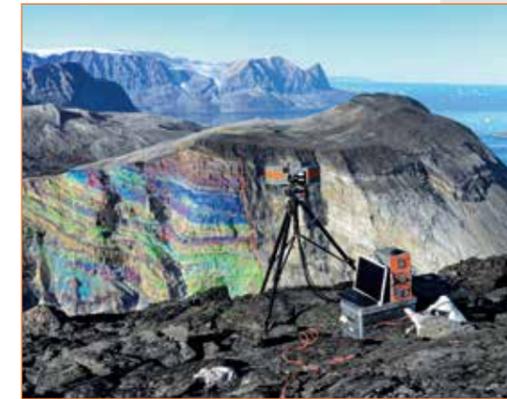
Aus dem All: Während die Fotografie der genauen Ortung dient, zeichnet die Karte rechts die Zusammensetzung der hyperspektral erfassten Minerale nach. Die blauen Punkte beispielsweise zeigen das Vorkommen von Muscovit und Quartz an.



2. GRUBE

Die Lagerstätte

Zeigt sich im Erkundungsgebiet der erwartete Mineralbestand oder erscheint ein Bereich als besonders ressourcenreich, kann TheiaX wiederum Hyperspektral-Kameras einsetzen. Angebracht an Drohnen oder Stativen in der Nähe, bilden sie detaillierte mineralogische Informationen ohne Probennahme ab. Die räumliche Auflösung variiert je nach Entfernung zum Aufsuchungsgebiet – und damit auch der Grad der Detailgenauigkeit. Die gewonnenen Daten fließen in eine dreidimensionale Darstellung ein. So entsteht ein digitaler Zwilling des Aufsuchungsgebietes, der die spektral identifizierten Minerale zeigt. Gezielte Probennahmen dienen dazu, die Lagerstätte weiter zu charakterisieren und den Erzgehalt einzuschätzen.



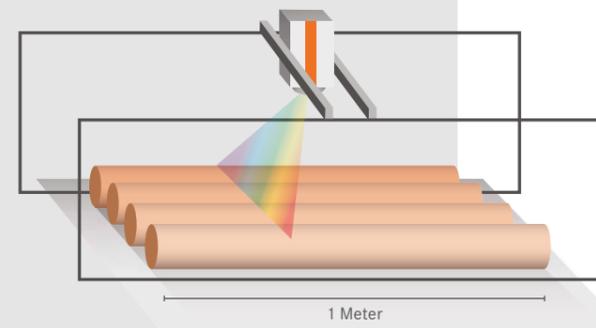
In der Arktis: Das Falschfarben-Hyperspektralbild führt in urzeitliches Leben zurück. Aus tropischem Meerwasser ausgefälltes Kalziumkarbonat (blau) bildete ein Kalksteinriff aus, wandelte sich in Dolomit (grün) um und wird heute bedeckt von einer Klippe aus Marmor (grünblau) und Amphibolit (rot).



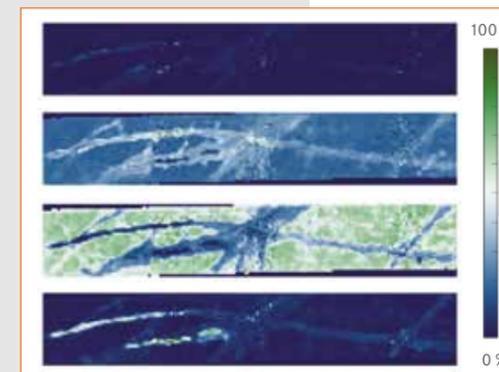
3. KERN

Die Bohrkern-Analyse

Wird in einem Aufsuchungsgebiet ein hoher Mineralbestand erwartet oder lassen vorangegangene Untersuchungen diesen Schluss zu, werden Bohrkern aus dem Erzkörper entnommen. Diese können pro Bohrloch mehrere hundert Meter lang sein und haben meist einen Durchmesser von etwa zehn Zentimetern. Meterweise in Kisten gelagert, lassen sich die Gesteinsproben durch spezielle Scanner weiter analysieren. Auch hierfür verwendet TheiaX Hyperspektral-Sensoren. Die Ergebnisse der relativ schnellen und zerstörungsfreien Untersuchung erleichtern es den Bergbauunternehmen, die Wirtschaftlichkeit des Abbaus zu bewerten und somit den Abbau insgesamt zu optimieren.



Im Labor: Die Hyperspektral-Analyse liefert präzise Angaben zu Häufigkeit und Verteilung der Minerale in den untersuchten Bohrkernen (von oben nach unten: Sulfide, Quartz, Feldspat und Gips).



Theia X Innovative Mineral Exploration

Kontakt

_TheiaX GmbH
_Geschäftsführer und Business Developer
Christian Christesen
services@theiax.de
www.theiax.de

Inhalt



Liebe Leserinnen und Leser,

Rohstoff oder Schadstoff? Diese Einteilung ist nicht immer so eindeutig, wie es scheinen mag. Freie Radikale etwa helfen dabei, die Atmosphäre zu reinigen, sie sind aber auch an Reaktionen beteiligt, durch die Ozon, Säuren oder Feinstaub entstehen. Den Klimakiller Kohlenstoffdioxid zur Rohstoffgewinnung nutzen? Eine Forschungsgruppe unseres Helmholtz-Partners Karlsruher Institut für Technologie (KIT) fängt das Treibhausgas ein, um es mit „grüner“ Energie in synthetisches Öl umzuwandeln.

Per Satellit aus dem All lassen sich wertvolle Minerale unter der Erdoberfläche entdecken, gleichzeitig verschwinden in der Industrie erhebliche Mengen an Hightech-Metallen ungenutzt in Abwässern. Mit ihren „Bio-Angeln“ gelingt es HZDR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftlern im Labor immer besser, Gallium aus Flüssigkeiten zu fischen. Der Markt für die Recycling-Technologie ist riesig. Klärwerke nutzen bei der Abwasserreinigung aggressives Ozon für schwer zu knackende, organische Verbindungen. Neue Verfahren verbrauchen deutlich weniger Energie.

Gerade im Energiesektor zeigt sich, wie unsicher unsere Welt geworden ist. Durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine und die daraus resultierenden Krisen steht auch Deutschland vor enormen Herausforderungen. Die Erwartungen an die Forschung steigen. Sie soll und kann Lösungsansätze für die komplexen Themen und Probleme unserer Zeit finden und Brücken über Instituts-, Disziplinen- und Ländergrenzen hinweg schlagen.

Ich wünsche Ihnen eine erkenntnisreiche Lektüre.

Christine Bohnet
Abteilung Kommunikation und Medien am HZDR



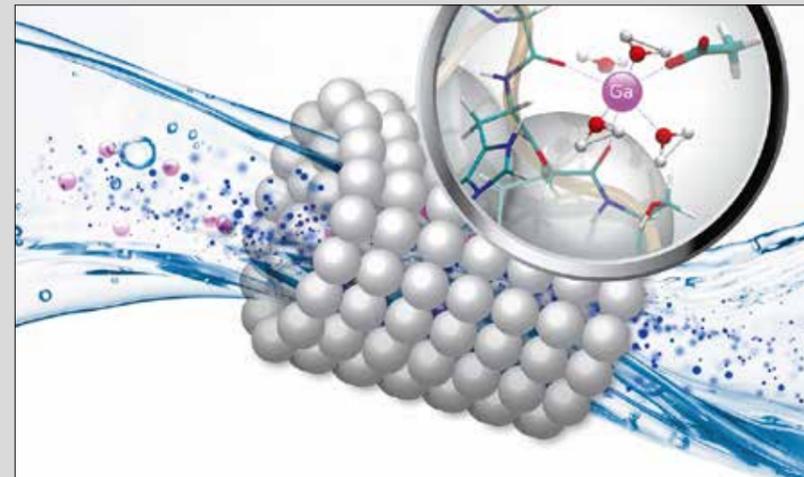
Forschung

26 Vom Thorium zum Plutonium

32 Energiehungrige Dampfkur

Porträt

35 Die Rolle von Wasser in Zellen erforschen



Titel

SCHADSTOFFE ROHSTOFFE



09 Von der Biologie inspiriert

Wie das Team um Katrin Pollmann Bakterien, Viren und organische Moleküle für das Bio-Recycling von Hightech-Metallen einsetzt.

15 Kraftvolle Ideen für klares Wasser

Weshalb die „Kraft“ des Ozons bei der Behandlung von hartnäckig verschmutztem Abwasser hilft.

18 RADICAL: Freie Radikale radikal besser messen

Warum ein europäisches Forschungsteam die freien Radikale in der Atmosphäre in Echtzeit nachweisen will.

22 Dem Klimawandel gemeinsam begegnen

Welche Lösungsansätze die Helmholtz-Zentren dem sich beschleunigenden Klimawandel entgegensetzen.

Rubriken

02 Warum wir forschen

- Auf der Suche nach der richtigen Wellenlänge

06 Woran wir forschen

- Krebsforschung mit Laserblitzen
- Uran in Haarproben

24 Wo wir arbeiten

- Überall Nano

30 Transfer

- Kreislaufwirtschaft | Gesundheit | Energie

38 Nachrichten

- Polnisch-deutsche Partnerschaft
- Online-Experimente
- Fördermillionen

40 Die Welt von morgen

- Hauchdünn und extrem vielseitig

40 Impressum

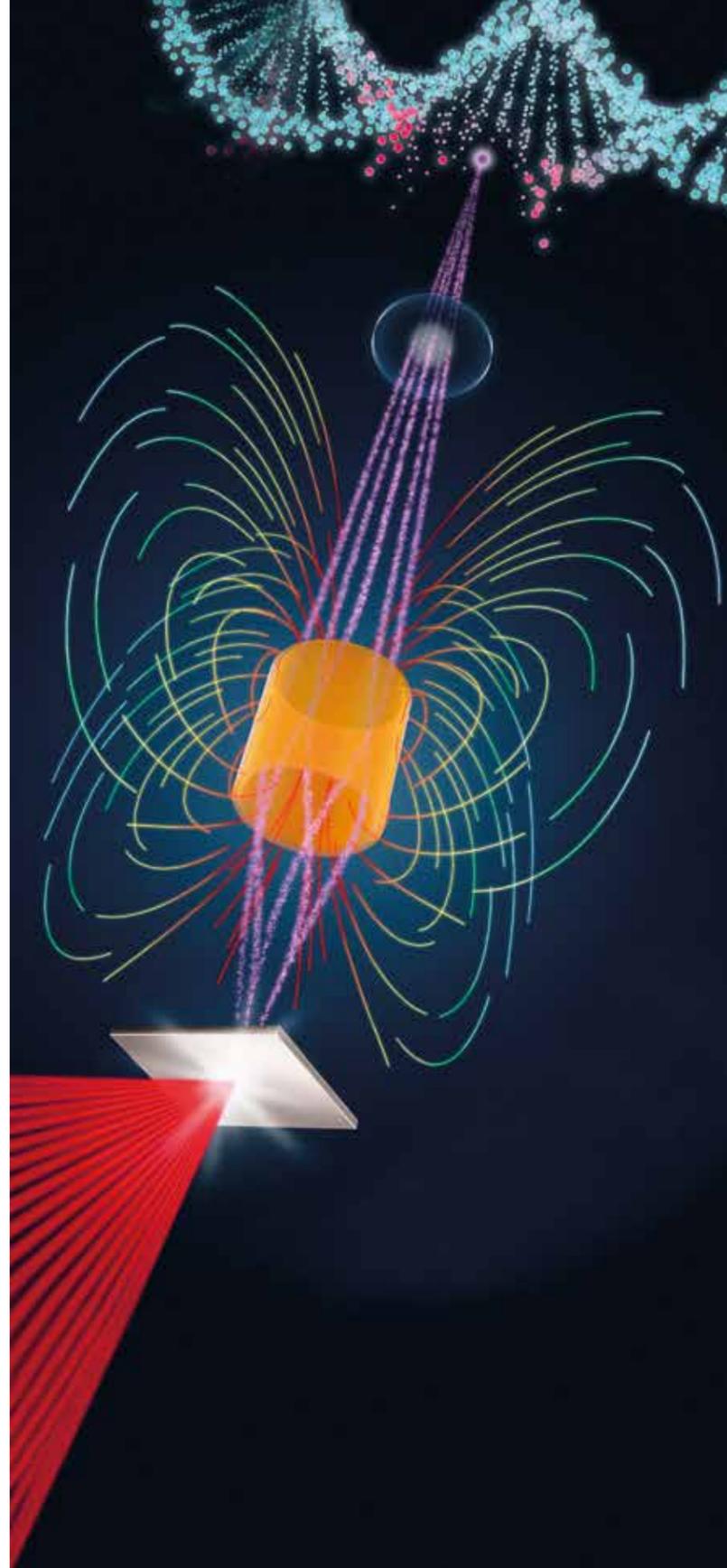
Krebsforschung mit Laserblitzen

Mit schnellen, geladenen Teilchen lassen sich bösartige Tumore wirkungsvoller und schonender bestrahlen als mit harter Röntgenstrahlung. Protonen – das sind die Kerne der Wasserstoff-Atome – dringen tief ins Gewebe ein und deponieren den Großteil ihrer Energie im Tumor. Um sie zu beschleunigen und zum Patienten zu transportieren, braucht es komplexe Beschleunigeranlagen, weshalb nur wenige Zentren in Deutschland diese Therapie anbieten, unter anderem das Universitätsklinikum Dresden. Auf dem Weg zu einer optimalen Strahlentherapie können Hochleistungslaser wie DRACO am HZDR helfen. Sie bringen die Teilchen sehr effizient auf superkurzen Strecken auf hohe Energien und bündeln sie zu kleinen, präzise lenkbaren Salven. Damit sind grundlegende Experimente möglich, die am Tiermodell aufklären, wie Gewebe auf Protonenstrahlen reagiert.

Langjährige und aufwendige Optimierungsarbeiten waren nötig, bis der DRACO-Laser bestrahlungstaugliche Protonen mit hoher Energie und stabilen Pulsen für solche radiobiologischen Studien lieferte. Eine weitere Besonderheit der Protonenpulse: Sie sind nur milliardstel Bruchteile einer Sekunde lang. Dass das Vorteile haben kann, schließt die HZDR-Wissenschaftlerin Elke Beyreuther aus ihren Experimenten am Elektronenbeschleuniger ELBE: „Es gibt Hinweise, dass bei schneller Verabreichung der Dosis das gesunde Gewebe um den Tumor noch besser geschont wird als bislang.“

Die entscheidende Versuchsreihe, in der erstmals Tumore in Mäusen mit laserbeschleunigten Protonen-Salven kontrolliert bestrahlt wurden, startete im Jahr 2020. Parallel führten Fachleute des Universitätsklinikums Dresden am OncoRay – National Center for Radiation Research in Oncology vergleichende Experimente an der dortigen Protonenanlage durch. „Wir haben gesehen, dass unsere lasergetriebene Protonenquelle DRACO biologisch wertvolle Daten erzeugt“, berichtet der Physiker Florian Kroll vom HZDR-Institut für Strahlenphysik. „Damit ist die Grundvoraussetzung für weitere Studien geschaffen, mit denen wir unsere Methode testen und optimieren können.“

Publikation: F. Kroll et al., in Nature Physics, 2022 (DOI: 10.1038/s41567-022-01520-3)



Premiere: Der Hochleistungs-Laser DRACO erzeugt biologische Daten für die Protonentherapie.

Uran in Haarproben

Das größte bekannte Goldvorkommen der Erde, die Witwatersrand-Lagerstätte, befindet sich in Südafrika unweit von Johannesburg. Auf die Abraumhalden – in deren Umkreis schätzungsweise 1,6 Millionen Menschen leben – gelangt auch das in den Goldminen natürlich vorkommende Uran. In einer großangelegten Studie sammeln südafrikanische Forscherinnen und Forscher vom South African Medical Research Council Haarproben von Kindern und Jugendlichen sowie Informationen zu deren Alter, Gesundheitszustand oder Lebensbedingungen. Expositionswege für Uran besser zu verstehen und neue Regularien zu entwickeln, um so den Schutz der Bevölkerung vor Ort zu verbessern, ist das Ziel der Studie.

Von Südafrika nach Dresden. Ein Forschungsteam von HZDR und VKTA – Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e.V. wird die Haarproben einer aufwendigen Prozedur unterziehen, an deren Ende ein Massenspektrometer die Urangelhalte

der gewonnenen Lösungen auf das Mikrogramm genau analysiert. Erhöhte Uranwerte in Haarproben von Menschen, die in der Nähe von Abraumhalden aus dem südafrikanischen Goldbergbau leben, hatten bereits frühere Untersuchungen unter Mitwirkung des HZDR-Teams um Susanne Sachs und Johannes Raff ergeben. Die Studienpartner, zu denen auch die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) als Krebsforschungseinrichtung der WHO, die North-West University im südafrikanischen Vanderbijlpark und die Wismut GmbH gehören, gehen nun der Frage nach, in welchem Verhältnis die gemessenen Urangelhalte zu den geographischen und demographischen Bedingungen stehen.

Kontakt

„Institut für Ressourcenökologie am HZDR
Dr. Susanne Sachs | Dr. Johannes Raff
s.sachs@hzdr.de | j.raff@hzdr.de

Abraumhalde in Südafrika



SCHWERPUNKT

Schadstoffe – Rohstoffe



Auf der Suche nach der richtigen Wellenlänge

Infografik: Mit sanften Methoden Rohstoffe aufspüren

SEITE 02

Von der Biologie inspiriert

Hintergrund: Recycling von Hightech-Metallen

SEITE 09



Kraftvolle Ideen für klares Wasser

Vorstellung: Das Helmholtz Innovation Lab CLEWATEC

SEITE 15



RADICAL: Freie Radikale radikal besser messen

Infografik: Waschmittel der Atmosphäre und Luftverschmutzer

SEITE 18

Dem Klimawandel gemeinsam begegnen

Kurz und knapp: Zwei Lösungsansätze

SEITE 22

Mit Biotechnologien können wir Grenzen etablierter Methoden überwinden.

— Katrin Pollmann, HZDR

Von der Biologie inspiriert

Reste wichtiger Hightech-Metalle landen heute vielerorts ungenutzt und ungefiltert im Abfluss. Konventionelle Recycling-Verfahren scheitern an den

niedrigen Konzentrationen und komplexen Stoffgemischen. Forschungsteams am HZDR fahnden nach neuen Lösungen: Sie imitieren Tricks von Bakterien, Viren und Pflanzen, um mit Biomolekülen Gallium aus Abwässern herauszusammeln. Und sie fischen mit Bioangeln nach Seltenen Erden.

— Text: Gabriele Schönherr



Die Herausforderung für Rohan Jain:
Den Durchsatz für das biotechnologische
Verfahren so zu steigern, dass es Gallium
in Industrieanlagen recyceln kann.

*„Biomoleküle können mit extrem geringen
Konzentrationen umgehen und diese
verdichten. So machen sie aus Abfall eine
Ressource für konventionelle Technologien.“*

— Rohan Jain, HZDR

Lithium, Gallium oder Seltene Erden – während die Nachfrage nach Hochtechnologie-Metallen steigt, lassen sich die Rohstoffe nur begrenzt und mit negativen Folgen für die Umwelt fördern. Ein Kilogramm Gallium kostet aktuell rund sechshundert Euro. Technologische, aber auch politische Entwicklungen treiben den Preis. Gallium ist ein strategisches Element und Rückgrat der Halbleiterindustrie. Es ist in Waffern, Chips oder LEDs verbaut und wird neben zivilen auch für militärische Zwecke eingesetzt. Dennoch geht ein beträchtlicher Teil des Rohstoffs schon bei der industriellen Verarbeitung verloren, wenn etwa Ätz- oder Polierprozesse Gallium ins Abwasser spülen. Die Rückstände sind so stark verdünnt oder das Gemisch so komplex, dass das Recycling wirtschaftlich nicht lohnt. Auch belasten die in Frage kommenden chemischen Verfahren die Umwelt.

Hier setzt die Forschung von Katrin Pollmann und ihrem Team am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) des HZDR an: „Das HIF wurde vor gut zehn Jahren als Teil der Nationalen Ressourcenstrategie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gegründet, als es darum ging, dass auch Deutschland neue Wege zu Rohstoffquellen finden muss, um so eine gewisse Unabhängigkeit von internationalen

Märkten zu erlangen“, erläutert die Biologin. „Wir erschließen verfahrenstechnisches Neuland für die Branche, indem wir biochemische Prinzipien und biologische Funktionsträger auf völlig neue Anwendungen übertragen. Damit wollen wir die Bioökonomie mit der Ressourcentechnologie verknüpfen.“ Aktuell drehen sich in ihrer Abteilung gleich mehrere Projekte um das Bio-Recycling von Metallen. Zwei davon nutzen die Technik der Biosorption: Biomoleküle mit der Fähigkeit, an bestimmte Ionen oder Moleküle zu binden, dienen dabei als Recycling-Schlüssel.

Technologie aus der Trickkiste der Mikroorganismen

Der Biochemieingenieur Rohan Jain schickt Siderophore auf die Jagd nach Gallium in Industrieabwässern. Siderophore sind kleine organische Moleküle. In der Natur werden sie von Mikroorganismen produziert. Bakterien, Pilze und Pflanzenwurzeln nutzen sie, um ihre Eisenversorgung auch in eisenarmer Umgebung sicherzustellen. Die Mikroorganismen sondern die hoch eisenaffinen Siderophore ab und warten, bis diese Eisen-Ionen aus der Umgebung eingefangen haben. Anschließend nehmen die Mikroorganismen die mit Eisen beladenen Moleküle – eigene und fremde – über spezielle Transportmechanismen wieder auf.

Während eines Marie-Curie-Projekts gelang es Jain zu zeigen, dass bestimmte Siderophore, nämlich Desferoxamine, sich nicht nur als Eisensammler eignen, sondern auch extrem niedrig konzentriertes Gallium aus Abwässern gewinnen können. „Es gibt kein anderes Molekül, das Eisen ähnlich gut einfangen kann. Da Gallium und Eisen sich chemisch sehr ähneln, hatten wir Grund zu der Annahme, dass es möglicherweise auch Gallium sehr gut bindet. Es gab erste Studien, aber noch keine für Industrie-Abwässer. Wir haben den nächsten Schritt gemacht, und der funktionierte perfekt“, sagt Jain.

So gut sogar, dass der Forscher heute vor der Gründung zweier Start-ups steht, die die Technologie vermarkten sollen – eines in Deutschland und eines in Indien, Jains Heimat, wo er bereits Gespräche nicht nur mit möglichen Industriepartnern, sondern auch mit einem Bergbauunternehmen aufgenommen hat. Ein wichtiger Faktor für den Markteintritt: Die notwendigen Siderophore sind in Industriequalität kommerziell verfügbar.

Scale-up für die Industrie

Der Markt für die neue Technologie ist riesig: „Es gibt jede Menge Gallium-Abfall – also auch viel brauchbares Potenzial“, schätzt Jain ein. Bei Herstellungsfirmen der Hightech-Branche fallen typischerweise zwischen 10.000 und 300.000 Liter Abwässer pro Tag an. Im Bergbau sogar 20 Millionen Liter oder mehr. Allein im deutschen Hochtechnologie-Sektor ließen sich fünf bis zehn Tonnen Gallium pro Jahr durch Recycling aus Abwässern einsparen. In der europäischen Bergbauindustrie, also Lagerbeständen in Deutschland und aktiver Industrie in Griechenland oder Italien, sogar die zehnfache Menge – genug, um Deutschland und die EU unabhängig von Importen zu machen.

Können die Siderophore dies leisten? Der erste Prototyp einer Anlage im Labor startete mit bescheidenen 10 Millilitern Durchsatz pro Tag. Die Forscherinnen arbeiteten sodann an Trennverfahren, die das Gallium in der Flüssigkeit Stück für Stück aufkonzentrieren. Dafür mussten sie Antworten auf grundsätzliche Fragen finden: Wie genau binden die Siderophore an Gallium und welchen Effekt hat beispielsweise eine Änderung des pH-Wertes oder der Metallmischung in den Abwässern? Wie lässt sich das Biomolekül wieder aus dem Wasser herausfischen, nachdem es Gallium gebunden hat? Und wie kann es anschließend recycelt werden, damit das Verfahren wirtschaftlich und umweltfreundlich bleibt?

Inzwischen bewältigt die Anlage bereits hundert Liter pro Tag, bald sollen es tausend bis zweitausend Liter werden. „Den Durchsatz von einem auf hundert Liter zu steigern, war viel komplizierter als von hundert zu tausend. Hier liegen die Herausforderungen eher in der Größe der Container, dem Platz und den Sicherheitsvorkehrungen. Das Hochskalieren ist jetzt mehr Ingenieurs- als wissenschaftliche Herausforderung“, betont Jain.

Auch die Grundlagenforschung geht weiter. Mehr als 500 verschiedene Siderophore sind der Fachwelt mittlerweile bekannt. Einige davon könnten sich neben Gallium auch für die Rückgewinnung weiterer Metalle wie Germanium, Indium oder sogar Seltener Erdmetalle eignen. Allerdings ist von den auf

dem Markt erhältlichen Siderophoren nur eines preiswert genug für die industrielle Anwendung. Für diese Herausforderung suchen die Dresdner Forscher nach einer biotechnologischen Lösung.

Mit der Bioangel auf Rohstoffjagd

Die HIF-Nachwuchsgruppenleiterin Franziska Lederer setzt auf eine alternative Technologie zur Biosorption. Mit ihrer Gruppe „BioKollekt“ maßschneidert sie mikroskopische Angeln und Filter aus Biomolekülen. Auf diese Weise möchte sie auch die Seltenen Erden aus Abwässern und Abfällen rückgewinnen. Seltene Erden zählen ebenfalls zu den strategisch wichtigen Metallen: Sie stecken etwa in leistungsstarken Magneten für Windräder, Elektromotoren, Kernspintomographen und Kopfhörer, in LEDs und Plasmabildschirmen oder in Hochtemperatur-Brennstoffzellen. In der Natur kommen sie ausschließlich in Verbindung mit Erzen vor.

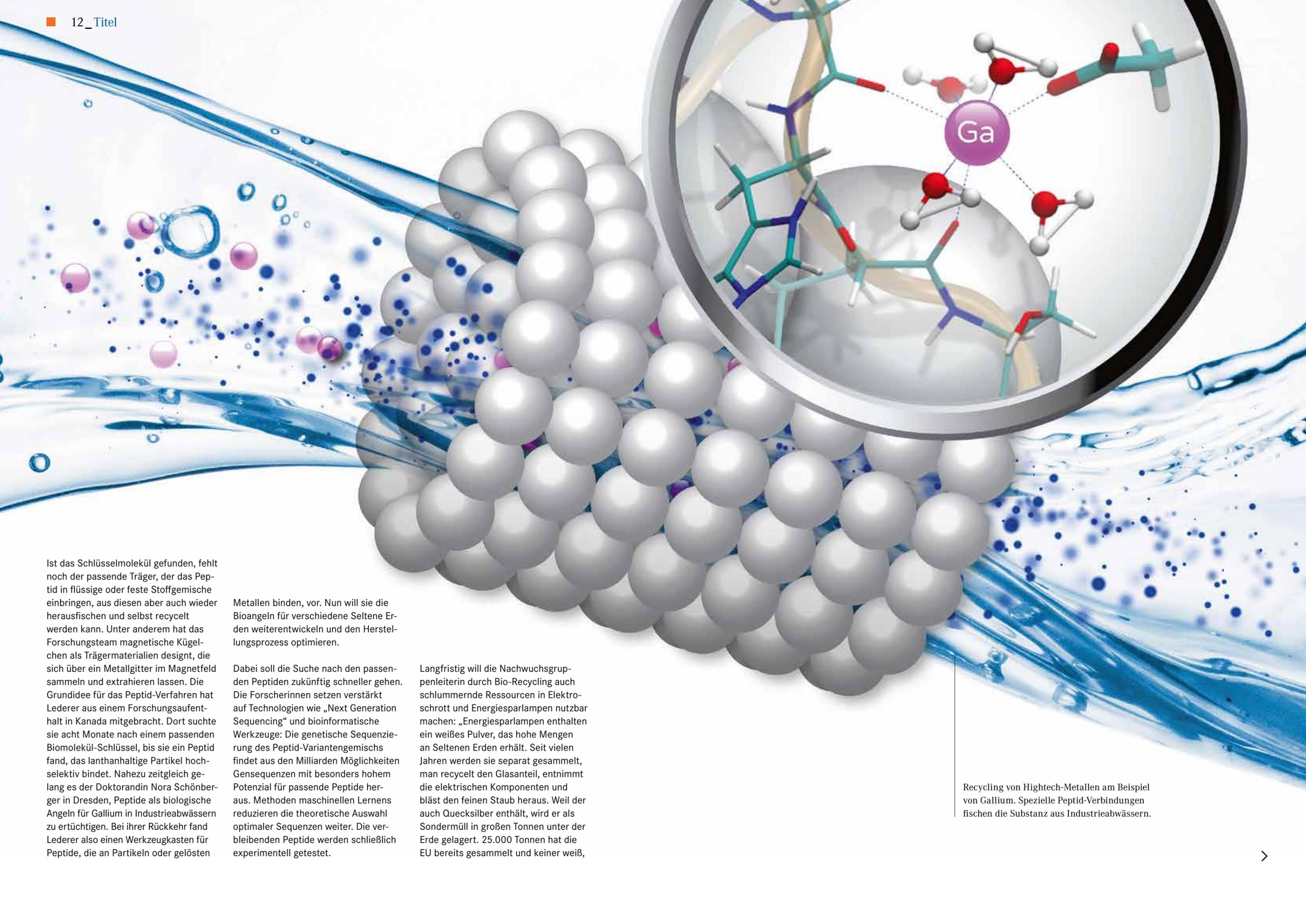
„Das Problem an Seltenen Erden ist: Sie sind sich physikalisch und chemisch besonders ähnlich und deshalb sehr schwer zu trennen. Wenn man sie aus einem Bergwerk fördert, braucht es 200 Prozessschritte, bis das Materialgemisch das reine Seltene-Erdelement enthält. Diese Schritte sollen im Recycling deutlich vereinfacht werden. Einerseits, weil wir kein so hochkomplexes Material haben, und andererseits, weil wir mit viel spezifischeren Methoden die Seltenen Erden abtrennen wollen“, erklärt Lederer.

Ihre Bioangeln und -filter können unterschiedliche Elemente aus flüssigen und festen Stoffgemischen hochselektiv und individuell herausammeln. Sie sind in dieser Hinsicht Siderophoren überlegen. Für die hohe Selektivität sorgen Peptide, kleine Eiweißmoleküle, die die Forscherinnen auf Trägermaterialien verankern und die – je nach Struktur – nur an spezifische Zielmoleküle binden. Die proteinähnlichen Peptide bestehen aus mehreren gekoppelten Aminosäuren. Sie sind klein und robust. Ihr großer Vorteil: Es gibt unzählige Möglichkeiten, Peptide aufzubauen und damit auch unzählige Einsatzmöglichkeiten. Allerdings ist die Suche nach dem passenden Peptid äußerst mühsam.

Bakteriophagen und die Nadel im Heuhaufen

Franziska Lederer und ihr Team greifen dafür auf „Phagen-Display-Bibliotheken“ zurück, gewaltige Sammlungen unterschiedlicher Bakteriophagen. Das sind spezielle Viren, die Bakterien infizieren und dabei über Peptide auf ihrer Oberfläche Bindungen eingehen. In der medizinischen Wirkstoffforschung ist dies ein Standardverfahren.

In die Bakteriophagen werden Gemischungen eingeschleust; die Gene verändern die Peptide. Infizierte Bakterien produzieren dann Milliarden von neuen Bakteriophagen- und Peptid-Varianten. Binden einzelne davon in Tests an ein spezifisches Zielmolekül, sondern die Forscher diese Bakteriophagen ab, vermehren sie weiter und testen die daraus entstehenden Varianten erneut. Durch Zugabe von saurer oder öliger Flüssigkeit erschweren sie die Bindung der Peptide, sodass schließlich nur diejenigen mit der stärksten Bindungsfähigkeit die Auswahl überstehen. „Die Bibliothek der Bakteriophagen ist quasi ein riesiger Schlüsselbund und ein Biomolekül darin ist der passende Schlüssel“, sagt Lederer. >



Ist das Schlüssel-molekül gefunden, fehlt noch der passende Träger, der das Peptid in flüssige oder feste Stoffgemische einbringen, aus diesen aber auch wieder herausfischen und selbst recycelt werden kann. Unter anderem hat das Forschungsteam magnetische Kügelchen als Trägermaterialien designt, die sich über ein Metallgitter im Magnetfeld sammeln und extrahieren lassen. Die Grundidee für das Peptid-Verfahren hat Lederer aus einem Forschungsaufenthalt in Kanada mitgebracht. Dort suchte sie acht Monate nach einem passenden Biomolekül-Schlüssel, bis sie ein Peptid fand, das lanthanhaltige Partikel hochselektiv bindet. Nahezu zeitgleich gelang es der Doktorandin Nora Schönberger in Dresden, Peptide als biologische Angeln für Gallium in Industrieabwässern zu ertüchtigen. Bei ihrer Rückkehr fand Lederer also einen Werkzeugkasten für Peptide, die an Partikeln oder gelösten

Metallen binden, vor. Nun will sie die Bioangeln für verschiedene Seltene Erden weiterentwickeln und den Herstellungsprozess optimieren.

Dabei soll die Suche nach den passenden Peptiden zukünftig schneller gehen. Die Forscherinnen setzen verstärkt auf Technologien wie „Next Generation Sequencing“ und bioinformatische Werkzeuge: Die genetische Sequenzierung des Peptid-Variantengemischs findet aus den Milliarden Möglichkeiten Gensequenzen mit besonders hohem Potenzial für passende Peptide heraus. Methoden maschinellen Lernens reduzieren die theoretische Auswahl optimaler Sequenzen weiter. Die verbleibenden Peptide werden schließlich experimentell getestet.

Langfristig will die Nachwuchsgruppenleiterin durch Bio-Recycling auch schlummernde Ressourcen in Elektroschrott und Energiesparlampen nutzbar machen: „Energiesparlampen enthalten ein weißes Pulver, das hohe Mengen an Seltenen Erden erhält. Seit vielen Jahren werden sie separat gesammelt, man recycelt den Glasanteil, entnimmt die elektrischen Komponenten und bläst den feinen Staub heraus. Weil der auch Quecksilber enthält, wird er als Sondermüll in großen Tonnen unter der Erde gelagert. 25.000 Tonnen hat die EU bereits gesammelt und keiner weiß,

Recycling von Hightech-Metallen am Beispiel von Gallium. Spezielle Peptid-Verbindungen fischen die Substanz aus Industrieabwässern.



Die Suche nach passenden Bioangeln im Labor ist für Nachwuchsgruppenleiterin Franziska Lederer und ihr Team ein aufwendiges Unterfangen.

wohin damit.“ Auch giftige Abwassergemische hat die Forscherin im Blick: „Hier in der Region haben Bergbauunternehmen vor vielen Jahren Uran abgebaut und schwefelhaltige Flüssigkeiten in den Untergrund gepumpt, in denen Seltene Erden gelöst sind. Wir wollen diese heraustrennen.“

Während das Bio-Recycling mit Siderophoren kurz vor der industriellen Anwendung steht, ist es von der Bioangel bis zur marktreifen Anwendung allerdings ein weiter Weg. Noch ist die Technologie zu teuer. „Bisher kosten uns 100 Milligramm Peptid circa 500 US-Dollar. Man muss mit dem Kilogrammpreis unter fünf Dollar kommen“, erläutert Franziska Lederer. Möglich wäre das: „Unsere Industriepartner sagen: Wenn ihr wisst, welches Material richtig gut arbeitet, dann können wir das im Tonnenmaßstab herstellen. Man muss es eben erst kennen.“ Ein Ziel, das sich lohnt. Großes Potenzial für schwieriges Recyclinggut haben Biosorptions-Technologien bereits bewiesen: „Mit den Siderophoren können wir schon über 95 Prozent des Galliums aus den Abwässern herausholen“, berichtet Kollege Rohan Jain.

Publikation:

R. Jain et al.: Recovery of gallium from wafer fabrication industry wastewaters by Desferrioxamine B and E using reversed-phase chromatography approach. *Water Research*, 2019 (DOI: 10.1016/j.watres.2019.04.005)

N. Schönberger et al.: Gallium-binding peptides as a tool for the sustainable treatment of industrial waste streams. *Journal of Hazardous Materials*, 2021 (DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.125366)

P. Boelens et al.: Peptide functionalized Dynabeads for the magnetic carrier separation of rare-earth fluorescent lamp phosphors. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2022 (DOI: 10.1016/j.jmmm.2022.169956) ┘

Kontakt

┘Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) am HZDR

Dr. Katrin Pollmann
k.pollmann@hzdr.de

Dr. Rohan Jain
r.jain@hzdr.de

Dr. Franziska Lederer
f.lederer@hzdr.de

Kraftvolle Ideen für klares Wasser



Gemeinsam erproben Wissenschaftlerin Nadine Matzke (links) und Industriepartnerin Mareike Kolkmann neue Verfahren zur Reinigung von belasteten Wässern – im Labor und in der realen Umgebung.

┘Text: Roland Knauer

Zur Behandlung von Abwässern kommt in Kläranlagen manchmal nach den normalen Reinigungsgängen eine relativ teure Ozonbehandlung zum Einsatz. Forscherinnen und Forscher des Helmholtz Innovation Lab CLEWATEC am HZDR wollen dieses Verfahren gemeinsam mit dem Industriepartner Air Liquide optimieren.



„Bei der Produktion von Polyesterharzen und anderen Kunststoffen sowie in der pharmazeutischen und chemischen Industrie entstehen Abwässer, die sich mit herkömmlichen Kläranlagen nur unzureichend, mit Ozon aber gut reinigen lassen.“

— Markus Meier, Air Liquide



Hand in Hand entwickeln Markus Meier (links) und CLEWATEC-Koordinator Sebastian Reinecke energiesparende Verfahren für die optimale Wasseraufbereitung in Klärbecken.

Am Anfang steht Sauerstoff, den es auf der Erde reichlich gibt. Allein unsere Atmosphäre besteht zu rund 21 Prozent aus einer recht stabilen Verbindung aus zwei Sauerstoff-Atomen. Dieses Gas hat einen aggressiven Verwandten, der auf den Namen Ozon getauft wurde und dessen Moleküle nicht aus zwei, sondern aus drei Sauerstoff-Atomen bestehen. Nur zieht die Chemie einem solchen Trio sehr klar ein Paar vor. Sobald sich eine gute Gelegenheit bietet, wirft Ozon daher eines seiner Sauerstoff-Atome aus der Dreier-Beziehung und wird so zu einem stabilen Paar. Das verstoßene Sauerstoff-Single aber reagiert nach dem herben Verlust seiner Partner sehr aggressiv und stürzt sich sofort in eine neue Beziehung.

Diese Angriffslust nutzen technische Verfahren seit langem, um zum Beispiel Oberflächenwasser mit Ozon zu reinigen. Darin treiben oft Bakterien und organische Verbindungen, die das Wasser ungenießbar machen können. Für aggressive Sauerstoff-Singles sind solche Mikroorganismen und Partikel ein gefundenes Fressen: Noch während das Ozon-Molekül ein Sauerstoff-Atom aus der Dreier-Beziehung stößt, attackiert der Single die Verunreinigungen im Wasser. Viele Bakterien vertragen einen solchen, Oxidation genannten Angriff schlecht und sterben, während die organischen Verbindungen in weniger gefährliche Substanzen umgewandelt werden.

Killer für Hormone

Da entstehen im Abwasser von Städten und Dörfern zum Beispiel Substanzen, die in der Umwelt wie Hormone wirken. Sie können in Organismen erhebliche Schäden anrichten. Ihr Ursprung: Reste von Medikamenten oder die Antibabypille, die vom Körper wieder ausgeschieden werden. Die Mikroorganismen der biologischen Stufe einer Kläranlage können solchen Verbindungen oft wenig anhaben. „Daher wird dieser biologischen Abwasserreinigung unter Umständen eine spätere Stufe nachgeschaltet, die mit Ozon arbeitet“, erklärt HZDR-Forscher und CLEWATEC-Koordinator Sebastian

Reinecke. Dort kann das aus der Dreierbeziehung des Ozons verstoßene Sauerstoff-Single seine Aggression sehr schnell an den Hormon-Resten abregieren und baut sie zu harmlosen Verbindungen ab. Ozon entpuppt sich so als effektiver Killer von Hormonen.

„Ozon wird in Klärwerken auch verwendet, um überschüssigen Belebtschlamm aus der vorherigen biologischen Stufe kleinzuhäckseln“, erklärt Markus Meier. Der leitende Forschungsingenieur, der bei Air Liquide in Krefeld für Prozesse wie das Einleiten von Gas in Flüssigkeiten und damit auch in Abwasser zuständig ist, denkt auch an die Industrie: „Bei der Produktion von Polyesterharzen und anderen Kunststoffen sowie in der pharmazeutischen und chemischen Industrie entstehen Abwässer, die sich mit herkömmlichen Kläranlagen nur unzureichend, mit Ozon aber gut reinigen lassen.“ Das geschieht in tausend Kubikmeter großen Becken, in die Ozon eingeleitet und manchmal stundenlang umgerührt wird.

Um den hohen Energieverbrauch und damit gleichzeitig die Kosten und die Klimabelastung zu senken, wollen CLEWATEC und Air Liquide das Ozon erheblich effizienter als bisher einsetzen. Das lohnt sich besonders, weil das Gas kaum lange gelagert werden kann und deshalb recht teuer und mit hohem Energieaufwand am Einsatzort produziert wird. In einem solchen Ozon-Generator strömt Sauerstoff durch eine Röhre, in der sich zwischen zwei Elektroden kleine Blitze in einem

Hochspannungsfeld entladen. Solche Corona-Entladungen erzeugen auch in Gewittern Ozon. So erhält man jedoch kein reines Ozon, sondern eine Mischung aus zehn Prozent Ozon und neunzig Prozent Sauerstoff – und hat einen weiteren Grund, diese teuer erzeugte Substanz möglichst sparsam einzusetzen.

Starkes Ozon-Wasser

Einer der Knackpunkte der herkömmlichen Ozonierung ist der schlechte Wirkungsgrad: „Das Ozon reagiert ungerichtet mit vielen Komponenten im Abwasser und nicht nur mit den Bakterien oder den organischen Verbindungen, die es eigentlich treffen soll“, erklärt Markus Meier. Obendrein löst sich oft nur ein Teil des Ozons im Wasser, während der Rest ungenutzt entweicht. Das Tandem aus Forschung und Industrie verfolgt gleich zwei Ideen, um die Reinigung zu beschleunigen und Kosten ebenso wie den Energieverbrauch zu senken: „Ozon-Starkwasser“ und „flüssige Flammen“. Löst man die Sauerstoff-Dreier-Verbindung schon vorab in Wasser, mischt sich das Ozon-Starkwasser viel rascher mit dem Abwasser.

Zumindest gilt das in der Theorie. In der Praxis muss das Ozon-Starkwasser-Verfahren noch getestet und möglichst effektiv gestaltet werden. Am Anfang des Jahres 2022 nahm CLEWATEC daher eine Laboranlage in Betrieb, in der das Team um Sebastian Reinecke im stark verkleinerten Maßstab in fünf bis zehn Litern zum Beispiel ermittelt, wie groß die optimale Ozon-Konzentration für dieses Verfahren ist.

Setzt man das Ozon-Starkwasser unter Druck, steigen die Ozon-Konzentrationen im Wasser. Unter solchen Bedingungen wirft das Ozon rasch das dritte Sauerstoff-Atom aus der Dreier-Beziehung. Der aggressive Single-Sauerstoff reagiert mit dem Wasser – und damit mit dem einzigen Partner, der zur Verfügung steht. Bringt man zusätzlich Ozon-Lösung über Düsen ein, entstehen Hydroxyl-Radikale, die an Aggressivität und Oxidationskraft auch das Ozon-Starkwasser locker in den Schatten stellen: Noch schneller und effektiver baut diese „flüssige Flamme“ ansonsten kaum zu knackende Verbindungen ab, die bei der Herstellung von Polyesterharzen und bei anderen chemischen Prozessen entstehen. Allerdings hat der Hydroxyl-Radikal-Killer einen gravierenden Nachteil: Die flüssige Flamme ist praktisch unsichtbar.

Die „flüssige Flamme“ beobachten

Kann man einem unsichtbaren Killer bei der Arbeit nicht über die Schulter schauen, lässt sich sein zerstörerisches Werk auch kaum verbessern. Es sei denn, man setzt Bernsteinsäure ein. Diese wird vom herkömmlichen Gemisch aus zehn Prozent Ozon in Sauerstoff nur extrem langsam abgebaut, während Hydroxyl-Radikale den Job erheblich schneller erledigen. Da sich Bernsteinsäure sehr gut messen lässt, kann das CLEWATEC-Team aus ihrem Verschwinden die Konzentration des Killers ermitteln. Noch besser aber lässt sich die flüssige Flamme mit einem Chemolumineszenz-Verfahren beobachten, bei dem blaues Licht die Konzentration der Hydroxyl-Radikale verrät.

„Sind diese Grundlagen-Untersuchungen abgeschlossen, wollen wir eine Versuchsanlage mit einer Größe von einem oder zwei Kubikmetern bauen“, erklärt Sebastian Reinecke. „Eingehaust in einen Container können wir das Hydroxyl-Radikal-Verfahren dann direkt beim Kunden erproben“, ergänzt Markus Meier. Mit ähnlichen kleinen Anlagen können die flüssigen Flammen schwer abbaubare Abwässer schnell, kostengünstig und mit geringerem Energiebedarf im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren reinigen.

Publikation:

Manuel Deggelmann et al.: Hydrodynamic cavitation for micropollutant degradation in water – Correlation of bisphenol A degradation with fluid mechanical properties. Ultrasonics Sonochemistry, 2022 (DOI: 10.1016/j.ultsonch.2022.105950)

Kontakt

— Institut für Fluidodynamik am HZDR
— Clean Water Technology Lab CLEWATEC
Dr. Sebastian Felix Reinecke
s.reinecke@hzdr.de



Clean Water Technology Lab CLEWATEC

Im Fokus von CLEWATEC, einem von drei Helmholtz Innovation Labs am HZDR, stehen neuartige und nachhaltige Technologien für die Abwasserindustrie:

- Rückgewinnung wertvoller Ressourcen aus dem Abwasser
- Entwicklung und Einsatz modernster Mess- und Analysetechniken
- Energieeffizienz aller Prozesse

Die Förderung durch die Helmholtz-Gemeinschaft zielt darauf ab, wissenschaftliche Expertise mit den Bedürfnissen der Industrie zusammenzuführen und in gemeinsamen Entwicklungsprojekten Ideen auf ihre Praxistauglichkeit hin zu testen.

www.clewatec.de

RADICAL: Freie Radikale radikal besser messen

Freie Radikale beeinflussen die Chemie der Atmosphäre, unsere Luftqualität, Umwelt, Klima und Gesundheit. In welchem Maße, dafür fehlen – noch – die Daten. Denn diese reaktionsfreudigen Atome und Moleküle sind sehr kurzlebig und ihr Nachweis ist technisch höchst anspruchsvoll. Im europäischen RADICAL-Projekt entwickelt ein Forschungsteam neue Sensoren, die bisherige Messmöglichkeiten revolutionieren könnten. Am HZDR entstehen dafür besondere Nanodraht-Chips.

Text: Gabriele Schönherr

Grafik: Ketchum

Elektronische Spürnase

Wie fängt man freie Radikale? Was bislang nur in wenigen aufwendigen Messkampagnen gelang, könnte zukünftig mithilfe von kleinen, elektronischen Sensoren alltäglich werden. Denn das EU-geförderte RADICAL-Projekt entwickelt ein völlig neues Messkonzept: Eine „elektronische Nase“ soll die freien Radikale aufspüren. Bei Kontakt mit den Zielmolekülen erzeugen speziell beschichtete Nanodraht-Chips im Sensor elektrische Signale. Eine Ausleseelektronik verarbeitet die Signale weiter – ähnlich wie das menschliche Gehirn Riechreize prozessiert und Gerüche erkennt und unterscheidet.

In Flüssigkeiten haben ähnliche Sensoren bereits eine herausragende Sensitivität und Selektivität bewiesen. Im RADICAL-Projekt entwickeln die Forscher die Technologie nun für Gase weiter. Und für Partikel, die dort besonders schwierig zu detektieren sind: freie Radikale.

„Wenn wir unsere neuen Sensoren an den vorhandenen Messstationen installieren, verändert das unsere Möglichkeiten dramatisch.“

Yordan Georgiev, HZDR

Globales Monitoring in Echtzeit

Die neuen elektronischen Sensoren sollen so kompakt und preisgünstig sein, dass sie erstmals ein flächendeckendes Monitoring ermöglichen: kontinuierlich und in Echtzeit. Gelingt das Vorhaben, so geben diese Messdaten direkte Einblicke in das komplexe Zusammenspiel freier Radikale und der Chemie der Atmosphäre – und helfen so, die Rolle der Radikale für unsere Luftqualität, Gesundheit und Umwelt zu entschlüsseln.

Ein Netzwerk aus Messstationen auf der Erde und in der Luft liefert schon heute zahlreiche Umwelt- und Wetterdaten der Atmosphäre. Die neuen Sensoren sollen in dieses Netzwerk integriert werden, können aber auch autonom arbeiten. Die Messungen mit der elektronischen Nase verbrauchen nur sehr wenig Energie; für eine regelmäßige Datenübertragung genügen konventionelle Batterien.

1 in 1.000.000.000.000

In einer Billion Luftmoleküle findet sich im Schnitt nur ein freies Radikal.

10 Kilometer

Trotz ihrer niedrigen Konzentration dominieren freie Radikale die Chemie der unteren 10 Kilometer unserer Atmosphäre.

Die neuen Sensoren sind praktisch überall einsetzbar: an Messstationen auf der Erde, auf dem Wasser und in der Luft.

Detektor aus Nanodrähten

Herzstück der neuen Sensoren sind winzige, wenige Quadratmillimetergroße Chips, die mit ultradünnen Nanodrähten aus Silizium bestückt und an einen elektrischen Schaltkreis angeschlossen werden. Die Nanodrähte dienen quasi als eine Art Fangnetz für freie Radikale und sind gleichzeitig Signalgeber für die Elektronik. Ein besonderes Konstruktionsprinzip macht sie hochempfindlich für elektrische Signale: Die Drähte verzichten auf die sonst für Transistoren übliche, unterschiedliche Strukturierung des Halbleiter-Materials und reduzieren so Signalstörungen. Eine zusätzlich aufgebrachte, organische Molekülschicht auf den Nanodrähten bindet gezielt die freien Radikale aus der Umgebungsluft – und keine der wesentlich häufigeren anderen Luftbestandteile. Das elektrische Signal entsteht, weil die gebundenen Radikale elektrisch geladen sind und dadurch die Leitfähigkeit des Drahts verändern.

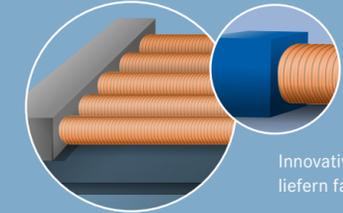
Das Optimum herausholen

Nanodrähte sind ideal als empfindliche Sensoren geeignet: Die ultrafeinen Drähte bieten auf kleinstem Raum viel Detektor-Oberfläche. Je mehr Fläche, desto wahrscheinlicher ist es, dass ein freies Radikal „ins Netz geht“ und desto niedrigere Gas-Konzentrationen werden messbar. Für die Sensoren arbeiten Forscher am HZDR an nur wenigen Nanometer dünnen und möglichst glatten Drähten. Denn kleinste Defekte an der Oberfläche könnten Ladungsträger streuen oder einfangen und das Signal verfälschen. Das HZDR hat eines von wenigen Forschungslaboren weltweit, das derart dünne Drähte präzise fertigen kann. Mit der Auslieferung der ersten Nanodrähte haben die Forscher kürzlich einen wichtigen Meilenstein erreicht.

EUROPÄISCHE TECHNOLOGIEENTWICKLUNG – IN FÜNF SCHRITTEN ZU NEUER SENSORIK

1. FERTIGEN

Am HZDR entstehen maßgeschneiderte Nanodrähte und Sensor-Chips. Modelle der bulgarischen Firma smartcom helfen bei Design und Fertigung.

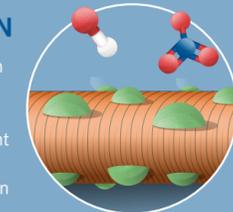


20 Nanometer = 0,00002 mm

Innovative Nanodraht-Transistoren liefern fast störungsfreie Signale.

2. FUNKTIONALISIEREN

Experten der University of York in Großbritannien und der National Technical University of Athens in Griechenland bringen eine Schicht organischer Moleküle auf die Nanodrähte auf. Die Moleküle fangen freie Radikale zielgenau ein.

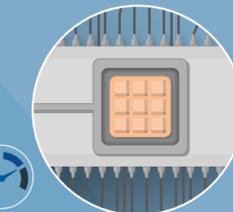


„Wir haben eine neue Herausforderung für die Technologie gesucht und erkannt: Wenn wir einen signifikanten Durchbruch erreichen wollen, müssen wir freie Radikale messen.“

Yordan Georgiev, HZDR

3. OPTIMIEREN

Labortests am University College Cork in Irland verbessern die Messqualität der Sensoren.



4. EVALUIEREN

Die fertigen Sensoren werden in speziellen Atmosphärensimulationskammern am University College Cork und in der Umgebungsluft getestet.



5. TEILEN

Das Projekt soll Ergebnisse zur neuen Sensor-Technologie durch Publikationen und Kooperationen zügig in die breite Anwendung bringen.

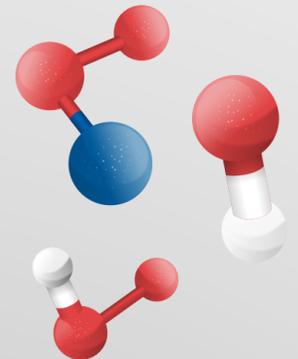


NEUE SENSORIK

RADICAL

WIE ATMOSPHERISCHE RADIKALE DIE LUFT VERÄNDERN

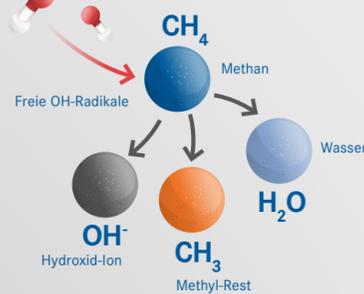
Luftverschmutzung ist ein zunehmendes Problem für unsere Gesundheit und das Klima. Freie Radikale spielen eine Schlüsselrolle bei den zugrunde liegenden chemischen Kreisläufen.



Freie Radikale sind Atome und Moleküle, die mindestens ein ungepaartes Elektron besitzen. In der Atmosphäre entstehen sie auf natürliche Weise, oft befeuert durch das Sonnenlicht. Auf der Suche nach einem neuen Elektron zeigen freie Radikale sich sehr reaktionsfreudig. Dadurch tragen sie zu vielfältigen chemischen Prozessen bei.

WASCHMITTEL DER ATMOSPHERE ...

Einerseits helfen freie Radikale der Atmosphäre dabei, sich von Schadstoffen zu reinigen. Das Hydroxylradikal (OH) wirkt etwa als Gegenspieler zum Treibhausgas Methan – deswegen wird es manchmal auch als „Waschmittel der Atmosphäre“ bezeichnet.



... UND LUFTVERSCHMUTZER

Andererseits entstehen beim Abbau von Spurengasen durch freie Radikale Schadstoffe wie Ozon, Hydroperoxide, Säuren und Feinstaub. Beispielsweise wandeln Hydroxylradikale Stickstoff und Schwefeldioxid in Säure um, die sich in Wolkenwassertropfen auflösen und als saurer Regen niedergehen kann.

Dem Klimawandel gemeinsam begegnen

Lösungsansätze für den sich beschleunigenden Klimawandel zu erarbeiten und Entscheidungsträgern neue Grundlagen für ihr Handeln zu eröffnen, ist das Ziel der Helmholtz-Klima-Initiative. An den insgesamt 13 Forschungsprojekten der ersten Phase waren 15 der 18 Helmholtz-Zentren beteiligt. Kommunikation spielte dabei von Beginn an eine zentrale Rolle, weshalb die Initiative jetzt zu einer Dialog-Plattform weiterentwickelt wird.

Netto-Null-2050

Schnelle und konsequente Emissionsminderungen sind erforderlich, um den Anstieg der globalen Mitteltemperatur auf unter 1,5 Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Im Bereich „Mitigation“ ging es in vier Forschungsprojekten darum, Wege zu solchen Emissionsminderungen zu finden. Forscherinnen und Forscher untersuchten aber auch, wie sich Kohlenstoffdioxid direkt der Atmosphäre entziehen lässt.

Um das Netto-Null-Ziel zu erreichen, müssen wir einerseits Treibhausgas-Emissionen reduzieren, andererseits aber auch neue Möglichkeiten finden, nicht vermeidbare Emissionen zu kompensieren. Helmholtz-Forschungsgruppen untersuchen verschiedene Ansätze – von naturbasierten Konzepten bis hin zu künstlichen Filteranlagen –, um Koh-

lenstoffdioxid (CO₂) wieder aus der Atmosphäre einzufangen. Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) forscht Roland Dittmeyer an „Direct Air Capture“-Verfahren, kurz: DAC. Das Prinzip klingt zunächst simpel: Die Anlagen leiten die Umgebungsluft auf ein CO₂-bindendes Medium und trennen das CO₂ anschließend von diesem ab. Die Umsetzung aber ist trickreich, denn solche Anlagen benötigen viel Energie – und die muss CO₂-frei produziert sein. Dittmeyers Vision: Er will das CO₂ als Kohlenstoffquelle für Energieträger weiterverwenden.

Lüftungs- und Klimaanlage in größeren Bürokomplexen, Flughafenterminals oder Industriegebäuden wälzen sowieso ständig enorme Mengen Luft um, die außerdem einen höheren CO₂-Gehalt als die Umgebungsluft hat. Filter könnten das CO₂ recht einfach aufnehmen.

Zusätzliche Photovoltaik-Anlagen in und rund um die Gebäude sollen Energie liefern, um das gewonnene CO₂ etwa in Methan oder Ethanol umzuwandeln. Dabei entsteht Abwärme, die wiederum genutzt werden kann, um das CO₂ aus dem Filter zu extrahieren. Die Gebäude verwandeln sich auf diese Weise quasi in erneuerbare Ölquellen – aus dem CO₂ wird „Crowd Oil“: synthetisches Öl, produziert durch unsere Gesellschaft.

Ein erstes Testfeld entsteht auf der Dachfläche von Dittmeyers Institut. Auf dem Prüfstand: geeignete Betriebsstrategien, möglichst einfache Umwandlungsverfahren und ein optimaler Systementwurf. Und es gilt, kostengünstige Herstellungsverfahren für die Massenproduktion der Komponenten zu entwickeln. Internationale Firmen haben bereits Interesse an dem Konzept bekundet.

Gebäude als erneuerbare Ölquellen: Das aus der Luft eingefangene Kohlenstoffdioxid wird mithilfe erneuerbarer Energie zu Gas – und das wiederum in synthetisches Öl – umgewandelt.

- erneuerbare Elektrizität und Solarthermie
- CO₂ und H₂O Gewinnung aus Lüftungsanlagen
- Herstellung von Synthesegas
- Umwandlung in synthetisches Öl
- Speicherung oder Nutzung des Öls im Kreislauf



„Der Klimawandel kommt und die Stadt der Zukunft muss sich anpassen.“

— Gregory Lecrivain, HZDR

Anpassung an Extrem-Ereignisse

Im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter hat sich die globale Mitteltemperatur bereits um mehr als ein Grad Celsius erhöht. Diese Erwärmung wird – trotz aller Anstrengungen – noch lange Zeit andauern. Für unser Leben folgen daraus viele Veränderungen: für unsere Gesundheit, den Städtebau oder unsere Mobilität. Neun Projekte widmeten sich diesen Herausforderungen seit dem Start der Helmholtz-Klima-Initiative 2019.

Klimaveränderungen wirken sich in Städten besonders extrem aus: Hitzeinseln entstehen, Dürren, Unwetter und Überschwemmungen beeinträchtigen die menschliche Gesundheit sowie die grüne und bebaute Infrastruktur. Am



Bayerischer Bahnhof im Foto



...und im Modell, mit dem sich die Pollenkonzentration vorhersagen lässt.

Institut für Fluidodynamik des HZDR erforscht Gregory Lecrivain den Transport von Partikeln in Strömungen. Für die Helmholtz-Klima-Initiative hat er spezielle Transportmodelle zur Ausbreitung von Aerosolen entwickelt und dabei berechnet, wie Starkwind-Ereignisse das Luftklima in Städten verändern. Solche Phänomene treten durch den Klimawandel häufiger auf und folgen auf längere Dürreperioden. Besonders für Allergiker könnte das zum Problem werden: Pollen und andere Partikel lagern sich in großer Menge am Boden ab und werden dann unvermittelt durch die starken Winde aufgewirbelt: Selbst größere Partikel können sich sehr weit verbreiten.

Lecrivain und sein Team simulieren diese Vorgänge für reale Orte. Mithilfe von Satellitendaten des Helmholtz-Partners Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und Pollen- und Wetterdaten des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) haben sie bereits ein Gesamtmodell für die Stadt Leipzig umgesetzt. Damit können die Forscher vorhersagen, wie sich die Pollenkonzentration an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit verhält. Zukünftig könnte eine App die Menschen warnen, bestimmte Stadtteile zeitweise zu meiden.

Auch die Belastung durch Schadstoffe wie Mikroplastik aus Reifenabrieb, Schwermetalle sowie Krankheitserreger nimmt

aufgrund starker Winde zu. Vorhersagen helfen dabei, Gegenmaßnahmen zu ergreifen. In sehr heißen Sommern könnten etwa Einkaufsstraßen rechtzeitig vor Starkwinden mit Wasser begossen werden, damit auf den angefeuchteten Asphaltflächen weniger Partikel aufgewirbelt werden. Langfristig kann eine angepasste Stadtplanung mit ausreichend grüner Infrastruktur die Belastung mindern.



Kontakt

— Institut für Mikroverfahrenstechnik am KIT
Prof. Roland Dittmeyer
roland.dittmeyer@kit.edu

— Institut für Fluidodynamik am HZDR
Dr. Gregory Lecrivain
g.lecrivain@hzdr.de

— Helmholtz-Klima-Initiative
Leitung Kommunikation: Roland Koch
roland.koch@helmholtz-klima.de

www.helmholtz-klima.de

Überall Nano

Viele Produkte enthalten heute Nanopartikel, sodass die winzigen Teilchen vermehrt in die Umwelt gelangen. Sie entstehen aber auch im Straßenverkehr oder wenn die Wälder brennen. Wie sich Nanopartikel in lebenden Organismen verhalten, das untersuchte der Chemiker Stefan Schymura. In den Leipziger Laboren des HZDR nahm er Nanopartikel aus Cerdioxid unter die Lupe. Dieser Stoff wird beispielsweise Treibstoff beigemischt oder findet sich in beschichteten Oberflächen und UV-Filtern.

Vor dem eigentlichen Experiment mit Süßwassergarnelen markierten Schymura und sein Team Cerdioxid-Teilchen mit zwei unterschiedlichen Radionukliden. So konnten sie in Zusammenarbeit mit dem Jožef Stefan Institut im slowenischen Ljubljana Verteilung und Auflösung der Nanopartikel in den Tierchen messen – von der Aufnahme bis zur Ausscheidung. Das Ergebnis: 0,01 Prozent der potenziell toxischen Substanz löst sich auf und wandert durch die Darmwand in die inneren Organe der Tierchen, die Partikel selbst werden ausgeschieden.

Publikation:
S. Schymura et al.: Dissolution-based uptake of CeO₂ nanoparticles by freshwater shrimp – A dual-radiolabelling study of the fate of anthropogenic cerium in water organisms. Environmental Science: Nano, 2021 (DOI 10.1039/D1EN00264C) ↴

Kontakt
_HZDR-Forschungsstelle Leipzig | Institut für Ressourcenökologie
_Leiter der Nachwuchsgruppe Nanopartikel in der Umwelt
Dr. Stefan Schymura | s.schymura@hzdr.de



**FORSCHUNGSSTELLE
LEIPZIG DES HZDR**

Die Umwelteigenschaften von Nanopartikeln untersucht Nachwuchsgruppenleiter Stefan Schymura mithilfe radioaktiv markierter Substanzen.

Vom Thorium zum Plutonium

Wie stabil sind die chemischen Verbindungen, die Aktiniden mit organischen Molekülen eingehen? Das Wissen über ihre genaue Struktur ist wichtig für ein sicheres Endlager für hochradioaktive Abfälle.

Text: Roland Knauer

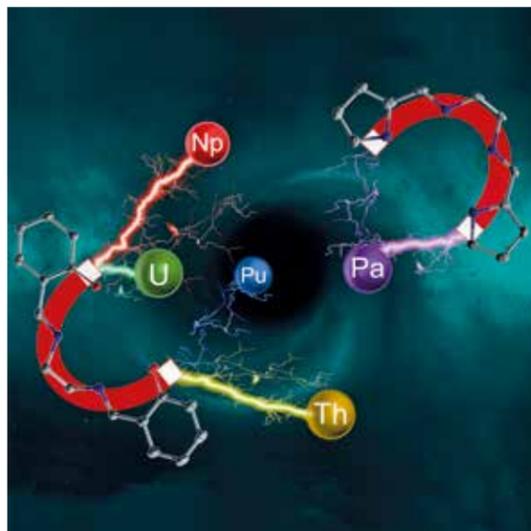
Wenn die Forschungsergebnisse des Teams um Juliane März und Luisa Köhler vom Institut für Ressourcenökologie am HZDR auf der Titelseite der Zeitschrift „Chemistry – A European Journal“ landen, stecken hinter dieser Auszeichnung sehr praktische Gründe. Liefern doch ihre Untersuchungen wichtige Hinweise für Antworten auf eine Frage, die unter den Nägeln brennt: Wie kann man verhindern, dass Aktiniden aus einem Endlager für radioaktive Abfälle in die Umwelt gelangen?

Altbekannte Unbekannte

Während die Verbindungen der Aktiniden Thorium und Uran relativ gut untersucht sind, gibt es entsprechende Informationen selbst zu lange bekannten Elementen wie Plutonium und Neptunium aus einsichtigen Gründen allenfalls vereinzelt: Solche radioaktiven Substanzen müssen in gut überwachten Kontrollbereichen und in speziellen Handschuhboxen untersucht werden und etliche Experimente sind nur in einer Umgebung ohne den in der normalen Luft reichlich vorhandenen Sauerstoff möglich. Diese Kombination gibt es

jedoch weltweit nur an sehr wenigen Forschungseinrichtungen wie beispielsweise dem HZDR. Die Chemikerin Juliane März und ihre Kolleginnen und Kollegen nutzen diese Möglichkeit, um endlich die Bindungsverhältnisse der Aktiniden(reihe) von Thorium bis hin zu Plutonium genauer unter die Lupe zu nehmen. Bei solchen Bindungen unterscheiden Chemiker zwei

völlig unterschiedlichen Typen: Bei einer ionischen Bindung geben meist Metalle Elektronen ab und werden dabei zu elektrisch positiv geladenen Ionen, während Nichtmetalle Elektronen aufnehmen und zu negativ geladenen Ionen werden. Diese beiden gegensätzlichen Ladungen ziehen sich an und halten die beteiligten Ionen zum Beispiel in Salzen zusammen.



Neptunium, Uran, Plutonium, Protactinium, Thorium: Die Verbindungen der Aktiniden mit organischen Molekülen verhalten sich nicht immer so, wie erwartet.

Völlig anders beschreibt die theoretische Chemie kovalente Bindungen. Darin nutzt häufig ein Nichtmetall-Atom ein Elektron gemeinsam mit seinem Nachbarn, der ebenfalls ein einzelnes Elektron in diese Liaison einbringt. Das so entstandene, gemeinsame Elektronenpaar gehört dann beiden Atomen gleichermaßen und verbindet diese Partner fest miteinander. Elemente wie Kohlenstoff und Stickstoff können mehrere solcher kovalenten Bindungen bilden. Daher können sich so auch mehrere oder sogar sehr viele Atome zu häufig sehr stabilen Molekülen zusammenfinden.

Molekulare Käfige

Soweit die Theorie. In der Praxis aber kommen Bindungen, die ausschließlich ionisch oder kovalent sind, eher selten vor. Meist

mischen sich beide Typen. „Wir interessieren uns nun dafür, wie groß der kovalente Anteil in den Bindungen zwischen Aktiniden und organischen Molekülen ist“, erklärt Juliane März. Um das zu untersuchen, stellte das Team Verbindungen aus verschiedenen Aktiniden und einem H₂pyren genannten, organischen Molekül her, dessen Grundgerüst aus zwölf

Sicherheitswerkbank: Mit radioaktiven Substanzen umzugehen erfordert viel Geschick. Hinter Bleiglaswänden und mit hinter der Schleuse fest installierten Handschuhen ist Doktorandin Luisa Köhler gut geschützt vor der Strahlung.



„Wenn wir das Bindungsverhalten dieser radioaktiven Elemente kennen, können wir auch deren Wege bis in die Nahrungskette besser erforschen.“

— Thorsten Stumpf, HZDR



Typisch Chemie: Kittel, Handschuhe und Brille müssen sein, wenn Juliane März (vorne) und Luisa Köhler unter dem Abzug mit Lösungen arbeiten.

Kohlenstoff- und vier Stickstoff-Atomen besteht. Zwei solcher Moleküle bilden dabei einen molekularen Käfig, in dessen Inneren die insgesamt acht Stickstoff-Atome jeweils eine Bindung zu dem Aktinid in ihrer Mitte bilden. Diese Struktur verglich die Gruppe dann mit einem sehr ähnlichen molekularen Käfig, der aus zwei Salen-Molekülen besteht. Dort bilden neben Stickstoff- auch noch Sauerstoff-Atome Bindungen zu dem mittig eingefangenen Aktinid aus. Fast alle dieser Zentral-Atome binden jedoch ein wenig stärker an die Salene als an die H₂pyrene – mit einer großen Ausnahme: Die Bindungen vom Protactinium tanzen aus der Reihe und sind deutlich stärker zu den H₂pyrenen, die ausschließlich Stickstoff-Atome für diese kovalenten Bindungen bereitstellen.

Dieses zunächst ein wenig verblüffende Ergebnis lässt sich – zumindest für Chemikerinnen – relativ leicht erklären: „Ähnlich wie das Protactinium sind auch die Stickstoff-Atome ‚weicher‘“, schildert Juliane März den Hintergrund. Die Elektronen solcher weichen Elemente aber finden sich leichter

zu Paaren für eine kovalente Bindung zusammen. Sauerstoff-Atome sind dagegen deutlich härter und passen daher weniger gut zu den weichen Protactinium-Atomen.

Maßgeschneiderte Verbindungen

Dieses Ergebnis begeistert aber nicht nur Grundlagenforscher und bringt die Arbeit des Teams um Juliane März auf die Titelseite eines renommierten Forschungsmagazins, sondern hat auch erhebliche praktische Konsequenzen. Verstehen Forschungsgruppen jetzt doch das Bindungsverhalten der Aktiniden besser und können so Verbindungen mit diesen seltenen, radioaktiven Elementen für ihre Zwecke maßschneidern.

Mit Verbindungen, die sich an den H₂pyren-Bauplan anlehnen, könnte zum Beispiel das radioaktive und zugleich hochgiftige Protactinium wieder aus Böden gefischt werden, in die es bei Unglücken gelangt ist. So etwas passiert keineswegs nur bei Kernreaktor-Havarien wie in Fukushima, bei denen große Mengen der Aktiniden freigesetzt wurden. Protactinium entsteht

aus dem natürlich vorkommenden Uran auch in der Natur und könnte daher zum Beispiel aus aufgelassenen Uranbergwerken oder deren Abraumhalden in die Umwelt und dort bis ins Grundwasser gelangen.

Aus solchen kontaminierten Böden wiederum können die Wurzeln von Pflanzen unter Umständen radioaktive Verbindungen aufnehmen. Werden diese Gewächse dann von Wildschweinen, Rehen oder Hasen gefressen, reichern sie sich in deren Geweben an und können von dort den Menschen erreichen, indem diese Tiere zum Beispiel als Wildbret auf den Tellern landen. „Wenn wir das Bindungsverhalten dieser radioaktiven Elemente kennen, können wir auch deren Wege bis in die Nahrungskette besser erforschen“, erklärt der Direktor des HZDR-Instituts für Ressourcenökologie Thorsten Stumpf. „Und mit diesem Wissen vor möglichen Gefahren schützen.“

Standorte für Endlager beurteilen

Um diese Forschung voranzutreiben, untersucht das HZDR zusammen mit der Universität Hannover in der Sperrzone um den 1986 havarierten Reaktor von Tschernobyl ein Areal. „Dort messen wir, wie Pflanzen radioaktive Aktiniden aufnehmen, die im Kernreaktor entstanden waren“, schildert Stumpf die derzeit wegen des Krieges in der Ukraine ruhende Forschung. Diese Transurane entstehen im normalen Betrieb und wurden bei der gewaltigen Explosion am 26. April 1986 in die Umgebung geschleudert. Aus diesen damals geschmolzenen Partikeln lösen sich mehr als drei Jahrzehnte nach der

Reaktorkatastrophe jetzt langsam die Transurane. „Dort angepflanzter Weizen nimmt diese radioaktiven Substanzen auf, die so die Nahrungskette des Menschen erreichen“, schildert Stumpf das Geschehen. Die Behörden in der Ukraine und im angrenzenden Belarus haben also gute Gründe, die Sperrzonen aufrecht zu halten und die früheren Einwohner nicht in ihre verlassenen Dörfer zurückzulassen.

Aber auch abseits der Sperrzonen nach den Reaktorkatastrophen wie in Tschernobyl und in Fukushima spielt die Grundlagenforschung zu den chemischen Bindungen der Aktiniden eine wichtige Rolle. „Wir brauchen dieses Wissen dringend für unsere Berechnungen, wie sich die im radioaktiven Abfall ausgedienter Kernkraftwerke steckenden, radioaktiven Elemente in der Umwelt ausbreiten“, erklärt der Institutsleiter weiter. Wie die Aktiniden im Boden mit den dort vorhandenen Carbonaten, Nitraten, Sulfaten, Chloriden und anderen Ionen reagieren, war bisher für die allermeisten dieser Elemente weitgehend unbekannt. „Wenn wir wissen, wie stark die Bindungen der im radioaktiven Abfall vorkommenden Elemente mit diesen Substanzen sind, können wir besser abschätzen, welche Standorte sich für ein Endlager eignen“, nennt Thorsten Stumpf einen weiteren praktischen Grund für diese Grundlagenforschung.

Publikation:

L. Köhler et al.: How 5f electron polarizability drives covalency and selectivity in actinide N-donor complexes. Chemistry – A European Journal, 2021 (DOI: 10.1002/chem.202102849) ┘



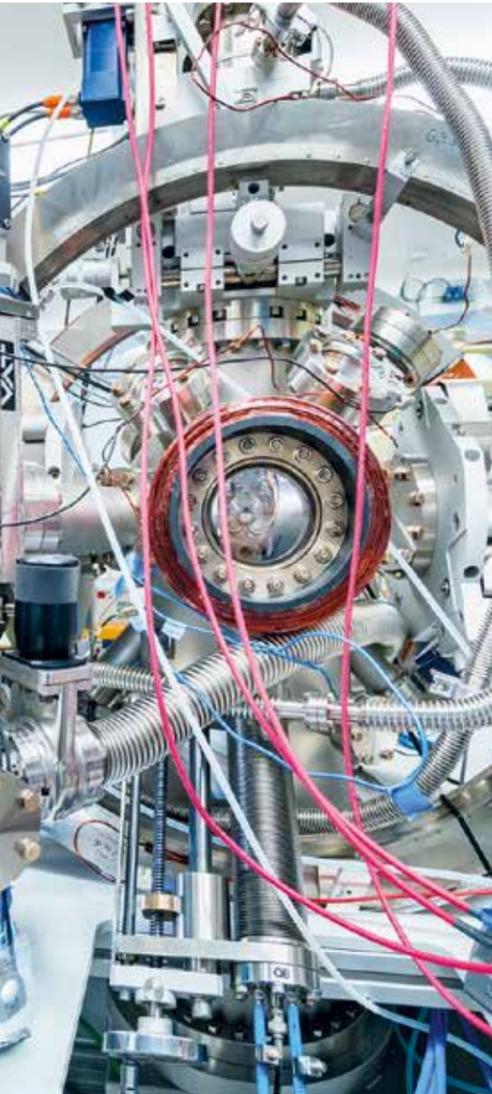
Laserlicht verrät, wie radioaktive Substanzen sich mit Molekülen verbinden. Chemiker Moritz Schmidt (links) und Lasertechniker Sreenivas Ramakrishnan bereiten neue Messungen vor.

Kontakt

— Institut für Ressourcenökologie am HZDR
Dr. Juliane März
j.maerz@hzdr.de

Luisa Köhler
l.koehler@hzdr.de

Dr. habil Moritz Schmidt
moritz.schmidt@hzdr.de



KREISLAUFWIRTSCHAFT

Forschungsmaschinen für mehr Nachhaltigkeit

Knapper werdende Rohstoffe und wachsende Berge mit Problemmüll verlangen nach einer fundamentalen Kehrtwende, so die Europäische Union in ihrem „Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft“ vom März 2020. Darin fordert sie stärkere Anstrengungen von Forschung und Industrie, um einerseits Materialien mit hohem Potenzial für eine Wiederverwendung zu entwickeln und diese andererseits auf den Markt zu bringen. Damit eine nahezu geschlossene Kreislaufwirtschaft möglich wird, müssen die unterschiedlichen Akteure allerdings noch viel enger zusammenarbeiten als bisher – und auch die großen analytischen Forschungsinfrastrukturen in Europa können entscheidende Beiträge leisten.

Davon sind die 40 Partner des europaweiten ARIE-Netzwerks (Analytical Research Infrastructures in Europe) überzeugt, weshalb sie ihre gut 50 einzigartigen Forschungsmaschinen in den Dienst der Materialforschung stellen. Etwa die Synchrotron-Strahlungsquellen ESRF in Grenoble und ALBA in Barcelona. Eine Methode zum vollständigen Recycling von PET-Flaschen beruht auf erfolgreichen Experimenten an genau diesen Anlagen. Ein zweites Beispiel: In Schweden arbeiten Verpackungsindustrie und Betreiber von Forschungsinfrastrukturen an einem vielversprechenden Konzept, um die in Supermärkten allgegenwärtige Folienverpackung von Obst und Gemüse durch ein Material gleicher Qualität, jedoch auf Holzbasis, zu ersetzen. Die EU fördert das Großprojekt ReMade@ARI mit knapp 14 Millionen Euro. Das Angebot reicht weit über den Zugang zu den Anlagen hinaus. Ein Netzwerk von Expertinnen und Experten soll herausfordernde wissenschaftliche Vorhaben begleiten und Akteure aus Forschung und Industrie vom ersten Tag an bis zur Projektrealisierung an den Großgeräten zur Seite zu stehen. Start war im September 2022, die Projektkoordination liegt beim HZDR.

AIDA-Anlage am HZDR:
Mit Positronen Defekte in
Materialien aufspüren



Abteilung Programmplanung und
Internationale Projekte
Dr. Barbara Schramm | b.schramm@hzdr.de

GESUNDHEIT

Nuklearmedizinische Substanz per Beschleuniger

Jedes Jahr finden weltweit viele Millionen Untersuchungen – sogenannte Szintigrafien – zur Diagnose von Krebs und anderen Erkrankungen mit dem künstlichen Radioisotop Technetium-99m statt. Wegen seiner kurzen Halbwertszeit von sechs Stunden gewinnen die Kliniken es aus Generatoren, in denen Molybdän-99 zu Technetium zerfällt. Das Molybdän selbst stammt aus nur wenigen Kernreaktoren in Europa und Kanada. Könnten Teilchenbeschleuniger in Zukunft die Rolle der alternden Kernreaktoren übernehmen? Das fragten sich die Partner der SMART-Kooperation (Source of Medical Radioisotopes) – einer Initiative des belgischen Instituts für Radioele-

mente (IRE), das zu den weltweit größten Produzenten von Molybdän-99 zählt.

„Der ELBE-Beschleuniger am HZDR ist die einzige Forschungsanlage in Europa, die für einen solchen Test überhaupt infrage kommt“, weiß ELBE-Leiter Peter Michel. „Wir haben die Anlage an ihre Leistungsgrenze gebracht und ein millimeterkleines Target aus Molybdän-100 fast eine Woche lang nonstop mit einem 30-Kilowatt-Strahl aus hochenergetischen Elektronen beschossen – mit Erfolg!“ Die Federführung für den komplexen Versuchsaufbau lag beim niederländischen Technologie-Unternehmen Demcon, Unterstützung kam von der in

Dresden ansässigen SAAS – Systemanalyse und Automatisierungsservice GmbH. Die Vorteile der neuartigen Methode: Durch die Wahl von Molybdän-100 als Ausgangsmaterial muss – anders als in Kernreaktoren – kein schweres Uran mehr gespalten werden, und es entstehen auch viel weniger radioaktive Abfälle. IRE entwickelt nun die Technologie gemeinsam mit dem Halbleiter-Konzern ASML und weiteren Partnern aus Wissenschaft und Industrie weiter.



Institut für Strahlenphysik am HZDR
Prof. Peter Michel | p.michel@hzdr.de

ENERGIE

Bedarf an sauberem Wasserstoff

Das Bundesforschungsministerium will mit dem Leitprojekt H₂Giga die serienmäßige Herstellung von Elektrolyse-Anlagen voranbringen. PEM-Elektrolyseure (Proton Exchange Membrane) bieten aktuell die größten Stromdichten sowie eine hohe Effizienz. Zudem kommen sie mit den Leistungsschwankungen von Sonnen- und Windenergie klar und lassen sich gut skalieren. Um PEM-Geräte zu verbessern und ihren Wirkungsgrad zu erhöhen, haben sich Forschungsteams am HZDR mit dem Industriepartner Linde zusammengetan. Eine PEM-Anlage besteht aus vielen einzelnen, hintereinander geschalteten Elektrolysezellen. Stark

vereinfacht, besteht jede dieser Zellen aus zwei Elektroden, der positiv geladenen Anode und der negativ geladenen Kathode, mit einer dünnen Membranschicht dazwischen. Die Zellspannung an der Anode spaltet das zugeführte Reinstwasser und der dabei entstehende Sauerstoff muss den Anodenkreislauf schnellstmöglich wieder verlassen, damit es nicht zu Behinderungen des hineinströmenden Wassers und zu Temperaturdriften kommt.

Beides verschlechtert die Energieeffizienz der PEM-Elektrolyseure. Im H₂Giga-Projekt nehmen die Expertinnen und

Experten vom HZDR die damit verbundenen Prozesse genauestens unter die Lupe: angefangen bei der Bildung von Sauerstoffblasen über die Funktionalisierung von Oberflächen bis hin zum Transport und zur Auftrennung von Wasser und Sauerstoff nach der Elektrolyse. Dafür erhalten sie eine Förderung von gut drei Millionen Euro.



Institut für Fluidodynamik am HZDR
Prof. Kerstin Eckert | Prof. Uwe Hampel
k.eckert@hzdr.de | u.hampel@hzdr.de

Pufferspeicher für „grüne“ Energie

Das hohe Potenzial von Flüssigmetall-Batterien liegt dort, wo große Anlagen ständig Energie speichern und wieder abrufen. Sie stabilisieren das Energiesystem, denn erneuerbare Energiequellen wie Sonne und Wind stehen nicht rund um die Uhr gleichmäßig zur Verfügung. Solche Pufferspeicher müssen günstig in der Herstellung sein, sich einfach skalieren und am Ende ihrer Lebenszeit möglichst auch vollständig recyceln lassen. Diese Herausforderungen soll die Alkalimetall-Iod-Batterie von Materialwissenschaftler Juhan Lee und seinem Team meistern. Ihr einfacher Aufbau überzeugte die Jury beim zentrumsweiten Innovationswettbewerb und wurde zur Preisverleihung am 8. März 2022 mit dem zweiten Platz belohnt. Insgesamt traten 30 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in elf Teams mit ihren innovativen Ideen an.



Institut für Fluidodynamik am HZDR
Dr. Tom Weier | t.weier@hzdr.de



Der Verfahrenstechniker Markus Schubert beobachtet durch ein Sichtfenster, wie Tropfen entstehen.

Energiehungrige Dampfkur

Die Destillation zählt zu den fundamentalsten Prozessen der chemischen Industrie, gleichzeitig aber auch zu den energieintensivsten. Mit einer Art überdimensionalem Druckkochtopf fahndet ein Forschungsteam am HZDR nach Möglichkeiten, Energieverluste in den Destillationsanlagen einzudämmen.

Text . Bernd Schröder

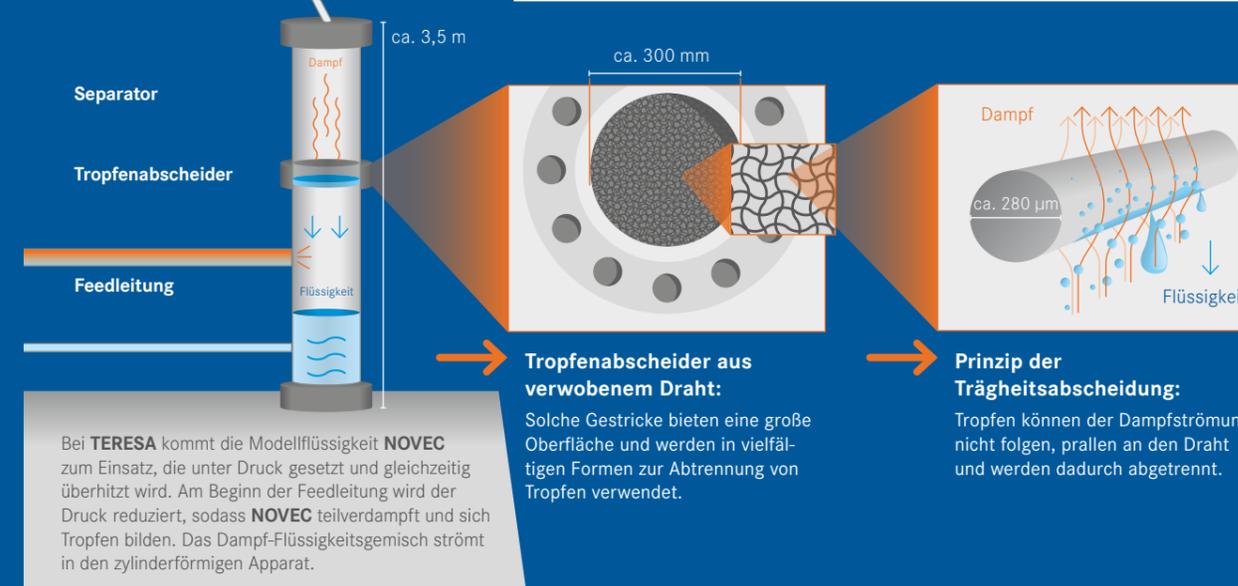
Angefangen bei der Aufbereitung von Rohöl bis zur Herstellung von Kosmetika oder Arzneimitteln: Auf dem Weg zu chemisch reinen Produkten kommt die Industrie an der Destillation nicht vorbei. Auch Erdgas lässt sich damit veredeln, etwa wenn es schwerere Kohlenwasserstoffe, Stickstoff, Kohlendioxid, Wasser sowie weitere unerwünschte Bestandteile enthält. Und das ist mehr und mehr die Regel, da leicht zugängliche Vorkommen immer knapper werden und die Produzenten auf Gas mit einem erhöhten Gehalt an Verunreinigungen ausweichen müssen. Nach der Destillation bleibt nahezu reines Methan übrig, das sich in Flüssigerdgas (LNG)

umwandeln lässt. Nicht nur Deutschland setzt derzeit große Hoffnungen auf LNG, um sich aus einseitigen Abhängigkeiten zu lösen und die Versorgung mit dem Energieträger Gas für die nächsten Jahre sicherzustellen.

Von Etage zu Etage

Ein Hin und Her zwischen Dampf und Flüssigkeit charakterisiert die Abläufe in den Destillationsanlagen – sogenannten Trennkolonnen, die durch einzelne Trennböden unterteilt sind. Das Prinzip: Der heiße Dampf siedender Gemische steigt von Etage zu Etage nach oben. Dabei kondensieren die im Dampf

TERESA-Anlage: Thermische Trenntechnik auf dem Prüfstand



enthaltenen Stoffe – abhängig von ihrem jeweiligen Siedepunkt – bei unterschiedlichen Temperaturen. Werden diese unterschritten, regnen die Stoffe auf dem für sie vorgesehenen Trennboden als Flüssigkeit wieder ab. Der Rest des Dampfes steigt Stufe für Stufe weiter auf, bis sich schließlich der Dampf mit dem tiefsten Siedepunkt am Kolonnenkopf sammelt. Von dort wird er abgeleitet und wieder verflüssigt. Die Anlagen haben nicht nur riesige Abmessungen, auch ihr Energieverbrauch ist riesig, denn für diese „Dampfkur“ verbraucht die chemische Industrie etwa drei Prozent des globalen Energiebedarfs.

Die gute Nachricht: Sowohl das Design als auch der Betrieb der Apparate bieten eine Menge Möglichkeiten zum Energiesparen. Effizientere Wärmerückgewinnung oder automatisierte Abläufe etwa könnten einzelne Prozesse deutlich verbessern. Ein weiterer Knackpunkt: die Strömungsprozesse in der Trennkolonne selbst. Zu viel Dampf beispielsweise oder ein zu hoher Druck können dazu führen, dass unerwünschte Tropfen mit dem Dampf nach oben mitgerissen werden.

Diese Tropfen beeinträchtigen die Trennleistung der nachfolgenden Stufen, im schlimmsten Fall verunreinigen sie das fertige Produkt. Und es steigt das Risiko, nachgeschaltete Anlagenkomponenten zu beschädigen.

Unerwünscht: Tropfen im Dampfstrom

Bis zu einem gewissen Punkt schaffen sogenannte Tropfenabscheider Abhilfe, also Einbauten, durch die der Dampf ungehindert hindurchströmt, die trägeren Tropfen jedoch hängen bleiben. Werden die Abscheider jedoch durch ein Übermaß an Tropfen geflutet, arbeiten sie nicht mehr richtig. Um den Mitriss von Tropfen mit dem Gasstrom zu unterdrücken, haben die Betreiber zwei Möglichkeiten. Sie können zum einen spezielle Gestricke in den Abscheidern einsetzen: filigrane und dicht miteinander verwobene Fäden aus korrosionsbeständigem Metall, die in ihren Maschen die Tropfen aus der Strömung fangen. Vergrößern sie zum anderen den Querschnitt der Apparate, wird die Strömungsgeschwindigkeit zu gering, um Tropfen mit dem Dampf mitzureißen.

„Mit dem Dampfstrom verschleppte Tropfen stören den Ablauf einer Destillation, deshalb wollen wir ihre Entstehung möglichst unterdrücken und verbleibende Tropfen verlässlich abtrennen.“

Markus Schubert, Technische Universität Dresden



„Besonders bedeutsam für uns ist eine wirtschaftliche Dimensionierung der Anlagen. Bei großen Hochdruckabscheidern mit Durchmessern von fünf Metern und mehr kann eine Vergrößerung des Durchmessers um nur zehn Zentimeter leicht mehr als zehn Tonnen zusätzliches Behältergewicht verursachen. Ganz zu schweigen vom damit verbundenen Mehraufwand an Material und Energie“, erklärt Felix Flegiel, Ingenieur bei der Linde plc, dem Weltmarktführer in der Produktion technischer Gase.

Dieser Herausforderung stellten sich die Partner im vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Verbundprojekt TERESA – Tropfenentstehung und -reduzierung in Stoffaustauschapparaten. „Mit einer reduzierten Überdimensionierung senken wir den Material- und Energieaufwand bei der Destillation um bis zu 30 Prozent und erhalten eine deutlich bessere CO₂-Bilanz. TERESA kann somit einen erheblichen Beitrag zum Erreichen der nationalen Klimaziele leisten, und zwar entlang der gesamten Wertschöpfungskette“, fasst Abteilungsleiter Uwe Hampel vom HZDR die hinter dem Projekt steckende Motivation zusammen.

Das Ungetüm TERESA

Ein Kessel, fast von der Größe eines Getreidesilos, umarmt von einem mächtigen Rahmengestell, durch das ein Gewirr von Rohrleitungen verläuft. Bedienpulte, Ventile und flackernde Sensoranzeigen vervollständigen das Bild. „Wir wollen umfassend verstehen, unter welchen Bedingungen sich bei der Verdampfung der Flüssigkeit Tropfen bilden“, umreißt Markus Schubert, seit kurzem Professor für Chemische Verfahrens- und Anlagentechnik an der Technischen Universität Dresden, die Bestimmung von TERESA. Schubert baute zusammen mit seinem Team am HZDR-Institut für Fluidodynamik die Anlage auf, während Linde das Konzept anhand der angepeilten Prozessparameter beisteuerte.

Bei der Lösung helfen soll eine als kommerzielles Kältemittel genutzte Flüssigkeit. „Wir überhitzen sie dafür bei einem Druck, der dem 25-Fachen des Luftdrucks entspricht. Entspannen wir das Ganze dann durch eine plötzliche Druckabnahme, verdampft die Flüssigkeit und es bilden sich Tropfen“, beschreibt Schubert den Ablauf eines typischen Experiments an der TERESA-Apparatur. Aufgrund des ausgeklügelten Anlagenaufbaus kann das Team verschiedene Aspekte rund um den Verdampfungsprozess gleichzeitig erfassen: die Strömungsformen des entstehenden Dampf-Flüssigkeits-Gemisches, die Größe der mitgeschleiften und die Menge der abgetrennten Tropfen. Eigens entwickelte Sensoren in Form von Drahtgittern – eine Zusammenarbeit mit dem Tochterunternehmen HZDR Innovation GmbH – scannen das hindurchströmende Gemisch mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Zusätzlich registrieren Mikroskope und Hochgeschwindigkeitskameras durch Sichtfenster oberhalb und unterhalb der Abscheider die Tropfen im Millisekunden-Takt – und das bis hinunter zu Tropfengrößen von fünf Mikrometern Durchmesser. Zum Vergleich: Ein mittlerer Regentropfen ist rund 500-mal dicker.

Energie- und materialeffiziente Stofftrennung

Die sorgsam konzipierte Technologie des TERESA-Prüfstandes ist ein machtvoll Instrument, das die Projektpartner mit einer einzigartigen Vorstellung von dem belohnt, was bei der Abtrennung von Tropfen geschieht. Die nächsten Ziele liegen auf der Hand: Es gilt, die Tropfenabscheider punktgenau auszulegen, die Trenneffizienz damit zu erhöhen und den Energieaufwand zu vermindern. „Je genauer wir alle Parameter kennen, desto eher können wir auch industrieübliche, kostenintensive Sicherheitsaufschläge minimieren“, zeigt sich Linde-Ingenieur Flegiel überzeugt. Und mehr noch: Eine zuverlässige Abtrennung der Tropfen verringert wartungsbedingten Stillstand und die Anzahl der Prozessschritte für hochreine Chemikalien sinkt.

„Mit unseren Experimenten an der TERESA-Anlage haben wir gemeinsam mit Linde die avisierten Meilensteine im Verbundprojekt allesamt erreicht“, berichtet Schubert stolz und freut sich über weitere, erfolgreich beantragte Mittel. Die neue Förderung zum Thema Tropfenmitriss in Destillationsapparaten erstreckt sich über den Zeitraum von zweieinhalb Jahren und kommt von der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF), die aus dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz unterstützt wird. Zwar gibt es komplexe Auslegungstools, um die Anlagen am virtuellen Reißbrett zu optimieren. Jedoch oft nur in der Theorie. Denn für wirklich praxistaugliche Werkzeuge reicht die Datenlage zu den oft komplexen Stoffgemischen noch nicht aus. Auf dem Weg, diesen Zustand zu verbessern, ist das TERESA-Team einen großen Schritt vorangekommen. Gute Aussichten für die Chemiebranche, die als sechstgrößter industrieller Arbeitgeber zu den wichtigsten Industriezweigen Deutschlands zählt.

Publikationen:

F. Flegiel et al.: Capacity and sizing of wire mesh mist eliminators at critical fluid properties. Chemie Ingenieur Technik, 2021 (DOI: 10.1002/cite.202000222)

A. Döb et al.: Morphology of flashing feeds at critical fluid properties in larger pipes. Chemie Ingenieur Technik, 2021 (DOI: 10.1002/cite.202000220)

C. Windmeier et al.: A new research infrastructure for investigating flow hydraulics and process equipment at critical fluid properties. Chemie Ingenieur Technik, 2021 (DOI: 10.1002/cite.202000202) ┘

Kontakt

┘ Institut für Fluidodynamik am HZDR
┘ Technische Universität Dresden
Prof. Uwe Hampel | Professur für Bildgebende Messverfahren in der Energie- und Verfahrenstechnik
u.hampel@hzdr.de

Prof. Markus Schubert | Professur für Chemische Verfahrens- und Anlagentechnik
markus.schubert@tu-dresden.de

┘ Linde Engineering | Equipment and Process Design
Felix Flegiel
felix.flegiel@linde.com

Die Rolle von Wasser in Zellen erforschen

„Man kann sich membranlose Bereiche einer Zelle wie Öltropfen in Wasser vorstellen, die sich ohne Umhüllung vom umgebenden Wasser abgrenzen.“

┘ Ellen Adams, TU Dresden und HZDR



Fragt man Ellen Adams nach ihrer Motivation zum Forschen, wird schnell klar, dass sie mit Leib und Seele Wissenschaftlerin ist: „Für mich wächst die Motivation aus meiner Liebe zum Lernen. Das wissenschaftliche Arbeiten fordert mich ständig heraus, neue Fähigkeiten zu erwerben und mein gesamtes Wissen zu erweitern. Was mir an diesem Job am meisten Spaß macht, ist die Vielseitigkeit – es gibt immer ein neues Problem zu lösen, es gibt immer eine neue Herausforderung.“

Text: Kim-Astrid Magister



Im Laserlabor besprechen Ellen Adams und Karim Fahmy, wie sie mit Terahertz-Strahlung Biomoleküle untersuchen wollen.



Die Terahertz-Laser am HZDR waren einer der Gründe für Ellen Adams, sich für Dresden zu entscheiden.

Ellen Adams aktuelle Herausforderung ist der Aufbau eines eigenen Teams, mit dem sie die Bedeutung des Wassers für das Leben auf der Erde ergründen will. Im Dezember 2021 wechselte die gebürtige US-Amerikanerin nach Dresden. Hinter ihr liegen Stationen an verschiedenen internationalen Universitäten, vor ihr die Leitung der Forschungsgruppe für Physikalische Chemie Biomolekularer Kondensate im Exzellenzcluster „Physics of Life“ (PoL) der TU Dresden. Ziel ihrer Arbeit ist es, mit sogenannten Terahertz-Wellen biophysikalische Prozesse von membranlosen Bestandteilen einer Zelle – den sogenannten Organellen – zu entschlüsseln. Diese können eine Rolle bei der Entstehung neurodegenerativer Erkrankungen spielen.

Die Entscheidung für Dresden

Sie zählt zu den gefragtesten Wissenschaftlerinnen ihres Fachs. Als Kind wollte Adams Wildtierbiologin werden. Später in ihrer Schulzeit entschied sie sich für ein Chemiestudium. Seit einigen Jahren beschäftigt sie sich mit makro- und mikroskopischen Eigenschaften biochemischer und biophysikalischer Systeme. Damit passt sie perfekt ins Team des Exzellenzclusters PoL. Und PoL passt perfekt in Adams Karriere- und Lebensplanung. Bei ihrer Entscheidung, nach Dresden zu wechseln, stimmte offenbar alles: „Dresden ist eine wunderschöne Stadt, in der viel los ist und die sehr international ist. Außerdem gibt es in der Umgebung schöne Natur. Und PoL bietet mir die großartige Gelegenheit, meine Forschungsarbeit fortzusetzen und gleichzeitig an einem meiner Lieblingsorte zu leben.“ Ihre Stelle mit Aussicht auf eine Professur wird gemeinsam vom HZDR und der TU Dresden getragen.

Bis vor kurzem ging die Wissenschaft davon aus, dass die einzelnen Zellbestandteile – die Organellen – durch biologische Membranen voneinander getrennt sind. Umso verblüffender

war die Entdeckung Dresdner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von membranlosen, aber dennoch abgegrenzten Organellen. Die einzelnen Organellen der Zelle stehen durch Transportvorgänge über ihre Grenzflächen miteinander im Austausch. Biochemische Teilprozesse werden so in den Gesamtstoffwechsel der Zelle integriert.

„Man kann sich diese membranlosen Bestandteile einer Zelle wie Öltropfen in Wasser vorstellen, die sich ohne Umhüllung vom umgebenden Wasser abgrenzen“, erklärt Ellen Adams das eigentlich Unerklärliche. Wie genau Wasser diesen Prozess beeinflusst, ist jedoch bisher wenig bekannt. „Sicher ist nur, dass Fehler in der Entstehung und Auflösung solcher membranlosen Organellen mit verschiedenen Krankheiten in Zusammenhang stehen. Und genau hier setzt unsere Forschung an.“ Konkret wird sich Adams mit der Struktur und Dynamik der Organellen befassen. Ziel ist es letztlich, die Rolle des Wassers als Strukturbestandteil der biochemisch aktiven Tropfen zu verstehen und gezielt zu beeinflussen.

Mit Terahertz-Strahlung den Biomolekülen auf der Spur

Am HZDR findet Adams die dafür erforderlichen experimentellen Voraussetzungen: mittels neuester Technologien erzeugte Terahertz-Strahlung an der TELBE-Anlage im Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen ELBE. Dabei handelt es sich um besonders langwellige Infrarotstrahlung, die speziell von Wassermolekülen aufgenommen wird. Adams hat sich intensiv damit befasst, Terahertz-Wellen für die Untersuchung der besonderen Wasserstruktur im Kontakt mit biologischen Molekülen zu nutzen. Diese Expertise bringt sie nun in das Dresdner Exzellenzcluster PoL ein. Begeistert ist sie, dass die hochmoderne Strahlquelle TELBE in den nächsten Jahren eine weitere Erneuerung erfahren soll und damit weltweit einmalig

sein wird. Die Weiterentwicklung gilt als Zukunftsprojekt des HZDR und trägt den Namen Dresden Advanced Light Infrastructure (DALI).

Schon vor ihrem Wechsel in die sächsische Landeshauptstadt stand Adams in engem Austausch mit den hiesigen Forschungsgruppen. Vor allem der Kontakt zu Karim Fahmy und seinem Team der Biophysik ist über die Jahre immer intensiver geworden: „Das HZDR war einer der Hauptgründe, mich für Dresden zu entscheiden. Die Strahlquellen sind aufgrund ihrer großen Flexibilität bei der Änderung der Parameter einzigartig. Außerdem tun die Wissenschaftler am HZDR alles, damit man das Beste aus seiner Strahlzeit herausholen kann. Ich freue mich darauf, hier weiterhin Projekte zu entwickeln und mit den tollen Kollegen zusammenzuarbeiten.“

Bereits wenige Wochen nach ihrem Start in Dresden hat Adams Anfang März 2022 gemeinsam mit Fahmy in einem internationalen Workshop zum Zukunftsprojekt DALI mögliche Anwendungen der Terahertz-Strahlung für biologische Systeme vorgestellt. Im Mai dann der nächste Erfolg: Ihre Gruppe erhält vom Exzellenzcluster PoL zusätzliche Mittel in Höhe von rund 50.000 Euro, um ihre Forschung zu intensivieren, zum Beispiel um neue Pilotstudien starten zu können.

Adams lebt für ihre Arbeit und blickt mit Stolz und Freude auf Meilensteine zurück: „Mein glücklichster Moment als Wissenschaftlerin war, als ich das allererste Spektrum von meinem ersten nichtlinearen Lasersystem erhielt, das ich von Grund auf neu gebaut hatte. Das hat sehr lange gedauert und ich habe auf dem Weg dorthin viel gelernt. Das war im dritten

Jahr meiner Doktorarbeit. Den Aufbau ultraschneller Laser zu erlernen, war für mich eines der Ziele, die ich mit meiner Forschung erreichen wollte.“

Als Leiterin einer Nachwuchsgruppe gehören nun auch Managementaufgaben zu ihrem Alltag. Aktuell ist sie damit beschäftigt, ihr Team zusammenzustellen, darunter ein Postdoktorand, ein Doktorand und eine technische Assistenz. Dem wissenschaftlichen Nachwuchs empfiehlt sie aus eigener Erfahrung, keine Angst davor zu haben, Fragen zu stellen oder um Hilfe zu bitten. „Etwas nicht zu wissen, ist keine Schwäche – es ist eine Gelegenheit zu lernen.“

Publikationen:

J. Ahlers et al.: The key role of solvent in condensation: Mapping hydration water in liquid-liquid phase-separated FUS. *Biophysical Journal*, 2021 (DOI: 10.1016/j.bpj.2021.01.019)

E.M. Adams et al.: Proton traffic jam: Effect of nanoconfinement and acid concentration on proton hopping mechanism. *Angewandte Chemie International Edition*, 2021 (DOI: 10.1002/anie.202108766) ─

Kontakt

— Forschungsgruppe für Physikalische Chemie Biomolekularer Kondensate | TU Dresden und HZDR
— Exzellenzcluster Physics of Life (PoL) an der TU Dresden
Dr. Ellen Adams
ellen_marie.adams@tu-dresden.de

— Institut für Ressourcenökologie am HZDR
Prof. Karim Fahmy
k.fahmy@hzdr.de

GETAGT

Polnisch-deutsche Partnerschaft

Zwei der Gründungspartner des Görlitzer Center for Advanced Systems Understanding (CASUS), das HZDR und die Universität Wrocław, richteten vom 11. bis 14. Juli 2022 ihre erste gemeinsame Konferenz aus. Im polnischen Wrocław trafen sich rund 60 Fachleute aus dem HZDR und den Forschungseinrichtungen der Hauptstadt Niederschlesiens. Neben der Universität Wrocław waren die Naturwissenschaftliche, die Medizinische sowie die Technische Universität Wrocław beteiligt. Die **Konferenz CASUSCON** wurde vom deutschen Generalkonsulat in Wrocław unterstützt und stand unter der Ehrenschirmherrschaft des Polnischen Ministers für Bildung und Wissenschaft. Die Themenschwerpunkte lagen auf den Gesundheits- und Biowissenschaften sowie auf der Materie- und Energieforschung.



GEFÖRDERT

recomine und FINEST erhalten Fördermillionen

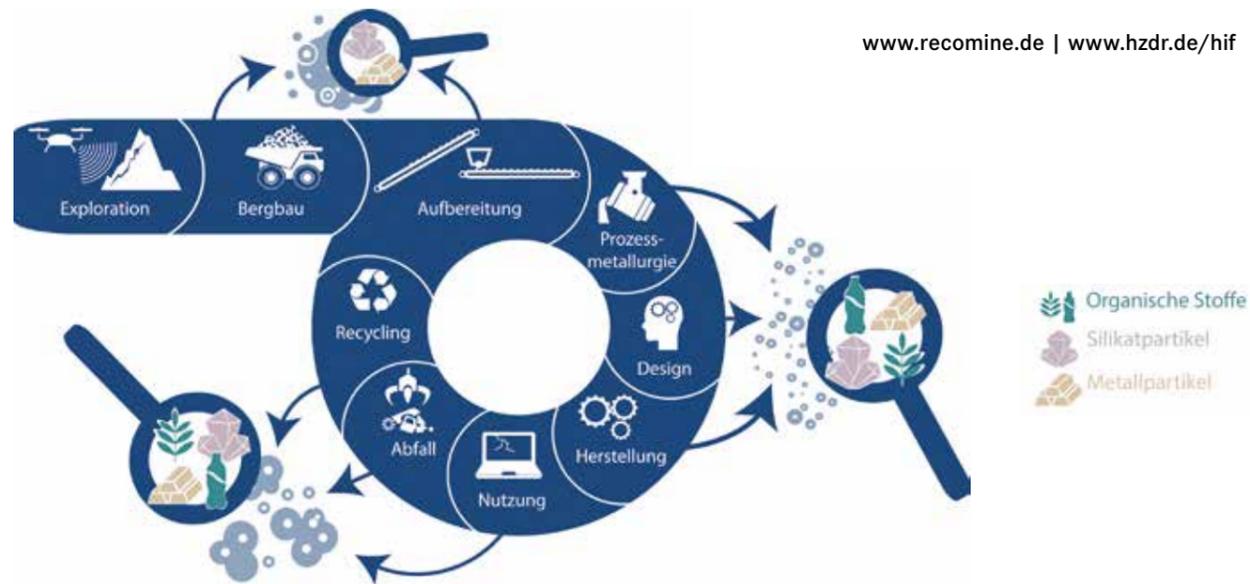
Methoden zu entwickeln, mit denen sich Halden und metallreiche Wässer aus dem Bergbau nachhaltig sanieren und die darin verbliebenen Wertstoffe wirtschaftlich verwerten lassen, ist das Ziel des im Jahr 2019 gegründeten Bündnisses **recomine**. Nun können sich die Expertinnen und Experten vom Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie am HZDR, der TU Bergakademie Freiberg, der SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH und des Helmholtz-

Zentrums für Umweltforschung (UFZ) über neue Fördermittel freuen: Das Bundesforschungsministerium unterstützt recomine bis 2025 mit weiteren sechs Millionen Euro aus dem Förderprogramm „WIR! – Wandel durch Innovationen in der Region“.

Im Rahmen der „Sustainability Challenge“ der Helmholtz-Gemeinschaft setzte sich das Konsortium **FINEST**, das vom HZDR koordiniert wird, gegen zahlreiche

Mitbewerber durch und erhält seit Juli 2022 für den Zeitraum von fünf Jahren fünf Millionen Euro. Forscherinnen und Forscher von sechs universitären und Helmholtz-Partnern untersuchen Ströme feinsten Stoffe – wie beispielsweise Mikroplastik oder metallhaltige Stäube – aus industriellen Prozessen, um Konzepte für ihre Verarbeitung zu entwickeln und verbliebene Reststoffe gefahrlos abzulagern. Damit wollen sie zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft beitragen.

www.recomine.de | www.hzdr.de/hif



GESEHEN

Das HZDR in viereinhalb Minuten

„Eine Reise ins Reich der Erkenntnis“, so lautet der Titel des neuen HZDR-Imagefilms. Die Dresdner Produktionsfirma AVANGA setzte acht Drehorte in Szene, an denen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler – um im Bild zu bleiben: die Reisenden – ihre Themen und einzigartigen Experimentieranlagen präsentieren.

Über den QR-Code können Sie sich mitnehmen lassen auf die spannende Reise.



GELERNT

Auf Experimentier-Safari



Mit seinen Online-Angeboten für Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 3 bis 7 belegte das HZDR-Schülerlabor DeltaX in diesem Jahr **den zweiten Platz des LeLa-Preises** in der Kategorie „Digital“. Die Jury der LeLa-Preise, mit denen herausragende Leistungen von Schülerlaboren und Schülerlabornetzwerken gewürdigt werden, zeigte sich überzeugt von der Vielfalt der Angebote und vom Mix an digitalen und analogen Medien. Während der Kurse experimentieren Schülerinnen und Schüler gemeinsam mit dem DeltaX-Team – per Computer, Tablet oder Smartphone. Das Ziel: naturwissenschaftliches Wissen vermitteln und gleichzeitig Freude am Experimentieren wecken. Zusätzlich bietet das Schülerlabor Präsenz- und Online-Kurse für den Unterricht von Klasse 3 bis zur Oberstufe an – und das schon seit vielen Jahren.

GEWÜRDIGT

Strömungen berechnen

Die Europäische Föderation für Chemie-Ingenieurwesen (EFCE) hat **Vineet Vishwakarma** mit dem EFCE Excellence Award auf dem Gebiet der Trenntechnik geehrt. Der 33-jährige Forscher entwickelte in seiner Dissertation ein mathematisches Modell, um die Energieeffizienz und Umweltbilanz von Destillationsanlagen in der chemischen, petrochemischen und pharmazeutischen Industrie zu verbessern. Er nahm die Auszeichnung auf dem „Distillation & Absorption Symposium 2022“ im französischen Toulouse entgegen. Sie wird nur alle vier Jahre vergeben und ist mit 1.500 Euro dotiert.



VORGEMERKT

Building Bridges for the Next Generations

Internationale Konferenz des HZDR im Internationalen Congress Center Dresden (ICCD) mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Polen, Tschechien und Deutschland

16. – 17.05.2023

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Prof. Dr. Sebastian M. Schmidt und Dr. Diana Stiller,
Vorstand des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf (HZDR)

ERSCHEINUNGSDATUM

Dezember 2022
ISSN: 2194-5705 // Ausgabe 02/2022

REDAKTION

Dr. Christine Bohnet (Redaktionsleitung), Kim-Astrid Magister,
Simon Schmitt (V.i.S.d.P.), Kommunikation und Medien am HZDR

Wissenschaftlicher Redaktionsbeirat (nach Forschungsbereichen):

Energie – Dr. Harald Foerstendorf, Dr. Frank Stefani
Gesundheit – Dr. Fabian Lohaus, Dr. Kristof Zarschler
Materie – Dr. Gregor Hlawacek, Dr. Andreas Wagner

AUTOREN DIESER AUSGABE

Roland Knauer | Gabriele Schönherr | Anne-Kristin Jentzsch und
Bernd Schröder, HZDR

BILDNACHWEIS

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des HZDR, soweit nicht anders
angegeben

Titelbild: Ketchum GmbH | Getty (iStock): georgeclerk, Lya_Cattel, Drbouz,
Tim UR, NoSystem images, Bim
Innentitel: iStock.com/mathisworks (S. 3 oben), André Wirsig (S. 4 und 5 oben,
S. 9, 14, 30), Amac Garbe (S. 4 Mitte li., S. 4 unten, S. 27-29, 35-37), Detlev
Müller (S. 4 Mitte re., S. 10, 32), André Künzelmann (S. 5 re., S. 25), Ketchum |
Getty (s. Titelbild, S. 5 unten, S. 8), Juniks (S. 6), Carlo Kaminski/Shutterstock.
com (S. 7), Tobias Ritz (S. 15-16), Helmholtz-Klima-Initiative (S. 22), blaurock
marken-kommunikation (S. 31), Ketchum GmbH (S. 33), AVANGA (S. 39 oben),
privat (S. 39 Mitte re.)

GESTALTUNG

WERKSTATT X . Michael Voigt | www.werkstatt-x.de

DRUCK

Druckerei Mißbach | www.missbach.de

AUFLAGE

4.700 // Gedruckt auf Circleoffset,
FSC zertifiziert und mit dem Blauen Engel ausgezeichnet

KONTAKT // BESTELLUNG (kostenfrei)

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf
Kommunikation und Medien
Simon Schmitt | Telefon: 0351.2603400 | presse@hzdr.de

„entdeckt“ erscheint ein- bis zweimal jährlich. Alle Print-Ausgaben
finden Sie als E-Paper auf den Internetseiten des HZDR.

➤ www.hzdr.de

Das HZDR auf YouTube und Twitter:

➤ www.youtube.com/user/FZDresden

➤ www.twitter.com/hzdr_dresden

Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf versendet das
Forschungsmagazin „entdeckt“ als Serviceangebot. Falls Sie
es nicht mehr erhalten möchten, senden Sie uns bitte eine
E-Mail mit dem Betreff „Abbestellen“ an presse@hzdr.de oder
schreiben Sie uns eine kurze Mitteilung an: Helmholtz-Zentrum
Dresden-Rossendorf, Kommunikation und Medien, Simon Schmitt,
Bautzner Landstraße 400, 01328 Dresden. Wenn Sie auch
weiterhin die „entdeckt“ beziehen möchten, müssen Sie nichts
unternehmen.

Hauchdünn und extrem vielseitig

Zweidimensionale Materialien verfügen über au-
Bergewöhnliche Eigenschaften. Sie können Wärme
oder elektrische Ströme besonders gut leiten und
gelten deshalb als Top-Kandidaten für innovative Techno-
logien in der Energie- und Computerbranche. Weil sie aus
wenigen Lagen an Atomen bestehen, sind sie unvorstellbar dünn –
beim „Wundermaterial“ Graphen ist die wabenförmige Schicht sogar
gerade mal so dick wie ein Atom. Während Forschungsgruppen weltweit
bereits viele Rätsel dieser Materialien lösen konnten, liegen derzeit kaum
experimentelle Ergebnisse zu neuartigen 2D-Materialien aus Metalloxiden, wie
Ilmenit oder Chromit, vor. Da sich diese bisher nur mit sehr speziellen chemischen
Verfahren herstellen und untersuchen lassen: Warum nicht datengestützte Methoden
verwenden? Das dachte sich Rico Friedrich vom Institut für Ionenstrahlphysik und
Materialforschung am HZDR.

„Bei unserem Verfahren haben wir die wenigen vorhandenen Informationen aus Experimenten
ausgewertet, davon ausgehend strukturelle Prototypen entwickelt und diese dann als Filter-
kriterium über die riesige Material-Datenbank der amerikanischen Partner laufen lassen“,
erklärt Friedrich. Dem Leiter der Studie gelang es gemeinsam mit einer führenden
Forschungsgruppe für datengetriebenes Materialdesign an der Duke University
in den USA, 28 Vertreter der 2D-Metalloxide zu identifizieren und einige ihrer
Eigenschaften zu ermitteln. Friedrich zufolge könnten sie durch ihre spe-
zielle magnetische Oberflächenstruktur besonders für spintronische
Anwendungen attraktiv sein, also für Datenspeicher in Computern
oder Smartphones mit deutlich geringerem Stromverbrauch im
Vergleich zu heutigen elektronischen Bauteilen.

Publikation: R. Friedrich et al., Nano Letters, 2022
(DOI: 10.1021/acs.nanolett.1c03841)



HELMHOLTZ KLIMA INITIATIVE

Forschung liefert

Warum sind Bäume in der Stadt so wichtig?

Bäume beeinflussen das städtische Mikroklima positiv, binden Luftschadstoffe und mindern die Überhitzung städtischer Gebiete. Außerdem stärken sie die seelische Gesundheit der Menschen. Eine Studie unter Helmholtz-Leitung zeigt: Bewohner von Wohnungen und Häusern, in deren unmittelbarer Umgebung Bäume stehen, bekommen seltener Antidepressiva verschrieben. Dieser Zusammenhang zeigt sich besonders klar bei den Menschen, die aufgrund ihres sozioökonomischen Status meist weniger Chancen und eine geringere Lebensqualität haben. Dies lässt vermuten, dass Straßenbäume dazu beitragen können, die Lücke der gesundheitlichen Ungleichheit zwischen Menschen verschiedener sozialer Schichten zu schließen.

Melissa R. Marselle et al., Scientific Reports, 2020
(DOI: 10.1038/s41598-020-79924-5)

Trägt der Klimawandel zum Artensterben bei?

Die Erwärmung der Erde zwingt viele Arten, ihre angestammten Lebensräume zu verlassen und in kühlere Regionen auszuwandern – sie befinden sich sozusagen in einem Wettlauf mit der Erderwärmung. Diese vollzieht sich jedoch im Vergleich zu früheren Klimaveränderungen, an die sich die Arten teilweise anpassen konnten, unnatürlich schnell. Mit dem Aussterben einer Art geht eine einzigartige und unersetzliche Lebensform verloren. Auf lokaler Ebene kann das Fehlen von Arten das gesunde Funktionieren von Ökosystemen beeinträchtigen. Die Wissenschaft ist sich einig darüber, dass der Klimawandel im Laufe der nächsten hundert Jahre die Überlebenschancen für viele Arten senken wird.

Quelle:
[helmholtz-klima.de](https://www.helmholtz-klima.de) >> [klimawissen](#) >> [FAQ](#)

Antworten

Nehmen Dürre und Starkregen in Deutschland zu?

Eine Folge des Klimawandels ist die Zunahme von Starkregenereignissen. Andererseits steigt vor allem im Sommer die Anzahl aufeinanderfolgender Trockentage. Beides hat zur Folge, dass sich hydroklimatische Gefahren wie Dürren und Überschwemmungen häufen. Der Dürremonitor des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) zeigt, dass in Deutschland der Gesamtboden bis in eine mittlere Tiefe von 1,80 Meter bereits mehrere Trockenjahre in Folge während der Vegetationsperiode erlebt hat. Während der Jahre 2018, 2019 und 2022 sanken zum Beispiel die Wasserstände von Rhein und Elbe so stark, dass Binnenschiffe über Wochen oder gar Monate teils gar nicht fahren konnten.



[Dürremonitor des UFZ](#)



[Video auf Youtube](#)



[Fakten zum
Klimawandel](#)