

in2science

Das Magazin über Menschen mit Ideen



#8

Das künstliche Blatt • Netzwerk für Zukunftsfragen
Künstliche Intelligenz in der Materialforschung
Weltraumschrott verringern • 10 Jahre GERICS

 **Helmholtz-Zentrum
Geesthacht**
Zentrum für Material- und Küstenforschung

Wissenschaft im Wandel

Wir leben im Zeitalter der Digitalisierung: Unsere Kommunikation verändert sich rasant, Arbeitsabläufe in Unternehmen werden umstrukturiert, alles wird digital und ständig vernetzt. Diese Entwicklung betrifft sämtliche Lebensbereiche – auch die Forschung und Entwicklung. Deshalb haben wir Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am HZG gefragt:

Was bedeutet die Digitalisierung für Ihre Forschung?



© HZG/Cesca Seidel

” **Dr. Anna-Lisa Chaudhary**
Wissenschaftlerin in der Abteilung „Nanotechnologie“, Institut für Werkstoffforschung

Die Digitalisierung hat meiner Forschung sowohl aus experimenteller als auch aus persönlicher Sicht zusätzliche Dimensionen verliehen. Gemeinsam mit meinen Kollegen haben wir eine vollautomatisierte Hochdruck-Wasserstoff-Sieverts-Vorrichtung (bis 2.000 bar) gebaut, die für die Hochdruck-Festkörper-Wasserstoffforschung einzigartig ist. Simulationen und Modellierungen ergänzen unsere experimentellen Arbeiten, um das reaktionskinetische und thermodynamische Materialverhalten besser zu verstehen. Durch die verschiedenen Ansätze sind wir tiefer in die Materie gedrungen und es hat zu einer hervorragenden Zusammenarbeit sowohl am HZG als auch international geführt.



© HZG/Christian Schmid

” **Frederic Bock**
Doktorand in der Abteilung „Laser-Materialbearbeitung und Strukturbewertung“, Institut für Werkstoffforschung

Mithilfe maschinell lernender Algorithmen verarbeite ich empirische und synthetische Daten, um für die Entwicklung innovativer Fertigungstechnologien, wie zum Beispiel der additiven Fertigung, neue Erkenntnisse zu gewinnen und unbekannte Zusammenhänge zu identifizieren. Dabei bin ich auf die digitale Verfügbarkeit und Verarbeitbarkeit dieser Daten angewiesen, weshalb die Digitalisierung für meine Forschung von zentraler Wichtigkeit ist. Zukünftig könnten gemeinschaftlich genutzte digitale Infrastrukturen zur Berechnung, Verarbeitung und Speicherung von umfangreichen Prozess- und Materialdatensätzen allen interessierten Forschern dazu dienen, Wissensschaffung und damit den gesellschaftlichen Forschungsfortschritt zu beschleunigen.



© HZG/Janine Martin

” **Holger Brix**
Leiter der Abteilung „Neue Technologien“, Institut für Küstenforschung

Digitalisierung bedeutet in der Küstenforschung und für COSYNA (Coastal Observing System for Northern and Arctic Seas), dass wir bei der Planung und Durchführung von Forschungsprojekten verstärkt auf Unterstützung durch Analyse existierender Daten und Modelle zurückgreifen. Dies geschieht auch unter Verwendung von Konzepten aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz. Neue Möglichkeiten der Darstellung von Daten werden erforscht, um im Feld Planungen und Entscheidungen zu erleichtern. Dazu kommt die zunehmende Vernetzung von Messsystemen, das sogenannte Smart Monitoring, bei dem Messgeräte miteinander kommunizieren und, langfristig, selbstständig Entscheidungen über ihre Einsätze treffen werden.



© Betina Diallo/MPH-M

” **Dr. Marlene Klockmann**
Wissenschaftlerin in der Abteilung „Küsteneinflüsse und Paläoklima“, Institut für Küstenforschung

Der Austausch von Wissen zwischen verschiedenen Disziplinen wird durch die Digitalisierung sehr erleichtert. Meine Arbeit im interdisziplinären Projekt “Reduced Complexity Models” profitiert sehr davon. Beispielsweise gibt es viel frei verfügbare Software, die es einem leicht macht, neue Analysemethoden auszuprobieren. Ich teste Methoden aus dem Bereich von Maschinellem Lernen und Künstlicher Intelligenz für Klimarekonstruktionen der letzten 2000 Jahre. Die ersten Ergebnisse sind sehr vielversprechend. Außerdem finde ich es sehr wichtig, dass es immer einfacher wird, Forschungsergebnisse transparent zu dokumentieren und über neue Kommunikationswege auch neues Publikum zu erreichen.

Liebe Leserinnen und Leser,

Rund 20.000 Schülerinnen und Schüler haben Ende Mai in Hamburg bei „Fridays for Future“ demonstriert. Ihnen und vielen weiteren tausend Schülern in ganz Deutschland ist es zu verdanken, dass über das Thema „Klimawandel“ wieder in weiten Teilen der Bevölkerung diskutiert wird. Umweltschutz und Klimaschutz, so scheint es, könnten in der Politik wieder einen höheren Stellenwert bekommen.

Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu informieren und zu beraten ist schon seit zwölf Jahren Ziel des Exzellenzclusters CliSAP in Hamburg: Hamburger und Geesthachter Wissenschaftler erforschen gemeinsam Ursachen, Zusammenhänge und Anpassungsmaßnahmen zum Klimawandel. Im September 2018 wurde der Exzellenzcluster Climatic Change, and Society (CLICCS) als Nachfolger bestätigt. Mehrere HZG-Wissenschaftler arbeiten in verschiedenen Projekten im Cluster. Zwei leitende Wissenschaftlerinnen sowie den Cluster-Sprecher haben wir interviewt.

Eine Möglichkeit, die Folgen des Klimawandels zu mindern, bietet die regenerative Energie. In Geesthacht wird daher intensiv an der Wasserstoff-Erzeugung durch Sonnenlicht geforscht. Die Wissenschaftler im HZG Hydrogen Technology Center wollen mit neuen Methoden die knifflige Technologie in den Griff bekommen.

Im März ist das Wissenschaftsjahr 2019 gestartet. Thema in diesem Jahr: Künstliche Intelligenz. Immer mehr Wissenschaftler benutzen KI zur Datensichtung, für Auswertungen und zur Forschung. Wie sie dabei vorgehen, erklären uns Werkstoffforscher des HZG.

In den Porträts finden Sie dieses Mal mehr über unseren Wissenschaftlichen Geschäftsführer und über eine Professorin aus der experimentellen Werkstoffmechanik.

Wie immer möchten wir Ihnen auch in dieser Ausgabe möglichst viele Themen aus unserem Zentrum vorstellen. Deshalb haben wir auch wieder mehrere Kurznachrichten für Sie vorbereitet. Leider reicht der Platz nicht für alles. Aber dafür haben wir auf unseren Webseiten weiteres Material für Sie zusammengestellt. Schauen Sie mal nach, es lohnt sich.

**Wir wünschen Ihnen
viel Freude beim Lesen!
Ihre Redaktion**



© HZG/Christian Schmid

Gesa Seidel Heidi Hiller

Wir freuen uns, Ihnen die achte Ausgabe der in2science zu präsentieren



Ein Aufruf in eigener Sache:

Sie arbeiten am HZG und haben eine spannende Geschichte oder tolle Kooperation, die Sie gerne teilen möchten? Dann melden Sie sich gerne bei unserer Redaktion. Wir freuen uns über Ideen, Lob und Kritik. Schreiben Sie uns dazu einfach an in2science@hzg.de



Hier können Sie die in2science kostenlos abonnieren,
online lesen oder downloaden: www.hzg.de/in2science

Impressum

in2science - Das Magazin über Menschen mit Ideen
E-Mail: in2science@hzg.de

Herausgeber: Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material und Küstenforschung GmbH
Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht
Fon +49 4152 87 1648, Fax +49 4152 87 1640

Verantwortliche Redakteure: Gesa Seidel, Heidrun Hillen,
Dr. Torsten Fischer (ViSdP)

Redaktionelle Mitarbeit: Jenny Niederstadt, Frank Grotelüschchen,
Jochen Metzger

Layout und Satz: Bianca Seth

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der in2science teilweise auf eine geschlechtsspezifische Differenzierung verzichtet. Wir möchten darauf hinweisen, dass sich die Verwendung der bisher noch üblicheren männlichen Form in diesen Fällen auf alle Personen bezieht.

Druck: Hausdruckerei Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Papier/ Envirotop (hergestellt aus 100% Recyclingpapier zertifiziert mit dem Blauen Engel (RAL-UZ 14))

Juni 2019
Auflage: 1.600



36



24



06



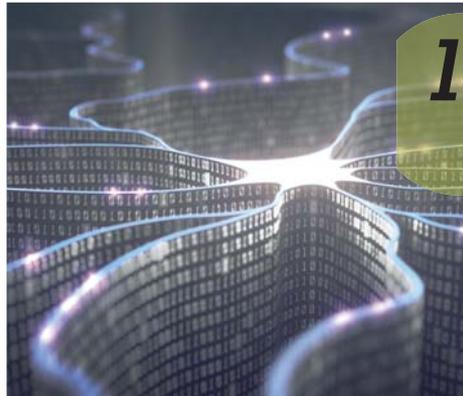
13



26



14



FOTOSTORY

06 Das künstliche Blatt

ARKTIS

13 Schadstoffen auf der Spur

BLICK IN DIE ZUKUNFT

14 Künstliche Intelligenz in der Materialforschung

AKTUELLES

21 Weltraumschrott verringern

SO FUNKTIONIERT DAS

22 Die Natur als Vorbild nehmen

PORTRÄT

24 Der Blick in die Zukunft mit Prof. Dr. Wolfgang Kaysser

IM GESPRÄCH

26 Gemeinsam Pläne schmieden

AKTUELLES

30 Millionen für die Wissenschaft

32 Nachrichten aus dem Zentrum

PORTRÄT

34 Prof. Dr. Erica Thea Lilleodden: Die Geschichtenerzählerin

WAS UNS BEWEGT

36 Teambildung erfolgreich – Netzwerk für Zukunftsfragen

JUBILÄUM

42 10 Jahre GERICS

30



34



Das künstliche Blatt

Wenn es um erneuerbare Energien geht, spielt Wasserstoff als Energieträger eine wichtige Rolle. Für eine klimaneutrale Erzeugung des Wasserstoffs arbeiten HZG-Wissenschaftler an einer Methode, bei der Sonnenlicht direkt zur Spaltung von Wasser verwendet wird: die photoelektrochemische Wasserspaltung. Dabei wird Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Ähnlich wie bei der Photosynthese wird Lichtenergie in chemische Energie umgewandelt. Doch statt eines Pflanzenblattes nutzen die Wissenschaftler photoaktive Materialschichten. Noch sind die besten Materialien sehr teuer und die Herstellung ist kompliziert. Deshalb beschäftigen sich die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Abteilung „Nachhaltige Energietechnik“ aus dem Institut für Werkstoffforschung mit der Entwicklung kostengünstig herzustellender Oberflächen für Photoelektroden.

Die Doktoranden Herman Kriegel, Ragle Raudsepp und Jiri Kollmann zeigen uns, wie die Photoelektroden hergestellt und untersucht werden. Wie das Prinzip der Energieumwandlung funktioniert, erläutert die Infografik in der Heftmitte.

Tipp:

Diese Forschung können Sie sich sogar in 360° ansehen: Im Video mit Rundum-Blick führt Ragle Raudsepp durch die Labore des Hydrogen Technology Centers.





Fotos © HZG/Christian Schmid

Das Prinzip

Halbleitermaterialien wie Eisenoxid oder Bismutvanadat absorbieren Licht und gewinnen dadurch Elektronen-Loch-Paare als Ladungsträger. Anders als bei Solarzellen werden diese in Elektrolyte getaucht – in eine Salzlösung, eine Säure oder eine Lauge. Mit speziellen Verfahren bringen die Wissenschaftler wenige Mikrometer dünne Schichten auf. Diese Schichten erfüllen im Prozess der Wasserspaltung mehrere Funktionen, unter anderem Lichtabsorption, Ladungstransport und Katalyse.



Atomare Beschichtung

Das Substrat (hier ein runder Wafer aus Silizium) wird sorgfältig gereinigt und strukturiert, um eine rauere und größere Oberfläche zu erzeugen. Anschließend werden auf diese Oberfläche mithilfe mehrerer Beschichtungsverfahren, wie zum Beispiel der Atomic Layer Deposition (ALD), einzelne Schichten aufgetragen. Im Bild rechts wird mittels ALD die oberste Beschichtung aus Titandioxid deponiert. Um diese weiter untersuchen zu können, werden aus der Elektrode viele kleine Proben geschnitten (pink schimmernd).





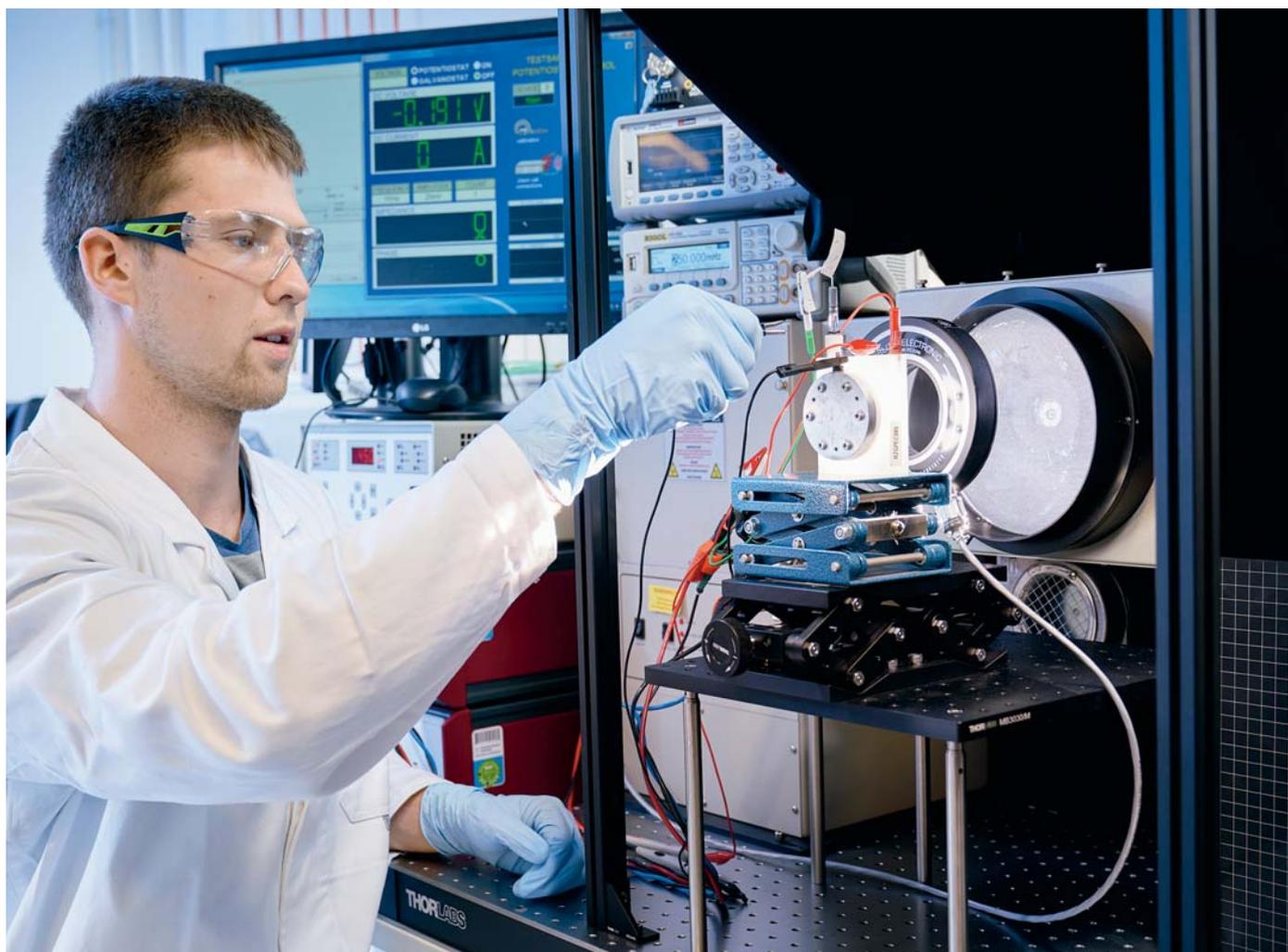
Gelenktes Licht

Die nächste Station ist die UV-Vis-NIR Spektroskopie. Mithilfe dieses Gerätes bestimmen die Forscher die optischen Eigenschaften der Photoelektrode. Licht aus einem breiteren Bereich des elektromagnetischen Spektrums, von Ultraviolett und sichtbar bis zum Infrarot, wird jeweils auf die Probe gelenkt, die Reflexion und die Transmission der Probe werden gemessen. Dadurch wissen die Wissenschaftler, welchen Anteil des Lichtspektrums die Photoelektrode aufnehmen kann.



Am Sonnensimulator

Die Probe wird nun in eine photoelektrochemische Zelle eingebaut. Nachdem die Elektrolytlösung eingefüllt ist, kann die Zelle vor den sogenannten Sonnensimulator gespannt werden. Zwischen der Lichtquelle und der Zelle befindet sich ein Shutter. Ist dieser geschlossen, liegt die Aktivität bei null; ist er geöffnet, werden in der Zelle Elektronen und Elektronenlöcher erzeugt. Mit diesen wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Für das Foto durften wir die schwarzen Vorhänge heben, die normalerweise den Versuchsaufbau verdunkeln, um Licht von anderen Quellen auszuschließen.





Bewegte Elektronen

Indem sie die Oberflächenphotospannung messen, können die Wissenschaftler die Bewegung der Elektronen durch die Grenzflächen in der Struktur der Photoelektrode besser verstehen. Dazu wird die Probe in ein SPV-Spektrometer eingespannt.



Mehr über die Anwendung der SPV-Methode zur Untersuchung von Photoelektroden für die Wasserspaltung erfahren Sie in dieser Publikation:

"Characterization of BiVO₄ powders and cold gas sprayed layers by surface photovoltage techniques"

Zur Publikation:

doi.org/10.1016/j.cattod.2018.02.027

Auf den Nanometer genau

Die letzte Station bildet das Rasterkraftmikroskop. Die Probe wird exakt unter dem Mikroskop positioniert. Anschließend fährt eine winzige nanometergroße Spitze ein Raster ab und scannt die gesamte Probe. Das Besondere dabei: Hier werden die Topographie, zum Beispiel die Rauigkeit, und die elektrischen und elektrochemischen Eigenschaften wie Photostrom und Photospannung gleichzeitig gemessen. So können die Wissenschaftler hinterher auf einige Nanometer genaue Stellen bestimmen, an denen die Probe aktiver ist.



Fotos © HZG/Christian Schmid

Mit Wasserstoff Richtung Zukunft

Für die Wissenschaftler der Abteilung „Nachhaltige Energietechnik“ gibt es noch jede Menge zu tun. Fest steht aber jetzt schon: Die Forschung am „Künstlichen Blatt“ bietet viele neue Möglichkeiten und Perspektiven.



Weitere Fotostories finden Sie in unserer Mediathek:



www.hzg.de/mediathek

Schadstoffen auf der Spur

Neuartige organische Schadstoffe bis in die Arktis nachgewiesen

In der in2science #7 haben wir über die Küstenforscher Hanna Joerss und Dr. Zhiyong Xie und ihre fast vierwöchige Arktis-Expedition mit dem Forschungsschiff POLARSTERN berichtet. Fast ein Jahr später liegen die Ergebnisse von Hanna Joerss vor.

Die Doktorandin hat für ihre Forschungsarbeit zu per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFASs) insgesamt 99 Wasserproben auf dem Weg von Bremerhaven in die Arktis gesammelt. Hauptsächlich waren dies Proben vom Oberflächenwasser, die in einer Tiefe von elf Metern genommen wurden. An sechs Stationen hat die Doktorandin darüber hinaus die vertikale Verteilung der Substanzen untersucht und dazu Proben aus verschiedenen Tiefen bis hinunter in 3.107 Meter Tiefe gesammelt.

Drei Monate hat die Chemikerin anschließend im Labor verbracht, um die Proben aufzuarbeiten und zu messen. Weitere drei Monate hat sie mit der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse zugebracht. Die Konzentration der Schadstoffe ist sehr gering – weniger als ein Milliardstel Gramm pro Liter. Aus diesem Grund ist es eine große Herausforderung, die Stoffe nachzuweisen und ihre Mengen in den Proben zu bestimmen.

Die Wissenschaftlerin hat 32 PFASs analysiert. Die Konzentration der Substanzen nahm generell mit zunehmender Entfernung vom Kontinent ab, aber zwölf

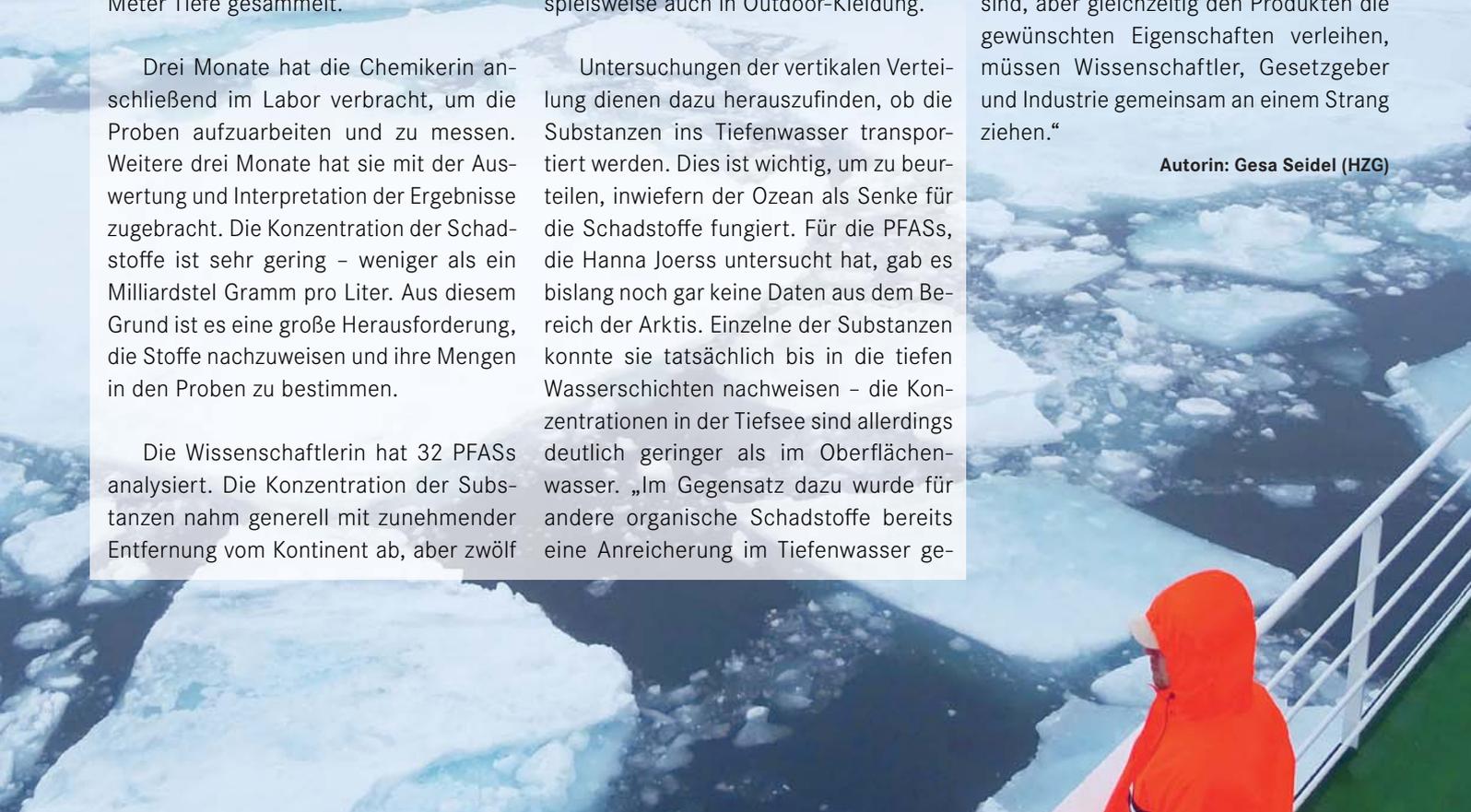
PFASs konnte sie bis in die Arktis nachweisen. Das weist darauf hin, dass ein Langstreckentransport der Stoffe stattfindet; es sind sogenannte langlebige organische Schadstoffe. Hanna Joerss hat sich vor allem auf Alternativstoffe zu schon verbotenen Substanzen konzentriert. Besonders auffällig war die Substanz HFPO-DA, eine von der Industrie seit den 2000er Jahren genutzte Alternative zum eingeschränkten PFOA. Diese Substanz machte im küstennahen Bereich der Nordsee schon ein Viertel der Summe der PFASs aus, die sie untersucht hat – das ist drei Mal so viel, wie die Vorgängersubstanz. HFPO-DA wird zum Beispiel bei der Herstellung von Fluorpolymeren wie Polytetrafluorethylen (PTFE) eingesetzt. PTFE ist auch als Teflon bekannt. Das wird nicht nur in Pfannen verwendet, sondern beispielsweise auch in Outdoor-Kleidung.

Untersuchungen der vertikalen Verteilung dienen dazu herauszufinden, ob die Substanzen ins Tiefenwasser transportiert werden. Dies ist wichtig, um zu beurteilen, inwiefern der Ozean als Senke für die Schadstoffe fungiert. Für die PFASs, die Hanna Joerss untersucht hat, gab es bislang noch gar keine Daten aus dem Bereich der Arktis. Einzelne der Substanzen konnte sie tatsächlich bis in die tiefen Wasserschichten nachweisen – die Konzentrationen in der Tiefsee sind allerdings deutlich geringer als im Oberflächenwasser. „Im Gegensatz dazu wurde für andere organische Schadstoffe bereits eine Anreicherung im Tiefenwasser ge-

zeigt – möglicherweise dadurch, dass sich die Substanzen an Partikel heften und mit ihnen absinken. Für die PFASs scheint dies aufgrund ihrer anderen Moleküleigenschaften nicht zu gelten“, so Hanna Joerss. Ihre Ergebnisse können nun in zukünftige Bewertungen von langlebigen organischen Schadstoffen einfließen.

Das Resümee der Wissenschaftlerin: „Ich finde es bedenklich, dass der Ersatzstoff HFPO-DA bis in die Arktis nachweisbar ist. Denn das deutet darauf hin, dass er wie seine Vorgängersubstanz nur schwer abbaubar ist und über weite Strecken transportiert wird. Leider kommt es immer wieder vor, dass verbotene Substanzen durch nicht weniger problematische Stoffe ersetzt werden. Um Alternativen zu finden, die umweltverträglich sind, aber gleichzeitig den Produkten die gewünschten Eigenschaften verleihen, müssen Wissenschaftler, Gesetzgeber und Industrie gemeinsam an einem Strang ziehen.“

Autorin: Gesa Seidel (HZG)

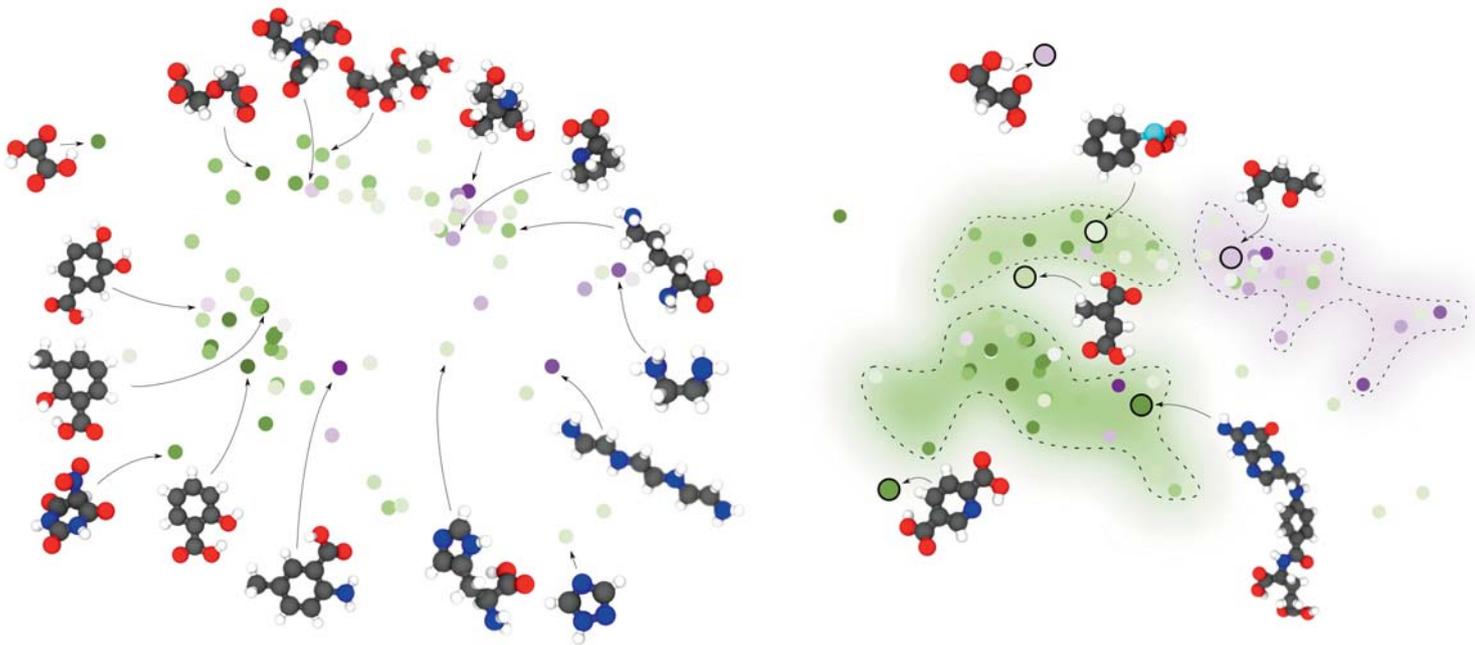




Künstliche Intelligenz in der Materialforschung

Nicht nur Google und Facebook nutzen die Methoden der Künstlichen Intelligenz. Auch in der Werkstoffforschung kommen neuronale Netze und selbstlernende Programme immer öfter zum Einsatz. Am Helmholtz-Zentrum Geesthacht helfen sie beim Maßschneidern künftiger Hybridmaterialien und der Entwicklung neuer Implantate.





Diese Simulation zeigt den Wissenschaftlern, wie gut diese Moleküle als Korrosionsschutz taugen könnten.

© Robert Meißner

Man könnte die Grafik glatt für ein abstraktes Kunstwerk halten – farbige Flächen und bunte Sprenkel, die sich an manchen Stellen zu kleinen Haufen ballen. Aber: „Das ist eine Art Landkarte“, erklärt Prof. Robert Meißner vom HZG-Institut für Werkstofforschung. „Jeder Sprenkel steht für ein anderes Molekül und signalisiert, wie gut dieses Molekül als Korrosionsschutz taugen könnte.“ Die Grafik ist das Ergebnis eines lernfähigen Algorithmus – und steht für einen Trend in der Materialwissenschaft: Immer mehr finden hier Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) Verwendung.

Computersimulationen spielen in der Werkstofforschung schon seit langem eine wichtige Rolle. Will man zum Beispiel eine neue Metalllegierung entwickeln, lässt sie sich zunächst im Rechner nachbilden. Dadurch gewinnen die Fachleute erste Hinweise über die Eigenschaften der Legierung und können im Anschluss deutlich zielgerichteter experimentieren. Mit der Künstlichen Intelligenz steht der Fachwelt nun ein weiteres Werkzeug zur

Verfügung: Zum einen kann sie helfen, Computersimulationen deutlich zu beschleunigen und damit effizienter zu machen. Zum anderen können neuronale Netze und Deep-Learning-Programme Zusammenhänge offenlegen, die ansonsten verborgen blieben: Wie hängen die Eigenschaften eines Werkstoffs von seiner mikroskopischen Struktur ab, zum Beispiel seinem Kristallgefüge?

Robert Meißner nutzt die neuen Techniken, um Werkstoffe quasi von der Pike auf zu simulieren: Per Rechner bildet er nach, wie sich einzelne Atome mitsamt ihren Elektronenhüllen in einem Molekül verhalten – und schließt daraus auf dessen Eigenschaften. Unter anderem widmet er sich kleinen organischen Molekülen mit einer interessanten Eigenschaft: Sie können die Korrosion des Leichtbauwerkstoffs Magnesium hemmen. „Man könnte sie zum Beispiel in einen Schutzlack einbauen“, erläutert Meißner. „Bei einem Kratzer würden diese Moleküle dann freigesetzt und könnten korrosionsfördernde Substanzen unschädlich machen.“



© HZG/Christian Schmid



Per Rechner bildet Robert Meißner nach, wie sich einzelne Atome mitsamt ihren Elektronenhüllen in einem Molekül verhalten – und schließt daraus auf dessen Eigenschaften.

Künstliche Intelligenz für Korrosionsschutz

Nur: Welche Moleküle taugen dafür besonders gut? Im Labor wäre diese Frage nur mit großem Aufwand und unzähligen Messreihen zu klären. Deshalb haben Meißner und sein Team eine Computersimulation entwickelt, basierend auf Künstlicher Intelligenz. Zum einen speisten die Forscher die Molekularstrukturen von rund 200 Stoffen in die Software ein. Zum anderen fütterten sie sie mit Daten aus Experimenten, die das chemische Verhalten der jeweiligen Moleküle beschreiben.

Auf der Basis dieser Daten erstellte der lernfähige Algorithmus eine molekulare Landkarte mit farbigen Flächen und Sprenkeln. Auf dieser Karte finden sich ähnliche Moleküle in benachbarten Regionen. Manche sind korrosionshemmend, andere beschleunigen die Korrosion. „Im Prinzip funktioniert das Verfahren, allerdings sind die Fehler noch ziemlich groß“, sagt Meißner. Doch für die Zukunft verspricht die neue Methode einiges. Denn im Prinzip kann die KI-Software auch Moleküle in die Landkarte einsortieren, für die es noch gar keine Messdaten gibt. „Damit ließe sich abschätzen, welches Molekül besonders vielversprechend ist“, hofft Meißner. „Für die Chemiker könnte das ein wichtiger Hinweis sein, dieses Molekül doch mal genauer im Labor zu untersuchen.“

Um Magnesium geht es auch in einem anderen Forschungsfeld, das von den Verfahren der Künstlichen Intelligenz profitiert: Am Bereich „Metallische Biomaterialien“ entwickelt das Team um Prof. Regine Willumeit-Römer Implantate aus dem Leichtmetall. Schrauben, Nägel oder Platten aus Magnesium könnten eines Tages gebrochene Knochen fixieren, damit diese wieder zusammenwachsen. Bislang verwendet man dafür Implantate aus Edelstahl oder Titan. Die aber müssen nach Verheilung des Knochens wieder entfernt werden – eine Belastung für die Patienten. Dagegen würden sich Implantate aus Magnesium von selbst im Körper auflösen, ganz ohne OP.



Diese Knochenschraube aus Magnesium ist biologisch abbaubar – eine zweite Operation zur Entfernung des Implantats ist hier nicht notwendig. KI hilft dabei, die verschiedenen Zusammenhänge zu verstehen.

Schützenhilfe durch selbstlernende Software

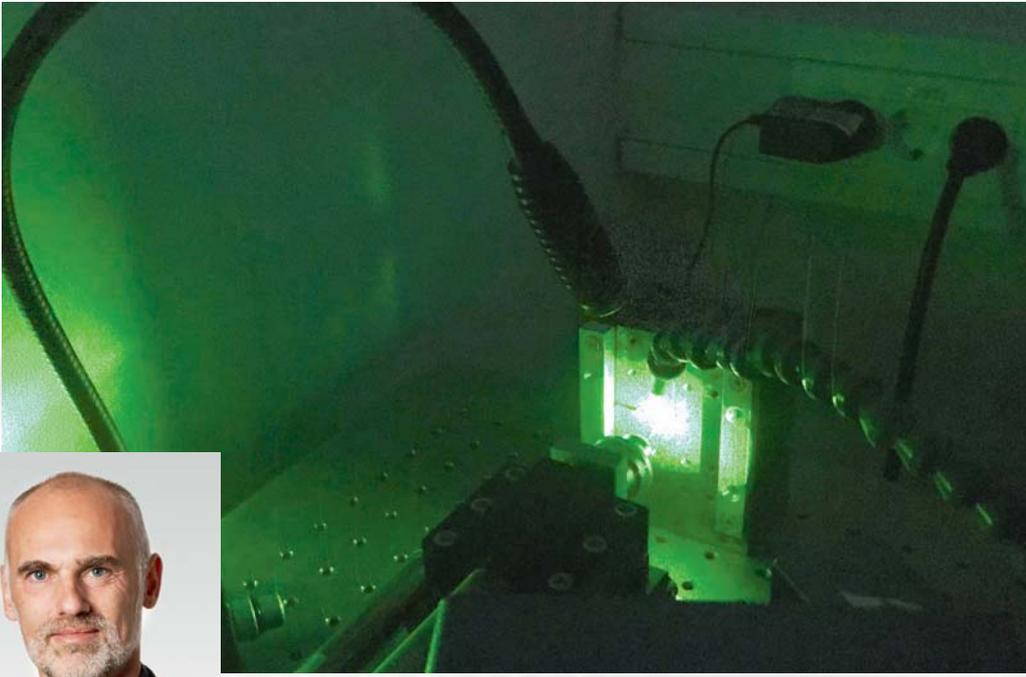
Noch steckt das Verfahren im Forschungsstadium. Unter anderem müssen die Fachleute herausfinden, wie schnell und unter welchen Bedingungen sich das Magnesium im Körper auflöst. Das Problem: Ein lebendiger Organismus stellt eine hochkomplexe Umgebung dar. Es wimmelt nur so von unterschiedlichsten Molekülen wie Kohlenstoffdioxid (CO₂), Sauerstoff, Mineralien und Proteinen – und alle könnten die Zersetzung des Magnesiums beeinflussen. Um herauszufinden, welche Rolle jedes der verschiedenen Moleküle spielt, müsste man eigentlich unzählige Messreihen aufsetzen – in der Praxis zu zeitraubend und zu teuer.

Doch dann erhielt das Team Schützenhilfe – und zwar von Prof. Norbert Huber, Leiter des Bereichs Werkstoffmechanik. Gemeinsam mit seinem Team programmierte er ein neuronales Netz und trainierte es mit sorgfältig ausgewählten Messwerten. „Zunächst stellten wir fest, dass unsere Software die Rate, mit der Magnesium im Körper korrodiert, recht genau vorhersagen kann“, erzählt Huber. Damit war die Grundlage geschaffen für eine Reihe virtueller Experimente: Systematisch entfernten die Fachleute bestimmte Parameter, etwa den Gehalt an CO₂ oder an Natriumchlorid, also Kochsalz. Daraufhin lieferte die Software eine

Was ist Künstliche Intelligenz?

Programme der Künstlichen Intelligenz weisen ein entscheidendes Merkmal auf: Sie sind lernfähig. Sogenannte neuronale Netze etwa sind der Funktionsweise des menschlichen Gehirns nachempfunden. Sie verfügen über virtuelle Neuronen, deren Verhalten sich im Laufe der Zeit an die Eingangssignale – die zu verarbeitenden Daten – anpassen kann. Damit eine KI funktionieren kann, muss sie „angelernt“, also mit ausreichend vielen Daten trainiert werden. So kann eine

Bilderkennungssoftware umso zuverlässiger zwischen Hund und Katze unterscheiden, je mehr Tierbilder man ihr vorher gezeigt hat. Zwar gibt es viele der KI-Methoden schon seit Jahrzehnten. Aber erst die rasch wachsenden Rechnerkapazitäten der letzten Zeit haben ihr zum Durchbruch verholfen – mittlerweile sprechen Fachleute von einer Revolution des maschinellen Lernens.



© HZG/Gesa Seidel



© HZG/Christian Schmid



Gemeinsam mit seinem Team programmierte Norbert Huber ein neuronales Netz und trainierte es mit sorgfältig ausgewählten Messwerten.

Aussage, wie sich das Fehlen eines Parameters auf die Korrosionsrate auswirkt. Ergänzend dazu „fütterten“ die Experten das neuronale Netz mit nur einem Parameter und schauten nach, was das Programm daraus machte.

Das Ergebnis war erstaunlich: „Die Berechnungen ergaben, dass der CO₂-Gehalt für die Korrosion viel wichtiger ist als erwartet“, sagt Huber. „Zuvor hatte man angenommen, dass Natriumchlorid der Hauptverursacher der Korrosion ist.“ Ge-

nauere Analysen zeigten, dass es auf das Wechselspiel der beiden Parameter ankommt: Es ist die Kombination von Kochsalz und CO₂, welche die Korrosionsgeschwindigkeit maßgeblich bestimmt – eine Erkenntnis, mit der sich weitere Experimente deutlich effektiver und zielgerichteter planen lassen.

Das Besondere an dem Projekt: Im Gegensatz zu vielen anderen KI-Anwendungen brauchte es keine großen Datenmengen, um die Software zu trainieren. „In diesem Fall genühten relativ wenige, aber hochwertige Daten mit wenig Streuung“, erklärt Huber. „Denn wir haben der Software einiges an Vorwissen mitgegeben. Dadurch ließ sich die Komplexität des Problems reduzieren, sodass wir mit weniger Trainingsdaten auskamen.“

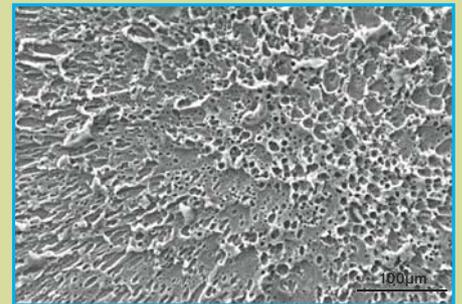
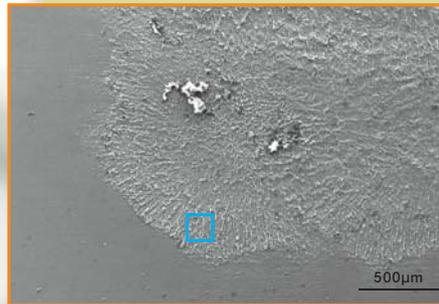
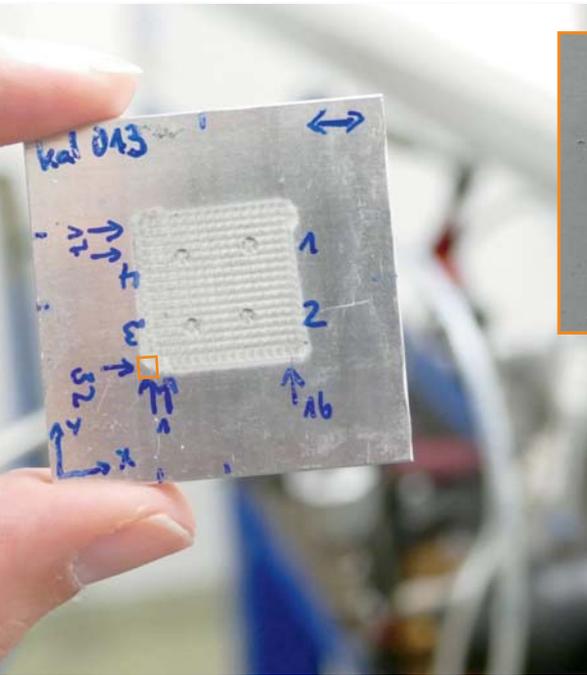
Korrektur per Lernalgorithmus

Die Abteilungen „Festphase-Fügeprozesse“ und „Laser-Materialbearbeitung und Strukturbewertung“ profitieren ebenfalls von den Methoden der KI – etwa bei der Optimierung eines Verfahrens, das die Lebensdauer von Leichtbau-Komponenten erhöht: Beim „Laser Shock Peening“ feu-

ert ein Laser kurze Lichtpulse auf ein Metall und verdampft lokal einen Teil der Oberfläche. Ausgehend von dieser verdampften Oberfläche laufen Schockwellen durchs Material und verändern dessen Eigenschaften. „Konkret können wir dadurch die Eigenspannungen im Metall modifizieren“, erläutert Prof. Benjamin Klusemann, Leiter der Abteilung „Festphase-Fügeprozesse“.

Eigenspannungen entstehen bei der Herstellung und der Verarbeitung eines Werkstücks. Wird zum Beispiel ein Blech beim Walzen gebogen, so zeigt es danach auch dann eine gewisse „Verspannung“, wenn es gar nicht belastet wird. Diese Eigenspannungen sind nicht zwangsläufig nachteilig. Unter bestimmten Bedingungen lassen sie sich nutzen, um die Entstehung und Ausbreitung feinsten Risse zu mindern und damit die Haltbarkeit eines Bauteils zu erhöhen, etwa eines Flugzeugflügels. Das Laser Shock Peening kann die Eigenspannung im Material so modifizieren, dass es höhere Lasten erträgt. Im Idealfall erhöht sich die Lebensdauer eines Bauteils um bis zum Vierfachen.

Um das Verfahren zu optimieren, nutzen die HZG-Wissenschaftler Computer-



© Zina Kallien et al.

Das Material wird zunächst mit dem „Laser-Shock-Peening“ behandelt. Durch kurze Lichtimpulse des quadratischen Lasers wird Oberflächenmaterial in Plasma umgewandelt. Die Ausbreitung des Plasmas erzeugt Schockwellen, welche Eigenspannungen erzeugen oder modifizieren. Um die Eigenspannung nach der Behandlung zu messen, werden kleine Löcher in das "gepeente" Material gebohrt (Bild links). Im mittleren Bild ist eine typische Probe mit vier Bohrlöchern zu sehen. Die beiden Aufnahmen oben wurden mit einem Rasterelektronenmikroskop gemacht. Darauf ist die aufgeschmolzene Materialoberfläche zu erkennen, auf welcher das Plasma erzeugt wurde.

© Brinkhoff-Mögenburg/Leuphana



Benjamin Klusemann:
Wenn ich eine Künstliche
Intelligenz mit schlechten
Daten trainiere, erhalte
ich schlechte Ergebnisse.
Es ist extrem wichtig,
dass wir bewerten, wie
belastbar die Ergebnisse
sind, die wir mithilfe
Künstlicher Intelligenz
erzielen.

simulationen. Dabei bildet der Rechner den gesamten Prozess virtuell nach – vom Einschlag des Laserpulses über die Ausbreitung der Schockwellen bis hin zu einer Vorhersage, wie sich Risse im laserbehandelten Material ausbreiten. „Diese Simulationen helfen uns, den Einfluss einzelner Prozessparameter sowie die zugrundeliegenden Mechanismen zu verstehen“, sagt Klusemann. „Unter anderem können wir dadurch das Verfahren besser an eine konkrete Anwendung anpassen.“

Um diese Simulationen möglichst realitätsgetreu zu gestalten, müssen die Fachleute sie mit Daten abgleichen, die aus Experimenten gewonnen werden: Wie groß sind die Eigenspannungen nach einer Laserbehandlung wirklich? Um das herauszufinden, setzt ein Bohrer kleine Löcher in das gelaserte Bauteil. Gleichzeitig messen die Forscher, wie sich die Oberfläche beim Nachlassen der Spannung verformt. Aus den Messdaten lässt sich dann auf Stärke und Richtung der Eigenspannungen zurückrechnen.

Das Problem: Bei dieser Rekonstruktion kommt es bei hohen Spannungen zu Fehlern. Normalerweise braucht es zeitaufwendige Computerberechnungen, um

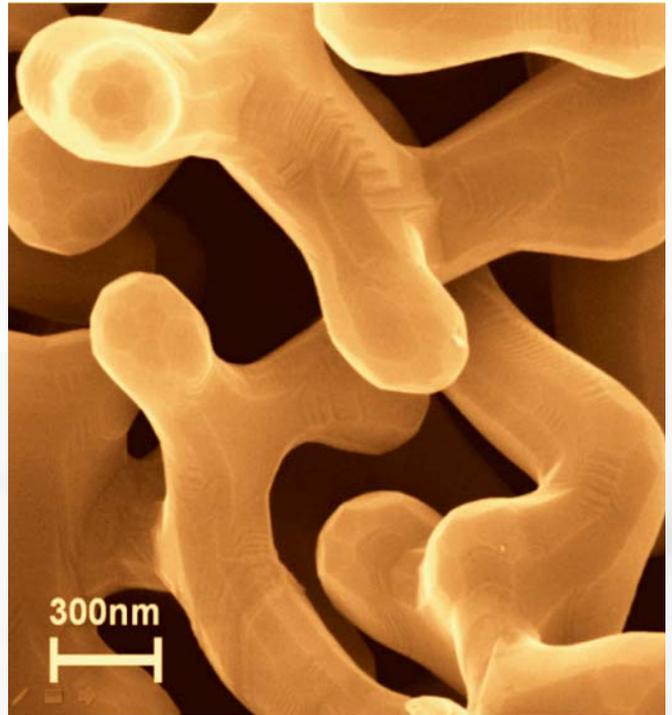
diese Fehler nachträglich auszubügeln – was Tage dauern kann. Um die Korrektur zu beschleunigen, wurde am HZG eine lernfähige Software auf Basis eines neuronalen Netzes entwickelt. „Es kann uns in kurzer Zeit vorhersagen, welche Korrekturen notwendig sind“, sagt Klusemann. „Im Prinzip könnte man es in Echtzeit einsetzen, hätte also noch während des Bohrens das Ergebnis.“

Die Voraussetzung: Damit die KI verlässliche Ergebnisse auswerfen kann, muss sie mit den passenden Daten trainiert werden. „Wenn ich eine Künstliche Intelligenz mit schlechten Daten trainiere, erhalte ich schlechte Ergebnisse“, sagt der Forscher. „Es ist extrem wichtig, dass wir bewerten, wie belastbar die Ergebnisse sind, die wir mithilfe Künstlicher Intelligenz erzielen.“



© TU München

Christian Cyron:
Künstliche Intelligenz ist zwar kein Allheilmittel, aber sie dürfte ein wichtiges Werkzeug sein, das bei der Lösung wesentlicher Probleme der Materialforschung helfen kann.



© Hajun Jin

Nanoporöses Gold ist ein spannendes Material, beispielsweise für Anwendungen in der Sensorik.

KI als Rechenbeschleuniger

Auch in der Abteilung „Simulation von Werkstoff- und Strukturverhalten“ setzt man auf die Methoden der Künstlichen Intelligenz. Prof. Christian Cyron und seine Leute untersuchen dort unter anderem, wie sogenannte Hybridmaterialien optimiert werden können. Wenn etwa in ein weiches, gummiartiges Material kleine harte Partikel eingebettet sind, die die Steifigkeit des Werkstoffs erhöhen – wie hängt dann die Steifigkeit von der Form und der Größe der eingebetteten Partikel ab? „Um das per Rechner zu simulieren, müsste man eigentlich alle möglichen Partikelformen durchrechnen“, sagt Cyron. „Doch das dauert viel zu lange“.

Deshalb verfolgen die Fachleute eine andere Strategie: Sie lassen ihre Simulationen nur für eine beschränkte Zahl von Partikelgrößen und -formen laufen. Mit den Ergebnissen dieser Berechnungen füttern sie dann einen Deep-Learning-Algorithmus. Der kann die vorliegenden Daten extrapolieren und vermag abzuschätzen, zu welcher Steifigkeit andere

Partikelarten führen würden, die nicht in den Trainingsdaten enthalten waren. „Das ist zwar nicht so genau wie eine exakte Simulation“, sagt Cyron. „Aber für unsere Zwecke können wir mit einer Ungenauigkeit von einigen Prozenten leben.“ Schließlich dienen diese Methoden vor allem einer Vorauswahl: Welche Partikelarten sind für die weitere Erforschung interessant, welche kann man außer Acht lassen?

Entwickelt haben die Fachleute ihren Lernalgorithmus mithilfe von Modellmaterialien. Jetzt wollen sie ihn auf eine reale, vielversprechende Materialklasse anwenden: nanoporöse, also schwammartige Metalle, die ultraleicht sind und sich zugleich durch eine hohe innere Oberfläche auszeichnen, was sie interessant für Anwendungen etwa im Bereich der Katalyse oder auch Sensorik macht. Der Plan: Zunächst wollen die Forscher konventionelle Computersimulationen ausführen, die sie mit Daten von hochauflösenden Mikroskopen füttern sowie von Experimenten, die die Werkstoffeigenschaften messen.

Mit den Ergebnissen wollen sie anschließend die Künstliche Intelligenz trainieren. „Dadurch wollen wir die Eigenschaften nanoporöser Metalle schneller voraussagen als es mit klassischen Simulationen möglich ist“, hofft Cyron. „Mit dem maschinellen Lernen können wir Computersimulationen deutlich beschleunigen und deren Ergebnisse schneller verarbeiten.“

Letztlich könnte die KI dadurch Hinweise geben, wie man einen Werkstoff maßschneidern kann – quasi ein maschinenintelligentes Materialdesign. „Wir sind noch im Aufbruch, und es kann auch niemand sagen, wohin die Reise gehen wird und wie nützlich diese neuen Verfahren am Ende sind“, meint Cyron. „Künstliche Intelligenz ist zwar kein Allheilmittel, aber sie dürfte ein wichtiges Werkzeug sein, das bei der Lösung wesentlicher Probleme der Materialforschung helfen kann.“

Autor: Frank Grotelüschen

Weltraumschrott verringern

Auf den Erdumlaufbahnen kreisen Satelliten und mittlerweile ganz viel Schrott. Ungefähr 20.000 größere Objekte und bis zu 900.000 zentimeterkleine Teilchen rasen mit 30.000 Stundenkilometern und mehr durch das All. Die Teile bilden eine ernstzunehmende Gefahr für Satelliten oder Raumstationen: Die Energie, die beim Aufprall eines Teilchens frei wird, ist vergleichbar mit einem Auto, das mit hohem Tempo gegen eine Betonwand fährt.

Weiterer Müll im All muss vermieden werden. Daher gibt es bei der Europäischen Weltraumbehörde ESA die Richtlinie, dass jeder neue Satellit nach spätestens 25 Jahren das All wieder verlassen haben soll. Eine Methode ist der kontrollierte Absturz: Der Satellit wird zurück in die Atmosphäre der Erde gelenkt und verglüht beim Eintritt. Das Problem: Satellitenbauteile wie die Tanks bestehen aus dem Leichtmetall Titan. Titan jedoch verglüht nur unzureichend beim atmosphärischen Wiedereintritt und fällt in größeren Teilen auf die Erde – das bildet eine Gefahr für Mensch und Infrastruktur.

Werkstoffe mit einem niedrigeren Schmelzpunkt, zum Beispiel Aluminium, wären geeigneter als Strukturmaterial für die Tanks, da sie beim Eintritt in die Atmosphäre sicher verglühen. Die Herstellung bereitet jedoch Schwierigkeiten: Bei herkömmlich geschweißten Aluminium-Tanks führen die hohen Prozess-temperaturen zu kritischen Veränderungen im Material. Die enormen Kräfte, die während eines Raketenstarts auftreten, könnten zu katastrophalen Defekten an der Schweißnaht des Satellitentanks führen.

Sonderschweißverfahren für Satelliten-Tanks

Eine Lösung könnten Sonderschweißverfahren wie das Rührreibschweißen sein. Daran forschen Wissenschaftler im HZG. „Mit unseren Verfahren verbinden wir die unterschiedlichsten Materialien ganz ohne Schmelzen, Funkenbildung oder Dämpfe. Die Bauteile werden durch Reibung fest miteinander verbunden. Die Verbindung erfolgt dabei unterhalb des Schmelzpunktes von Aluminium. Problematische Spannungszustände im Material werden mit dem Rührreibverfahren deutlich reduziert“, erklärt Jannik Entringer, Doktorand im Institut für Werkstofforschung. Das bedeutet: Der rührreibgeschweißte Tank aus einer hochfesten Aluminium-Lithium-Legierung wird den Start meistern, beim Zurückholen jedoch verglühen.

Entringer hat in seiner Doktorarbeit eine umfangreiche Prozessoptimierung durchgeführt, mit dem Ziel, die ideale Kombination von Prozessparametern zu bestimmen. Dazu nutzt der Wissenschaftler das Bobbin-Tool, ein Zweisulterwerkzeug, welches von oben und unten die Bauteile an der Nahtstelle verbindet. Parameter wie Vorschub, Druck und Rotation mussten immer wieder angepasst werden. Die Auswirkungen hat Entringer von der Nanoebene bis zur Makroebene untersucht.

Prototypen-Entwicklung im HZG

Neben der Schweißprozessentwicklung musste er zudem die Spannvorrichtung und die Umformung der Tankkomponenten steuern. Aufgrund der hohen Kräfte während des Fügeprozesses hat er eine Anlage konstruiert, die ein Drehmoment von bis zu 2.000 Newtonmeter anlegt. Entringer: „Ich bin schon ein wenig stolz, dass unser Verfahren funktioniert. Neben dem hohen Drehmoment musste auch die runde Form berücksichtigt werden, die Formgenauigkeit dabei stellte sich als besonders kritisch dar. Jetzt hoffe ich, dass meine Forschung eines Tages hilft, den Orbit um die Erde sauberer zu halten.“ Die von ihm geschweißten Tank-Prototypen gehen jetzt erstmal an die ESA.

Autorin: Heidrun Hillen (HZG)

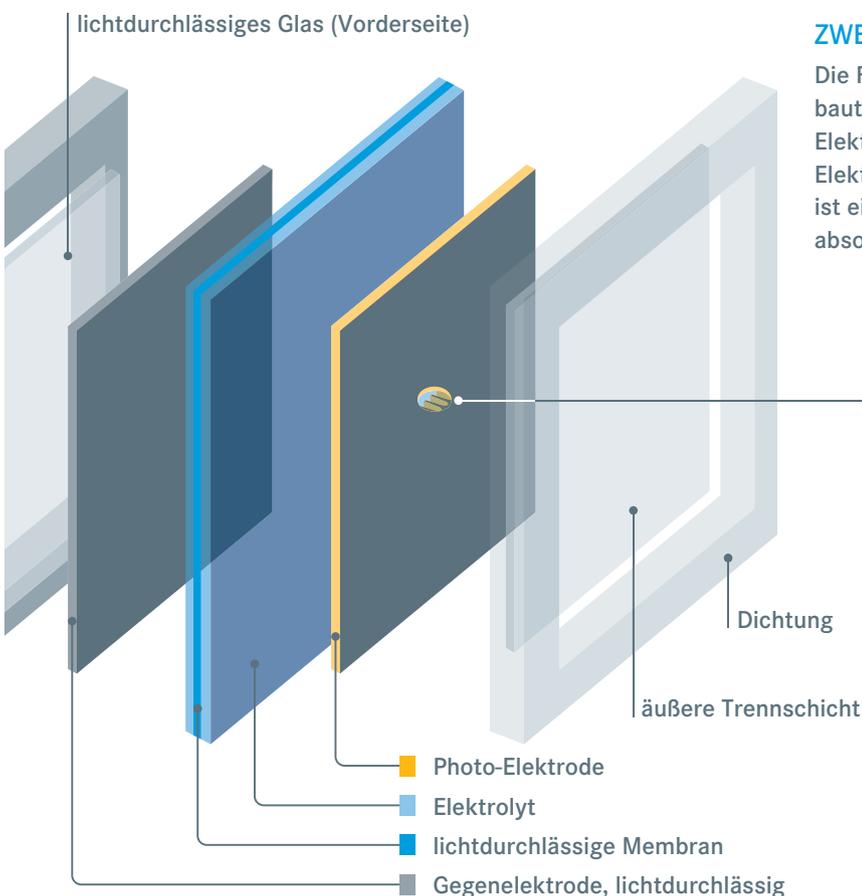


© HZG/Heidrun Hillen

Jannik Entringer hält einen der Tank-Prototypen in der Hand. Hinter ihm die von ihm entwickelte Spannvorrichtung.

Die Natur als Vorbild nehmen

Der Mensch hat sich schon häufig Technologien in der Natur abgeschaut: Pflanzenblätter absorbieren Sonnenlicht und nehmen CO_2 und Wasser auf. Daraus entstehen Kohlenstoffverbindungen und Sauerstoff. Die Abteilung „Nachhaltige Energietechnik“ entwickelt ein künstliches Verfahren, welches die Energie des Lichts in elektrische Ladung umwandelt. Der Strom wird direkt genutzt, um damit den Energieträger Wasserstoff herzustellen. Denn Wasserstoff kann in Zukunft erheblich den Ausstoß schädigender Klimagase verringern.



ZWEIKAMMER-ZELLE

Die Forscher untersuchen unterschiedliche Zellaufbauten. In diesem Beispiel sind zwei plattenförmige Elektroden in je eine dünne Kammer getaucht, die mit Elektrolyt gefüllt ist. Mindestens einer der Elektroden ist eine sogenannte Photoelektrode, die Sonnenlicht absorbieren kann.

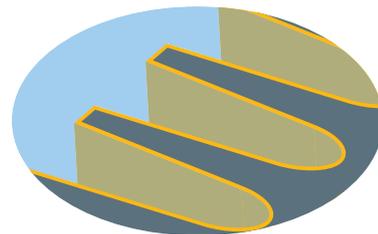


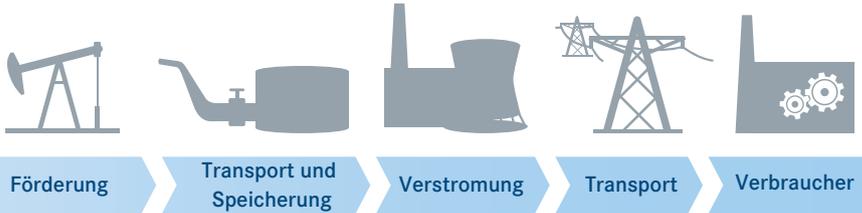
PHOTO-ELEKTRODE

Die Wassermoleküle werden an der Oberfläche der Photoelektrode gespalten. Diese besteht aus mehreren Schichten, u.a. aus Halbleitermaterialien, die das Licht absorbieren, etwa Titandioxid (TiO_2). Durch Ätzen entsteht eine strukturierte Oberfläche (hier ein Rillennmuster). So vergrößert sich der Kontakt zum Elektrolyt und die Lichtabsorption wird optimiert.

WASSERSTOFF - ENERGIETRAGER DER ZUKUNFT

Aktueller Stand

Energieträger wie Erdöl, -gas und Kohle werden hunderte Kilometer entfernt gefördert und über Rohrleitungen zu uns befördert. In Kraftwerken wird dies zu Strom verbrannt für Haushalte und Industrie/Wirtschaft.



Zukunft mit Wasserstoff

Die Photoelektrochemische Zelle wandelt Wasser durch Sonnenlicht in Wasserstoff um. Der gespeicherte Wasserstoff wird bei Bedarf mit einer Brennstoffzelle in Strom umgewandelt. Verbraucher mit großem Energiebedarf können dies direkt vor Ort machen.

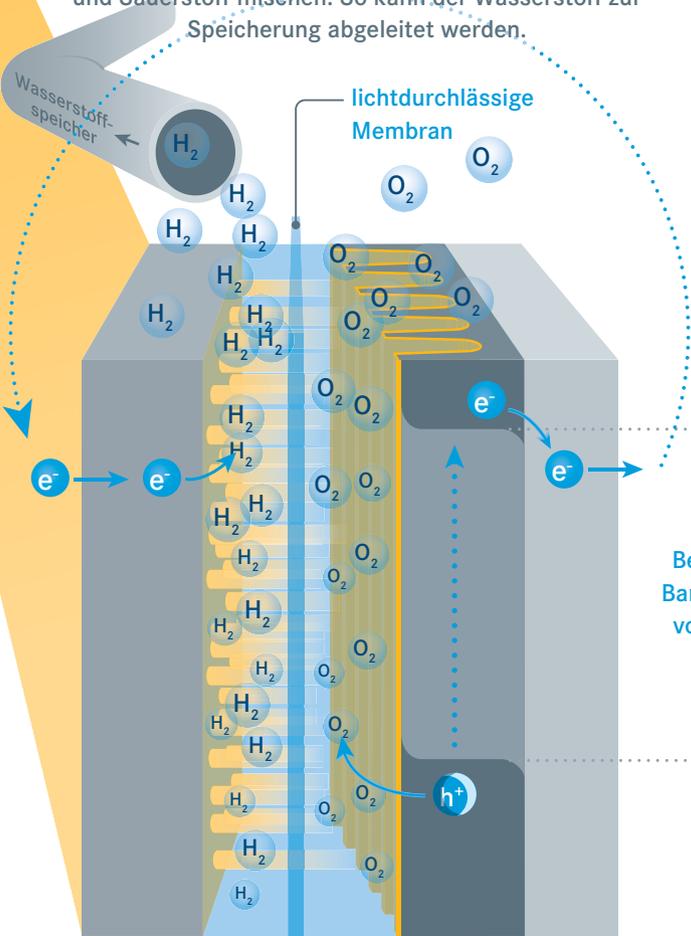


DER SPALTPROZESS

Sonnenenergie trifft auf die Photoelektrode. Durch Lichtabsorption im Halbleiter entsteht ein kleiner elektrischer Impuls, der die Spalt-Reaktion in Gang setzt:

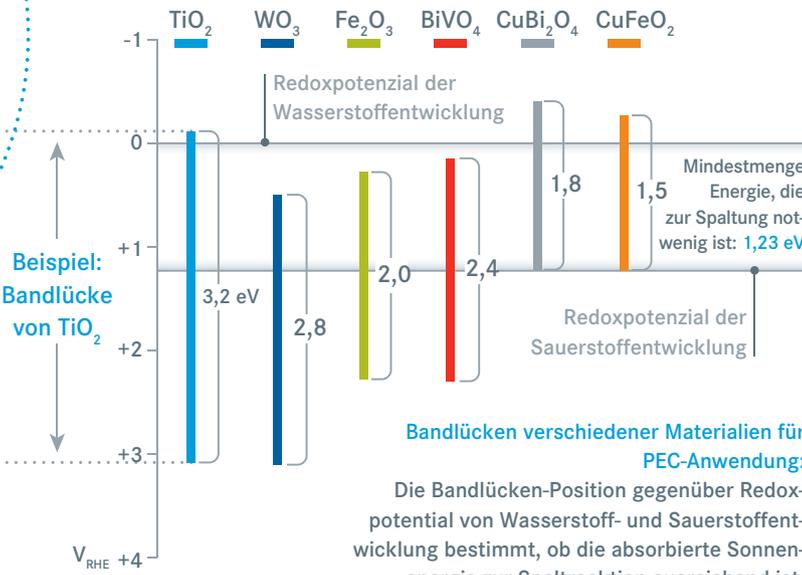
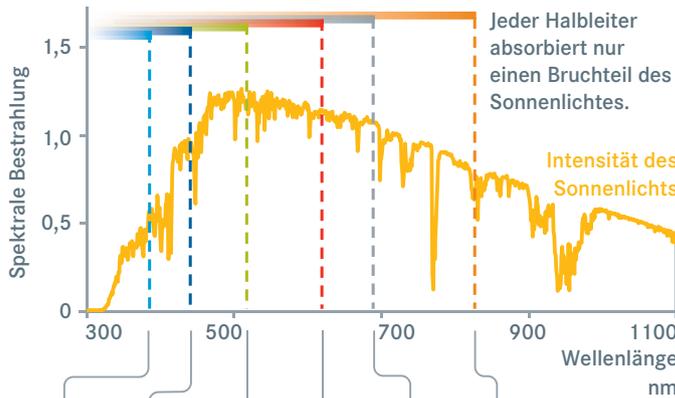


Die Membran verhindert, dass sich Wasserstoff und Sauerstoff mischen: So kann der Wasserstoff zur Speicherung abgeleitet werden.



SONNENERGIE

Sonnenstrahlung enthält Licht mit Wellenlängen zwischen Ultraviolett (UV) und Infrarot, mit einem Intensitätsmaximum bei ca. 500 nm (grünes Licht).



BANDLÜCKE

Im Festkörper bezeichnet die Bandlücke den Energieabstand zwischen Valenzband (Elektronen, die zur Bindung beitragen) und Leitungsband (Elektronen, die "frei beweglich" sind).

lichtdurchlässige Gegenelektrode | Elektrolyt | Photo-Elektrode | Rückkontakt

Der Blick in die Zukunft

Was bewegt Geschäftsführer Prof. Wolfgang Kaysser?



Prof. Dr. Wolfgang Kaysser

ist Wissenschaftlicher Geschäftsführer des HZG

Professor Wolfgang Kaysser (68) ist Wissenschaftlicher Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrums Geesthacht. Das ist ein idealer Job für einen Materialforscher, der weiß, wie aus Atomen die Strukturen, Gefüge und letztlich große Teile entstehen; der gelernt hat, aus den kleinen Bausteinen ein Ganzes zu machen.

Die Sprachmelodie verrät es sofort: Wolfgang Kaysser stammt aus dem Schwäbischen. Kindheit und Jugend erlebt er in Winnenden bei Stuttgart. Als Junge verbringt er viel Zeit auf dem Bauernhof der Großeltern, er trainiert im Judo-Club und fährt Ski, Letzteres mit besonderer Hingabe: Nach dem Abitur leistet er seinen Wehrdienst bei den Gebirgsjägern. Anschließend studiert Wolfgang Kaysser ein Semester lang Maschinenbau in Stuttgart. Doch mit 800 Leuten im selben Hörsaal sitzen? „Ich habe gemerkt: Da wirst du dich nicht entfalten können.“ So bringt der Blick in die eigene Zukunft den Wechsel zur Metallkunde. Hier kommen drei Professoren auf sechs Studenten pro Jahrgang – ein Fach mit einer Sozialstruktur, in der Leistung erwartet und die Begeisterung für das Studium gefördert wird. Das passt besser. Schon bald beginnt er einen Job als studentische Hilfskraft am nahen Max-Planck-Institut. Er betreut ein Experiment, das sich mit dem Benetzungsverhalten von Metallen befasst.



Auf einmal war ich ganz nah dran an der Forschung, das hat mir wahnsinnig viel Spaß gemacht.

Am Institut macht Wolfgang Kaysser schnell Karriere: Noch vor seinem 30. Geburtstag ist er Gruppenleiter. Dass es nicht dabei bleibt, liegt erneut an einem Blick in die Zukunft. „Ich wollte selbst Entscheidungen treffen und nicht irgendwann als älterer Forscher einen jungen Institutsdirektor über mir haben.“ Also schickt Wolfgang Kaysser seine Bewerbungen in die Welt. Ihm öffnen sich zwei Optionen: Ein Ruf an die Universität des Saarlandes und die Institutsleitung der Werkstoffforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Köln. „Die Welten von Universität und Max Planck kannte ich schon – also habe mich für das Großforschungsinstitut entschieden.“ Dadurch verändert sich seine berufliche Rolle: Jetzt steuert Wolfgang Kaysser hauptsächlich die Forschung anderer, statt selbst zu forschen. Eine „tolle Zeit“ sei das in Köln gewesen. Er nimmt Reitstunden – die ersten seines Lebens –, engagiert sich im Karneval und fährt mit seinem Rennrad durchs Bergische Land. Kurz nach der Jahrtausendwende erreicht ihn schließlich eine Anfrage aus dem Norden. Sein Institut ist zu diesem Zeitpunkt ebenso erwachsen geworden wie seine beiden Kinder. So wechselt Wolfgang Kaysser 2003 als Wissenschaftlicher Geschäftsführer zur damaligen GKSS.

Was ist das Wichtigste in einer solchen Position?



Man muss herausfinden, wofür man als Zentrum stehen will. Was an unserer Forschung kann auch in fünfzehn Jahren einen wichtigen Beitrag leisten? Darum geht's!

Manchmal müsse man ein Forschungsfeld deshalb neu erfinden. Wie in der Membranforschung, wo Wolfgang Kaysser in Geesthacht bald für einen Paradigmenwechsel sorgt: Man konzentriert sich nun auf die Arbeit mit neuartigen Polymeren. „Das war eine zukunftsweisende Entscheidung. Ohne sie würden wir am Zentrum heute wohl keine Membranen mehr machen.“ Für einen Geschäftsführer, so lernt man, zählt die Zukunft oft mehr als die Gegenwart.

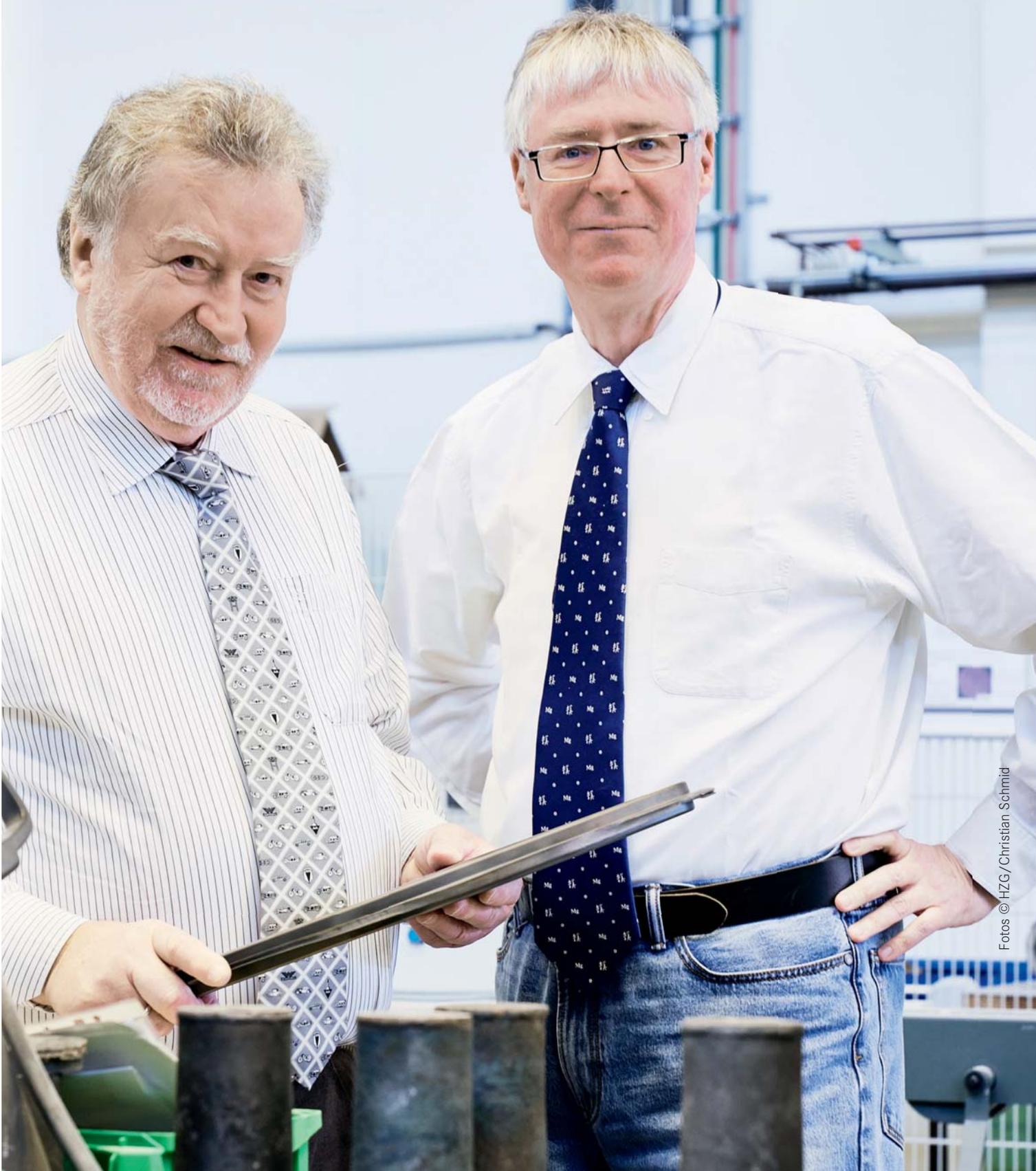
Laut einer Redensart kennt ein Schwabe genau zwei Lebenspflichten: den Fleiß – und das „Häuslebaue“. Wolfgang Kaysser macht da keine Ausnahme. Auch am heutigen HZG gehen zahlreiche Gebäude auf seine Initiative zurück. „Ein Zentrum lebt von der Erneuerung in seiner Forschung und in seiner infrastrukturellen Substanz. Das Bauen hat immer auch etwas mit Stabilisierung zu tun.“

Bei den herausragenden Entwicklungen der Forschung im HZG in den letzten zehn Jahren reihen sich energiesparender funktionaler Leichtbau, saubere Mobilität durch Wasserstoff und körpereigene Regeneration durch Biomaterialien aneinander. „Wir denken heute schon in den Systemen von morgen, auch in der Küsten- und Klimaforschung. Wie verändern unsere Entscheidungen von heute die Küstenmeere der Zukunft? Solche Fragen müssen beantwortet werden. Dafür forschen wir.“ Besonderen Stolz empfindet er heute auf das Climate Service Center GERICS, das „ohne Blaupause“ aus einem einfachen Projekt heraus entstanden ist. Ein „Marsch durch den Dschungel“ sei das gewesen. „Da stecken viel Arbeit und zähe Beharrlichkeit drin.“ Auch die Magnesiumforschung am HZG sei eine enorme Erfolgsgeschichte. Hier gehöre man inzwischen zu den „drei, vier großen Playern weltweit“.

Ende August verabschiedet sich Wolfgang Kaysser als Geschäftsführer. Wie es danach für ihn weitergeht, will er nicht verraten. Fest steht jedoch: Nur noch sein italienisches Carbon-Rennrad fahren und auf dem Balkon die Blumen gießen – dabei würde ihm „bald langweilig werden“. Man könnte schon mal Wetten abschließen. Auch in den kommenden Jahren wird Wolfgang Kaysser das tun, was er in seinen 16 Jahren am HZG getan hat. In die Zukunft blicken. Und danach gute Entscheidungen treffen.

Autor: Jochen Metzger

Gemeinsam Pläne schmieden





Ein Teil eines Flugzeugsitzes aus einer Magnesiumlegierung:
Dieser Prototyp ist in einem gemeinsamen Projekt entstanden.

Seit 2005 arbeitet Heinz-Peter Reichel in unterschiedlichen Projekten mit dem Magnesium Innovations Center MagIC im HZG zusammen. In dieser Zeit sind verschiedene schmiedbare Legierungen auf Magnesiumbasis für Anwendungen in der Flugzeug- oder Fahrzeugindustrie sowie Medizintechnik entstanden. Mit Dr. Norbert Hort, Leiter der Abteilung „Magnesiumprozesstechnik“ im HZG, traf er sich zur Projektbesprechung in der Magnesium-Gießhalle des HZG.

Herr Reichel, können Sie sich noch an das erste Projekt mit dem HZG erinnern?

Heinz-Peter Reichel: Angefangen hatte es 2005 mit einem Schmiedeteil aus Magnesium, das eine Benzin- und Benzolfeste Oberfläche haben sollte. Genutzt werden sollte es zum Beispiel für einen PKW-Tankeinfüllstutzen oder für die Tankklappe. Die Legierung war nicht weiter definiert, hier haben uns die Wissenschaftler aus Geesthacht eine neue Legierung entwickelt.

Was kam danach?

Reichel: 2007 bis 2009 haben wir im Projekt MagBone zusammengearbeitet, es sollten Magnesium-Implantate für die Medizintechnik erzeugt werden. Der Werkstoff sollte bioabbaubar sein und irgendwann einmal als Knochenschraube dienen. Damals ging es um Blut-Interaktionen mit dem Material. Den Werkstoff hat Dr. Norbert Hort erfunden und patentieren lassen. Wir haben das Schmieden übernommen.

„Gegossene Strukturen besitzen völlig andere Eigenschaften als geschmiedete.“



Seit fast 20 Jahren arbeitet Heinz-Peter Reichel (rechts) mit den Kollegen im MagIC zusammen.

Mehr dazu online:



www.hzg.de/magic

ZUR PERSON

Heinz-Peter Reichel (Bild S. 26, links), Gesellschafter der drei Unternehmen: Weisensee Warmpressteile GmbH in Eichenzell, Hessen, der MTW GmbH – Metalle und Technische Werkstoffe sowie der LMPV GmbH – Leichtmetall Produktion und Verarbeitung. Die beiden letzteren haben ihren Sitz in Dernbach, Thüringen. Heinz-Peter Reichel ist zudem Geschäftsführer der LMPV. Alle drei Firmen beschäftigen zusammen rund 100 Personen.

Der 69-jährige Feinmechaniker und Maschinenbau-Ingenieur hat zu Beginn seiner Laufbahn einige Jahre in Kanada gearbeitet. Danach hat er als Selbständiger im Frankfurter Raum Werkzeugmaschinen hergestellt. Anschließend erwarb Reichel die Firma Weisensee Warmpressteile. Daraus sind die Töchter MTW GmbH sowie LMPV GmbH hervorgegangen.

Norbert Hort (Bild S. 26, rechts), Seit 2003 Leiter der Abteilung „Magnesiumprozesstechnik“ am HZG. Seine Promotion hat er 2002 an der Technische Universität Clausthal abgeschlossen. Bereits seit Mitte 2000 ist er im HZG beschäftigt. Er ist der Experte für die Magnesium-Legierungsentwicklung.



Herr Hort, können Sie mehr über das Projekt MagBone erzählen?

Norbert Hort: Im Projekt sollten Implantate aus einer Mischung von Hydroxylapatit und Magnesium hergestellt werden. Allerdings reagiert geschmolzenes Magnesium mit Hydroxylapatit und es kann giftiges Phosphin entstehen. Magnesium-Guss scheid also aus. Daher haben wir die Magnesiumlegierung zusammen mit dem knochenähnlichen Stoff Hydroxylapatit in einer Kugelmühle gemahlen. Die Legierung musste dann verdichtet werden, damit daraus ein kompakter Metallkörper entsteht. Dieser massive Körper konnte durch die Firma LMPV weiterverarbeitet werden. Letztlich ist ein bioabbaubarer Knochenersatz entstanden.

Wie sieht eine typische Zusammenarbeit zwischen Ihnen aus?

Reichel: Für bestimmte Anwendungen brauchen wir häufig eine neue Legierung zum Schmieden. Die muss zunächst entwickelt werden; da kommen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ins Spiel. Das HZG führt dann zum Beispiel einen großen Teil der Mikrostruktur-Charakterisierung durch, sei es im Elektronen-Mikroskop oder an den HZG-Einrichtungen im Synchrotron. Die Legierungsentwicklung und -herstellung erfolgen also durch Norbert Hort und sein Team. Unser Unternehmen, die LMpv, macht daraus ein Band. Dann kommt die Weisensee ins Spiel, die dieses Band anschließend umformt, zum Beispiel schmiedet. Letztlich entsteht ein Bauteil wie diese Sitzstruktur für Flugzeugsitze (siehe Bild S. 27). Das ist normalerweise das Projektende, wenn ein Demonstrator entstanden ist.

Was ist das Besondere an der Legierung für die Sitzstruktur?

Reichel: Das Bauteil, beziehungsweise die Legierung, ist auffällig weniger brandanfällig als herkömmliche Teile. Diese Legierung brennt erst bei mehr als 1.000 Grad Celsius, also rund 300 Grad später als Aluminium. Unsere Legierung hat aber den Nachteil, dass man sie nicht so gut schmieden kann. Das ist ein schöner Werkstoff zum Gießen, aber nicht zum Schmieden. Gegossene Strukturen besitzen aber leider völlig andere Eigenschaften als geschmiedete. Anders ausgedrückt: Der gegossene Sitz würde viel schneller zusammenbrechen als der geschmiedete, weil dieser die Last besser aufnehmen kann. In einem Folgeprojekt wollen wir uns daher mit der Dehnung des Metalls beschäftigen. Dazu geben wir Zusatzstoffe wie Silizium in die Legierung, die ungefähr 50 Nanometer kleingemahlen sind. Aber

wir hatten enorme Schwierigkeiten, diesen Siliziumstaub davon zu überzeugen, dass er sich auflösen und untergehen sollte in der Schmelze. Das ist mit Milchpulver im Kaffee vergleichbar, der schwimmt auch manchmal obenauf. Und wenn man einen Löffel nimmt zum Umrühren, dann klebt die Hälfte am Löffel fest. Wir haben also noch eine Menge Arbeit vor uns. **Hort:** Wir haben aber schon eine sehr gute Vorstellung, wie das gehen könnte. Wir haben Ideen, wie wir im Labormaßstab die Partikel einrühren können. Doch erst mit größeren Mengen können wir sehen, ob und wie diese Legierung schmiedbar ist und welche Eigenschaften diese dann hat. Hier kommt die LMpv als Partner für Anwendungen im größeren Maßstab in Frage. Das Material von der LMpv wird anschließend wieder mit unseren wissenschaftlichen Methoden untersucht.

☺ Vielen Dank für das Gespräch.

Das Interview führte Heidrun Hillen (HZG).



EU-Förderung im HZG: Millionen für die Wissenschaft



© HZG/Christian Schmid

Seit 1999 berät und betreut Dr. Hans-Jörg Isemer das Antragsgeschäft der durch die EU geförderten Forschungsprojekte. Ihm verdankt das HZG eine Antrags-Erfolgsquote von aktuell 35 Prozent. In dieser Zeit konnte das HZG schon 45 Mal die wichtige Position des Projektkoordinators übernehmen.

Es ist ein Wettbewerb um einen Fördertopf, in dem Milliarden Euro stecken: Die Forschungsrahmenprogramme der Europäischen Union. Einer, der sich sehr gut im Förderdschungel der EU auskennt, ist Dr. Hans-Jörg Isemer, Leiter der HZG-Stabsabteilung „Europäische und Internationale Projekte“. Der europaweit gut vernetzte Berater unterstützt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den unterschiedlichen Phasen der komplexen Antragsstellung von EU-Projekten.

Dabei – so Isemer – kommt man in Deutschland oftmals leichter an Gelder für Forschungsprojekte als bei der Europäischen Kommission. Die Anträge etwa beim Bundesforschungsministerium oder Wirtschaftsministerium sind weniger komplex, in der Regel mit geringerem Aufwand verbunden und haben oftmals eine deutlich höhere Förderwahrscheinlichkeit. Doch

der Mr. Europa des HZG ist zutiefst davon überzeugt, dass die Wissenschaft nur erfolgreich sein kann, wenn sie international ausgerichtet wird.

Hans-Jörg Isemer: „Globale Probleme wie zum Beispiel der Klimawandel, Artenschutz oder nachhaltige Energieversorgung müssen international behandelt werden. Nur dann macht meines Erachtens nach Forschung einen Sinn.“ Von besonderem Wert ist dabei, dass in den EU-Projekten so viele verschiedene Menschen aus den unterschiedlichsten Ländern und Kulturen miteinander arbeiten und forschen. Denn das Einbinden von Forschungseinrichtungen aus mehreren EU-Staaten ist eines der Grundprinzipien der EU-Projekte.

In den letzten zehn Jahren ist die Zahl der beim HZG zeitgleich laufenden Projekte von anfangs rund 20 Projekten auf heute etwa 45 Projekte gestiegen. Das korreliert mit den abgerechneten Fördermitteln, die seit 2017 bei etwas mehr als drei Millionen Euro pro Jahr liegen (siehe Grafik). „Durchschnittlich 300.000 bis 500.000 Euro erreichen wir pro Projekt“, erzählt Hans-Jörg Isemer. „Die höchste einzelne Bewilligung lag bei etwas mehr als einer Million Euro.“

Nachrichten aus dem Zentrum

Umweltschädigende Stoffe im Meer: China und Europa im Vergleich

UV-Filter werden nicht nur in Sonnencremes verwendet, um uns Menschen vor den Auswirkungen von Sonnenlicht zu schützen: Auch in Kunststoffmaterialien sind UV-Filter enthalten, um einen sogenannten photoinduzierten Abbau des Plastiks zu verhindern. Viele UV-Filter stehen jedoch im Verdacht, eine hormonähnliche Wirkung zu haben und gelten als potentielle Umweltschadstoffe.

Christina Apel, Doktorandin der Abteilung „Umweltchemie“ im Institut für Küstenforschung, hat eine Analysemethode für 22 organische UV-Filter in Küsten- und Meeressedimenten entwickelt. Die Sedimentproben hat die Wissenschaftlerin während verschiedener Fahrten mit Forschungsschiffen gesammelt und diese anschließend mit modernen Analysemethoden untersucht. So wurden erstmals Sedimentproben aus der europäischen Nord- und Ostsee sowie des Golfs von Bohai und des Gelben Meeres in China auf das Vorkommen von UV-Filtern analysiert, ausgewertet und miteinander verglichen. Ziel der Dissertation von Christina Apel war es, Umweltkonzentrationen und Verteilung von UV-Filtern herauszufinden und potenzielle Quellen zu identifizieren.

Das Ergebnis: Die UV-Filter kamen in allen untersuchten Gebieten vor. Die Konzentrationen der jeweiligen Stoffe waren in Europa und China sehr ähnlich. „Das war überraschend. In den Untersuchungen anderer Schadstoffe konnten in China meist höhere Konzentrationen nachgewiesen werden“, sagt Christina Apel. Besonders auffällig war der chemische Stoff Octocrylen. In beiden Untersuchungsgebieten machte dieser UV-Filter über 50 Prozent der gefundenen Sedimentbelastung aus. Octocrylen hat ein hohes Bioakkumulationspotential, kann sich also in Organismen und damit in der Nahrungskette anreichern.



© HZG/Christian Schmid

Christina Apel hat Daten in China und Europa gesammelt, ausgewertet und verglichen.

Mehr zum Thema Schadstoffe finden Sie online:



coastmap.hzg.de/schlaglichter/schadstoffe

Forschen in Freiluftlaboren

Zehn ländliche Regionen weltweit wurden als Freiluftlabore für das Projekt OPERANDUM ausgewählt: In diesen betrachten Wissenschaftler naturbasierte Maßnahmen, um die Auswirkungen von beispielsweise Dürren, Küstenerosion oder Überflutung zu mindern. Ziel der Forscher ist es, ein umfassendes Wissen über die Wirksamkeit von naturnahen Ansätzen zur Minderung der sogenannten hydro-meteorologischen Risiken zu gewinnen.

In Deutschland dient das Biosphären-Reservat Niedersächsische Elbtalau als Freiluftlabor. Dort wird zum Beispiel die Weidetierhaltung auf den Auenwiesen als naturbasierte Maßnahme genutzt, um Überflutungsflächen freizuhalten. Das Climate Service Center Germany (GERICS) ist einer der Projektpartner in OPERANDUM und bereitet unter anderem maßgeschneiderte, regionale Klimainformationen für die Freiluftlabore auf.

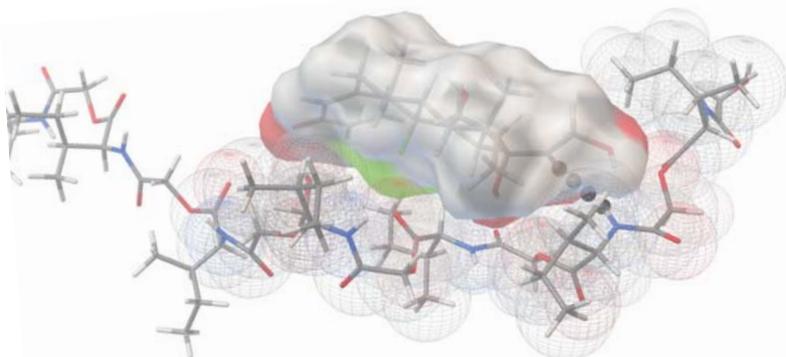
Die Arbeiten finden im Rahmen des Projekts OPERANDUM statt. OPERANDUM steht für OPEN-air laborATORIES for Nature based solUTions to Manage hydro-meteo risks. Insgesamt investiert die Europäische Kommission in das Projekt mit 26 Partnern 12,2 Millionen Euro.



www.operandum-project.eu

Winzige Wirkstoffträger

Wenn im Körper Wirkstoffe lokal freigesetzt werden sollen, kommen sogenannte Nano-Carrier zum Einsatz. Winzige Partikel aus Polymeren transportieren die Arzneistoffe an den Zielort. Dort werden die Wirkstoffe durch Diffusion oder durch den Abbau des Polymers freigesetzt. Damit sie ihre Wirkung entfalten können, müssen sie in einer möglichst hohen Konzentration vorliegen. Das Problem bei herkömmlichen Polymeren: Ab einer bestimmten Beladungsdichte wird der Trägerpartikel instabil. Deshalb suchen Wissenschaftler aus dem HZG-Institut für Biomaterialforschung in Teltow nach einem Polymer, aus dem stabile Träger für hohe Wirkstoffkonzentrationen hergestellt werden können.



Das im Computermodell erstellte OMBD-Molekül. Kohlenstoff ist grau, Wasserstoff weiß, Sauerstoff rot, Stickstoff blau und Fluor grün markiert.

© Brunacci et al, doi: 10.1016/j.jconrel.2019.03.004, CC BY 4.0

Dabei sind sie neue Wege gegangen: Die Forscher haben computergestützte Modelle genutzt, um eine Vorauswahl für die Polymere zu treffen, mit denen sie anschließend Experimente im Labor durchgeführt haben. Dies ist deutlich effizienter als das herkömmliche Vorgehen, bei dem ausschließlich Experimente gemacht werden.

Die Wissenschaftler um Prof. Andreas Lendlein haben sowohl im Modell als auch in den Experimenten zwei verschiedene abbaubare Polymere mit dem vielgenutzten Arzneistoff Dexamethason, einem Entzündungshemmer, beladen: PLGA, ein in der klinischen Anwendung etabliertes Copolymer, und OMBD, ein Oligodepsipeptid, das für diese Anwendung noch neu ist.

Ein Ergebnis der Studie ist, dass sich Oligodepsipeptide sehr viel besser als Nano-Carrier eignen als das herkömmliche Polymer. „Depsipeptide sind eine sehr interessante Substanzgruppe mit großem Potenzial“, so Lendlein. Das Besondere: Sie bieten aufgrund ihres Aufbaus eine große strukturelle Vielfalt, so dass physikalische Wechselwirkungen durch die Auswahl geeigneter Strukturelemente gezielt ausgebildet werden. Das bedeutet, dass der Wirkstoff hier besser haften bleibt und das Polymer so mehr Wirkstoff aufnehmen kann.

Zur Anwendung der Wirkstoffträger in einem Wirkstofffreisetzungssystem ist es noch ein weiter Weg. Im nächsten Schritt wird die Synthese entsprechend den Arzneimittelregularien weiterentwickelt und optimiert.

Live-Schalte in die Strukturbildung von Hohlfasermembranen

Zum ersten Mal wurde im Röntgenstrahl die Selbstorganisation von Blockcopolymeren während der Herstellung von Hohlfasermembranen untersucht. Mit solchen Hohlfasermembranen kann zum Beispiel verdrecktes Wasser so gereinigt werden, dass Trinkwasser entsteht.

Hohlfasern lassen sich aus Polymerlösungen durch einen Spinnvorgang gut herstellen. Als Ausgangsmaterial sind sogenannte Blockcopolymeren (BCP) besonders interessant, da durch ihre Selbstorganisation während des Spinnens gleich große und gleichmäßig verteilte Poren entstehen. Im besten Fall ergibt sich über die gesamte Länge der Faser eine regelmäßig angeordnete, sechseckige Struktur der Poren.

Um herauszufinden, welche Effekte die Porenbildung beeinflussen, hat die HZG-Polymerforscherin Kirti Sankhala neue Wege eingeschlagen: Mit in-situ-Kleinwinkelröntgenstreuung (SAXS) an den HZG-eigenen Beamlines am Deutschen Elektronen Synchrotron DESY in Hamburg hat sie während des Spinnvorgangs beobachtet, wie sich die Selbstorganisation der BCP in der Hohlfasermembran darstellt. Im Experiment treffen Röntgenstrahlen auf die sich bildende Spinnfaser. Dabei reagieren

die Strahlen mit den Elektronen der Faser und erzeugen gestreute Wellen, die ein Detektor erfasst. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf die Struktur der untersuchten Probe ziehen.

Für ihre Untersuchungen benutzte Kirti Sankhala zwei unterschiedliche BCP-Lösungen: eine mit dem Zusatz Magnesiumacetat und eine ohne. Kirti Sankhala: „Magnesiumacetat regt die Bildung von geordneten Strukturen bereits in der Lösung an – es bilden sich sogenannte Mizellen, die zur späteren Porenbildung beitragen.“ Erst die aufwendigen SAXS-Experimente und begleitende elektronenmikroskopische Aufnahmen lieferten ihr den systematischen Vergleich der den Spinnvorgang beeinflussenden Effekte.

Ihr Fazit: Der Zusatz Magnesiumacetat fördert die Strukturausbildung, sodass eine optimale Porenstruktur schon bei allgemein variablen Bedingungen sowie niedrigeren Polymerkonzentrationen entsteht. Das ist bei den relativ teuren BCP ein wichtiger Faktor.

Die wissenschaftliche Publikation finden Sie online:



doi.org/10.1039/C8NR06892E

Die Geschichtenerzählerin

Forschung
bedeutet für mich
Kreativität



Weitere Porträts finden Sie online:



www.hzg.de/portraits

Prof. Dr. Erica Thea Lilleodden

leitet die Abteilung "Experimentelle Werkstoffmechanik"
im Institut für Werkstofforschung

In ihrem Büro stapeln sich Fachmagazine, der Schreibtisch ist übersät von Zetteln, Kinderfotos zieren die Fensterbank, das Whiteboard ist voller Formeln, an der Wand hängen selbstgemalte Bilder und auf dem Regal stehen Modelle chemischer Strukturen. Dr. Erica Lilleodden sieht sich um. „Das nennt man wohl Multitasking“, erklärt sie lachend. Die 46-Jährige ist Abteilungsleiterin der „Experimentellen Werkstoffmechanik“.

„So funktioniert auch mein Gehirn: Ich denke über viele Dinge gleichzeitig nach, oft haben diese erstmal gar nichts miteinander zu tun, aber irgendwann kann ich sie verknüpfen – zum Beispiel durch Gespräche mit anderen.“ Administratives gibt sie gerne auch mal ab. So kann sie sich mehr auf die Wissenschaft konzentrieren – für sie eine Frage der Kreativität.

„Für mich geht es darum, die Geschichte in der Forschung zu finden. Am Anfang steht immer eine Frage, aus der sich etwas entwickelt. Wir probieren verschiedene Wege aus, oft ist es schwierig, es gibt Rückschläge – aber am Schluss haben wir im besten Fall eine Lösung gefunden. Meist tauchen am Ende jedoch neue Fragen auf, die uns weiterforschen lassen, dann beginnen wir ein neues Kapitel.“

Aufgewachsen ist die Forscherin in Saint Paul im Bundesstaat Minnesota, USA. Ihre Promotion in den Materialwissenschaften erlangte sie an der Universität Stanford. „Das Besondere am Promovieren in den USA ist, dass PhD-Kandidaten dort noch Vorlesungen haben und Theorie und Praxis besser verknüpfen können. Gerade in dieser Phase sollten sich junge Wissenschaftler ausprobieren können und kreativ sein.“ Das versucht sie hier mit ihren Doktoranden umzusetzen: „Wir diskutieren viel, ich gebe nicht einfach vor, was in einer Dissertation passieren soll. Die Doktoranden sollen ihren eigenen Weg finden – natürlich im Austausch mit mir und Kollegen. Dadurch lernen wir alle dazu.“

Ihr Weg nach Deutschland führte 2004 zunächst nach Karlsruhe. Am dortigen Forschungszentrum war sie als Humboldt-Forschungsstipendiatin tätig. Als die Wissenschaftlerin gerade mit dem Gedanken spielte, wieder zurück nach Amerika zu gehen, lernte sie ihren heutigen Ehemann kennen. „Er war der Auslöser dafür, dass ich hiergeblieben bin.“ In Karlsruhe traf sie auch Prof. Norbert Huber, heute Institutsleiter der Werkstoffmechanik, der gerade plante, nach Geesthacht zu gehen und ein Labor für die Mikromechanik aufzubauen. Erica Lilleodden war begeistert von der Aussicht auf ihr eigenes Labor und eine feste Stelle. 2006 begann sie ihre Arbeit am HZG und zog mit ihrem Mann, der ursprünglich aus Norddeutschland kommt, nach Hamburg. „Mein Mann freute sich, dass er wieder näher am HSV-Stadion wohnte“,

schmunzelt Erica Lilleodden. Heute wohnen sie mit ihren Kindern in einem sogenannten Hamburger Kaffeemühlenhaus.

Erica Lilleoddens wissenschaftliche Geschichte dreht sich um Mikromechanik, um Nanostrukturen. Wie verhalten sich mechanisch beanspruchte Bauteile für zum Beispiel Flugzeuge auf der Mikroebene? Um das herauszufinden, schneidet sie Proben in einer Größe von 100 Nanometern aus. Das ist etwa ein Tausendstel eines menschlichen Haares. Diese winzigen Proben untersucht sie im Labor mit verschiedensten Geräten. „Mich interessiert: Wie ist das Material aufgebaut? Wie sieht die atomare Ebene aus? Wer große Teile untersucht, muss Annahmen darüber treffen, warum ein bestimmtes Verhalten auftritt. Ich schaue gleich auf die Mikroskala und kann dadurch verstehen, wie die atomare Ebene das große Ganze beeinflusst.“ Für ihre herausragende Grundlagenforschung erhält sie im November 2019 den begehrten Preis der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde.

„Ich freue mich wahnsinnig! Der Preis ist eine Auszeichnung für unsere gemeinsame Arbeit hier in der Gruppe und die Einflüsse von vielen Kollegen weltweit.“

Sie spricht Deutsch mit amerikanischem Akzent. Wenn sie begeistert ist, leuchten ihre Augen und sie rutscht schnell in ihre Muttersprache ab. Neben der eigenen Forschung, der Betreuung von Nachwuchswissenschaftlern und der Abteilungsleitung ist sie Reviewerin bei zahlreichen wissenschaftlichen Journals. „Wissenschaftliche Paper vor der Veröffentlichung zu lesen, um die Qualität der Arbeit sicherzustellen, ist enorm wichtig.“ Auch Konferenzen organisieren, die Lehre an den Universitäten sowie Mitgliedschaften in diversen Gremien kommen dazu. „Das ist unsere Verantwortung als Teil der wissenschaftlichen Gemeinschaft, auch wenn das oft zeitaufwendig ist. So bekommt man aber viele Einblicke und neue Perspektiven mit auf den Weg – davon profitieren alle.“

Familie Lilleodden reist gerne, selten zwei Mal an einen Ort. 2020 wird es richtig spannend: Von Januar bis Juni zieht die Familie nach Saint Paul, zurück in Erica Lilleoddens Heimat. Dort wird sie als Gastdozentin an der Uni arbeiten, die Kinder können mal eine längere Zeit mit dem amerikanischen Teil der Familie verbringen. Die 10-jährige Tochter und der 8-jährige Sohn wachsen zweisprachig auf. „Wir freuen uns sehr und sind neugierig, wie das Leben dort für uns sein wird.“ Im Juli kommen sie zurück und schreiben ihre Geschichte in Hamburg weiter.

Autorin: Gesa Seidel (HZG)



Teambildung erfolgreich – Netzwerk für Zukunftsfragen

Hamburgs Klimaforscher bündeln ihre Kräfte in einem neuen Exzellenzcluster: Knapp 200 Wissenschaftler engagieren sich im interdisziplinären Verbund CLICCS. Darin analysieren sie nicht nur die globale Entwicklung des Klimas, sondern beraten auch Städte und Gemeinden, die sich auf künftige Szenarien einstellen wollen. Expertinnen und Experten des HZG sind Teil des Großprojekts.

Erst vor Kurzem mussten Verkehrspolizisten wieder warnen: Heftige Sandstürme fegten in einigen Regionen Norddeutschlands über Autobahnen und Landstraßen. Mithilfe von Radiodurchsagen wurden Autofahrer gebeten, ihr Tempo zu drosseln – die Sicht auf die Fahrbahn war eingeschränkt. Windböen hatten den Sand aufgewirbelt und von benachbarten Äckern auf den Asphalt getrieben: Nach Wochen ohne Regen waren die Felder ausgetrocknet – und das mitten im sonst niederschlagsreichen Frühling. Einige Landstriche im Norden Deutschlands würden Wüsten gleichen, berichteten Meteorologen damals.



„Szenarien wie diese machen deutlich, wie sehr der Klimawandel künftig unseren Alltag bestimmen könnte“, sagt Professor Detlef Stammer, Klimaforscher und Direktor am Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit der Universität Hamburg (CEN). Denn extreme Wetterereignisse wie derartige Dürreperioden könnten Deutschland in Zukunft häufiger heimsuchen, zeigen Studien. Umso wichtiger sei es, so Stammer weiter, dass Wissenschaftler nicht nur die globalen Klimaentwicklungen untersuchen, sondern insbesondere auch regionale Aussagen treffen.

Diesen Spagat wollen Hamburger Klimaforscher nun in einem neuen Forschungsprojekt wagen: Im Januar startete in der Hansestadt das Exzellenzcluster „Climate, Climatic Change, and Society“, kurz CLICCS, dessen Sprecher Ozeanograf Stammer ist. Knapp 200 Wissenschaftler engagieren sich in dem Verbund: Meteorologen, Geowissenschaftler und Experten für Klimamodellierungen zum Beispiel, aber auch Politologen und Konfliktforscher, Soziologen, Ethnologen und Juristen. Insgesamt vernetzen sich in der Initiative Fachleute aus 15 Disziplinen.

Von CLISAP zum CLICCS

Diese Zusammenarbeit von Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaftlern ist seit vielen Jahren ein Markenzeichen der Hamburger Klimaforschung. Gemeinsam entwickelten die Experten zunächst das Forschungsprogramm CLISAP, das 2007 zum Exzellenzcluster wurde und dessen Förderung erst im vergangenen Jahr auslief. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützt das neue Programm CLICCS nun mit 38 Millionen Euro bis zum Jahr 2025. Es soll sich noch stärker auf regionale Entwicklungen und auf Strategien der lokalen Risikoabwehr konzentrieren.

Gesellschaftliche Prozesse werden dabei immer mitberücksichtigt:

- Welche klimarelevanten Maßgaben setzt zum Beispiel die Politik?
- Wie reagieren Bürgerinnen und Bürger auf Initiativen für den Klimaschutz?
- Und wie schnell wandeln sich Branchen, die besonders viel Kohlendioxid freisetzen?

Bisherige Rechenmodelle konnten derartige Entwicklungen nur unzureichend berücksichtigen, obwohl diese Faktoren das künftige Klima stark beeinflussen. Diese Lücke will CLICCS nun füllen.

„Wir wollen nicht nur wissen, welche Klimaszenarien rein physikalisch möglich sind, sondern auch, welche besonders wahrscheinlich sind, wenn wir physikalische und soziale Entwicklungen gleichermaßen berücksichtigen“, erklärt Stammer eine Zielsetzung des CLICCS. Entsprechend groß ist die Spannweite der Forschungsfragen, denen sich das Exzellenzcluster stellen will. Der Verbund betreibt zwar weiterhin wichtige Grundlagenforschung, untersucht daneben zum Beispiel aber auch die sozialen und politischen Risiken, die der Klimawandel birgt, oder analysiert, welche Schutzmaßnahmen sich in bestimmten Regionen als besonders sinnvoll erweisen.

Hamburg Climate Futures Outlook

Wichtige Zwischenergebnisse will das CLICCS dabei in einem jährlichen Bericht veröffentlichen, dem „Hamburg Climate Futures Outlook“. Aufgezeigt werden soll darin immer wieder auch, inwieweit die Ziele des Pariser Klimaabkommens erreicht werden könnten. „Viele Fakten liegen dafür schon auf dem Tisch, nun kommt es aber darauf an, wirksame Strategien zum Handeln zu entwickeln“, so Stammer.

Hinter dem Forschungsprogramm stehen außer dem CEN auch das Institut für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht (HZG) sowie das Climate Service Center Germany (GERICS) des HZG, das Max-Planck-Institut für Meteorologie und das Deutsche Klimarechenzentrum; beteiligt sind außerdem acht weitere Partnerinstitutionen. Inhaltlich teilt sich das Programm in drei Schwerpunkte auf mit insgesamt 14 Projekten: Forschungsbereich A betreibt naturwissenschaftliche Grundlagenforschung, Segment B widmet sich sozialwissenschaftlichen Themen und der Schwerpunkt C konzentriert sich auf lokale Klimaszenarien und die dafür notwendigen Anpassungsstrategien.

Innerhalb dieser Zweige ist die Bandbreite an Themen groß: Die Experten in Bereich A etwa untersuchen so unterschiedliche Regionen wie die Arktis und

die Tropen oder vergleichen die Luftzirkulation in Wäldern und Städten. Mit Messungen, Experimenten und Satellitendaten, aber auch durch die Entwicklung noch feinerer Rechenmodelle wollen sie das Klimageschehen noch detailreicher abbilden. Zum Beispiel die Kohlenstoffflüsse in Küstenregionen: Aus Untersuchungen im Rahmen der CliSAP-Initiative wissen die Forscherteams, dass die Küstenmeere besonders viel CO₂ aufnehmen können. Insofern spielt das Meer eine wichtige Rolle als Puffer: Ohne dessen Speicherkapazitäten wären die Auswirkungen des Klimawandels wohl schon heute viel deutlicher spürbar.

CO₂-Aufnahme im Küstenmeer

„Wie diese Prozesse speziell in den küstennahen Gewässern genau funktionieren, ist aber noch unerforscht“, erklärt Professorin Corinna Schrum, Leiterin des Bereichs „Systemanalyse und Modellierung“ am Institut für Küstenforschung am HZG. Die Ozeanografin wirkt federführend im Bereich A an dem Projekt „The Land-Ocean Transition Zone“ mit. Sie ist außerdem Mitglied des Koordinationsteams für den Forschungsbereich C und Mitglied des CLICCS-Vorstands.



Starke Beteiligung des Instituts für Küstenforschung am Exzellenzcluster CLICCS

Drei weitere HZG-Küstenforscher sind als Projektleiter im Exzellenzcluster vertreten: Prof. Beate Ratter, Prof. Kay-Christian Emeis und Dr. Eduardo Zorita. Neben den vier HZG-Projektleitern beteiligen sich zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des HZG-Instituts für Küstenforschung im Cluster. Die Forscher arbeiten in insgesamt sechs CLICCS-Projekten mit. Insbesondere in den Forschungsbereichen C1, C3 und A6.

Die Geografin Prof. Beate Ratter forscht im Rahmen des Exzellenzclusters CLICCS unter anderem zu regionalen Aspekten der gesellschaftlichen Klimawandelanpassung. Insbesondere den Umgang mit Extremereignissen wie Sturmfluten und Stürmen auf kleinen Inseln und an der nordfriesischen Küste gilt ihr Interesse. Neben der Leitung der HZG-Abteilung „Sozioökonomie des Küstenraumes“ forscht Beate Ratter an der Universität Hamburg im Bereich Integrative Geographie. Gemeinsam mit HZG-Institutsleiter Prof. Kay-Christian Emeis leiten beide das Projekt „Nachhaltige Anpassungsszenarien für Küstensysteme“ im CLICCS.

Küstensysteme sind interagierende Mensch-Umwelt-Systeme. Sie werden durch lokale sowie großräumigere Rückkopplungen zwischen Klima und Gesellschaft beeinflusst. Im Projekt werden integrierte Rechenmodelle für Küstensysteme entwickelt, die die Auswirkungen des Klimawandels abbilden und die wesentlichen Einflüsse des Menschen einbeziehen. So werden Zukunftsszenarien entwickelt, zum Beispiel die Daten des marinen Nahrungsnetzes mit geophysikalischen, biophysikalischen und sozioökonomischen Komponenten verknüpfen und die gesellschaftlich plausibel sind. Die CLICCS-Forschenden nutzen dabei einen iterativen und partizipativen Modellierungsansatz und entwickeln so nachhaltige Strategien zur Anpassung an den Klimawandel.

HZG-Wissenschaftler Dr. Eduardo Zorita ist ein Leiter im CLICCS-Projekt „Variabilität und Vorhersagbarkeit im Klimawandel“. Im Projekt soll geklärt werden, welche Rolle die kleinskaligen Prozesse im Klimasystem spielen, wie sie die Variabilität, Tendenzen und Vorhersagbarkeit des globalen Klimas beeinflussen und wie wichtig sie für die Entstehung von Klimaextremen sind. Das sind Fragen, die Unsicherheiten der jetzigen Klimaprojektionen noch stark prägen und die in CLICCS mit neuartigen Klimamodellen angegangen werden.

Besonders interessant ist die Perspektive auf diese Meeresregionen, weil dort zeitliche, räumliche und saisonale Schwankungen innerhalb der Kohlenstoffkreisläufe beobachtet wurden. Doch eine systematische Analyse fehlte bislang. „Das wollen wir jetzt angehen“, so Schrum weiter. Außerdem will ihre Forschungsgruppe herausfinden, ob die Küstenmeere heute mehr CO₂ aufnehmen als noch vor einigen Dekaden.

Dazu werden die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den kommenden Jahren neue und bereits vorhandene Daten zusammenführen. Corinna Schrums Ziel ist es, gemeinsam mit ihren Kollegen von der Universität Hamburg und dem Max-Planck-Institut für Meteorologie ein neues Ozeanmodell zu entwickeln, das global die Küsten höher auflöst: ICON-Coast, das später Bestandteil eines neuen Klimamodells wird. Mit dessen Hilfe wird die Arbeitsgruppe von Corinna Schrum die noch vielfach unverständenen Austauschprozesse zwischen offenem Meer und den

Küstenbereichen studieren – und damit beitragen zum Verständnis der globalen Klimaentwicklung.

Wissenschaft und Gesellschaft

Diese Wechselwirkungen zwischen lokalem und globalem Klima, zwischen physikalischen und sozialen Einflussfaktoren sollen aber nicht nur in der Theorie erforscht werden. Wichtig ist dem Team von CLICCS die enge Verzahnung mit der Praxis: Das generierte Wissen soll Entscheidern helfen zu bestimmen, welche Maßnahmen im Klimaschutz sinnvoll sind, und Städten und Gemeinden außerdem Wege aufweisen, wie sie sich auf den Klimawandel einstellen können.

Eine Rolle nimmt dabei das Climate Service Center Germany (GERICS) am HZG ein. „Wir wollen Wissenschaft und Gesellschaft miteinander ins Gespräch bringen“, erklärt GERICS-Direktorin Professorin Daniela Jacob. Dazu sind die Wissenschaftler mit verschiedenen Insti-

tutionen im Austausch, etwa Landwirtschaftskammern und Wasserbehörden, Bauern- und Tourismusverbänden, Energieunternehmen und Schifffahrtsexperten.

Von den Vertretern dieser Einrichtungen wollen die Wissenschaftler wissen: Welche Fragen zum Klimawandel empfinden sie für ihre künftige Arbeit als besonders drängend? Verkehrsplaner zum Beispiel müssen vielleicht wissen, wie häufig sie künftig Straßentunnel sperren müssen, weil diese nach Starkregenereignissen nicht mehr passierbar sind, erklärt Jacob. „Unsere Aufgabe wird es sein, zu prüfen, ob unser heutiges Wissen ausreicht, um Antworten auf so konkrete



Fragen zu liefern oder ob wir ein Gespräch mit einem Experten aus dem Kreis der CLICCS-Forscher vermitteln können.“ Fehlt die passende Information oder der geeignete Experte, könnten die Wissenschaftler abwägen, ob die Anfrage so relevant ist, dass sie als neuer Aspekt in ihre Forschungsarbeit aufgenommen wird. So soll verhindert werden, dass die Klimaforschung des Clusters zur Einbahnstraße wird. „Wir stellen Wissen bereit, wollen von den Anwendern aber auch erfahren, welche Wissenslücken wir vielleicht bislang übersehen haben“, erklärt Jacob.

An zwei Projekten ist das GERICS direkt beteiligt: Am Beispiel der Metropolregion Hamburg untersuchen Wissenschaftler, welches Wassermanagement Städte künftig brauchen, die mit Stressfaktoren umgehen müssen wie Hochwasser, Starkregen, Sturmfluten und einem steigenden Grundwasserspiegel. Hier sind Stadtplaner mitunter gezwungen, ganz neue Ideen zu entwickeln, so Jacob, denn bestehende Ablaufsysteme können nicht immer einfach weiter ausgebaut werden: „Das Sietnetz in Hamburg kann, zum Beispiel aus baulichen Gründen, nicht an jedem Ort beliebig erweitert werden.“ Stattdessen könnten große Wassermengen künftig vielleicht gezielt auf Flächen geleitet werden, die sich kurzfristig als Auffangbecken eignen.

In einem weiteren Projekt unterstützen die GERICS-Wissenschaftler Forschungsarbeiten zu ländlichen Gebieten, wie sie sich gegen die Auswirkungen des Klimawandels wappnen können. Die Kommunen dort benötigen lokale, räumlich gut aufgelöste Informationen:

Wie wird sich das Klima speziell in ihrer Region künftig entwickeln? Antworten zu geben, ist nicht einfach, da sich der globale Klimawandel nicht überall gleich auswirkt: In einigen Gebieten nimmt der Niederschlag zu, in anderen nimmt er ab. Die Erwärmung kann unterschiedlich ausgeprägt sein. Hier sollen verfeinerte Rechenmodelle wichtige Antworten liefern. Entscheidend ist dabei, dass derartige Systeme einfach zu handhaben sind. „Wir wollen den Zugang zu den Modellergebnissen einfacher und anwenderfreundlich ermöglichen. Wir entwickeln für Nutzer passgenaue Produkte, die Daten und Informationen zu möglichen Klimaänderungen in Regionen nutzungsspezifisch vermitteln.“ Darüber hinaus wird in einem von der Helmholtz-Gemeinschaft finanzierten, unterstützten Projekt für CLICCS ein Systemmodell entwickelt, das Nutzern die Möglichkeit bieten soll, durch einbinden eigener Informationen Effekte sozioökonomischer Faktoren mit den lokalen Auswirkungen des Klimawandels in Verbindung zu setzen. Insbesondere komplexe Zusammenhänge und Rückkopplungen sollen identifiziert und wirksame Anpassungsmaßnahmen entwickelt werden.

Ethische Klimafragen beantworten

Um Antworten auf solch komplexe Fragen zu finden, sei die Zusammenarbeit verschiedenster wissenschaftlicher

Disziplinen unabdingbar, ist Detlef Stammer überzeugt. An dem jetzt gestarteten Projekt sei zum Beispiel auch ein Philosoph beteiligt, erklärt der CLICCS-Sprecher. Schließlich gehe es auch um entscheidende ethische Fragen: Wie lassen sich die gesellschaftlichen Konflikte, die der Klimawandel zwangsläufig mit sich bringen wird, möglichst gerecht lösen?

Insofern greift das Mammutvorhaben CLICCS nicht nur inhaltlich auf die Arbeit des Vorgängerprojekts CliSAP zurück. Auch organisatorisch profitiert es von der Erfahrung der lange geübten, interdisziplinären Zusammenarbeit. „Naturwissenschaftler und Sozialwissenschaftler arbeiten generell schon sehr unterschiedlich, da braucht es eine gewisse Neugier und Offenheit“, so Stammer. Über die Jahre aber seien die Hamburger Klimaforscher zu einem Team zusammengewachsen. Und das zahlt sich heute mit der Bestätigung als Exzellenzcluster aus: „Wir haben zehn Jahre Vorlauf, deshalb funktioniert unsere Zusammenarbeit heute wirklich exzellent.“

Autorin: Jenny Niederstadt



www.cliccs.uni-hamburg.de

10 Jahre GERICS

Am 1. Juli 2019 feiert das Climate Service Center Germany (GERICS) zehnjähriges Jubiläum.
Ein kleiner Auszug aus der Erfolgsgeschichte:

Juli 2009

Wissenschaftliches Symposium zur offiziellen Gründung; der Leiter Guy Brasseur nimmt seine Arbeit auf

Februar 2009

Die erste Mitarbeiterin Irene Fischer-Bruns beginnt im Climate Service Center (damals CSC)

Oktober 2011

Start des vom CSC koordinierten EU-Projekts IMPACT2C mit 17 europäischen Partnern

Juli 2011

Online-Schaltung des Portals www.klimanavigator.eu als Wegweiser zum Klimawissen in Deutschland

Dezember 2012

Mitherausgabe des Buchs „Klimawandel und Biodiversität – Status für Deutschland“

November 2012

Produktlinie „Fact-Sheets“: Vorstellung des Prototyps „Country Climate-Fact-Sheets“

Juni 2014

Institutionalisierung in der Helmholtz-Gemeinschaft; Daniela Jacob übernimmt die Leitung der inzwischen 34 Mitarbeiter

August 2013

Produktlinie „Baukästen“: Erster öffentlicher Auftritt mit dem „Stadtbaukasten“ in Kiel

Juni 2015

Neue wissenschaftliche Zeitschrift „Climate Services“ mit dem Verlag Elsevier ins Leben gerufen

Februar 2015

„European Roadmap for Climate Services“ unter Mitarbeit von Daniela Jacob veröffentlicht

Juni 2016

Gründung des Helmholtz-Instituts für Climate Service Science (HICSS) mit der Uni Hamburg

Dezember 2015

IMPACT2C Web-Atlas geht online

Juli 2018

Neues Produkt „Bundesländer Check“ zum Klimawandel und neue Publikationsreihe „City Series“

November 2016

Herausgabe des wissenschaftlichen Kompendiums „Klimawandel in Deutschland“

Mai 2019

Heute arbeiten am GERICS 62 Beschäftigte aus vielen unterschiedlichen Disziplinen

Oktober 2018

„IPCC Sonderbericht über 1,5 °C globale Erwärmung“ veröffentlicht; Daniela Jacob ist koordinierende Leitautorin



Mehr Infos in der interaktiven Grafik:



Wissenschaft im Wandel

Wir leben im Zeitalter der Digitalisierung: Unsere Kommunikation verändert sich rasant, Arbeitsabläufe in Unternehmen werden umstrukturiert, alles wird digital und ständig vernetzt. Diese Entwicklung betrifft sämtliche Lebensbereiche – auch die Forschung und Entwicklung. Deshalb haben wir Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am HZG gefragt:

Was bedeutet die Digitalisierung für Ihre Forschung?



© HZG/Christian Schmid



Dr. Volkan Filiz

Leiter der Abteilung „Polymersynthese“, Institut für Polymerforschung

Digitalisierung bedeutet für meine Kollegen und mich in unserer Abteilung Polymersynthese, dass wir in Zukunft gezielter Monomere und Polymere synthetisieren. Die späteren Membraneigenschaften können durch Modellierung der Materialeigenschaften eventuell prognostiziert werden.

Durch die Digitalisierung werden wir in Zukunft mehr Daten generieren und diese zum Beispiel für weitere Polymersynthesen verwenden. Gerade in der Vorhersage von Materialeigenschaften sehe ich aber auch eine große Gefahr, die Simulation und Modellierung sollten mit großer Sorgfalt erfolgen.



© privat



Linda Baldewein

Wissenschaftlerin in der Abteilung „Modellierung zur Bewertung von Küstensystemen“, Institut für Küstenforschung

Meine Kollegen und ich arbeiten am Aufbau einer digitalen Infrastruktur für das Institut für Küstenforschung: dem Helmholtz Coastal Data Center (HCDC). Wir werden damit einen offenen und nachhaltigen Zugang zu Forschungsdaten und -ergebnissen ermöglichen. In den letzten Jahrzehnten sind die Datenmengen in der Küstenforschung immer größer geworden, die wir mithilfe von innovativen Methoden für die Wissenschaft zur Verfügung stellen. Durch die

Digitalisierung werden in Zukunft vermutlich zunehmend Cloudlösungen benutzt werden, um auf Daten zuzugreifen und damit zu rechnen. Die Küstencloud des HCDC, die höchstwahrscheinlich in einigen Jahren entstehen wird, wird einen Beitrag zur weiteren Digitalisierung des Instituts für Küstenforschung leisten.



© privat



Dr. Sarkis Serge Gavras

Wissenschaftler in der Abteilung „Magnesiumprozesstechnik“, Institut für Werkstofforschung

Die Digitalisierung der Forschung kann bei der Herstellung künstlicher neuronaler Netze helfen, die zur Modellierung oder Vorhersage von Ergebnissen verwendet werden können. Das bedeutet, je größer die zu digitalisierende Datenmenge ist, desto genauer wird das Modell sein. Dies kann und hat bereits dazu beigetragen, spezifische Metall-Legierungen zu gießen, die bessere Eigenschaften als die bereits existierenden haben. In Zukunft kann die Digitalisierung dabei helfen, die Eigenschaften von Materialien genau vorherzusagen, vorausgesetzt, die verwendeten Modelle sind

exakt und spiegeln die Ergebnisse aus den Experimenten wider. Wir können also die Auswahl der Materialien für die Legierungen eingrenzen, bevor wir sie produzieren – das spart Zeit und Geld.



360° WISSENSCHAFT

FÜR DEN MENSCHEN UND SEINEN
LEBENSRAUM VON MORGEN



Wissenschaft in 360° erleben? Das geht jetzt von überall!
Ob mit Virtual Reality-Brille oder einfach mit Smartphone, Tablet oder PC:
Mit der App "360° Wissenschaft" tauchen Sie nun in unsere Forschung ein.

Mehr Infos finden Sie unter:

 www.hzg.de/360



 **Helmholtz-Zentrum
Geesthacht**
Zentrum für Material- und Küstenforschung