



TUBAF

Die Ressourcenuniversität.
Seit 1765.



FORSCHEN FÜR DIE ZUKUNFT

GEO
MATERIAL/WERKSTOFFE
ENERGIE
UMWELT

2024
BAND
2

RELEVANZ FÜR UMWELT UND INDUSTRIE

Liebe Leserinnen und Leser,

der Ruf nach weniger CO₂ aus Unternehmen und Haushalten sowie nach kostengünstigen Grund- und Werkstoffen trifft auf den immensen Material- und Rohstoffhunger der Energiewende. Aktuelle Forschung bietet vielseitige Ansätze, damit neue Materialien und Technologien künftig klimaneutral werden. Im Fokus des hier veröffentlichten zweiten Bands des Forschungsmagazins der TU Bergakademie Freiberg steht darum der Bereich Material und Werkstoffe.

Seit ihrer Gründung 1765 entwickelt die TU Bergakademie Freiberg im Rahmen ihrer Profithemen Konzepte für eine bessere Zukunft. Als Ressourcenuniversität haben wir vor allem die Rohstoff- und Klimawende im Blick. Auch in der Zukunft werden mineralische und energetische Rohstoffe dringend benötigt. Die damit dann verbundenen Prozessschritte umwelt- und klimafreundlich zu gestalten, ist zwingend erforderlich. Hier ist die TU Bergakademie Freiberg eine kompetente Partnerin. Wir forschen an zukunftsfähigen Werkstoffen, neuen Technologien und effizienten Recyclingverfahren zur Ausgestaltung einer kreislauforientierten Wirtschaft und zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland und Europa.

Für welche herausragende wissenschaftliche Exzellenz und Forschungsstärke die TU Bergakademie Freiberg steht, zeigen wir Ihnen in diesem Magazin. Entlang unseres vernetzten Profils erhalten Sie so Einblicke in die Freiburger Zukunftsforschung.

Tauchen Sie ein in verschiedene fachübergreifende Projekte und vernetzen Sie sich mit unseren Forschenden.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.



Prof. Dr. Kaus-Dieter Barbknecht
Rektor der TU Bergakademie Freiberg





WIR GESTALTEN DIE WELT VON MORGEN

Moderne Technologien benötigen Rohstoffe, Energie, Werkstoffe und Materialien. Doch wie können wir einen verantwortungsvollen Umgang mit den endlichen Ressourcen dieser Erde erreichen? Und wie lassen sich neue Lösungsansätze mit innovativen, nachhaltigen Methoden ökonomisch sinnvoll umsetzen? All das sind drängende Zukunftsfragen, denen sich die TU Bergakademie Freiberg in allen Profildbereichen stellt. Mit exzellenter Forschung, die sich auch beim Thema Material und Werkstoffe zeigt.

Die Transformation hin zu einer modernen klima- und umweltgerechten Gesellschaft ist eines unserer Kernthemen. Denn wir wissen, dass eine gesunde Umwelt die entscheidende Voraussetzung für das Leben auf der Erde ist und forschen deshalb für weniger Abfall, für moderne umweltschonende Verfahren zur Ressourcengewinnung und -verarbeitung, für nachhaltige Bereitstellung von Energie sowie für Materialien und Werkstoffe der Zukunft.





KAPITEL 1

WERKSTOFFE UNTERSUCHEN

INHALT

- Ultraschnelle Lichtblitze für verbesserte Materialien
- Ultraschallermüdung – Schwingungen im Zeitraffer
- Effizientes Materialdesign dank starker Röntgenstrahlen
- Wie Computerprogramme zu sicheren Materialien führen
- Werkstoffe für Bauteile unter extremer Beanspruchung

ULTRASCHNELLE LICHTBLITZE FÜR VERBESSERTE MATERIALIEN

Für die Entwicklung hochleistungsfähiger und effizienter Materialien schafft die Arbeitsgruppe „Strukturforschung mit XFELs und Synchrotronstrahlung“ vom Institut für Experimentelle Physik mit ihrer Grundlagenforschung wesentliche Voraussetzungen. Dafür analysiert das Team in Kooperation mit nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen in einem neuen Verfahren erstmals detailgetreu die Prozesse in einem Modellsystem für organische Solarzellen innerhalb von für Menschen kaum wahrnehmbaren Femtosekunden. Eine Femtosekunde ist der millionste Teil einer milliardstel Sekunde. Bei ihren Forschungen arbeiten die Freiburger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eng mit dem European X-Ray Free-Electron Laser (EuXFEL), dem Freie-Elektronen-Laser FLASH, DESY in Hamburg, mit der Advanced Light Source in Berkeley (USA) und dem Synchrotron BESSY II am Helmholtz-Zentrum Berlin zusammen.

Schlüssel für Echtzeit-Analyse und Messungen interner Parameter sind ultraschnelle Lichtblitze an EuXFEL und FLASH in Hamburg. Letzterer ist der weltweit erste Freie-Elektronen-Laser im Röntgenbereich. Die einzigartigen Eigenschaften dieser Röntgenquellen nutzt das Team für die Erweiterung um die zeitaufgelöste Röntgen-Photoemissionsspektroskopie (TR-XPS). Eine Methode, die auf dem äußeren Photoeffekt basiert. Diesen hatte bereits Albert Einstein erklärt und dafür 1921 den Nobelpreis für Physik erhalten.

Damit wird es möglich, Ladungstrennung und -rekombinationsprozesse sowie deren Dynamiken beim Auftreffen von Licht auf ein Modellsystem zu analysieren. Ein solches System kann dabei eine organische Solarzelle sein, also eine Solarzelle, die aus Kohlenwasserstoff-Verbindungen besteht. Mit dieser Messmethodik können Informationen über Ladungstransferprozesse gewonnen und so zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften von Bauteilen eingesetzt werden. Ladungstransferprozesse spielen bei vielen aktuellen Forschungsthemen im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit und erneuerbaren Energien eine wichtige Rolle. So wurden in den vergangenen Jahren Beiträge für das Verständnis der Prozesse nach Lichtanregung in Modellsystemen für organische Solarzellen publiziert.

Diese Erkenntnisse lassen sich für die Entwicklung hochleistungsfähiger und effizienterer Solarzellen nutzen und bieten zugleich Optimierungsmöglichkeiten im Bereich der Materialwissenschaft. In Zukunft soll diese Messmethodik auf die Untersuchung von Ladungstransferdynamiken bei photo-katalytischen Reaktionen, wie zum Beispiel der nachhaltigen Wasserstoffproduktion, erweitert werden.

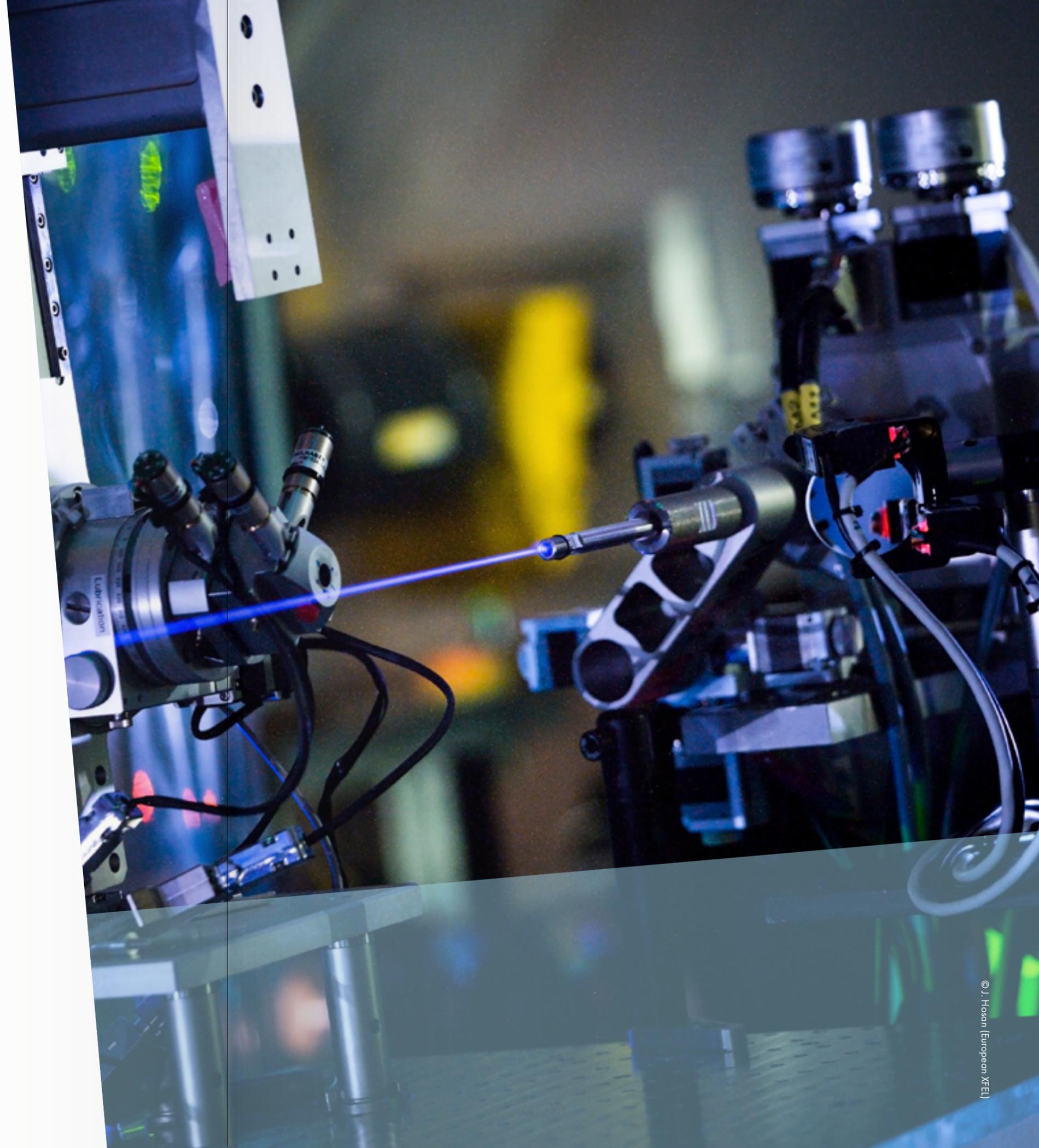
Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Serguei Molodtsov
serguei.molodtsov@xfel.eu

Dr. Friedrich Roth
friedrich.roth@physik.tu-freiberg.de



Einen Mess-Tag mit dem Team erleben.



ULTRASCHALLERMÜDUNG – SCHWINGUNGEN IM ZEITRAFFER

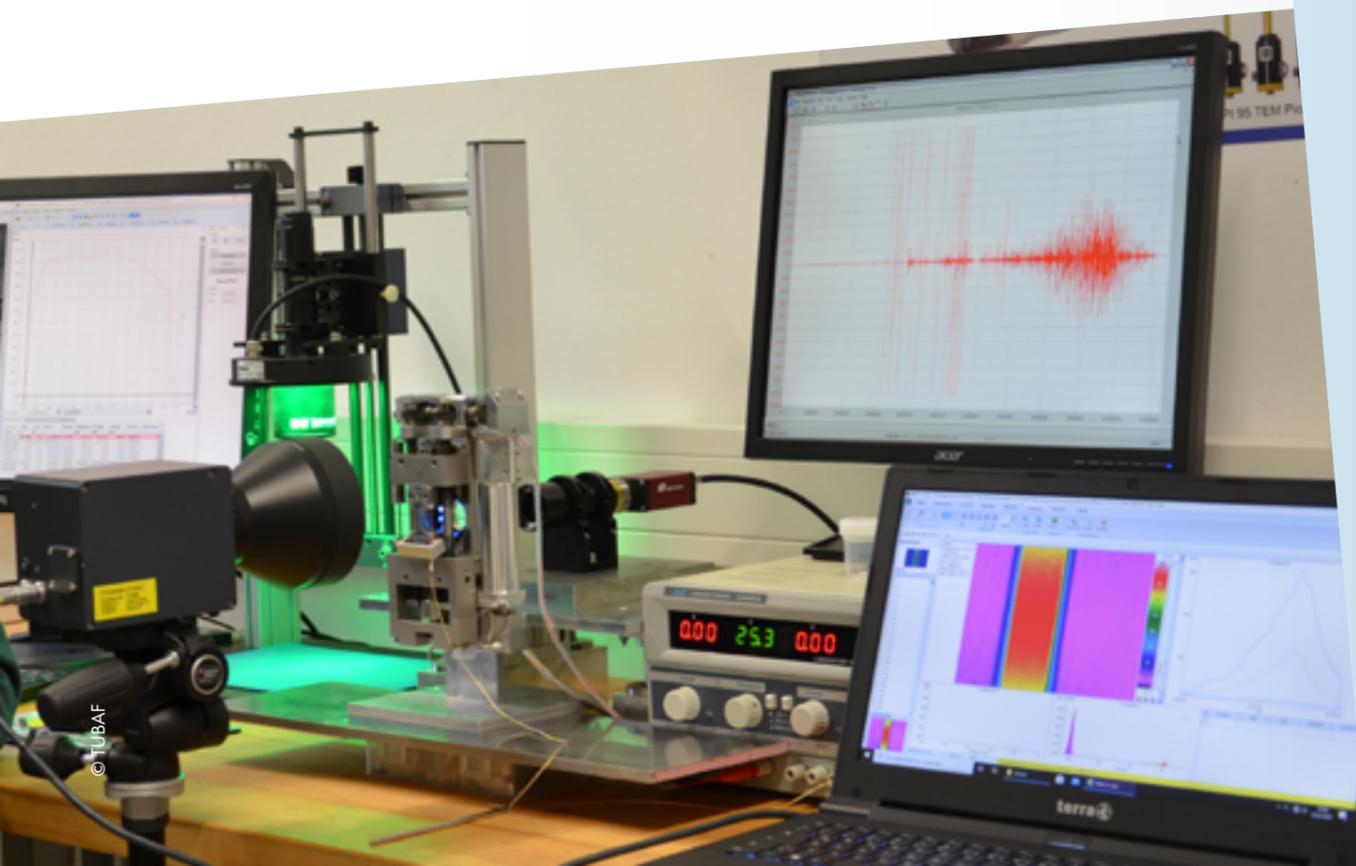
Ob Autoräder oder Fahrradpedale – viele Teile unterliegen zyklischen Belastungen. Während das gesunde menschliche Herz erst nach 60 Jahren eine Milliarde dieser Belastungen erreicht, ist das bei metallischen Werkstoffen bereits nach deutlich kürzerer Zeit der Fall. Risse und Brüche sind oft die Folge. Ziel der Forschungen am Institut für Werkstofftechnik ist es deshalb, die nichtmetallischen Einschlüsse, die als Grund für die Brüche bekannt sind, zu minimieren und die Reinheit des metallischen Materials zu erhöhen. Eine experimentelle Methode, die Lebensdauer zu bestimmen, ist die sogenannte Ultraschallermüdung.

Damit können die bis zu einem Bruch diagnostizierten eine Milliarde Lastwechsel in weniger als zwei Tagen realisiert werden. Das Material wird dafür mit einer Frequenz von 20 Kilohertz, also oberhalb des Hörfrequenzbereiches des Menschen, zu mechanischen Schwingungen angeregt. Bei einer herkömmlichen Prüfanlage mit einem Hertz würden für die eine Milliarde Lastwechsel mehrere Jahre benötigt. Die Forschenden können diese verbesserte Prüftechnik an zwei durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanzierten Anlagen nutzen. Dort sind zudem Forschungen in einem Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 700 Grad Celsius möglich. Untersucht werden Stähle, Aluminiumlegierungen, Verbund- und Hochtemperaturwerkstoffe, aber auch Nickelbasis-Superlegierungen. Interesse für Praxis-tests gibt es bei Gasturbinenherstellern, wozu im Herbst 2023 auch ein Projekt mit Siemens-Energy, MTU, MAN Energy Solutions und der Ruhr-Universität Bochum begonnen hat.

Sprechen Sie uns an.

Dr. Anja Weidner
weidner@ww.tu-freiberg.de

Prof. Dr. Horst Biermann
biermann@ww.tu-freiberg.de



EFFIZIENTES MATERIALDESIGN DANK STARKER RÖNTGENSTRAHLEN

Damit Materialien mit immer besseren Eigenschaften entstehen, sind vielfältige Studien nötig. Forschende des Instituts für Werkstoffwissenschaft nutzen dafür jedes Jahr bis zu fünf Wochen die Möglichkeiten des Deutschen Elektronen-Synchrotrons (DESY) am Forschungszentrum der Helmholtz-Gesellschaft in Hamburg. Es zählt zu den weltweit führenden Beschleunigerzentren. Vorteil für die jährlich mehr als 3.000 Nutzenden aus über 40 Nationen: Mit den Röntgenstrahlen von Petra III, wie die Quelle genannt wird, können sehr kleine Materialproben untersucht werden. Und das, während sich die Probe zum Beispiel durch Wärmebehandlung und thermomechanische Behandlungen wie Drahtziehen, Schweißen, Umform- oder Walzprozesse verändert.

Die Entstehung neuer Materialien kann während des Syntheseprozesses verfolgt und die gewünschten Eigenschaften durch gezielte Modifizierung ihrer inneren Struktur eingestellt werden. Das spart Ressourcen. Diese sogenannten in situ- und in operando-Studien sind die Voraussetzung für das Materialdesign und eine effiziente Entwicklung von ressourcenschonenden Produktionstechnologien in der Mikro-, Nano- und Optoelektronik, bei der Energiewandlung zum Beispiel in Solarzellen, der Energiespeicherung in Batterien oder der Herstellung von langlebigen Produkten.

Neben der Entwicklung von Elektronik- und Batteriematerialien untersucht das Freiburger Team bei DESY Fragestellungen der Materialsynthese und des Materialverhaltens unter extremen Bedingungen, der Erzeugung 3D-gedruckter Komponenten sowie klimaneutraler Stoffumwandlungsprozesse.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. David Rafaja
rafaja@ww.tu-freiberg.de



WIE COMPUTERPROGRAMME ZU SICHEREN MATERIALIEN FÜHREN

In vielen Lebensbereichen haben Sicherheit und Zuverlässigkeit von Bauteilen immense Bedeutung. Ob beim Bau von Gebäuden oder Brücken, Autos oder in der Luft- und Raumfahrt-technik – Gefahren in der Nutzung sollten schon bei der Konstruktion ausgeschlossen werden. Immer wieder aber zeigen Unfälle, dass noch Nachholbedarf besteht. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Mechanik und Fluidodynamik beschäftigen sich deshalb mit der Simulation von Rissausbreitung und strukturellem Versagen sowie dem Verhalten von Materialien auf atomarer und mikroskopischer Ebene.

Derartige Analysen helfen, potenzielle Schwachstellen frühzeitig zu erkennen und Auswirkungen auf die Gesamtstruktur zu bewerten. Simulationswerkzeuge erlauben es, die Konstruktion von Bauteilen und Strukturen zu optimieren. Damit werden verschiedene Materialien, Formen und Konfigurationen bewertet, um Leistung und Lebensdauer von Materialien zu maximieren. Der entscheidende Nutzen von Simulationen ist es, in einer Vielzahl von Szenarien die Auswirkungen von Rissausbreitung und Versagen mit dem Computer und damit sehr kostengünstig zu untersuchen – ohne dabei reale Experimente durchführen zu müssen. Denn die Prüfung von Materialien und Strukturen im Labor oder durch Prototypen ist teuer und zeitaufwendig.

Professor Bernhard Eidel vom Lehrstuhl Mikromechanik und Mehrskalige Material-Modellierung geht noch einen Schritt weiter. Er beschäftigt sich mit sogenannten künstlichen neuronalen Netzen, einem Teilgebiet der künstlichen Intelligenz. Mit diesen Computerprogrammen lässt sich zum Beispiel eine Verbindung von heterogenen Materialien zu deren Eigenschaften herstellen. Heterogen bedeutet, dass diese Materialien aus unterschiedlichen Bestandteilen bestehen, den sogenannten Phasen, die in verschiedenen Mikrostrukturen vorliegen. Um diese Verbindung herstellen zu können, muss das neuronale Netz trainiert werden. Dafür werden Mikrostruktur-Geometrien sowie die zugehörigen, aus experimentellen Messungen oder Computerberechnungen stammenden Eigenschaften eingelesen. Durch eine Anpassung seiner Parameter lernt das neuronale Netz, seine Vorhersagen immer genauer an das Lernziel anzupassen, bis es in der Lage ist, auch für neue Mikrostrukturen die noch unbekanntesten Steifigkeiten genau vorherzusagen. Mit einer neuen Generation von neuronalen Netzen ist das für beliebige Phaseneigenschaften in beliebigen Kombinationen möglich. Bisher ging das nur für Phasen mit festen Eigenschaften. Damit ist die Materialwissenschaft in der Lage, auch für neue Materialien die effektiven Steifigkeiten in Bruchteilen von Sekunden zu bestimmen. Teure und energieintensive Prozesse entfallen.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Bernhard Eidel
bernhard.eidel@imfd.tu-freiberg.de

WERKSTOFFE FÜR BAUTEILE UNTER EXTREMER BEANSPRUCHUNG

Modernste Bearbeitungswerkzeuge wie Kronen für Gesteinsbohrer, aber auch Sicherheitsbauteile werden im Betrieb hohen Belastungen ausgesetzt. Dazu gehören beispielsweise Längsträger im Vorderwagenbau, die auch einem Frontalaufprall standhalten müssen. Das Material in solchen Bauteilen ist unterschiedlichen Temperaturen, Drücken, Beanspruchungsgeschwindigkeiten und korrosiven Einflüssen ausgesetzt. Das alles beeinflusst die Materialeigenschaften.

Um aber die Grenzen der Beanspruchbarkeit auszureizen, müssen die Mechanismen des Werkstoffversagens in unterschiedlichen Situationen verstanden werden. Dafür forscht das Institut für Werkstofftechnik im Labor und in enger Verbindung mit Praxispartnern wie dem Unternehmen Walzengießerei Coswig GmbH. Dort werden in Zusammenarbeit mit Einrichtungen, wie der TU Bergakademie Freiberg, Belastbarkeit und Langlebigkeit an den eingesetzten Gusswerkstoffen für Windkraftkomponenten getestet. Aber auch Hersteller von Windenergieanlagen nutzen Forschungsergebnisse für die Verbesserung von Leistungsfähigkeit und Lebensdauer verwendeter Werkstoffe.

Für ihre Materialuntersuchungen arbeiten die Forschenden mit Hochgeschwindigkeitsphotographie, Dehnungsmessstreifen, mit der Analyse akustischer Emissionen sowie der Rasterelektronenmikroskopie. Dies ermöglicht sowohl die Erfassung von oberflächlichen Effekten als auch von Vorgängen im Bauteilinneren während des Bruches. Durch eine gezielte Kombination mehrerer sich ergänzender Methoden werden die mikroskopischen Prozesse analysiert, die zwar weniger als eine Millisekunde dauern, aber dennoch das ganze Bauteilverhalten bestimmen. Durch die so gewonnenen Erkenntnisse können bestehende Komponenten anders bewertet und gezielt Hochleistungswerkstoffe für neue Bauteile und Strukturen geschaffen werden. Untersucht werden dabei nicht nur Gusswerkstoffe, sondern auch Materialien wie Aluminium, Stahl, Titan und Magnesium sowie Keramiken.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Lutz Krüger
krueger@ww.tu-freiberg.de

Sebastian Henschel
sebastian.henschel@iwvt.tu-freiberg.de



KAPITEL
2

WERKSTOFFE ENTWICKELN

INHALT

- Wie aus belastetem Wasser Baustoffe entstehen
- Sensor aus neuartigem Material bietet Alternative für Blutzucker-Messung
- Nachwachsend und mit Potenzial
- Mit innovativer Sensorik zu leichteren Gussteilen
- Neue Rohstoffe für die Glasindustrie
- Transformation in der Stahltechnologie
- Warum Simulationen die Langlebigkeit von Werkstoffen verbessern können
- Grüne Ressourcen für energieintensive Prozesse
- Werkzeuge der Zukunft
- Schneller zu defektfreien Wafern
- Auf dem Weg zu ungefährlichen Schmierölen
- Simulationen am Superrechner
- Innovative Software für die Materialforschung
- Hochporöse Stoffe für eine nachhaltige Produktion
- Wie Gallium-Halbleiter-Schichten wachsen
- Neue Legierungen für Musikinstrumente
- Metalle klimaneutral schmelzen
- Forschen an superelastischen Effekten
- Wie die Bearbeitung von Silicium-Waferoberflächen billiger wird
- Neue Materialien für Werkzeuge und biologisch abbaubare Implantate



WIE AUS BELASTETEM WASSER BAUSTOFFE ENTSTEHEN

Abfälle, Deponien und Bergbauschlämme belasten die Umwelt. Dabei enthalten sie neben Schadstoffen auch wertvolle Rohstoffe wie Zink und Eisen. Diese zurückzugewinnen und wieder zu verarbeiten, haben sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Technische Chemie gemeinsam mit regionalen Firmen vorgenommen. Quasi vor ihrer Haustür haben sie mit dem Roten Graben dafür ein Pilotprojekt gefunden. Der im 17. Jahrhundert gebaute Kunstgraben entwässert bis heute das Freiburger Grubenrevier und mündet in die Freiburger Mulde. Das Problem: Eisenhaltige Ausfällungen können vor allem bei Hochwasser zu Verschmutzungen von Oberflächen- und Grundwasser führen. Zudem führt der Graben derzeit nur fünf Zentimeter tiefes Wasser, der Rest ist belasteter Schlamm, insgesamt 13.000 Kubikmeter.

Nun soll dieser Schlamm vor Ort in eine sogenannte Kammerfilterpresse gepumpt und entwässert werden. Mit Hilfe von Membranen werden die im Filtrat enthaltenen Schwermetalle wie Arsen, Blei und Cadmium entfernt. Diese werden separiert und aufkonzentriert. Kann danach die Reinheit der so gewonnenen Metalle nachgewiesen werden, finden diese beispielsweise in der Halbleiterindustrie, in der Solarindustrie oder auch bei der Herstellung von Metalllegierungen Verwendung.

Nach dem Prozess des Filtrierens bleibt sauberes Wasser, das wieder in die Freiburger Mulde fließt. Aus dem Schlamm werden Wertstoffe wie Zink und Eisen gewonnen. Recycelt wird auch der verbleibende feste Rückstand, aus dem sogenannte Geopolymerbaustoffe entstehen. Ihre Struktur ist natürlichen Mineralien nachempfunden. Der so entstehende Werkstoff erhärtet schnell, ist druckfest, temperaturbeständig, formstabil und nicht brennbar. Das alles lässt ihn zur Zement-Alternative zu einem Ausgangsstoff für die Bauindustrie werden – für die Sanierung im Bergbau, für Abwasser- und Kanalbau, aber auch als hitzebeständiges Material.

Erste Versuche im Labor und in einem Forschungscontainer haben diesen Rückgewinnungsprozessen Erfolg bescheinigt. Nächster Schritt ist der Aufbau einer Demonstrationsanlage direkt am Roten Graben unter realen Bedingungen.

Mit dieser Entwicklung gelingt es nicht nur, Baustoffe kostengünstig herzustellen, durch die Wiederverwendung von Sekundärrohstoffen werden auch energieintensive Verarbeitungsprozesse aus Primärrohstoffen vermieden. Kosten für die Deponierung entfallen und die CO₂-Bilanz verbessert sich.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Martin Bertau
martin.bertau@chemie.tu-freiberg.de

Dr. Michael Kraft
michael.kraft@chemie.tu-freiberg.de

SENSOR AUS NEUARTIGEM MATERIAL BIETET ALTERNATIVE FÜR BLUTZUCKER-MESSUNG

Wer mit Diabetes lebt, kommt ohne sie nicht aus – die Teststreifen für die Messung des Blutzuckerspiegels. Sie enthalten Enzyme, die mit der Glukose im Blut reagieren. Einmal angewendet, funktioniert die herkömmliche photometrische oder elektrochemische Messung mit Hilfe der Enzyme nicht mehr und der Teststreifen wird entsorgt. Der Grund: Enzyme sind Proteine, die biochemische Reaktionen auslösen. Als Eiweiße sind sie allerdings nicht temperaturstabil.

Aus einem bio-basierten Werkstoff hat ein Team des Instituts für Elektronik- und Sensormaterialien ein neuartiges Sensormaterial entwickelt, welches eine enzymfreie Messung der Glukosekonzentration im Blut ermöglichen könnte: ein mit dem Mineral Atacamit versehener Badeschwamm. Die einzigartige Struktur des mikroporösen 3D-Schwammgerüsts fördert effizient die Aktivität von Atacamit als Elektrokatalysator. Daher können Glukosemoleküle schnell und einfach in das poröse 3D-Netzwerk diffundieren, was die Elektronenübertragung zwischen Glukose und Atacamit erleichtert und zu den leistungsstarken Eigenschaften des Glukosesensors führt.

Die Forschenden testeten die neuartige Messmethode in zwei Schritten; mit einer glukosehaltigen Lösung sowie mit drei verschiedenen Blutproben anonymer Spenderinnen und Spender aus einer Freiburger Arztpraxis. Beide Tests erwiesen sich als langzeitstabil. Das heißt, sie ergaben über den Zeitraum von einem Monat dasselbe Messergebnis. Als Sensor wäre das Material also wiederverwendbar. Bis zu einer möglichen Anwendung in Teststreifen für Diabetesmanagement müsste das neuartige Sensormaterial weitere Tests sowie klinisch-pharmakologische Studien durchlaufen.

Die Erkenntnisse aus der Entwicklung des neuartigen Sensormaterials wendet das Team aktuell außerdem auf weitere Anwendungen in der Biosensorik an, wie zum Beispiel zur Detektion von Dopamin oder Gallsäure.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Yvonne Joseph
yvonne.joseph@esm.tu-freiberg.de



© Cl. Mokry

NACHWACHSEND UND MIT POTENZIAL

Die meisten Polymere Membranen in technischen Anwendungen sind nicht nachhaltig, denn sie bestehen aus synthetischen, erdölbasierten Komponenten und sind nicht biologisch abbaubar. Zudem ist ihre Funktion oft auf eine reine Stofftrennung beschränkt, ohne die Membranen aktiv in reaktive Verfahren einzubinden.

Die neue Nachwuchsgruppe „Filtrolution“ hat es sich zum Ziel gesetzt, Membranen herzustellen, die eine gezielte Trennfunktion mit Reaktivität und Nachhaltigkeit vereinen. Gefördert wird das Vorhaben am Institut für Elektronik- und Sensormaterialien vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Ausgangspunkt für die innovativen Materialien sind biobasierte Polymere, die als Nanopartikel zum Beispiel aus Holz, Baumwolle, Algen oder Pilzen gewonnen werden. Das Team arbeitet dabei nach dem Prinzip der Emulsion, einer bestimmten Strukturierung der Bionanopartikel in Öl-Wasser-Systemen. Emulsionen begegnen uns im täglichen Leben in Kosmetika oder verschiedenen Nahrungsmitteln, können allerdings auch zur Herstellung von Materialien genutzt werden. Nanopartikel lagern sich in Emulsionen an der Grenze zwischen Öl und Wasser an und stabilisieren die feinen Tröpfchen – es entstehen die sogenannten Pickering-Emulsionen. Diese sind einfach kontrollierbar und ermöglichen eine gezielte Einstellung der Porosität der späteren Membran. Zudem schaffen sie ein selektives Umfeld für chemische Reaktionen in der Wasser- oder Ölphase – ein außerordentliches Potenzial, das bisher kaum ausgeschöpft wurde!

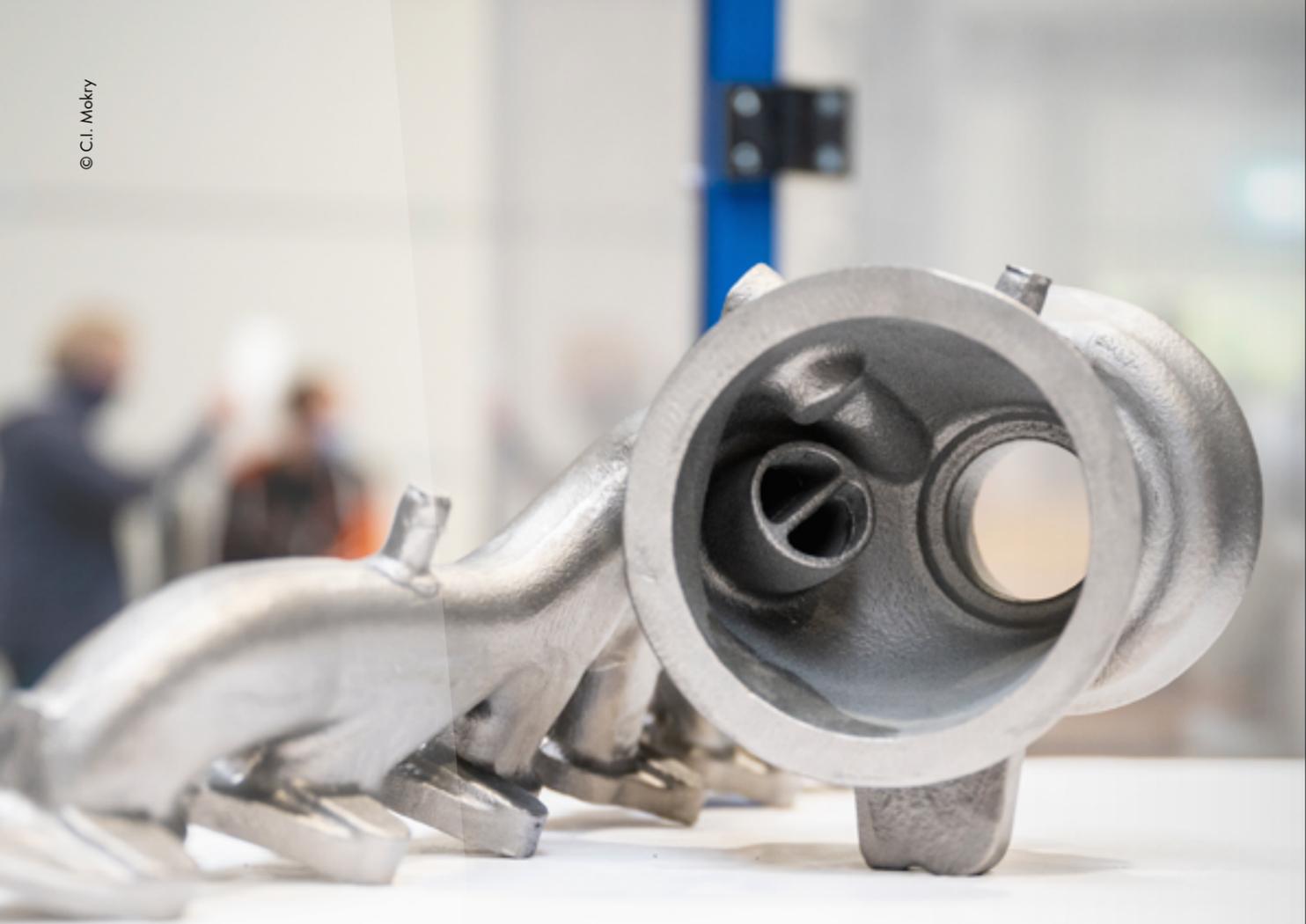
Sprechen Sie uns an.

Dr. Katja Heise
katja.heise@esm.tu-freiberg.de

Prof. Dr. Yvonne Joseph
yvonne.joseph@esm.tu-freiberg.de



© TUBAF



MIT INNOVATIVER SENSORIK ZU LEICHTEREN GUSSTEILEN

Gussteile für die Automobil- und Luftfahrtindustrie weisen heute immer komplexere Geometrien und geringere Wandstärken auf. Beide Trends verstärken sich mit der Entwicklung der Elektromobilität, bei der das Gewicht der Bauteile entscheidend ist. Industriell werden diese Bauteile mit Hilfe von Sandkernen zur Modellierung der Innenkontur hergestellt. Die Sandkernherstellung erfolgt über das Einschießen eines Sandgemisches mit Bindemittel und anschließendes Durchströmen eines Katalysatorgases in einem Kernkasten. Dieser Prozess kann bisher nicht ausreichend messtechnisch überwacht und somit auch nicht gesteuert und optimiert werden. Die Qualität des Sandkerns ist jedoch entscheidend für die Qualität des Gussteils!

An der TU Bergakademie Freiberg entwickelt gegenwärtig ein interdisziplinäres Team aus den Bereichen Gießereitechnik und Messtechnik/Sensorik ein Verfahren, mit dem das Kernschießen und vor allem der Begasungsvorgang mit speziell entwickelten Ultraschallsensoren erfasst und modelliert werden kann. In Kombination mit numerischen Simulationen kann das Team dabei die Parameter für das Kernschießen sowie die Verteilung des Katalysatorgases optimieren. Bis zum Jahr 2026 soll ein Prototyp dieses ultraschallbasierten Sensorsystems entwickelt und in Zusammenarbeit mit industriellen Partnern erprobt werden.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Michal Szucki
michal.szucki@gt.tu-freiberg.de

Jun.-Prof. Dr. Christian Kupsch
christian.kupsch@et.tu-freiberg.de

NEUE ROHSTOFFE FÜR DIE GLASINDUSTRIE

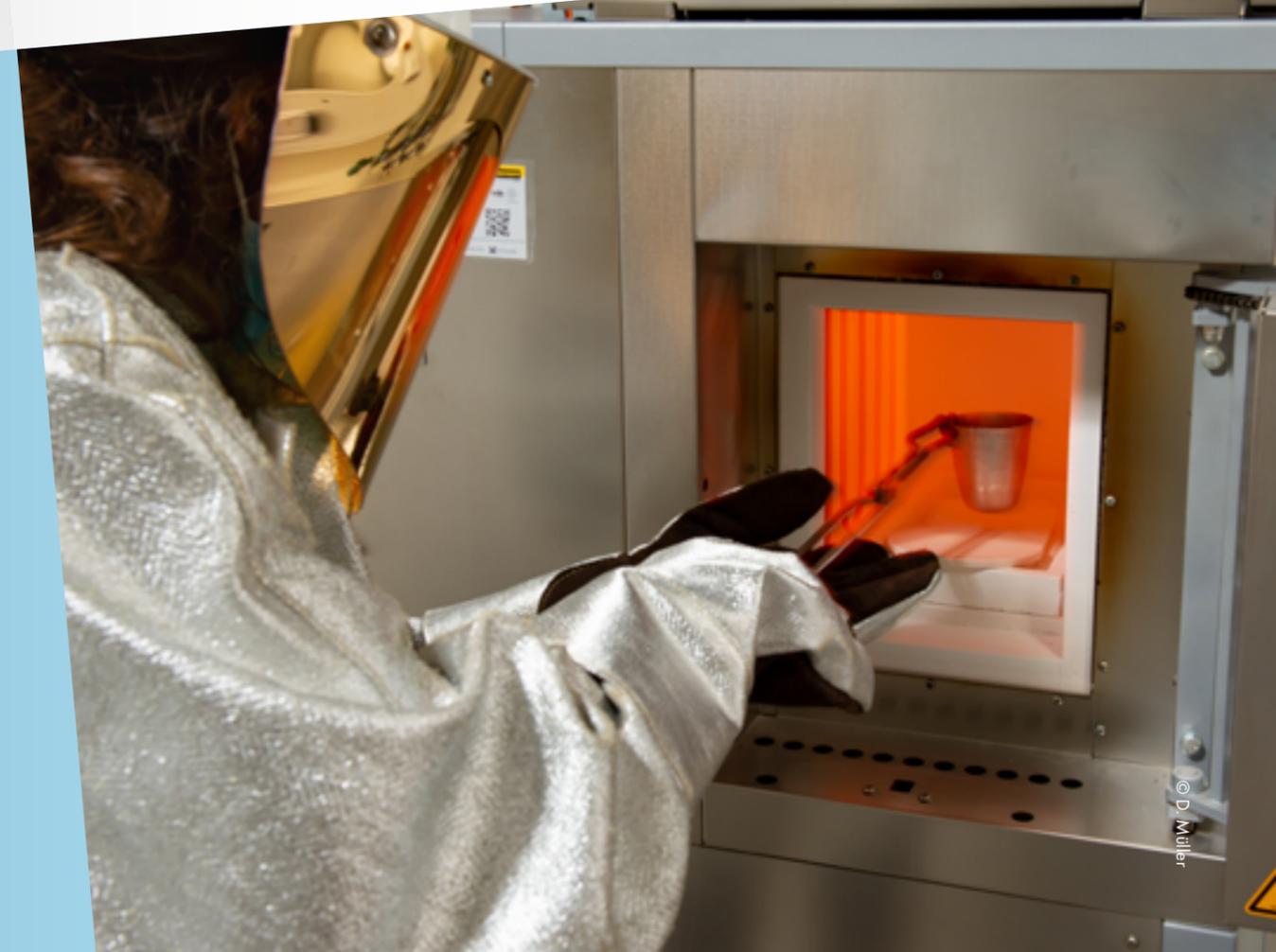
Glas bestimmt unser Leben in vielen Bereichen, ob als Behälterglas, in der Architektur, Medizin, Telekommunikation, Optik, Auto- und Textilindustrie oder bei Hightech-Produkten. Doch die in den nächsten zehn Jahren angestrebte Klimaneutralität wird für die Unternehmen der Glasindustrie ein Wettlauf um ihre Existenz. Denn noch liefert Erdgas mehr als drei Viertel der benötigten Energie für die Herstellung. Das heißt, dabei werden pro Tonne verkaufsfähigen Glases 450 Kilogramm des für das Klima schädlichen Kohlendioxids erzeugt. Ohne die Verwendung von Scherben aus recyceltem Glas zusätzlich zu Sand und Karbonaten sind es nach Berechnungen von Fachleuten sogar 550 Kilogramm.

Deshalb forscht die Nachwuchsgruppe „Quali-Glas“ der TU Bergakademie Freiberg interdisziplinär an Alternativen. Mit dem Projekt verbunden ist die praxisnahe Ausbildung und Förderung von sechs Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern. Themenschwerpunkte werden in das sich weiter entwickelnde Netzwerk GlasCampus Torgau, das Zentrum für effiziente Hochtemperatur-Stoffwandlung der Bergakademie sowie in Lehrveranstaltungen eingebunden. Torgau wird dabei als Ballungszentrum der Glasindustrie eine entscheidende Rolle spielen. Lösungen für neue Ausgangsstoffe bei der Glasproduktion könnten nach ersten Ergebnissen Natriumhydroxid, Kalziumhydroxid und Feinscherben sein.

Ein wesentlicher Baustein hin zur Klimaneutralität ist zudem die Verbesserung des Recyclings, zum Beispiel durch saubere Trennung des Altglases von ausgedienten Pkw. Hier ist das Institut in einem Verbundprojekt auf der Suche nach innovativen Demontage- und intelligenten Sortierverfahren bei Glas. Erforscht wird zudem die Wiedergewinnung von Rohstoffen für die Glasherstellung aus Rest- und Abfallstoffen. Die Verwendung von mehr Elektroenergie aus grünem Strom könnte ein weiteres Plus für die Branche sein. Das noch zu lösende Problem: Die Prozesse sind auf Gas angelegt. Vollelektrisches Schmelzen verändert die Herstellungsbedingungen, sodass sich Glasfarben verändern. Auch die alternative Nutzung von Mikrowellen oder Wasserstoff wird untersucht.

Sprechen Sie uns an.

Jun.-Prof. Dr. Sindy Fuhrmann
sindy.fuhrmann@igt.tu-freiberg.de





© D. Müller

TRANSFORMATION IN DER STAHLTECHNOLOGIE

Der Werkstoff Stahl ist vollständig recyclebar und ein Treiber der Energiewende, Dekarbonisierung und Elektromobilität. Die Nebenprodukte der Stahlindustrie sind Hüttengase, Schlacken und Stäube und damit sekundäre Rohstoffe für verschiedene Industriezweige wie zum Beispiel für die Baustoff- und Chemieindustrie. Wesentliche Fragestellungen zur Unterstützung der laufenden Transformation der Stahlindustrie werden durch aktuelle Forschungstätigkeiten am Institut für Eisen- und Stahltechnologie beantwortet. Ein Schwerpunkt bildet die Erforschung des Einsatzes von Wasserstoff und Bioammoniak als Reduktionsmittel für die Eisenherstellung. Zudem dienen Schlacken und Stäube als wertvolle Quellen für die Rückgewinnung von strategischen Metallen wie Vanadin und Kobalt. Gleichzeitig werden aufbereitete Schlacken erzeugt, die als Baustoff Verwendung finden. Darüber hinaus finden Forschungsaktivitäten zur Erhöhung des Stahlschrotteinsatzes und zu recycelten Feuerfestmaterialien bei der Herstellung zukünftiger Stähle mit maßgeschneiderten Eigenschaften statt.

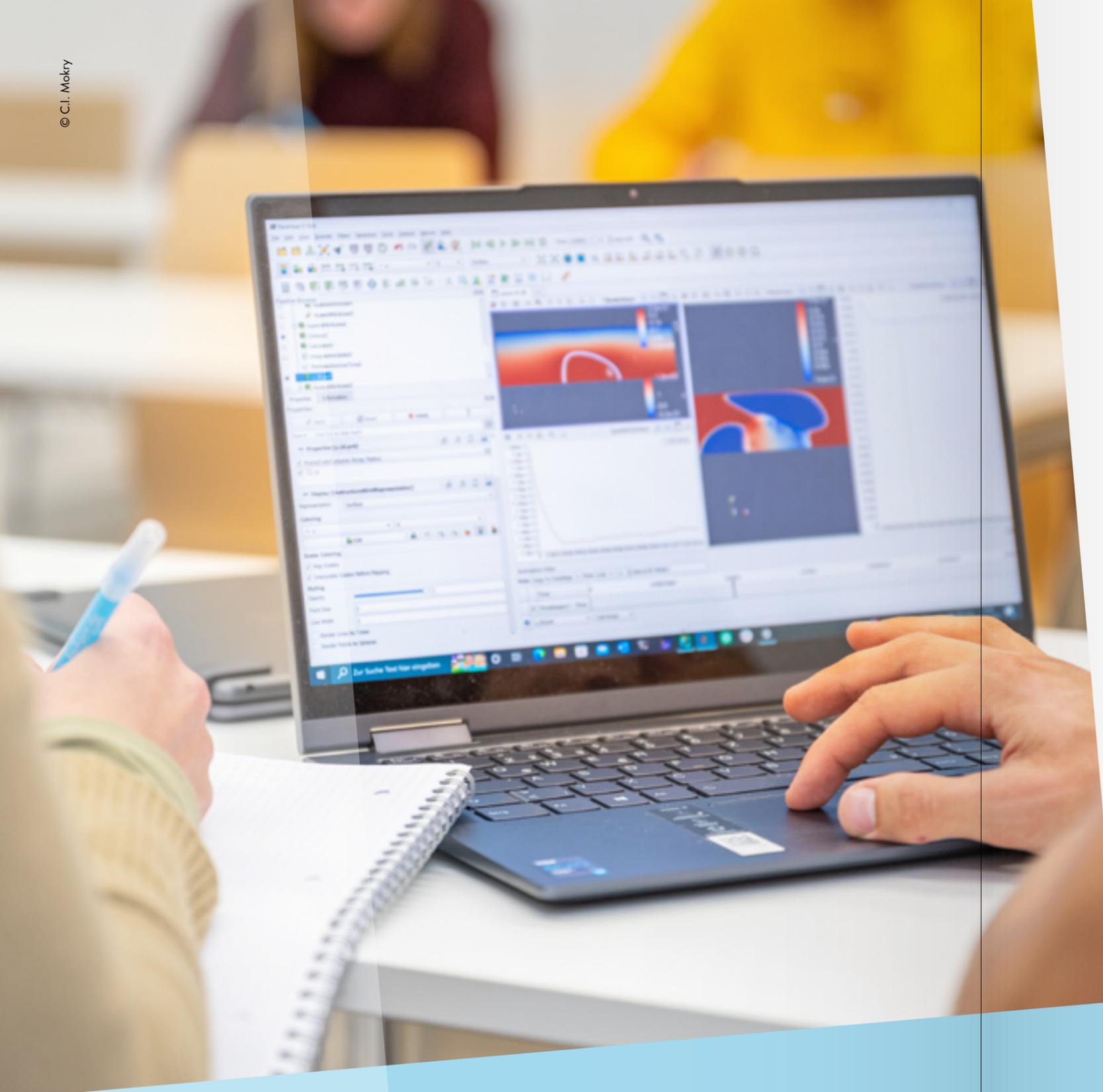
In Kooperation mit mehreren Industriepartnern erforscht das Team die gezielte Rückführung von konditionierten Schrotten aus Altfahrzeugen für eine Wiederverwendung im Automobilbau. Damit werden Energie- und Stoffkreisläufe geschlossen. Ein weiteres Forschungsfeld ist das Design und die Herstellung neuartiger Stähle für unterschiedlichste Anforderungen. Durch gezieltes Legierungsdesign gelingt es, Kupfer-legierte Hochleistungselektrobleche mit 6,5 % Silizium und guter Kaltumformbarkeit zu erzeugen. Darüber hinaus werden moderne, ultrahochfeste Stähle aus Chrom, Magnesium, Nickel sowie Kohlenstoff und Stickstoff mit erhöhter Plastizität für Anwendungen im Fahrzeug- und Maschinenbau erforscht. Ein neues Legierungs- und Gefügedesign ermöglicht die Fertigung von kaltumformbaren Kupfer-legierten Stählen mit antibakteriellen Eigenschaften.

Ein weiterer Forschungsgegenstand ist die Entwicklung von innovativen Stahlpulvern für die additive Fertigung. Damit leistet das Institut einen Beitrag zur Ressourcenschonung, Rohstoffunabhängigkeit und Klimaneutralität.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Olena Volkova

olena.volkova@iest.tu-freiberg.de



WARUM SIMULATIONEN DIE LANGLEBIGKEIT VON WERKSTOFFEN VERBESSERN KÖNNEN

Der Bedarf der Industrie an qualitativ hochwertigen und dadurch langlebigeren Materialien wächst – auch angesichts der Notwendigkeit von CO₂-Einsparung und geringerem Ressourceneinsatz. Dazu kann ein verbesserter Reinheitsgrad von Materialien beitragen. Dieser ermöglicht beispielsweise Leichtbauweisen, in denen dieselben Anforderungen an Festigkeit und Ermüdungsresistenz mit deutlich weniger Materialeinsatz erfüllt werden können. Bei Automobilen und Flugzeugen lässt sich so auch der Treibstoffverbrauch verringern.

Forschende des Instituts für Mechanik und Fluidodynamik forschen deshalb in enger Zusammenarbeit mit anderen Instituten der TU Bergakademie Freiberg unter anderem an neuen, maßgeschneiderten keramischen Filtern, die im Produktionsprozess metallischer Werkstoffe unerwünschte Verunreinigungen effektiv entfernen und so die Materialeigenschaften verbessern. Dabei bringt die Professur für Technische Mechanik – Festkörpermechanik ihre Expertise in der Modellierung und Simulation von Festkörpern ein. Die Erforschung des mechanischen Verhaltens von Hochtemperaturwerkstoffen bei Verformung, Bruch und anderer Schädigung bildet einen wichtigen Schwerpunkt. Dies beinhaltet Feuerfestwerkstoffe für die Stahlproduktion, Materialien für Turbolader- und Turbinenkomponenten unter thermomechanischer Beanspruchung und auch die Entwicklung von Hochtemperatur-Elektrolyseuren für die Herstellung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen, dem sogenannten grünen Wasserstoff.

Anspruch des Teams ist es, die Brücke von der Grundlagenforschung bis zur Bewertung technischer Anwendungen in der Praxis zu schlagen. Es entwickelt beispielsweise Software für den Einsatz in Unternehmen, um so Forschungsergebnisse für die industrielle Anwendung zu übertragen. Durch modellgestützte Vorhersagen der Lebensdauer technischer Komponenten lassen sich Ressourcen schonen. Bauteile sind dann verlässlicher, länger einsetzbar und müssen seltener gewartet werden. Durch eine simulationsbasierte Vorauswahl der besten Kandidaten eines Konstruktionsentwurfes oder eines neuen Materials lässt sich die Anzahl kostspieliger Laborversuche – etwa Crash-Tests von Fahrzeugen – deutlich verringern. Im virtuellen Experiment ist es sogar möglich, die Eigenschaften von Werkstoffen bereits vor ihrer Herstellung zu untersuchen.

Darüber hinaus bietet das Institut Praxispartnern die Unterstützung bei industrienahen Forschungsvorhaben und Dienstleistungen an. Dazu gehört die Bestimmung von Werkstoffeigenschaften in Laborversuchen. Hierbei hat sich die Professur neben anderem auf Kleinstprobenversuche spezialisiert, die in einem sehr breiten Temperaturspektrum zwischen Minus 180 und 1600 Grad Celsius angeboten werden können.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Björn Kiefer, Ph.D.
bjoern.kiefer@imfd.tu-freiberg.de

GRÜNE RESSOURCEN FÜR ENERGIEINTENSIVE PROZESSE

Die höheren Anforderungen an Klimaneutralität zwingen auch Hersteller von Keramik- und Feuerfestwerkstoffen zum Umdenken. Denn die dafür nötige Sinterung von Materialien ist der energieintensivste Prozess in der keramischen Technologie überhaupt. Beim Sintern – ein Prozess, der unter anderem für die Herstellung von Feuerfeststeinen, Fliesen, Keramik-Kondensatoren, Isolatoren, Dichtungen oder Mischventilen notwendig ist – wird das Gefüge von feinkörnigen keramischen oder metallischen Stoffen bei hohen Temperaturen verdichtet.

Für diesen Prozess sind in der Regel bis heute Gasbrenner im Einsatz. Ähnlich emissionsreich ist die Hochofentechnologie in der Stahlindustrie. Deshalb forscht das Institut für Keramik, Feuerfest und Verbundmaterialien an der Entwicklung einer neuartigen Hybrid-Ofentechnologie für die Wärmebehandlung von keramischen und feuerfesten Erzeugnissen sowie für die Anwendung in metallurgischen Prozessen. Durch die Kombination von wasserstoffbetriebenen Plasmabrennern und Mikrowellenplasmabrennern soll eine energieeffiziente Sinter-Technologie entwickelt werden. Und das auf der Basis von grünem Strom und grünem Wasserstoff, um die CO₂-Emissionen maßgeblich zu reduzieren. Während die wasserstoffbetriebenen Brenner die Aufgabe des Vorheizens bis etwa 600 Grad Celsius übernehmen, kommt der Mikrowellenplasmabrenner oberhalb von 600 Grad Celsius bis zur Sinter-temperatur, die je nach Material zwischen 1.200 und 1.700 Grad Celsius beträgt, zum Einsatz.

Für praxisnahe Tests und Anwendungen der neuen Technologie haben sich die Forschenden mit Industriepartnern in Bayern und Niedersachsen zusammengeschlossen. Im Rahmen des Forschungsprojektes sollen die Erdgasbrenner für die Beheizung von Sinter- und Schmelzöfen durch die neue Hybrid-Brenner-Technologie ersetzt werden. Da bei jedem Industrieofen viele Brenner im Einsatz sind, geht das nur schrittweise.

Gefördert wird das 2023 gestartete Projekt bis 2027 mit 2,2 Millionen Euro vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Für dieses Projekt ist dem Institut nach entsprechender Antragstellung ein Patent erteilt worden.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Christos G. Aneziris
aneziris@ikfww.tu-freiberg.de

Dr. Steffen Dudczig
steffen.dudczig@ikfww.tu-freiberg.de

WERKZEUGE DER ZUKUNFT

Wer Metalle, Gesteine oder Keramiken bearbeitet, weiß, dass die Werkzeuge dafür besonders hart und zäh sein müssen. Für ihre Herstellung kommen deshalb sogenannte Hartstoffe zum Einsatz. Unerlässlich sind diese beispielsweise für die Herstellung von Drehteilen aus Stahl, Keramikgehäusen für die High-Tech-Industrie oder Linsen für Smartphones.

Etwa 80 Prozent der in der Zerspaltung eingesetzten Hartstoffe enthalten jedoch eines oder beide der von der Europäischen Union als kritisch eingestuft Rohstoffe Wolfram und Kobalt. Kritisch deshalb, weil es hier neben der großen wirtschaftlichen Bedeutung zu Versorgungsengpässen kommen kann. Außerdem werden diese Rohstoffe oft unter unmenschlichen Bedingungen abgebaut.

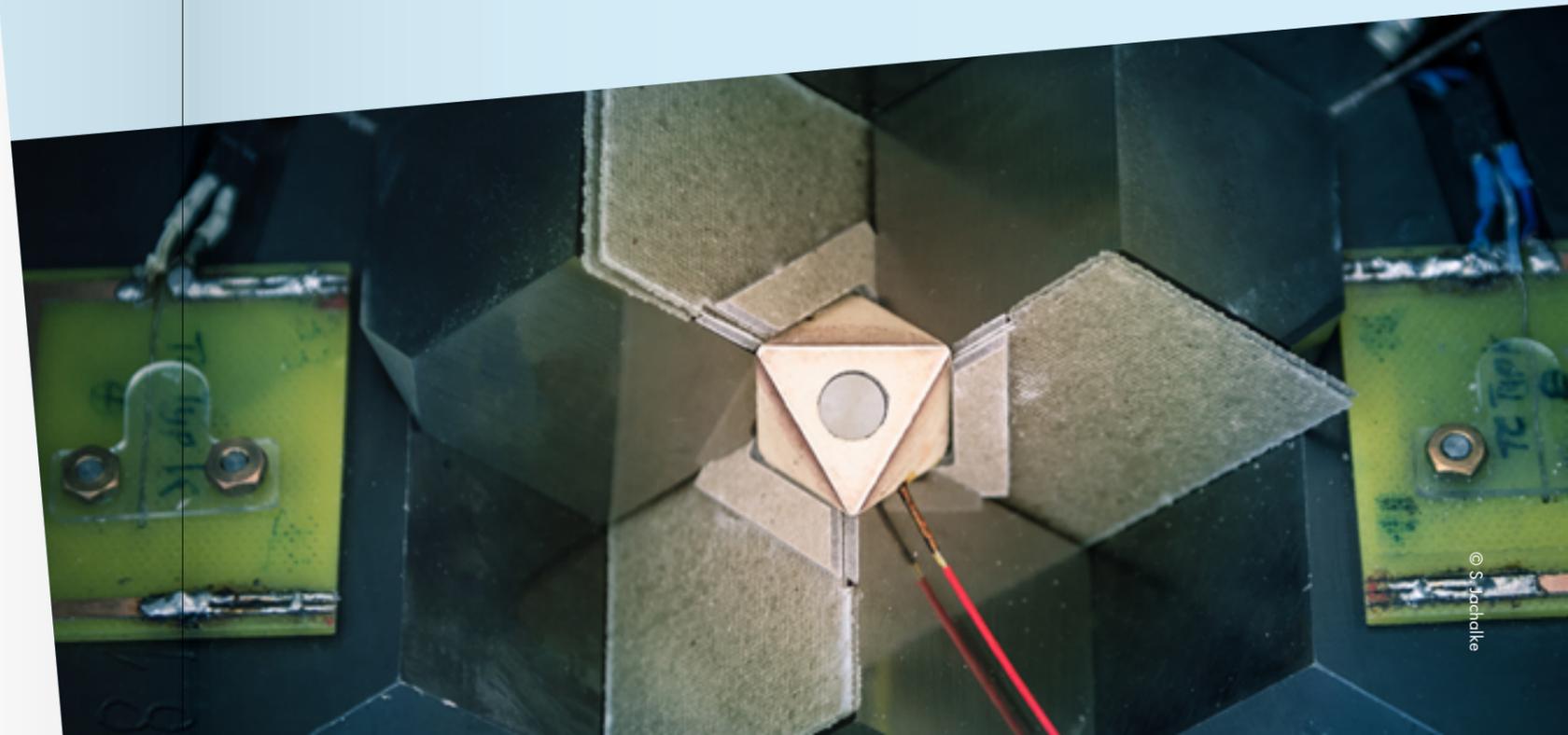
Und die Verwendung dieser Rohstoffe hat noch einen anderen Nachteil: Die Bearbeitung von Metallen und Keramik braucht besondere Hartstoffe. Bei Verwendung dieser kritischen Rohstoffe ist das eigentliche harte Material aber in eine weiche Binderphase eingebettet. Die Einsatzmöglichkeiten sind so durch einen höheren Verschleiß limitiert. Damit diese Werkzeuge langlebiger und damit effizienter sind, arbeiten Teams am Freiburger Hochdruck-Forschungszentrum, eine zentrale Einrichtung der TU Bergakademie Freiberg, an neuen Hartstoffen ohne diese Binderphase.

Hergestellt und untersucht werden diese Materialien unter Laborbedingungen im Hochdruck-Forschungszentrum durch Teams aus verschiedenen Fachbereichen. Denn nur durch Hochdrucktechniken können solche Hartstoffe überhaupt hergestellt werden. Das Material wird dabei unter einem Druck von mehreren Millionen Atmosphären auf über 1.000 Grad Celsius erhitzt. Gemeinsam mit Praxispartnern aus der Industrie werden die so entstehenden neuen Hartstoffe zum Beispiel in Form von Schneid- und Polierwerkzeugen getestet.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Edwin Kroke
edwin.kroke@chemie.tu-freiberg.de

Prof. Dr. Gerhard Heide
gerhard.heide@mineral.tu-freiberg.de



SCHNELLER ZU DEFEKTFREIEN WAFERN

Für den Halbleiterstandort Deutschland arbeiten Forschende des Instituts für Angewandte Physik an neuartigen Materialien für die Leistungs- und Mikroelektronik. Unter anderem mit dem vor einigen Jahren gegründeten Forschungslabor Mikroelektronik zur Entwicklung von Materialien der Leistungselektronik (ForLab Mat4 μ) wurden dafür beste Bedingungen geschaffen. Zwischen 2019 und 2022 sind in das Projekt mehr als eine Million Euro an Bundesmitteln geflossen. Deutschlandweit existieren zwölf solcher universitärer Forschungslabore Mikroelektronik, die eng zusammenarbeiten.

Im Verbund mit weiteren akademischen und industriellen Partnern können neben der Herstellung im Reinraum die Bauelemente auch mit unterschiedlichen spektroskopischen Methoden untersucht werden. Die Forschenden beschäftigen sich damit, Defekte in Halbleiter-Wafern zu charakterisieren und Testbauelemente praxisnah darauf zu integrieren. Mit diesen Forschungen wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in einem frühen Stadium der Materialentwicklung Aussagen darüber treffen, wie bestimmte Defekte die Funktionalität der späteren Bauelemente beeinflussen.

Leistungselektronische Bauelemente werden beispielsweise in Solar- und Windkraftanlagen sowie auf dem Gebiet der Elektromobilität eingesetzt. Ziel der Untersuchung der Halbleitermaterialien ist es, die elektrischen Verluste zu minimieren, höchste Wirkungsgrade zu erzielen und Bauelemente langlebiger und effektiver herzustellen. So wird es möglich, Ressourcen zu sparen.

Erkenntnisse, wie sie im Freiburger Forschungslabor gewonnen werden, vereinfachen den Einstieg neuer Materialien in die Technologie und verkürzen den Innovationszyklus bei deren Entwicklung.

Dieser Ansatz der Halbleitermaterialforschung bis hin zur Realisierung in Bauelementen findet auch Eingang in die Entwicklung effizienterer Solarzellen oder neuartiger Dotierungsmethoden in der Quanten- und Nanoelektronik.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Johannes Heitmann
johannes.heitmann@physik.tu-freiberg.de

Prof. Dr. Daniel Hiller
daniel.hiller@physik.tu-freiberg.de

AUF DEM WEG ZU UNGEFÄHRLICHEN SCHMIERÖLEN

Per- oder polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind vielseitig einsetzbar. Ihre Verarbeitung in verschiedenen Materialien sorgt dafür, dass beispielsweise Outdoorbekleidung wasserabweisend ist und Antihaft-Kochgeschirr hergestellt werden kann. PFAS, also Kohlenwasserstoffketten, bei denen Wasserstoffatome durch Fluoratome ersetzt werden, sind eine künstlich hergestellte Stoffgruppe, die mehr als 10.000 Einzelsubstanzen umfasst. Sie wird auch im Öl als Additive verwendet, verringert so Reibung und Energieverlust. Zum Einsatz kommen PFAS aber ebenso als Dichtungswerkstoff in Maschinen bei Prozessen mit Temperaturen von mehr als 100 Grad Celsius.

Dabei hat der Einsatz von PFAS gerade auf dem Weg zu Klimaneutralität und in Zeiten von Ressourcenknappheit seine Tücken. Aufgrund ihrer hohen chemischen Stabilität werden PFAS-Stoffe nur langsam abgebaut, zum Teil unvollständig oder gar nicht. Deshalb hat die Anreicherung dieser Stoffe in der Natur negative ökologische und sogar gesundheitliche Auswirkungen.

Um das einzudämmen, sind in den nächsten Jahren EU-Verordnungen zu erwarten, die den PFAS-Gebrauch regulieren und massiv einschränken. Während beim Einsatz für Dichtungen mangels Alternativen von Übergangsfristen bis zu 13,5 Jahren die Rede ist, wird der Einsatz als Schmierstoffadditiv anders bewertet. Das betrifft beispielsweise Fahrradkettenöle oder Schmierstoffe in Kraftfahrzeugen. Hier ist eine deutlich kürzere Übergangsfrist vorgesehen. Über alternative Produkte nachzudenken, ist deshalb dringend geboten und gehört zu einem Forschungsprojekt des Instituts für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung.

Für jede veränderte Öl-Variante ist zu prüfen, ob sie sich mit dem Dichtungstoff verträgt. Nötig sind dafür sehr zeitaufwendige, über mehrere Tausend Stunden dauernde Untersuchungen unter realen Testbedingungen am Radialwellendichtring. Damit wird das Maschinengehäuse an austretenden Elementen gegen die Umgebung abgedichtet. Ziel ist es, diese Untersuchungen zu verkürzen und Schnelltests zu entwickeln, die nur zwischen 10 und 24 Stunden dauern. Durch aufwendige Messungen und Analysen der Reibungsvorgänge können so ungeeignete Kombinationen schnell aussortiert werden. Langzeittests sollen dann perspektivisch nur noch als finale Überprüfung zur Freigabe bei kritischen Anwendungen durchgeführt werden.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Matthias Kröger
kroeger@imkf.tu-freiberg.de





SIMULATIONEN AM SUPERRECHNER

Um Herausforderungen in der Werkstofftechnik bewältigen zu können, entwickeln Forschende des Instituts für Numerische Mathematik und Optimierung hochparallele Lösungsverfahren, die auf den größten Superrechnern der Welt eingesetzt werden können. Die rasante Entwicklung solcher Computer ermöglicht es, immer komplexere Simulationen durchzuführen und neue Materialien schneller und effizienter zu entwerfen. Diese Hochleistungsrechner sind in der Lage, Berechnungen in kürzester Zeit durchzuführen. Damit dringt auch die Materialforschung in neue Dimensionen vor.

Diese mathematischen Lösungsverfahren kommen bei der Entwicklung neuer Mehrphasenstähle, aber auch faserverstärkter Materialien, wie kohlefaserverstärkter Kunststoffe, zum Einsatz. Sie helfen bei der Berücksichtigung von chemischen Effekten in der Mechanik und eröffnen in der Metallurgie völlig neue Möglichkeiten für die Optimierung von Materialien und Prozessen.

In einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung zunächst bis 2025 mit zwei Millionen Euro geförderten Projekt entwickelt die Freiburger Universität mit Partnern aus Dortmund, Jülich, Erlangen und Köln eine bestehende Software weiter, die es ermöglicht, Strömungssimulationen auf einer neuen Generation von Superrechnern zu verwenden. Ziel dieser Simulationsverfahren ist es, Strömungen und Strömungsverläufe rechnerisch nachzuahmen. So können diese Verläufe, aber auch Strömungswege visualisiert und analysiert werden, ohne eine tatsächliche Strömungsmessung durchführen zu müssen.

Das erleichtert Unternehmen Entwicklungsprozesse. Bauteile und Systeme werden am Bildschirm optimiert und damit virtuelle Prototypen entwickelt. Bereits in der Entwurfsphase ist es so möglich, kritische Bereiche zu finden und zu verbessern. Damit werden weniger Ressourcen verbraucht, Zeit und Fertigungskosten gespart. Davon profitieren beispielsweise Zulieferer im Automobilbereich, Hersteller von Batterien und Brennstoffzellen, aber auch chemische und medizinische Bereiche. Das geförderte Projekt namens StrömungsRaum ist die methodische Erweiterung eines für die aktuelle Rechnergeneration bereits genutzten CFD-Softwarepakets, wobei CFD die Abkürzung für Computational Fluid Dynamics (Numerische Strömungsmechanik) ist. Unternehmen, die die Software nutzen, können dort ihre Parameter eingeben und die Simulation für ihre jeweiligen Anwendungsgebiete starten.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Oliver Rheinbach
oliver.rheinbach@math.tu-freiberg.de

INNOVATIVE SOFTWARE FÜR DIE MATERIALFORSCHUNG

Schon seit mehr als 15 Jahren entwickelt Mathematiker Prof. Dr. Ralf Hielscher mit einem internationalen Team die Opensource-Software MTEX. MTEX nutzt aktuellste Methoden der Bildverarbeitung und der harmonischen Analysis zur mathematischen Beschreibung polykristalliner Materialien und ihrer Eigenschaften. Sowohl an der TU Freiberg als auch weltweit wird MTEX in Industrie und Forschung zur Auswertung von Elektronenmikroskopie-Bildern eingesetzt. Die Anwendungen reichen von Mineralien und Gesteinen in der Geologie über hochspezialisierte Stahl-, Titanium- oder Magnesiumlegierungen in den Materialwissenschaften bis hin zu biologischen Objekten wie Muschelschalen oder Zähnen.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Ralf Hielscher
ralf.hielscher@math.tu-freiberg.de



HOCHPORÖSE STOFFE FÜR EINE NACHHALTIGE PRODUKTION

Für Prozesse in der chemischen Industrie braucht es sehr viel Energie. Der Gasverbrauch zur Herstellung von Erzeugnissen wie pharmazeutische Wirkstoffe, Desinfektionsmittel oder Kunststoffe ist also enorm hoch. Damit solche chemischen Prozesse aber effizienter, fossile Energieträger geschont, der Energieverbrauch gesenkt und damit Kosten gespart werden, ist es wichtig, den Verlauf der Herstellung zu beobachten. So kann das Ende einer chemischen Reaktion bestimmt, die Energiezufuhr zum bestmöglichen Zeitpunkt beendet und der Prozess optimiert werden.

Genau damit beschäftigen sich Forschende in den Laboren des Instituts für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik. Für diese Beobachtung des Herstellungsprozesses, das sogenannte Echtzeit-Monitoring, wenden die Forschenden die Raman-Spektroskopie an. Dabei wird aus einem Reaktor eine wässrige Reaktionslösung durch eine Kapillare, ein feines Röhrchen, gepumpt, das nicht nur die Lösung, sondern auch Licht leiten kann. Tritt dieses Licht, das durch ein Fenster in die Kapillare einstrahlt wird, auf der anderen Seite der Kapillare wieder aus, kann es mit einem Spektrometer sekunden-schnell analysiert werden.

Dabei lässt sich feststellen, wie viel von dem Endprodukt bereits in der wässrigen Reaktionslösung vorhanden und ob die Reaktion beendet ist. Für diese Technologie müssen die Kapillaren aber auf der Innenseite mit einem hochporösen und wasserabweisenden Stoff, einem sogenannten Aerogel, beschichtet und eine wässrige Lösung in ihren hohlen Kern eingefüllt werden. Nur so ist die Kapillare auch als Lichtleiter verwendbar. Das Licht kann an der Grenzfläche zwischen flüssiger wässriger Lösung und Aerogelschicht reflektiert werden. Das funktioniert, weil ein Aerogel fast nur aus Luft besteht und daher ein optisch weniger dichtes Medium als die flüssige Probelösung ist.

Die Entwicklung dieser aerogelbeschichteten Kapillaren erforscht das Team des Instituts im Labormaßstab. Zudem läuft seit November 2023 über 18 Monate ein von der Europäischen Union gefördertes Validierungsprojekt. In dieser Zeit werden Pilotunternehmen gesucht, die diese aerogelbasierten Flüssigkernlichter testen.

Aerogele werden nicht nur in Flüssigkernlichtleitern verwendet, sondern können aufgrund ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit auch als Dämmmaterial eingesetzt werden. Dabei kommt dem Produktionsschritt der überkritischen Trocknung besondere Bedeutung zu, welcher von einer weiteren Arbeitsgruppe mittels Raman-Spektroskopie untersucht und optimiert wird.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Andreas Bräuer

andreas.braeuer@tun.tu-freiberg.de



WIE GALLIUM-HALBLEITER-SCHICHTEN WACHSEN

Schnelles Internet, Elektromobilität und energieeffiziente Beleuchtungstechnologien gewinnen im täglichen Leben immer mehr an Bedeutung. Für diese moderne Hochfrequenz-Leistungs- und Optoelektronik sind Halbleiter-Bauelemente auf der Basis von Galliumnitrid (GaN) unverzichtbar. Wichtige Einsatzfelder sind LED-Beleuchtung, Steuerungstechnik für Elektromobilität sowie Hochfrequenz-Datenübertragung in den 5G/6G-Mobilfunknetzen der Zukunft.

Der Gesamtmarkt für GaN-Substrate hatte laut einer aktuellen Studie 2021 ein Volumen von rund 200 Millionen US-Dollar. Die prognostizierten jährlichen Steigerungsraten liegen bei elf Prozent. Am Institut für Nichteisenmetallurgie und Reinstoffe wird deshalb eine innovative Züchtungsmethode zur Herstellung von GaN-Schichten auf Saphirsubstraten erforscht und weiterentwickelt. Diese Methode zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität bei der Wahl der Herstellungsparameter aus. So können die Eigenschaften der GaN-Schichten gezielt eingestellt und verändert werden. Damit sind detaillierte Untersuchungen zu den grundlegenden Prozessen beim Schichtwachstum möglich. Die Arbeiten zur Weiterentwicklung der Methode konzentrieren sich auf die Verbesserung der Schichtqualität und die Erhöhung der Reproduzierbarkeit des Züchtungsprozesses.

Ziele sind eine umweltfreundlichere und kostengünstigere Alternative gegenüber bisherigen Herstellungsmethoden sowie verbesserte Struktureigenschaften, die die Qualität erhöhen. Bei dieser innovativen Züchtungsmethode, an der das Team derzeit arbeitet, können toxische und aggressive Ausgangsstoffe sowie Reaktionsprodukte weitgehend vermieden werden. Dadurch verringern sich auch die Kosten für Arbeits- und Umweltschutz.

Sprechen Sie uns an.

Dr. Olf Pätzold
olf.paetzold@inemet.tu-freiberg.de

Maik Förste
maik.foerste@inemet.tu-freiberg.de

NEUE LEGIERUNGEN FÜR MUSIKINSTRUMENTE

Mit Unternehmen im Vogtland arbeiten die Forschenden des Instituts für Metallformung an der Zukunft des Musikinstrumentenbaus für die Region. Dabei gehen sie dem Zinkfraß bei Metallblasinstrumenten auf den Grund. Das für deren Bau verwendete Messing besteht zu 30 Prozent aus Zink und 70 Prozent aus Kupfer. Infolge der feuchten Atmosphäre können von innen Korrosionsflecken an der Oberfläche entstehen, die zu aufwändigen Reparaturen und einem Imageschaden für die Hersteller führen. Untersuchungen haben ergeben, dass die Legierungszusammensetzungen und bei Umformungsprozessen entstehende Mikrorisse Ursachen für die Schäden sind. Ohne akustische Eigenschaften und Optik zu verschlechtern, hat das Team nun eine Legierung mit geringen Mengen an Phosphor, Nickel und Zinn entwickelt, die bessere Korrosionseigenschaften hat. Daraus entsteht in der Meisterwerkstatt für Metallblasinstrumente Jürgen Voigt in Markneukirchen der Prototyp einer Trompete. Tests damit werden zeigen, ob sich die Legierung für den Instrumentenbau eignet. Ziel der Forschungen ist es auch, Umformprozesse zu optimieren, um so Mikrorisse zu verhindern.

Weitere Forschungen sollen helfen, die gesundheitsgefährdenden Stoffe Blei, Nickel und Chrom, die als Legierungszugaben in Messingwerkstoffen für den Instrumentenbau vorhanden sind, durch unkritische Legierungskonzepte zu ersetzen. Noch gibt es dafür keine Alternativen. Auch hier ist nach Tests und Simulationen ein Modellbau geplant. Ergebnisse fließen in eine Datenbank und können in der Praxis genutzt werden.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Ulrich Prah
ulrich.prahl@imf.tu-freiberg.de



Zur Reportage aus dem Musikwinkel.





METALLE KLIMANEUTRAL SCHMELZEN

Nichteisenmetalle klimaneutral zu schmelzen, wird zu einer immer größeren Herausforderung. Noch werden für den Prozess vor allem erdgasbeheizte Öfen genutzt. Das muss sich angesichts der Forderung nach Klimaneutralität in allen Produktionszweigen ändern. Deswegen forscht das Gießerei-Institut an CO₂-freien Technologien für das Schmelzen von Nichteisenmetallen und hier vor allem Aluminium sowie an der Wärmebehandlung von Stahl und Gusseisen. Sie untersuchen Werkstoffe, Wirtschaftlichkeit und Auswirkungen eines Technologiewechsels auf bestehende Prozesse.

Abgeschlossen ist die Grundlagenforschung für die Nutzung eines Plasmabrenners. Hierbei wird mit einer Plasmaquelle ein Prozessgas zu einem Heißgasstrom von 1.200 bis 1.600 Grad Celsius erhitzt. So hoch ist auch die Temperatur einer herkömmlichen Erdgasfackel. Durch die Erwärmung eines solchen Prozessgases, das Luft, Argon und Stickstoff sein kann, entstehen im Gegensatz zu Erdgas keinerlei CO₂-Emissionen. Das nichtbrennbare Gas wird sehr stark erhitzt, eine Verbrennungsreaktion findet nicht statt. Wird die für die Plasmaquelle nötige elektrische Energie durch grünen Strom erzeugt, ist diese Technologie CO₂-neutral. Große Aluminiumhersteller wollen deshalb ab 2025 bestehende Erdgasbrenner in ihren Öfen durch diese CO₂-freie Brenntechnik ersetzen.

Für eine weitere Entwicklung des Instituts, den Ultra-High-Temperature Thermo Jet, laufen Labortests. Auch hier wird Prozessgas erhitzt. Die Wärmequelle ist aber ein metallischer hochschmelzender Heizkörper, der durch eine Induktionsspule erwärmt wird.

In einem weiteren Forschungsprojekt wird das Schmelzen von Aluminium mit Wasserstoff als Brenngas untersucht. Obwohl dessen Verfügbarkeit noch ungelöst ist, sind die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sicher, dass es Insellösungen dafür geben wird. Denn für Unternehmen wird es attraktiv, grünen, umweltfreundlichen Wasserstoff zum Schmelzen einzusetzen. Wie sich das auf die Prozess- und Schmelzqualität sowie die Wirtschaftlichkeit auswirkt, wird in aktuell laufenden Forschungsvorhaben und in Projekten gemeinsam mit Unternehmen aus der Industrie untersucht.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Gotthard Wolf
gotthard.wolf@gi.tu-freiberg.de

FORSCHEN AN SUPERELASTISCHEN EFFEKTEN

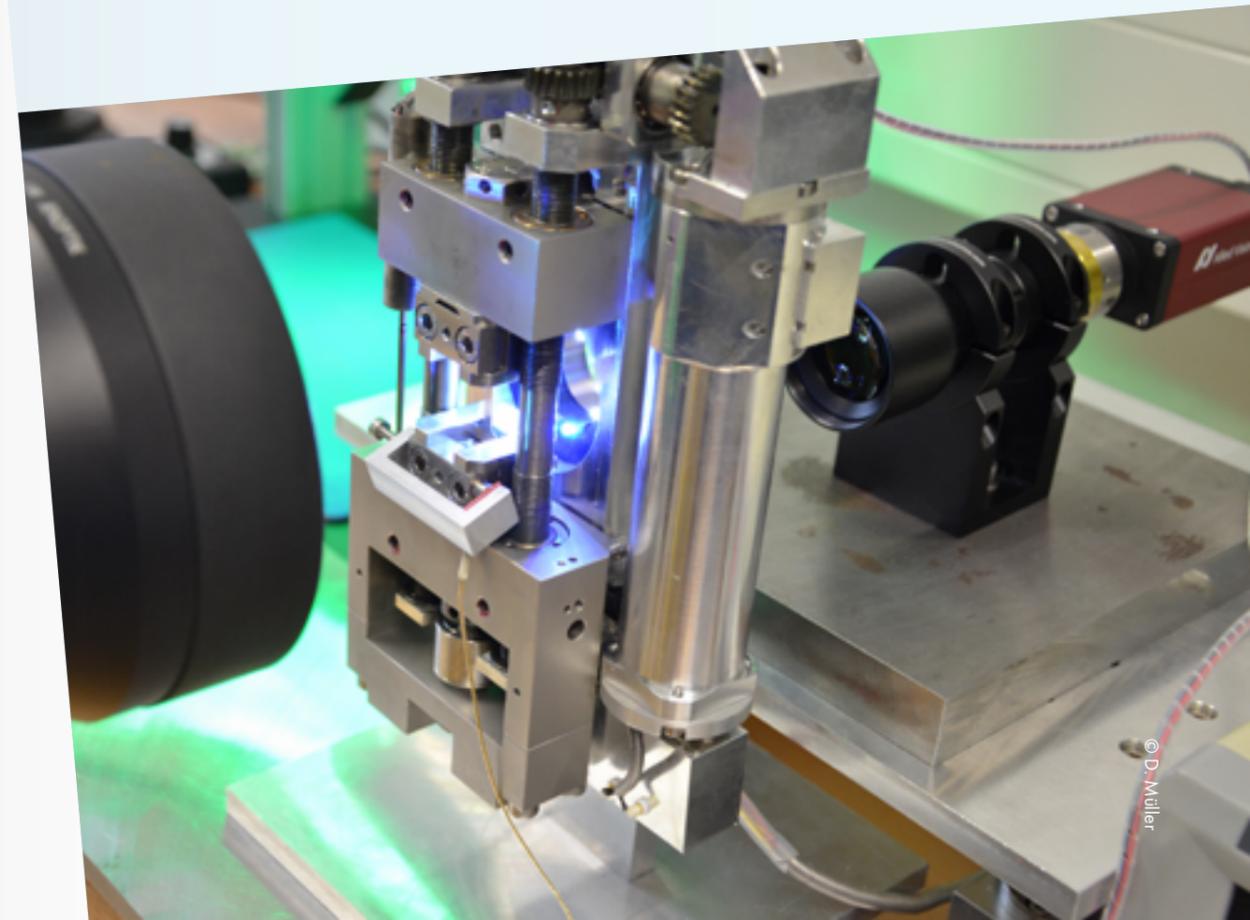
Smarte Werkstoffe besitzen Eigenschaften, die sie selbstständig auf sich verändernde Umgebungsbedingungen wie Temperaturschwankungen reagieren und die Form ändern lassen. Dazu gehören Formgedächtnislegierungen. Während die sogenannten Nitinol-Legierungen aus Nickel und Titan bereits intensiv erforscht und oft in der Medizintechnik eingesetzt werden, steht die Werkstofftechnik bei Untersuchungen von Legierungen auf Eisenbasis noch am Anfang. Um diese weiterentwickeln zu können, versuchen die Forschenden die Mechanismen, die in den Werkstoffen ablaufen, zu ergründen. Eisenbasierte Werkstoffe sind nicht nur kostengünstiger und einfacher im Herstellungsprozess, sie besitzen Eigenschaften wie Superelastizität, die sie besonders interessant für die Dämpfung von mechanischen Schwingungen machen. Einsatzgebiete finden sich beim Bau von Brücken und im Hochbau insgesamt.

Ein im Januar 2021 am Institut für Werkstofftechnik mit der Universität Kassel gestartetes Projekt hat genau diese Grundlagenforschung als Aufgabe. Zunächst müssen die Prozesse, die bei der Superelastizität eisenbasierter Formgedächtnislegierungen ablaufen, besser verstanden werden. Dafür nutzt das Team Charakterisierungstechniken wie die Thermographie und die Schallemissionsmessung. Ziel der Forschungen sind eine längere Stabilität sowie eine Ausdehnung des superelastischen Effekts. Mit ersten einsatzrelevanten Ergebnissen wird in etwa 15 Jahren gerechnet.

Sprechen Sie uns an.

Dr. Anja Weidner
weidner@ww.tu-freiberg.de

Prof. Dr. Horst Biermann
biermann@ww.tu-freiberg.de



WIE DIE BEARBEITUNG VON SILICIUM-WAFEROBERFLÄCHEN BILLIGER WIRD

Um den ökologischen Fußabdruck und die Kosten bei der Produktion von Photovoltaik- und Halbleitermaterialien zu senken, forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Anorganische Chemie an der Verbesserung der nasschemischen Behandlung von Wafer-Oberflächen.

Wafer für die Solarzellenproduktion und die Chipherstellung in der Halbleiterindustrie werden aus großen Siliciumsäulen gesägt und haben deshalb eine schadhafte, raue und verunreinigte Oberfläche. Eine nasschemische Behandlung hilft, diese Schäden zu minimieren. Dabei werden ganze Schichten an Siliciummaterial abgetragen. In weiteren Schritten ist es möglich, durch die Behandlung metallische und organische Verunreinigungen zu entfernen.

Ziel der Forschungen ist die Entwicklung neuartiger Prozesse, die den Anforderungen der Photovoltaik- und Halbleiterindustrie entsprechen. Dazu gehört neben einer veränderten Prozessführung die Anpassung der chemischen Zusammensetzungen der für die Behandlung notwendigen Ätzlösungen. Auf Siliciumwafern können Strukturen erzeugt werden, die zu höherer Lichtabsorption in Solarzellen führen. Aktuell passiert das mit Mischungen aus heißer Kalilauge und organischen Additiven. In der Halbleiterindustrie sind extrem saubere und im Nanometerbereich glatte Oberflächen für die Chipherstellung nötig. Dafür werden bisher Mischungen aus Salpetersäure und Flußsäure verwendet.

Das Institut erforscht für beide Anwendungsfälle das Auflöseverhalten von Silicium in alternativen Ätzmedien wie Mischungen aus Flußsäure und Chlor. Diese funktionieren am besten bei Raumtemperatur und erzeugen selbst keine Abwärme, sodass Kühlung und Heizung entfallen. Damit sinkt der Energiebedarf. Und da Flußsäure-Chlor-Gemische organische und metallische Verunreinigungen bereits sehr gut entfernen, sind die Reinigungsanforderungen an nachfolgende Prozessschritte wesentlich geringer. Für anwendungsbereite Tests gibt es Kooperationen mit deutschen Herstellern von nasschemischen Anlagen. In gemeinsamen Projekten werden Pilotanlagen konstruiert. Auch wenn erste Ergebnisse vorliegen, läuft auf diesem Gebiet zur Aufklärung chemischer Prozesse weiterhin die Grundlagenforschung.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Edwin Kroke

edwin.kroke@chemie.tu-freiberg.de

Dr. André Stapf

andre.stapf@chemie.tu-freiberg.de

NEUE MATERIALIEN FÜR WERKZEUGE UND BIOLOGISCH ABBAUBARE IMPLANTATE

Das Werkstoffdesign verbunden mit angepassten Prozesslösungen steht im Fokus der Professur für Entwicklung und Funktionalisierung metallischer Werkstoffe, die von der TU Bergakademie Freiberg am Institut für Werkstoffwissenschaft und vom Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) Dresden etabliert wurde. Vor allem in den Bereichen des Maschinen- und Anlagenbaus, der Medizin- und Energietechnik sowie der Automobilindustrie geht es für die Forschenden darum, Prozessketten bis zum Prototyp abzubilden. Verbesserte Eigenschaften der Werkstoffe sollen dabei insbesondere zu längeren Standzeiten von Bauteilen führen und somit Ressourcen schonen.

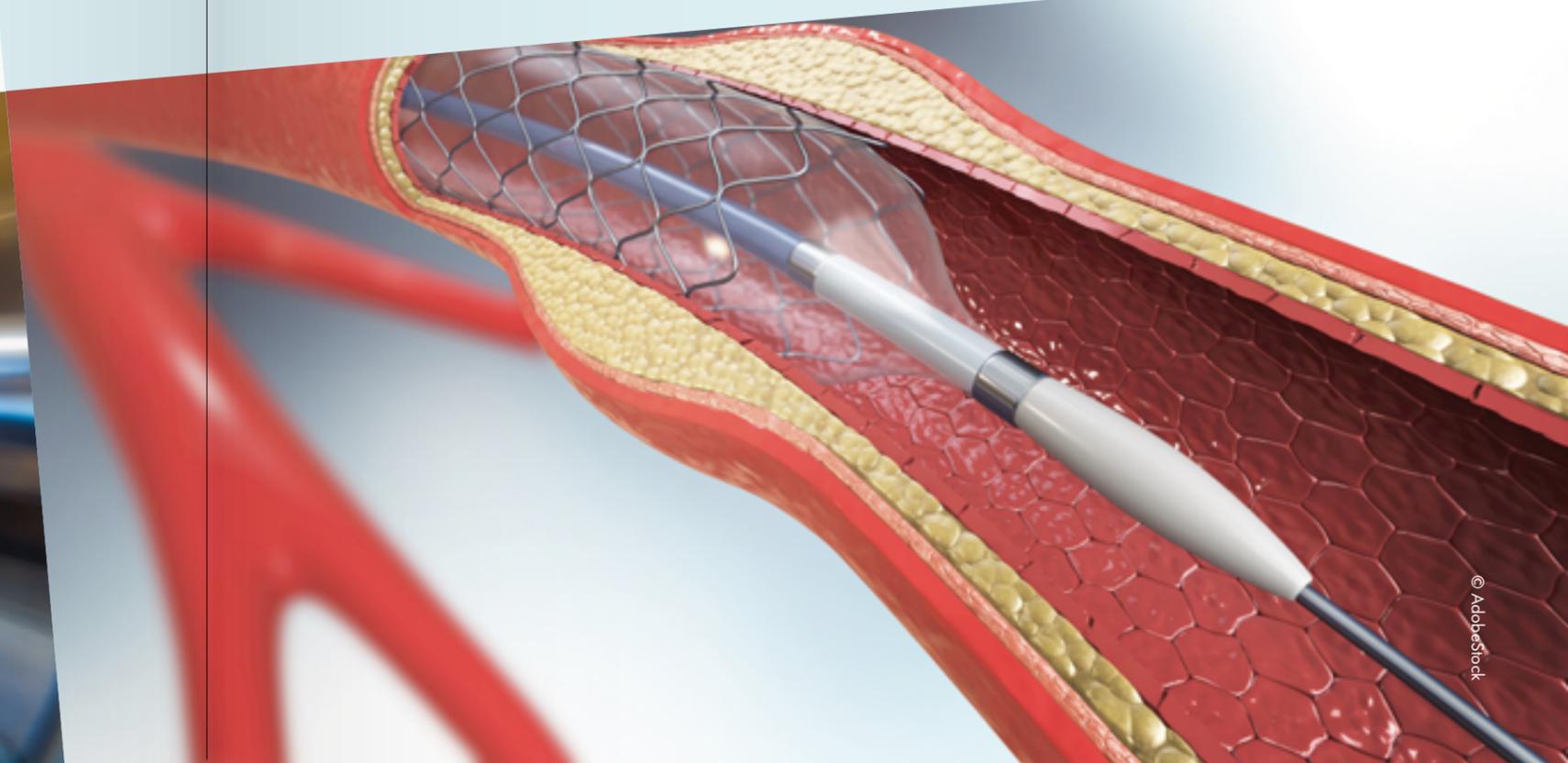
So erfordert beispielsweise die steigende Nachfrage der Industrie nach Schneid- und Umformwerkzeugen mit erhöhter Nutzungsdauer bei extremer Belastung die Entwicklung neuartiger Hochleistungsstähle mit hoher Festigkeit, Verschleißbeständigkeit und adäquater Zähigkeit. In enger Zusammenarbeit mit dem IFW Dresden gelang es dem Forschungsteam, neue Legierungen zu entwickeln, die bereits im Gusszustand die mechanischen Eigenschaften konventionell gefertigter Werkzeugstähle übertreffen. Erreicht wird dies durch eine maßgeschneiderte chemische Zusammensetzung und relativ hohe Abkühlgeschwindigkeiten beim Gießprozess. Die neuen Stähle wurden bereits in der Industrie als Schneidwerkstoff in verschiedenen Anlagen wie beim Trennen von Kunststoff-Metall-Verbunden oder zum Schneiden von medizinischen Filtern validiert.

Im Bereich der Medizintechnik gilt es, neue biologisch abbaubare metallische Werkstoffe für Implantate zu entwickeln und skalenergreifend zu charakterisieren. Ziel dieser besonderen Implantatwerkstoffe ist es, dass sich diese nach der Gewebeheilung vollständig auflösen. Damit können mögliche Komplikationen bei Langzeitimplantaten vermieden werden. Im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten für biologisch abbaubare metallische Implantatwerkstoffe steht die Entwicklung von Eisenlegierungen für Gefäßstützen (Stents). Durch neue Werkstoffe sollen eine hohe Verträglichkeit des Implantates zum umliegenden Gewebe erzielt und dabei unter anderem die mechanischen Eigenschaften gegenüber dem korrosionsbeständigen Referenzstahl gesteigert werden. Zudem werden angepasste Beschichtungslösungen für derartige Stents entwickelt. Dafür sind die Forschenden im engen interdisziplinären nationalen und internationalen Austausch mit Fachleuten aus Biologie, Chemie sowie Medizin.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Julia Kristin Hufenbach

julia-kristin.hufenbach1@fakultaet5.tu-freiberg.de





KAPITEL
3

WERKSTOFFE
RECYCELN

INHALT

- Warum alte Autos noch nicht ausgedient haben
- Alte Faser, frisches Eisen
- Wie aus Reststoffen Wertstoffe werden
- Technologiemetalle aus Elektroschrott gewinnen
- Wissenschaftlicher Nachwuchs erforscht Recycling und Upcycling von feuerfesten Werkstoffen
- Kohlenstofffasern effektiv recyceln

WARUM ALTE AUTOS NOCH NICHT AUSGEDIENT HABEN

Altersschwache Pkw landen in der Regel zum Schreddern auf dem Schrottplatz. Zwar werden mindestens 85 Prozent der Materialien in der Industrie verarbeitet, so wie es in der Altfahrzeug-Verordnung vorgegeben ist. Lediglich ein minimaler Anteil gelangt aber wieder in die Automobilindustrie. Industrielle Verwertungsprozesse sind mit noch zu hohen Einbußen bei der Materialqualität verbunden. Das soll sich auch mit Blick auf die in Deutschland bis 2045 angestrebte CO₂-Neutralität ändern. Ziel eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Forschungsprojekts ist es, den Anteil wiederverwendeter Materialien in der Fahrzeugproduktion auf wenigstens 50 Prozent zu erhöhen. Dabei geht es um Rückgewinnung und Wiedernutzung von Aluminium, Stahl, Glas, Kupfer und Kunststoff. Dafür entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Mechanische Verfahrens- und Aufbereitungstechnik mit Partnern zunächst einen Demontageprozess für Fahrzeugteile.

Die für die Wiederverwendung nötige Qualität und Reinheit der Wertstoffe kann nur verbessert werden, wenn deren Sortierung und Erkennung in dem Material-Mix aus dem Schredder optimiert wird. Um diese Prozesse untersuchen zu können, nutzen die Freiburger Forschenden eine am Helmholtz-Institut für Ressourcentechnologie in Freiberg entwickelte Sensortechnik. Diese wird an einer Sortieranlage der TU Bergakademie Freiberg im industriellen Maßstab getestet. Bewertet werden können damit Partikel bereits in einer Größe von einem bis zehn Zentimeter. Für einen Praxistest bei Scholz-Recycling in Espenhain hat die BMW Group an die 500 Altfahrzeuge bereitgestellt. Ziel des Projekts sind technologische Lösungen, die die Abhängigkeit der Automobilindustrie von Rohstoffimporten reduzieren helfen.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Urs Peuker

urs.peuker@mvtat.tu-freiberg.de



ALTE FASER, FRISCHES EISEN

Forschende der TU Bergakademie Freiberg und des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) untersuchen den Einsatz gebrauchter Karbonfasern als Reduktionsmittel bei der Verarbeitung metallurgischer Schlacken zu Wertmetallen. Die gebrauchten Fasern könnten herkömmliche kohlenstoffbasierte Reduktionsmittel ersetzen. Unter sehr hohen Temperaturen werden ganze oder pulverisierte Karbonfasern in eine schmelzflüssige Schlacke, wie sie als Überrest aus der Verhüttung von Metallen vorkommt, gemischt. Der Kohlenstoff aus den Fasern reagiert mit dem Eisenoxid in der Schlacke zu Roheisen, das dann in der Stahlproduktion wiederverwendet werden kann.

Die Methode, aus metallurgischen Schlacken oder Erz-Konzentraten Wertmetalle reduktiv zu gewinnen, ist in Forschung und Entwicklung bereits etabliert. Jedoch wird dazu bisher Kohlenstoff aus Kohlen oder Koksen verwendet. Ausgediente Karbonfasern könnten diese fossilen Rohstoffe künftig anteilig ersetzen und die Karbonfaser-Kunststoffe damit auch beim Recycling punkten. Als Nächstes untersucht das Team, ob der im Labor entwickelte stoffliche Verwertungsweg der Karbonfasern auch in vorindustriellem Maßstab funktioniert.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Alexandros Charitos

alexandros.charitos@inemet.tu-freiberg.de

WIE AUS RESTSTOFFEN WERTSTOFFE WERDEN

Klimaentwicklung, Kostenexplosion, Endlichkeit von Ressourcen – in vielen Industriezweigen wird es immer dringlicher, effizientere Herstellungsverfahren zu nutzen. Eine Technologiegruppe, die dafür immer wichtiger wird, ist die der additiven Fertigung, auch bekannt als 3D-Druck, und ihre verschiedenen Verfahren.

Täglich fallen Massen an Produktionsrückständen an. Ob Schlämme, Stäube, Holzmehl, Obstkerne, Muschelkalk oder Schalen von Meerestieren, die Professur für Additive Fertigung des Instituts für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung will weg vom Deponieren und Verbrennen dieser Abfälle. Ihr Ziel ist es, diese Reststoffe im 3D-Druck für neue Produkte wiederzuverwenden. Ein dafür genutztes Verfahren ist das Binder Jetting. Dabei wird pulverförmiges Ausgangsmaterial schichtweise mit einem flüssigen Bindemittel zusammengebracht, um Bauteile herzustellen. Prozess und Material werden individuell für das entstehende Werkstück angepasst. Es entstehen kaum Abfälle. Der Herstellungsprozess ist flexibel und kostengünstig.

Bisher werden für die additive Fertigung vor allem Kunststoffe, Kunstharze, Metalle und Keramik verwendet. In dem Forschung und Unternehmen zur Verfügung stehenden und vom Freistaat Sachsen geförderten Reallabor liegt der Fokus auf der Wiederverwertung von natürlichen und industriellen Reststoffen. Das bietet viele Ansätze und hilft, Ressourcen zu schonen sowie Kohlendioxid-Emissionen zu reduzieren. Aufgabe der Forschenden ist es dabei, die unterschiedlichen Eigenschaften der Materialien für geeignete Anwendungen nutzbar zu machen.

So werden mit Partnern innovative Ansätze für eine konsequente Kreislaufwirtschaft geschaffen, die es ermöglichen, neue Märkte zu erschließen. Das soll auch bei einem bis 2025 laufenden internationalen Projekt mit der Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology in Kenia gelingen. Reststoffe aus der Landwirtschaft und Material aus der Wasserhyazinthe, einer schädlichen invasiven Pflanzenart, sollen für die additive Fertigung genutzt werden und so die Umwelt entlasten. Neben der Technologieentwicklung wird die Qualifizierung von Fachkräften und wissenschaftlichem Nachwuchs nachhaltig wirken.

Ein weiteres praktisches Beispiel aus dem Labor ist die Herstellung von Kapitellen, also reichhaltig verzierten Säulenköpfen, für das Bühnenbild der Aufführungen der Theater Chemnitz. Als Grundmaterial dafür wurde Reststoff aus Miscanthus, auch Elefantengras genannt, verwendet.

Im Sinne eines niedrigschwelligen Zugangs zu Innovationen sind zudem Unternehmen ins Reallabor eingeladen, um die additive Fertigung für eigene Anwendungen zu testen. Neben dem Zugang zu neuen Technologien bietet dies den Vorteil, Ideen überprüfen zu können, ohne vorab selbst zu investieren.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Henning Zeidler
additive_fertigung@imkf.tu-freiberg.de





WISSENSCHAFTLICHER NACHWUCHS ERFORSCHT RECYCLING UND UPCYCLING VON FEUERFESTEN WERKSTOFFEN

Bis 2027 werden insgesamt 24 Promovierende in zwei Kohorten im DFG-Graduiertenkolleg GRK 2802 „Feuerfest Recycling“ funktionalisierte feuerfeste Werkstoffe sowie Verbundwerkstoffe aus Keramik und Stahl erforschen. Das Graduiertenkolleg bietet die einmalige Chance, gemeinsam mit den neuen Doktorandinnen und Doktoranden innovative Werkstoffe interdisziplinär zu entwickeln. Im Forschungs- und Ausbildungsprogramm erhalten die wissenschaftlichen Nachwuchskräfte eine strukturierte und individuelle Förderung.

Dafür werden die Freiburger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Feuerfest-Rezyklate verarbeiten und funktionalisieren, um zum einen neuartige Hochtemperaturwerkstoffe mit umweltfreundlichen Bindemitteln zu generieren, die in der Stahlindustrie erneut eingesetzt werden (Recycling). Zum anderen erforschen sie, wie aus Feuerfest-Rezyklaten neue metallkeramische Verbundwerkstoffe entwickelt und als Elektrodenmaterial für Elektrolyseprozesse eingesetzt werden, die zur Dekarbonisierung der Aluminiumindustrie beitragen können (Upcycling). Ein internationaler Industriebeirat berät den wissenschaftlichen Nachwuchs beim Upscaling der Forschungsergebnisse sowie bei der Bewertung der Klimaeffizienz der Materialien über den gesamten Lebenszyklus hinweg.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Christos G. Aneziris
aneziris@ikfww.tu-freiberg.de

TECHNOLOGIEMETALLE AUS ELEKTROSCHROTT GEWINNEN

Gefördert von der Audi Stiftung für Umwelt erforscht ein Team der TU Bergakademie Freiberg neue Wege für die Rückgewinnung von Rohstoffen durch Recycling. Metalle wie Indium, Gallium oder auch Zinn sind begrenzt – und für moderne Technologien wie Glasfaser, Photovoltaik oder Halbleiter unerlässlich. Nahezu jedes elektronische Gerät besteht aus Bauteilen, die diese Elemente enthalten. Mittels selektiver Extraktion sollen diese Rohstoffe aus der bei der Müllverbrennung entstehenden Flugasche zurückgewonnen werden.

Die Herausforderung besteht darin, spezifische Moleküle zu entwickeln, die gezielt die gewünschten Metallionen binden. Vereinfacht gesagt, entwickelt das Team speziell geformte „Pinzetten“, die nur ganz bestimmte Metallionen aus einer Flugaschelösung herauspicken und so eine Abtrennung ermöglichen. Jede maßgeschneiderte „Pinzette“ – auch Ligand genannt – passt nur zu genau einem Metallion, etwa Indium. Mit einer Säure bringen die Forschenden den Ligand dazu, die Ionen wieder freizusetzen. So lassen sich die unterschiedlichen Metallionen Schritt für Schritt aus der Mischung abtrennen und in eine technologisch nutzbare Reinheit bringen. Einmal optimiert, lässt sich der Prozess skalieren.

Die Metalle aus der Flugasche, die bei der Verbrennung des Hausmülls übrig bleiben, sollen zurückgewonnen werden, um sie später bei der Herstellung neuer Produkte wieder einsetzen zu können.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Monika Mazik
monika.mazik@chemie.tu-freiberg.de





KOHLENSTOFFFASERN EFFEKTIV RECYCELN

Längst werden karbonfaserverstärkte Kunststoffe (CFK) in Fahrzeugen, Rotorblättern von Windrädern, Fahrradrahmen, Sportgeräten wie Tennisschlägern, Booten oder in Flugzeugteilen eingesetzt. Aber auch in der Bauindustrie finden sie zunehmend Anwendung. Aus gutem Grund: Die Fasern sind leicht und langlebig. Aber sie haben auch Nachteile, denn sie sind teuer und ihre Herstellung ist energieintensiv. Auch wenn die meisten Produkte aus CFK noch am Anfang ihrer Nutzung stehen, wird die Wiederverwertung der Kohlenstofffasern schon aus Kosten- und Umweltgründen immer wichtiger. Zudem müssen gesetzlich vorgeschriebene Recycling-Quoten eingehalten werden. Das heißt beispielsweise bei Altfahrzeugen, dass mindestens 85 Prozent der Fahrzeugmasse stofflich wieder zu verwenden sind.

Die Eigenschaften der Altfasern genügen aber weder den Anforderungen der konventionellen thermischen Verwertung noch der schadstofffreien Deponierung. Zudem ist der Qualitätsanspruch für recycelte Fasern sehr hoch. Das Institut für Aufbereitungsmaschinen und Recyclingsystemtechnik arbeitet deshalb an Teilprozessen des Recyclings sowie an den dazugehörigen Verwertungswegen. Ziele sind entweder eine möglichst hochwertige Faserrückgewinnung mit Wiedereinsatzpotenzial zu gewährleisten oder eine rückstandsfreie Verwertung von nicht mehr hochwertig verwertbaren Fasern in metallurgischen Verfahren. Die von den kleinen Fasern ausgehenden Gefahren für Menschen und Maschine sind dabei auszuschließen.

Geforscht wird unter anderem an der Vorbehandlung und Identifikation in Stoffströmen, an optimierten Maschinen zur CFK-Zerkleinerung sowie -Sortierung und zur Veredelung der Recyclingprodukte. Forschungsthemen, die mit Partnern realisiert werden, sind die Charakterisierung von CFK-haltigen Abfällen sowie die Entwicklung geeigneter Maschinen und Verfahren zur Rückgewinnung weitgehend sortenreiner Kunststoffe, sogenannter Recyclate. Herausforderungen bestehen vor allem in der Vielfältigkeit der Leichtbaustrukturen, die von einem halben Meter Wandstärke bis zu Partikeln von wenigen Mikrometern reichen oder als Mehrfachverbunde mit Glasfasern und anderen Werkstoffen wie im Laminat vorliegen. Die Ziele sind klar definiert: Es geht um umweltschonende und kostensparende Verfahren für das Recycling von Kohlenstofffaser-Verbundwerkstoffen.

Sprechen Sie uns an.

Prof. Dr. Holger Lieberwirth
holger.lieberwirth@iart.tu-freiberg.de

IMPRESSUM

Herausgeber:

Rektor der TU Bergakademie Freiberg

Redaktion:

Hochschulkommunikation, Gabriele Fleischer

Layout, Satz:

Medienzentrum, Matthias Donath

© TU Bergakademie Freiberg, März 2024

Fehler und Irrtümer vorbehalten.

SACHSEN



Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.