

Wissen und Innovationen
aus niedersächsischen
Hochschulen

1+2 | 2018

Technologie-Informationen



Rohstoff — Werkstoff — Reststoff

Rohstoffe

Von der Kaskade
zum Kreislauf
→ Seite 6

Recycling

Wiederverwertung
von Titanspänen
→ Seite 11

Verbundwerkstoffe

3D-Druck
im Weltraum
→ Seite 16

Prozessoptimierung

Effizientere
Massenfertigung
→ Seite 22



Niedersachsen

Inhalt

Technologie-Informationen 1 + 2 | 2018

Rohstoff – Werkstoff – Reststoff

- 3 Aktuelles
- 4 Perspektiven
- 6 Rohstoffe – von der Kaskade zum Kreislauf
- 8 Recycling 2.0 im Harz
- 9 Kreisläufe schließen durch Pfand und Demontage
- 10 Ausgediente Windkraftanlagen effizient demontieren
- 11 Recycling von Titanspänen
- 12 Schäden zuverlässiger aufdecken
- 13 Thermografie deckt Schäden auf
- 14 Reparieren statt Ersetzen
- 15 Laserreparatur von Faserverbundwerkstoffen
- 16 3D-Druck im Weltraum
- 17 Biohybridwerkstoffe für die Luftfahrt
- 18 Mehr als kalter Kaffee – Verbundwerkstoffe
- 19 Biokunststoff und Dünger aus Mensa-Abfällen
- 20 Farbige Sprühfolie schützt Pflanzen vor Schadinsekten
- 21 Schärfere Gastrennung durch schaltbare Membran
- 22 Effizientere Prozesse für die Massenfertigung
- 23 Der richtige Werkstoff an der richtigen Stelle
- 24 Zement optimieren, CO₂ senken
- 24 Kalk im Einsatz bei der Rauchgasreinigung
- 25 3D-Druck im Bauwesen
- 26 Biogas sichert Energieversorgung

Liebe Leserinnen und Leser,

die Ressourcen unseres Planeten sind endlich. Ob fossile Brennstoffe und Mineralien oder Flora und Fauna, jede dieser Ressourcen ist nur begrenzt verfügbar. Bei einigen Ressourcen sind die Grenzen weit entfernt, bei vielen sind sie jetzt schon spürbar. Umso wichtiger ist es, über den effizienten Umgang mit Ressourcen nachzudenken. Lässt sich ihr Einsatz verringern oder vermeiden? Gibt es Alternativen und wie werden diese gewonnen? Können Ressourcen wieder verfügbar gemacht werden – schon während der Verarbeitung oder durch ein Recycling am Ende des Produktlebens? Um die richtigen Fragen zu stellen und nachhaltige Antworten zu finden, müssen Wissenschaft und Gesellschaft auf Augenhöhe miteinander arbeiten.

In Niedersachsen verfolgen viele Forscherinnen und Forscher derartige Forschungsfragen. In dieser TI-Ausgabe werden ausgewählte Projekte vorgestellt. Die Breite aus Themen rund um den Leichtbau, den 3D-Beton-Druck, das Recycling 2.0 oder die Erzeugung von Werkstoffen aus Kaffeesatz zeigt eindrucksvoll, dass Ressourceneffizienz in vielen Bereichen ansetzen und Beiträge zur Verminderung des Ressourcenbedarfs erzielen kann.

Für Niedersachsen als Land zwischen Nordsee und Harz, zwischen Wind- und Atomkraft, zwischen Agrar- und Automobilproduktion, zwischen Rohstoffgewinnung und Recyclingexzellenz bieten sich vielfältige Potenziale, um als Leuchtturm zur nachhaltigen Steigerung der Ressourceneffizienz zu wirken. Starke Tandems aus Wissenschaft und Wirtschaft können fundierte und praxisnahe Antworten für die Herausforderungen der effizienten Nutzung von Ressourcen entwickeln.



Prof. Dr. Thomas S. Spengler
Institut für Automobilwirtschaft und
Industrielle Produktion (AIP)
Technische Universität Braunschweig

Die Technologietransferstellen der niedersächsischen Hochschulen erleichtern insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen sowie öffentlichen Einrichtungen den Zugang zu Forschung und Entwicklung. Bei Fragen oder Kontaktwünschen wenden Sie sich bitte an die Transferstelle in Ihrer Region. Ihre Ansprechpartner finden Sie auf der vorletzten Seite der Technologie-Informationen.



Aktuelles



Bunsentagung 2018

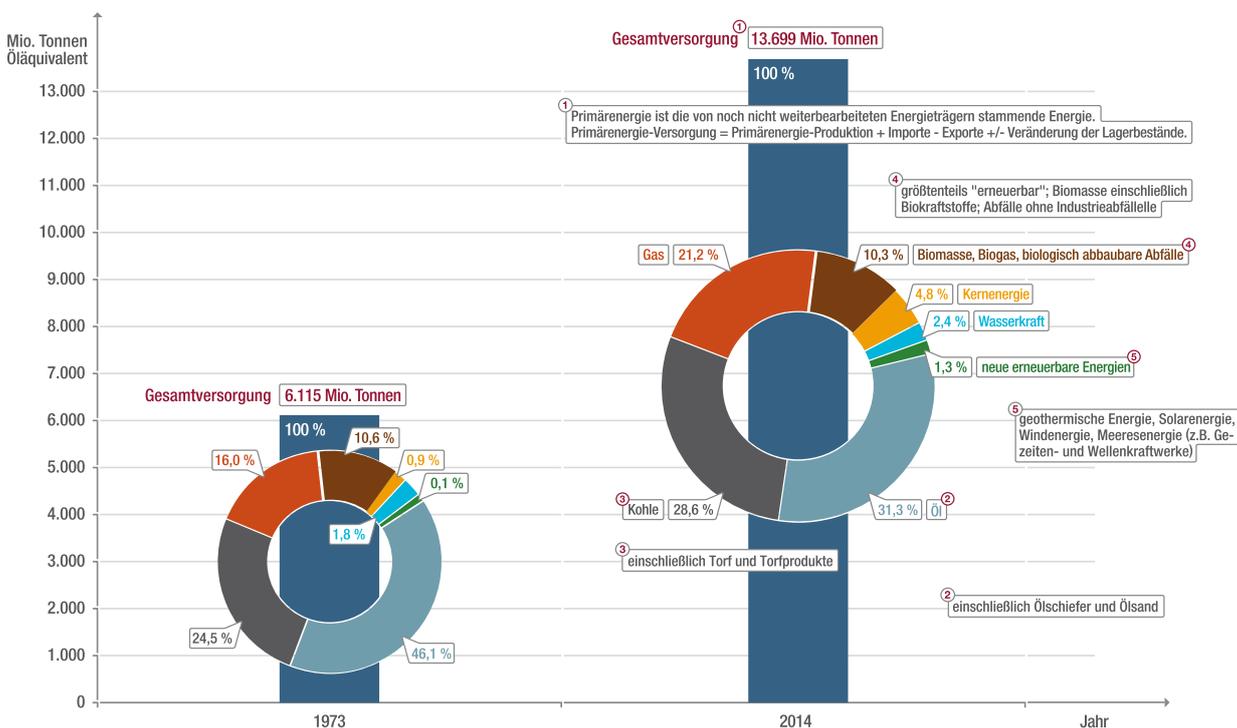
Thema: Kinetik in der realen Welt

Die Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie und die Leibniz Universität Hannover laden zur Bunsentagung 2018 ein. Auf der Veranstaltung, die vom 10. bis 12. Mai an der Universität Hannover stattfindet, werden sich internationale Fachleute aus Forschung und Industrie über »Kinetik in der realen Welt« austauschen. Klimawandel, Umweltschutz, Transport und nachhaltige Produktion sind wichtige Anwendungsgebiete für die chemisch-physikalischen Forschungserkenntnisse.

www.bunsen.de/veranstaltungen

Primärenergie-Versorgung

Nach Energieträgern, Anteile in Prozent, Gesamtversorgung in Mio. t Öläquivalent, weltweit 1973 und 2014



Quelle: International Energy Agency (IEA); Energy Statistics Division 09/2016, Key World Energy Statistics 2010, © OECD/IEA
 Bundeszentrale für politische Bildung 2016 | www.bpb.de

Leibniz-Symposium

Maschinelles Lernen – intelligente Digitalisierung

Am 24. Mai 2018 findet an der Leibniz Universität Hannover ein eintägiges Symposium zum Thema »Maschinelles Lernen – intelligente Digitalisierung« statt. Die rasant steigende Anzahl verfügbarer Daten in Kombination mit fortschrittlichen Verfahren des maschinellen Lernens eröffnet völlig neue Möglichkeiten, um den zukünftigen Ablauf von Prozessen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen zu prognostizieren, zu steuern und zu verbessern. Das Symposium gibt einen Überblick über diese Entwicklungen und vernetzt Forschung und Industrie in diesem für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit Niedersachsens und Deutschlands extrem wichtigen Bereich.

www.machine-learning.ama-academy.eu

Neue Geschäftspartner finden

Future Match auf der Cebit 2018

Auf der internationalen Kooperationsbörse Future Match können mittelständische Unternehmen sowie Forschungseinrichtungen neue Geschäftspartner aus der IT-Branche kennen lernen. Die Börse findet vom 12. bis 15. Juni 2018 auf der Cebit in Halle 16, Stand D18 statt. Interessenten können sich bis zum 4. Juni 2018 anmelden. Die Teilnehmenden können in vorab terminierten Gesprächen Projektideen diskutieren und Kooperationen anbahnen. 2017 haben mehr als 240 Teilnehmende über 1.000 Gespräche beim Future Match geführt. Die Leibniz Universität Hannover organisiert die Kooperationsbörse im Rahmen des Enterprise Europe Network.

www.futurematch.cebit.de



Perspektiven

Welche Notwendigkeiten führen dazu, sich mit Ressourceneffizienz auseinanderzusetzen?
Zwei Wissenschaftler aus Niedersachsen beziehen Stellung.

Ressourceneffizienz ist ein erster Schritt

Die Erhaltung und faire Teilung essentieller Ressourcen der Erde zwischen den lebenden und zukünftigen Generationen – diese Ziele hat sich die internationale Staatengemeinschaft mit der Verabschiedung der »Sustainable Development Goals« durch die Generalversammlung der Vereinten Nationen im Jahr 2015 gesetzt. Fast zeitgleich unterzeichneten die Verhandlungsdelegationen das Pariser Klimaabkommen mit dem weitreichenden Klimaziel, eine Erwärmung über 1,5 Grad Celsius im globalen Mittel zu verhindern. Die Weltgemeinschaft zeigt mit diesen Dokumenten den globalen Konsens für die zukünftige Nutzung der Ressourcen und Aufnahmekapazitäten der Erde auf.

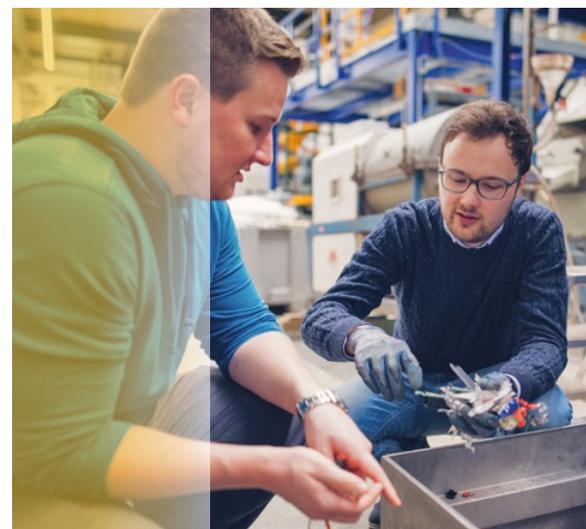
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fordern schon seit langem, die Nutzung der Ressourcen unserer Erde drastisch zu reduzieren und gerechter umzuverteilen. In Aufsehen erregenden Studien zu den planetaren Grenzen hat ein interdisziplinäres Forschungsteam um Johan Rockström und Will Steffen einen Handlungsrahmen für die Menschheit erstellt – inklusive der maximalen Nutzung einzelner Umweltmedien wie der Atmosphäre oder des Bodens. Beim Artensterben und dem Eintrag von Phosphor und Stickstoff in die Umwelt sind den Rechnungen zufolge die Grenzen bereits überschritten; beim Klimawandel ist dies aufgrund der anhaltenden Emissionstrends der Treibhausgase für die nahe Zukunft zu erwarten.

Es zeigt sich, dass unser Wirtschaften die Grenzen der die Menschheit tragenden Ökosysteme erreicht hat. Eine Fortführung oder gar Steigerung der derzeitigen Praxis der Ressourcennutzung verschärft die Situation weiter und bringt uns ökologischen und auch sozialen Kipppunkten näher. Daher ist es unvermeidlich, die Inanspruchnahme der Ökosysteme und der von ihnen bereit gestellten Ressourcen zu verringern.

Die Ressourceneffizienz zu steigern kann dabei wesentliche Beiträge leisten, den Abbau und die Nutzung nichtnachwachsender (Primär-)Rohstoffe zu reduzieren. Gleichwohl hat das nur dann Auswirkungen auf die ökologische Situation, wenn auch absolute Reduktionen weltweit erreicht werden. Eine Verlagerung auf andere nichtnachwachsende Ressourcen ist ebenso wenig eine Lösung der Problematik wie ein »Auffressen« der Ressourceneffizienz durch ein intensiveres Wachstum der Ressourcennutzung im Zuge wachsender Produktions- und Konsumtionsprozesse. Daher kann Ressourceneffizienz nur zusammen mit absoluten Reduktionszielen Lösungsbeiträge leisten.

Prof. Dr. Bernd Siebenhüner

Professur für ökologische Ökonomie
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg





Rohstoffe sichern – die Zeit drängt

Wir haben nicht nur die Problematik einer Energiewende, sondern auch die einer Rohstoffwende zu bewältigen. Hier ist die Situation relativ dramatisch: Aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung und des steigenden Pro-Kopf-Verbrauchs werden wir nach seriösen Schätzungen der Vereinten Nationen spätestens zur Mitte des Jahrhunderts eine deutliche Rohstoffverknappung erleben, wenn wir so weitermachen wie bisher. Darum müssen wir jetzt dringend Maßnahmen ergreifen, um Rohstoffe zu sichern und ressourceneffizient damit umzugehen.

Die Maßnahmen stehen auf vier Säulen:

- Optimierung der Primärrohstoffversorgung
- Materialeffizienter Einsatz von Rohstoffen
- Substitution kritischer Rohstoffe
- Recycling und Kreislaufwirtschaft

Nur in Kombination aller vier Säulen werden wir noch eine reelle Chance haben, die Rohstoffversorgung sicherzustellen, ohne unsere Lebensgrundlage weitreichend zu zerstören.

In der Recyclingregion Harz haben wir in der Forschung schon viel erreicht, aber eine gewaltige Aufgabe liegt noch vor uns. Und die Zeit drängt: In 30 Jahren müssten wir den Rohstoffbedarf, den wir heute durch Primärrohstoffe decken, über Recycling erreichen, damit wir die künftigen Bedarfszuwächse über Primärrohstoffe decken können. Dabei werden viele Rohstoffe wie etwa Tantal weltweit noch kaum recycelt. Hierfür benötigen wir neue Technologien und Strukturen, erste Entwicklungsansätze gibt es bereits. Die Verfahren müssen wirtschaftlich tragfähig sein, sich industriell umsetzen lassen und danach weltweit angewendet werden. Das gilt nicht nur für ein Element, sondern für das halbe Periodensystem.

Bei der Versorgung mit Primärrohstoffen gehen viele natürliche Vorkommen nicht komplett zur Neige, aber der Abbau wird immer aufwändiger und teurer. Er hat zudem einen erheblichen Landschaftsverbrauch zur Folge. Außerdem haben wir das Problem einer strategischen Verknappung, weil sich der Abbau zahlreicher Rohstoffe auf wenige Gegenden der Welt konzentrieren wird. Wer bietet Rohstoffe an und wer hat Zugriff darauf? Das erleben wir momentan massiv bei Metallen für die Elektromobilität: Wer keine Rohstoffe hat, kann keine E-Fahrzeuge bauen.

Mit Sicherheit ist es zwingend erforderlich, dass der Mensch seine Lebensweise ändert. Dafür brauchen wir ein gesellschaftliches Umdenken, das allerdings bereits eingesetzt hat. Was etwa werden Ansätze wie das Car-Sharing bringen? Und muss ich das Handy nach 18 Monaten schon ausmustern? Die Idee der Shared Economy und der nachhaltigen Nutzung von Produkten wird sich sicherlich weiter verbreiten. Ich denke schon, dass wir eine reelle Chance haben, die Probleme in den Griff zu bekommen. Und ich sehe Deutschland in der Verantwortung, mit gutem Beispiel voranzugehen.

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann

**Lehrstuhl für Rohstoffaufbereitung
und Recycling
Technische Universität Clausthal**



Repariert statt neu – mit gebrauchten Ersatzteilen für Autos lassen sich wertvolle Rohstoffe einsparen.

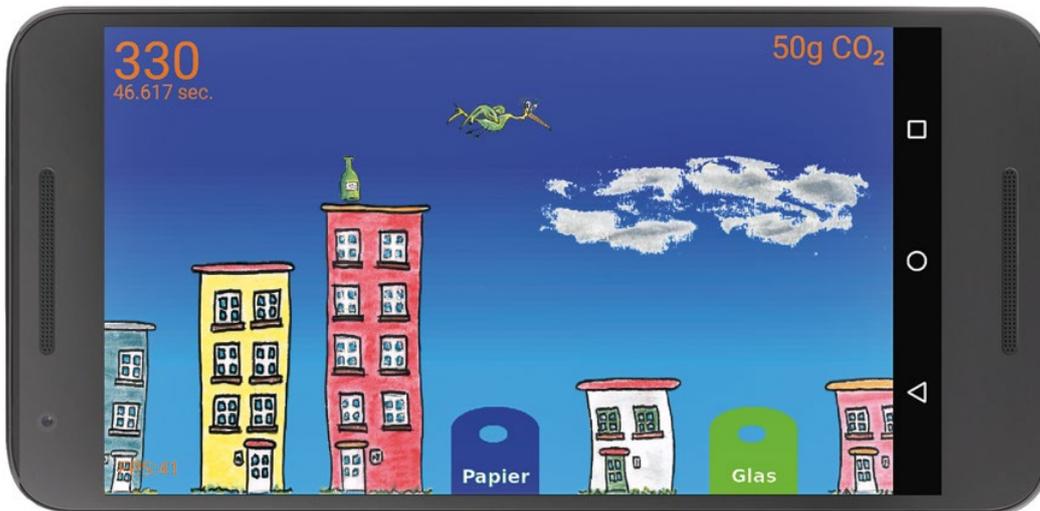
Rohstoffe — von der Kaskade zum Kreislauf

Derzeit verbrauchen die Industrienationen mehr Naturressourcen, als die Erde regenerieren kann. Sowohl Rohstoffe als auch Energie werden für unsere Enkelinnen und Enkel in dem Maße nicht mehr verfügbar sein. Die Oldenburger Forschergruppe Cascade Use entwickelt Werkzeuge für Unternehmen und die Öffentlichkeit, um Rohstoffe besser schonen und recyceln zu können. Ein Fokus liegt auf der Reparatur und Wartung von Autoteilen.

Das übergeordnete Ziel der Forschergruppe ist die langfristige Rohstoffsicherung. Viele Materialien lassen sich technisch wiedergewinnen oder recyceln – und dies meist ökologisch und energetisch verträglich. Eine Entsorgung über den Hausmüll ist daher nicht vertretbar. Um hierfür ein Bewusstsein und Hilfsmittel zu schaffen, entwickeln die Nachwuchsforscherinnen und -forscher ein Kaskadenmodell. Im Internet und per App klärt es über den Umgang mit Rohstoffen auf – von der Gewinnung und Beschaffung über alle Lebenszyklusphasen hinweg bis zum Recycling oder zur Entsorgung. Welche Rohstoffe gehen zur Neige? Wie hoch sind die CO₂-Emissionen? Welche Alternativen bieten sich an?

Der Fokus liegt auf den Rohstoffen in elektronischen Bauteilen im Automobilbereich und in der Informations- und Kommunikationstechnologie, zum Beispiel in kleinen Elektromotoren. Vorrangig betrachtet die Forschergruppe Metalle, Kunststoffe gehören bisher nicht zur Untersuchung. Das Kaskadenmodell wendet sich an Werkstätten, den Handel von gebrauchten Ersatzteilen sowie an





Die App Scrapy Bird beschäftigt sich spielerisch mit Recycling. Ein Vogel sucht Müll wie Glas, Metall oder Biomüll und muss ihn in die richtigen Container werfen. Die App ist eine Eigenentwicklung von Cascade Use in Kooperation mit Steinbeis Ressource.

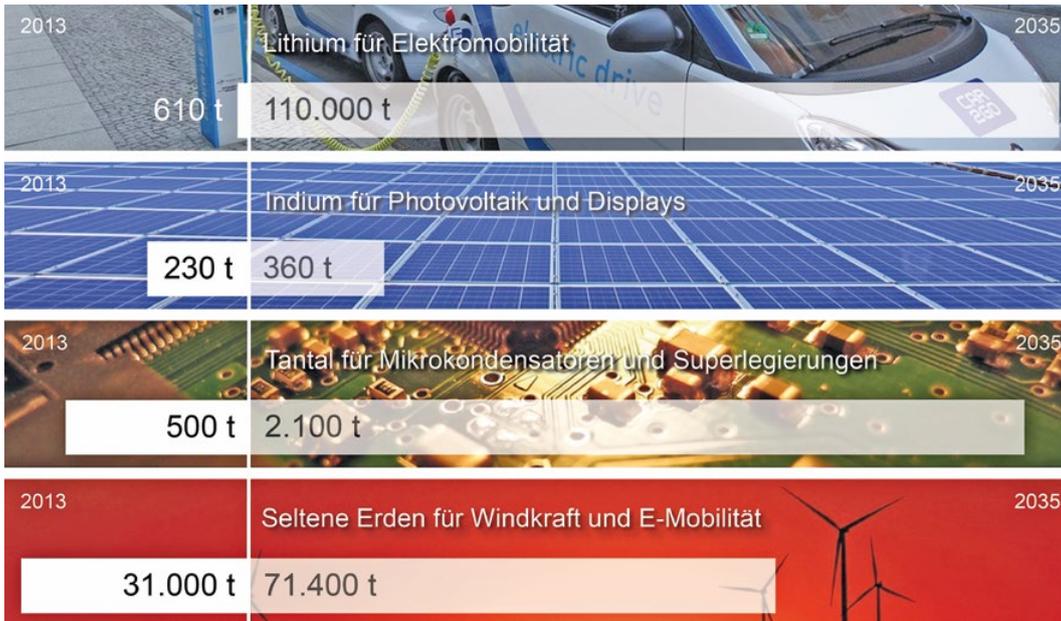
Konsumentinnen und Konsumenten. Mit reparierten Bauteilen vom virtuellen Schrottplatz statt Neuteilen ließen sich wertvolle Rohstoffe erheblich einsparen. Das Modell will Kunden dabei helfen, die Verlässlichkeit und Qualität gebrauchter Teile besser einschätzen zu können. Den Unternehmen hilft es bei der Beurteilung ökologischer und ökonomischer Aspekte.

Cascade Use wendet die Methode auch erfolgreich auf den Bereich professioneller Rechenzentren (Projekt TEMPRO) sowie auf Teilbereiche der Erneuerbaren Energien an. Eine innovative Verknüpfung mit der sogenannten Kritikalität der Rohstoffe zeigt auf, welche Rohstoffe derzeit schwer zu gewinnen und zu beschaffen sind. Zum Beispiel steht Platin, das häufig als Katalysator eingesetzt wird, sehr unter Druck. Für ausgediente Katalysatoren gibt es bereits einen Schwarzmarkt und Diebstahl ist an der Tagesordnung. Die Rohstoffkritikalität als Periodensystem der chemischen Elemente ist bereits auf der Projekt-Webseite allgemein verfügbar. Das webbasierte Kaskadenmodell und die App sollen bis Ende 2018 der Öffentlichkeit bereitstehen.

Zudem engagiert sich die Oldenburger Forschergruppe für die Wissensvermittlung an Schulen. Mit der Spieleapp »Scrapy Bird« erfahren die Kinder spielerisch, welchen Nutzen Recycling für die Umwelt hat und wieviel CO₂ sich dadurch einsparen lässt. Scrapy Bird befindet sich noch in der Entwicklungs- und Testphase, ist aber bereits in einer Beta-Version zum Ausprobieren verfügbar. Das Projekt Cascade Use wird im Nachwuchsforschergruppen-Programm des Bundesforschungsministeriums gefördert.

Universität Oldenburg Nachwuchsforschergruppe Cascade Use

Dr.-Ing. Alexandra Pehlken
Matthias Kalverkamp, M.Sc.
Charlotte Schäffer, B.A.
Telefon 0441 798-4796
alexandra.pehlken@uol.de
www.uni-oldenburg.de/cascadeuse



Rohstoffbedarf für
Zukunftstechnologien
2013 und 2035 in Tonnen

Recycling 2.0 im Harz

Auf dem Weg zur integrierten Recyclingregion

30 Jahre nach Einstellung des Erzbergbaus im Harz haben sich Forschung und Wirtschaft in der Region zukunftsorientiert auf die Rückgewinnung sekundärer Rohstoffe durch Recycling ausgerichtet. Altprodukte, Produktionsrückstände sowie Ablagerungen enthalten wichtige Hightech-Metalle, zum Beispiel Seltene Erden, Tantal, Wolfram, Lithium, Titan, Indium oder Gallium. Der Recyclingcluster REWIMET, ein Zusammenschluss von Unternehmen, Hochschulen und öffentlichen Körperschaften, führte zu Innovationen und neuen Arbeitsplätzen, etwa im Bereich Elektronikschrottreycling und IT-basierte Prozesssteuerung. Umfangreiche regionale Kooperationen weiten sich nun auf andere Abfallströme aus wie Aluminium-haltige Massenmetalle, Rückstände der Papierindustrie bis hin zum Möbelbau aus alten Paletten.

Einen transdisziplinären Ansatz verfolgt das 2016 gestartete und vom Bundesforschungsministerium geförderte Projekt Recycling 2.0. Hier erarbeiten die Forscherinnen und Forscher nicht nur technische Lösungen und beurteilen deren rechtliche, wirtschaftliche und ökologische Tragfähigkeit. Sie befassen sich vor allem auch mit Akzeptanzfragen in der Bevölkerung, wenn es etwa um neu zu bauende Recyclinganlagen geht, und mit dem Konsumentenverhalten. Die Rückführungsquoten von alten Handys und Elektrokleingeräten sind bislang viel zu niedrig, da sehr viele Geräte in den Restmüll gelangen und nicht in die Verwertungskanäle für Elektronikschrott.

Ziel aller Aktivitäten ist es, ein gesamtgesellschaftliches Bewusstsein zu aktivieren und konkrete Lösungen umzusetzen, die gleichermaßen dem Umweltschutz, der Rohstoffversorgung und der wirtschaftlichen Stärkung der Harzregion dienen. Eine hohe Dichte von Unternehmen und Hochschulen, die dem Recycling neue Impulse geben, zeichnen diese Leuchtturmregion aus. Zu den Kooperationspartnern zählen Hochschulen in Braunschweig, Clausthal, Göttingen, Hildesheim, Kassel, Magdeburg, Nordhausen, Weimar und Wolfenbüttel.

**Technische Universität Clausthal
Lehrstuhl für Rohstoffaufbereitung
und Recycling**

Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann
daniel.goldmann@tu-clausthal.de
www.ifa.tu-clausthal.de



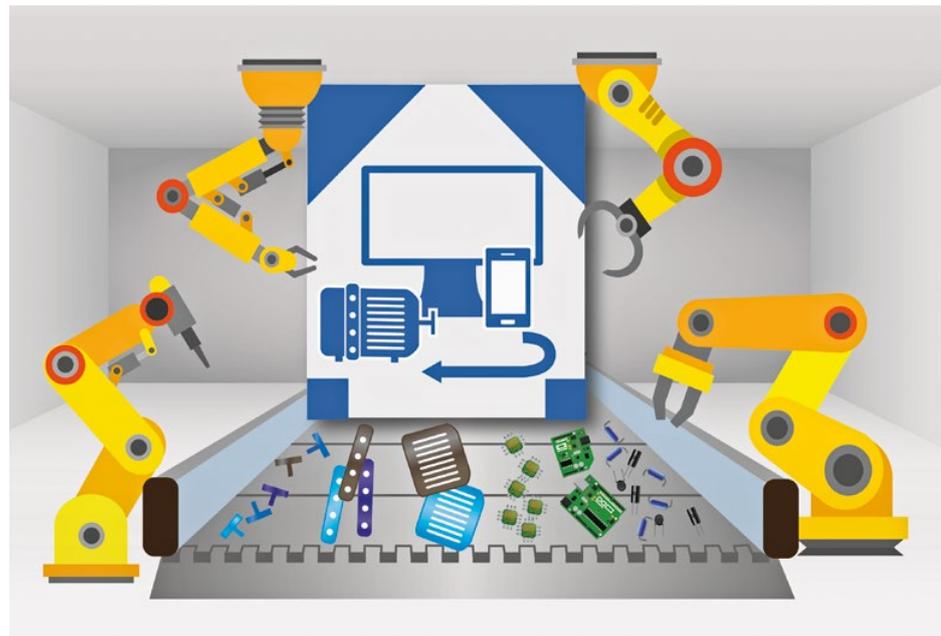
Recyclingregion Harz

Kreisläufe schließen durch Pfand und Demontage

Rohstoffe recyceln aus Elektronik-Altgeräten

Am Hightech-Standort Deutschland werden verschiedenste Metalle des Periodensystems für Zukunftstechnologien benötigt. Dabei konzentriert sich die Primärförderung bei einigen Elementen auf wenige Länder oder Unternehmen. In Elektro- und Elektronikgeräten (EEG) sind wertvolle Anteile der benötigten strategischen Rohstoffe enthalten. Unterschiedliche Ursachen führen dazu, dass diese am Ende des Produktlebenszyklus verloren gehen. Um die zukünftige Versorgung der hiesigen Wirtschaft nachhaltig sicherzustellen, müssen sekundäre Rohstoffquellen stärker genutzt werden. Auch verkürzte Modellzyklen moderner Informationstechnologien sowie zunehmende Digitalisierung erfordern dringend nachhaltige Recyclingstrukturen.

Das CUTEC Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum hat Pfandsysteme für EEG untersucht und entwickelt eine industrielle Demontagefabrik 4.0 – mit dem Ziel, Altprodukte vollumfänglich zurückzuführen sowie enthaltene Metalle wiederzugewinnen. Finanziert durch das baden-württembergische Umweltministerium, setzen die Umwelttechniker ein roboterbasiertes Demontagemodul in die Praxis um. Die automatisierte Demontage ermöglicht, Materialien sortenrein und verlustfrei zu trennen, Konzentrate für nachfolgende Recyclingverfahren bereitzustellen oder ganze Baugruppen einer Wiederverwendung zuzuführen. Erkenntnisse aus Vorprojekten sowie Innovationen in den Bereichen digitale Bildverarbeitung, Szenenanalyse und Robotik sollen dabei zu einem innovativen Gesamtkonzept kombiniert werden. Am Ende des Projekts wollen die Forscher die Technologie in ein zeitgleich entstehendes Demonstrationszentrum für ultraeffiziente industrielle Produktion integrieren.



Wirtschaftliches Recycling benötigt jedoch ausreichende und gleichmäßige Materialmengen. Lediglich rund 40 Prozent der metallreichen Geräte gelangen aktuell in Deutschland nach ihrer Nutzung in die vorgesehenen Entsorgungspfade. Ein Pfandsystem kann diese Quote erhöhen. In einer Konzeptstudie zeigt das CUTEC Forschungszentrum unterschiedliche technologische und strukturelle Optionen sowie Vor- und Nachteile eines Pfandsystems unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und ökologischer Folgen auf.

Ein Pfandlogo auf Elektrogeräten? Hohe und konstante Sammelquoten, kombiniert mit einer automatisierten Demontage, können die Wirtschaftlichkeit moderner Recyclingverfahren verbessern.

Technische Universität Clausthal
CUTEC Clausthaler Umwelttechnik
Forschungszentrum

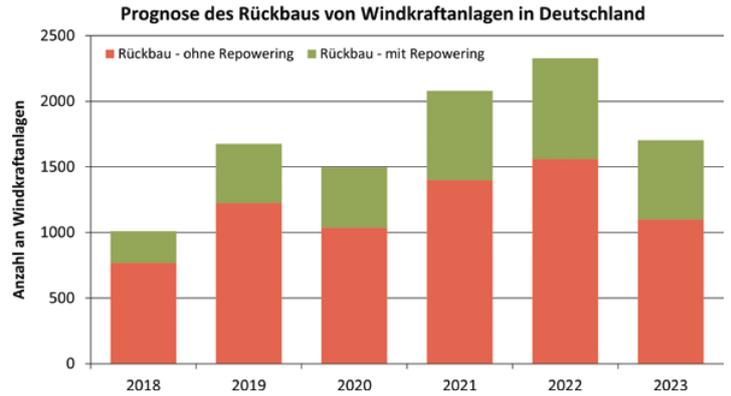
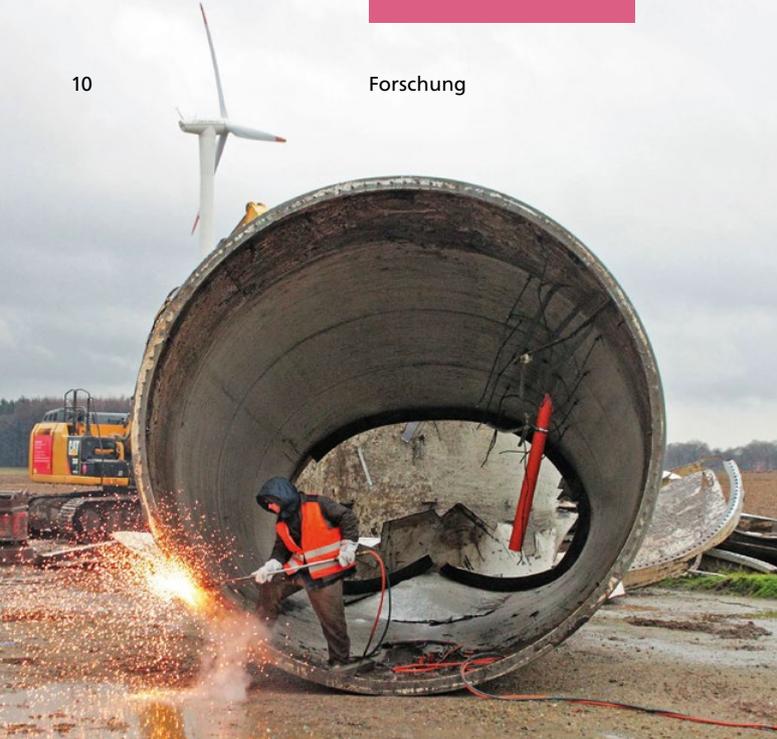
Dipl.-Biol. Jan Henning Seelig, M. Eng.

Dipl.-Umweltwiss. Jan Schlecht

Dr. Torsten Zeller

torsten.zeller@cutec.de

www.cutec.de



Derzeit werden Windkraftanlagen zumeist direkt vor Ort zerlegt – hier mit einem Brennschneider. Das birgt große ökologische und logistische Risiken.

Ausgediente Windkraftanlagen effizient demontieren

Ausgediente Windkraftanlagen effizient demontieren

In Deutschland erreichen tausende Windkraftanlagen in den nächsten Jahren das Ende ihrer Lebensdauer. Das Institut für Integrierte Produktion Hannover und das Institut für Wirtschaftsinformatik der Leibniz Universität Hannover erforschen den optimalen Zeitpunkt für den Rückbau beziehungsweise das Repowering (Ersatz) von Windkraftanlagen und den ressourcenschonendsten Weg der Demontage. Die Prognosen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts »DemoNetXXL« ergeben: Von den mehr als 28.000 Windkraftanlagen in Deutschland müssen bis 2023 rund 10.300 Windkraftanlagen zurückgebaut werden. Hiervon wird etwa ein Drittel durch neue Windkraftanlagen ersetzt (Repowering).

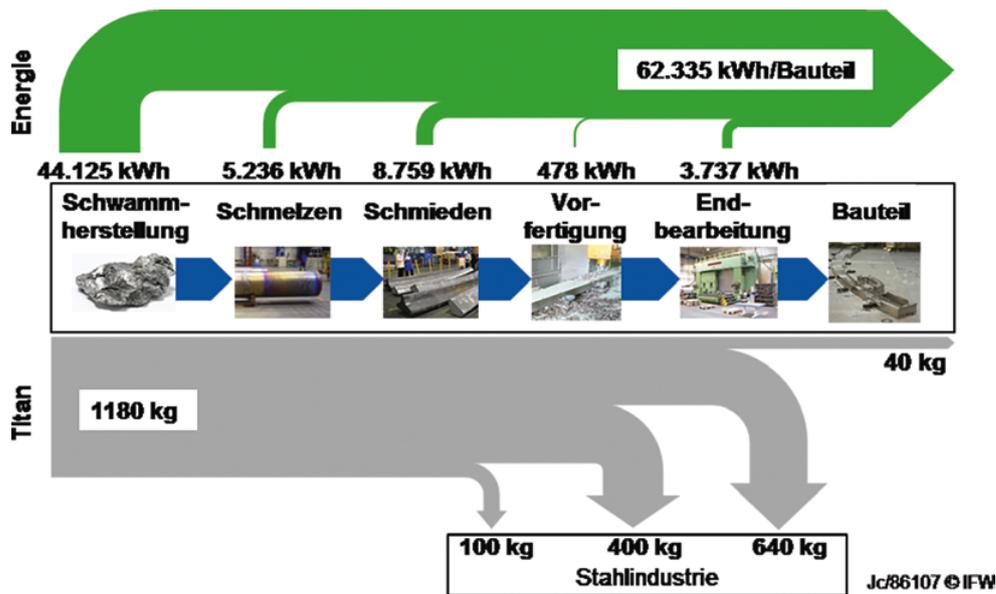
Auch der Weiterverkauf von Gesamtanlagen nimmt aufgrund gesättigter Zweitmärkte und veränderter Regulierung, etwa in Osteuropa, deutlich ab. So wird die Entsorgung und das Recycling von Windkraftanlagen weltweit immer wichtiger. Doch hierfür existieren derzeit keine standardisierten Verfahren und Infrastrukturen. Die zeit- und kostenintensive Zerlegung erfolgt zumeist am Anlagenstandort und birgt hohe ökologische Risiken: Böden können durch Getriebeöl oder Glasfaserspänen aus zersägten Rotorblättern kontaminiert werden. Außerdem müssen Spezialmaschinen auf die grüne Wiese gelangen. Die Gesamtdauer der Demontage einer Anlage summiert sich auf etwa drei Wochen, die Kosten betragen abhängig vom Anlagentyp zwischen 30.000 Euro und 130.000 Euro.

Als Alternative empfehlen die Forscherinnen und Forscher, Netzwerke mit dezentralen Demontagefabriken zu etablieren. Hierbei werden die Windkraftanlagen vor Ort lediglich grob zerlegt und die einzelnen Komponenten zu den spezialisierten Fabriken transportiert, in denen sie anschließend weiter zerlegt und für verschiedene Nachnutzungsstrategien aufbereitet werden. Ihre quantitativen Analysen bestätigen, dass sich hierdurch Zeit und Rückbaukosten minimieren, ökologische Risiken verringern und Rohstoffe sichern lassen. Sie haben ein Optimierungsmodell entwickelt, das potenzielle Standorte identifiziert, Demontageprozesse zuweist, Transporte plant und ökologische Aspekte berücksichtigt.

Für einen erfolgreichen Wissenstransfer erarbeitet ein Arbeitskreis seit 2016 gemeinsame Standards für eine ressourcenschonende Demontage. Wissenschaftler, Windparkbetreiber, Logistiker und andere interessierte Unternehmen sind herzlich dazu eingeladen, sich an diesem Arbeitskreis zu beteiligen.

**Institut für Integrierte
Produktion Hannover gGmbH**
Martin Westbomke, M.Sc.
Telefon 0511 27976-447
westbomke@iph-hannover.de

**Leibniz Universität Hannover
Institut für Wirtschaftsinformatik**
Jan-Hendrik Piel, M.Sc.
Telefon 0511 762-4996
piel@iwi.uni-hannover.de
www.demonetxxl.iph-hannover.de



Der bisherige Energie- und Materialverbrauch bei der Herstellung von Titanbauteilen soll durch das Recycling von Titanspänen deutlich gesenkt werden.

Recycling von Titanspänen

Neue Verfahren sparen Material und Energie

Um Bauteile aus Titan für die Flugzeugindustrie zu fertigen, wird aktuell mehr als die zehnfache Menge des Leichtmetalls eingesetzt, als für das eigentliche Bauteil benötigt wird. Die meist kompliziertesten und bis zu fünf Meter großen Bauteile werden aus dem vollen Material gefräst. Dabei gehen rund 90 Prozent des Ausgangsmaterials verloren. Die Luftfahrtindustrie als zentraler Abnehmer von Titanbauteilen setzt sehr hohe Ansprüche an die Qualität des Ausgangsmaterials, sodass ein Recycling von Titanspänen in der geforderten Qualität bislang nicht möglich war – zumindest nicht mit vertretbarem Aufwand. Beim Zerspanprozess werden die Titanspäne stark verunreinigt, unter anderem durch Oxidation und Kühlschmierstoffrückstände. In der Luftfahrtindustrie dürfen sie somit nicht mehr verwendet werden.

Im Forschungsvorhaben »Return – Prozesskette Recycling von Titanspänen« will das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Leibniz Universität Hannover ein Recycling von mindestens 70 Prozent der anfallenden Titanspäne erreichen. Untersuchungen haben gezeigt, dass das verwendete Kühlkonzept in der Zerspanung eine entscheidende Einflussgröße ist. Die in der Zerspanung eingesetzten Kühlmedien dienen dazu, Späne aus der Wirkstelle zu transportieren und die Bauteilqualität und die Werkzeugstandzeit zu verbessern.

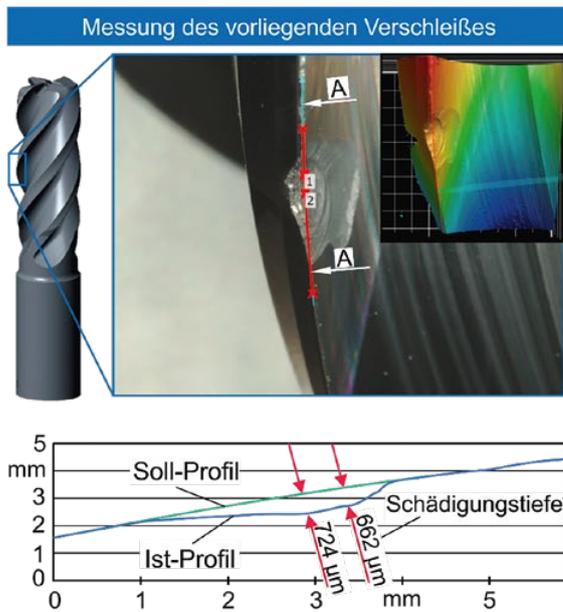
Die beste Spanqualität, die für ein neues Bauteil eingesetzt werden kann, ist mit flüssigem Stickstoff (LN₂) zu erzielen. Der höchste Anteil an wiederverwendbaren Spänen reicht bis zu 93 Prozent. Auch unter Verwendung konventioneller Kühlschmierstoffe lassen sich mit optimierten Reinigungsprozessen bis zu 65 Prozent Späne für neue Titanbauteile wiederverwerten. Gleichzeitig haben die Forscherinnen und Forscher den Energieaufwand zur Herstellung von Titanbauteilen durch den Einsatz von Spänen für neue Bauteile bis zu 67 Prozent deutlich gesenkt. Damit ist ein wichtiger Beitrag zur Reduzierung von CO₂-Emissionen gelungen.

**Leibniz Universität Hannover
Institut für Fertigungstechnik und
Werkzeugmaschinen**

Dipl.-Ing. Stefan Jacob
jacob@ifw.uni-hannover.de
www.ifw.uni-hannover.de

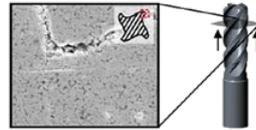


Durch neue Kühlkonzepte und Reinigungsprozesse lassen sich hochwertige Bauteile aus Titanspänen fertigen.

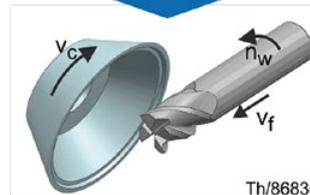
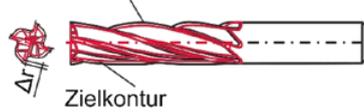


Angepasster Nachschleifprozess

Ermittlung der Schädigungstiefe



Ausgangskontur



TH/86834 © IFW

Schäden zuverlässiger aufdecken

Fräswerkzeuge ressourceneffizient nachschleifen

Bei der ressourceneffizienten Herstellung und Bearbeitung von Bauteilen spielt die Qualität und Lebensdauer der verwendeten Werkzeuge eine entscheidende Rolle. Zerspanwerkzeuge beispielsweise haben ein weltweites Marktvolumen von zwölf Milliarden Euro. Die effiziente Aufbereitung dieser Werkzeuge gewinnt immer mehr an Bedeutung. Das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Leibniz Universität Hannover entwickelt deshalb einen Prozess, mit dem Verschleißmerkmale an Vollhartmetallfräs Werkzeugen weitestgehend automatisiert bewertet und nachgeschliffen werden.

Schäden an verschlissenen Fräsern werden in Unternehmen üblicherweise von Mitarbeitern einzeln abgeschätzt, sodass die Güte der Bewertung von der Erfahrung des Werkers abhängt. Fehleinschätzungen führen unmittelbar dazu, dass Verschleißmerkmale an der Schneidkante unentdeckt bleiben oder beim Nachschleifen zu viel Material vom Fräser abgetragen wird. Deshalb haben die Forscherinnen und Forscher in Kooperation mit mehreren namhaften Unternehmen im von der AiF geförderten Projekt »Autoregrind« zunächst Verschleißmerkmale an Vollhartmetallfräsern hochgenau bestimmt.

Sie setzen optische Messverfahren für den äußerlich sichtbaren Verschleiß ein und detektieren Mikrorisse mit einer Breite von unter 500 Nanometern durch ein Rasterelektronenmikroskop. Wird diese Tiefenschädigung nicht vollständig entfernt, kann sie bereits nach kurzem Einsatz des Fräasers zu Ausbrüchen an der Schneidkante führen und das Werkzeug somit unbrauchbar machen. Die Wissenschaftler haben neue Schleifstrategien entwickelt, um alle sichtbaren und nicht sichtbaren Schädigungen zu entfernen, indem sie die Länge der mikroskopischen Risse mit den äußerlich sichtbaren, makroskopischen Ausbrüchen korrelieren. Dies ermöglicht es, Fräs Werkzeuge ohne unnötigen Materialverlust gezielt nachzuschleifen und deren Lebenszeit zu verlängern.

Die gezielte Vermessung der auftretenden Verschleißerscheinungen erhöht die Ressourceneffizienz des Nachschleifprozesses um bis zu 20 Prozent. Zudem verringert sie die Bearbeitungszeit um bis zu 65 Prozent, da nur eine Nachschleifoperation notwendig ist, in der alle Schädigungen sicher entfernt werden. In weiteren Untersuchungen sollen die kostenintensiven Fräs Werkzeuge und die Schleifparameter weiter optimiert werden. Dies reduziert zum einen den Verschleiß der Schleifwerkzeuge, zum anderen steigt die Qualität und folglich die Lebensdauer der geschliffenen Fräser.

**Leibniz Universität Hannover
Institut für Fertigungstechnik und
Werkzeugmaschinen**

Mirko Theuer, M.Sc.

theuer@ifw.uni-hannover.de

www.ifw.uni-hannover.de

Thermografie deckt Schäden auf

Effizientere Wartung von Luftfahrzeugen

Während der Wartung von Luftfahrzeugen verursachen Stillstandzeiten hohe Kosten. Daher ist eine zügige äußere Zustandserfassung der Flugzeugtechnik wünschenswert. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Hochschule Hannover kombinieren die bei Luftfahrzeugen übliche Sichtprüfung mit thermografischen Methoden. So lassen sich Bauteilschädigungen vor der eigentlichen Wartung besser erfassen. Die Thermografie visualisiert die Verteilung und Intensität der von einer Bauteiloberfläche ausgesandten Infrarotstrahlung. Schädigungen an der Struktur, wie Delamination, Korrosion oder Blitzeinschläge, verändern die Strahlungsverteilung auf der Bauteiloberfläche.

Infrarotaufnahmen einer Luftfahrzeugstruktur, zu unterschiedlichen Zeitpunkten erstellt, ermöglichen einen direkten Vergleich untereinander. Auf diese Weise können Bauteilveränderungen schnell erfasst werden. Hierbei müssen allerdings Irrtümer durch thermische Reflexionen vermieden werden. Da Infrarotstrahlung wie sichtbares Licht reflektiert werden kann, verursacht zum Beispiel schon ein weit entfernter Heizstrahler störende Reflexionen auf einer Bauteiloberfläche. Um thermische Reflexionen sicher zu identifizieren, ist es notwendig, die Bauteiloberfläche aus unterschiedlichen Entfernungen und Winkeln zu erfassen. Fest installierte Infrarotkameras sind daher für diese Aufgabe wenig geeignet.

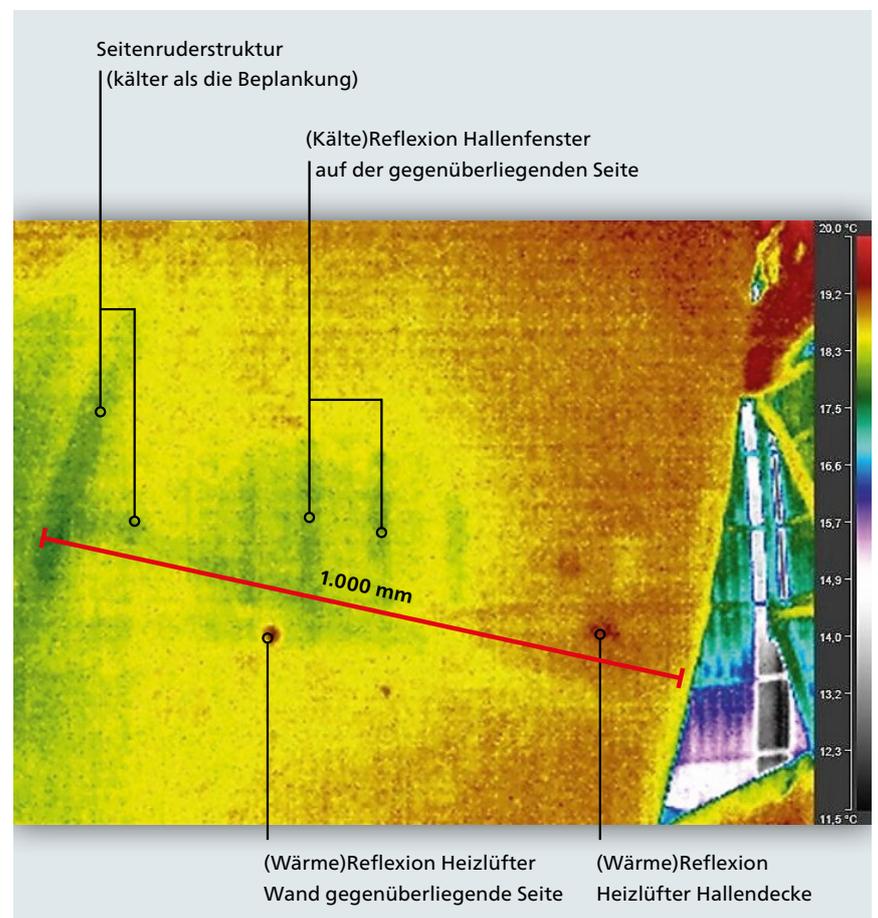


Die Infrarotkamera am handgeführten Gasballon sucht Bauteilschäden am Seitenruder.

Mithilfe einer kompakten und leichten Infrarotkamera an Bord einer Flugplattform lassen sich große Oberflächen aus nahezu jeder beliebigen Position erfassen. Die Wissenschaftler verwenden mit ihren Projektpartnern TUI fly und LTA Technologie AG einen manuell oder ferngesteuerten Gasballon. Seine Flugdauer wird nicht durch Akkulaufzeiten begrenzt. Er ist aufgrund seines geringen Gefahrenpotenzials in der Lage, eine Infrarotkamera bis auf einen Meter an die Bauteiloberfläche heranzuführen. Fazit: Die luftgestützte Thermografie kann – mithilfe einer geeigneten Flugplattform – Wartungsabläufe optimieren und grundsätzlich in jedem Industriesektor eingesetzt werden.

Hochschule Hannover Projektlabor für Werkstoffe im Flugbetrieb in der Werkstofftechnik

Dipl.-Inform.wirt (FH) Friedrich Wilhelm Bauer
Dipl.-Ing. Birgit Claßen-Georgiadis
Dipl.-Ing. Dietrich Müller
Roksana Przybilla
Murtaza Azami
friedrich-wilhelm.bauer@hs-hannover.de



Um Oberflächenschäden am Seitenruder auf dem Infrarotbild sicher identifizieren zu können, müssen thermische Reflexionen davon unterschieden werden können.

Reparieren statt Ersetzen

Neue Regenerationsprozesse für komplexe Investitionsgüter

Wartung und Instandhaltung von Investitionsgütern wie Flugzeugtriebwerken, Windenergieanlagen oder Schienenfahrzeugen verursachen einen erheblichen Anteil der Betriebskosten. Um diesen Anteil zu reduzieren und teure Ressourcen einzusparen, müssen Wartungsprozesse und Reparaturverfahren effizienter gestaltet werden. In den heute üblichen Regenerationsprozessen führen Fachkräfte auf Basis von Richtlinien Wartung und Reparaturen durch. Dabei spielt die individuelle Erfahrung eine wesentliche Rolle, was unter Umständen zu einer schlechten Reproduzierbarkeit und Qualität der Reparaturergebnisse führen kann.

Mit dem Ziel, die Funktionsfähigkeit komplexer Anlagen und Maschinen zu erhalten und möglichst zu verbessern, erarbeitet der Sonderforschungsbereich (SFB) 871 »Regeneration komplexer Investitionsgüter« an der Leibniz Universität Hannover die wissenschaftlichen Grundlagen für einen innovativen Ansatz: Am Beispiel von Turbinenschaufeln für Flugzeugtriebwerke wird ein kombinierter virtueller und realer Reparaturprozess entwickelt. Dieser Ansatz nutzt klassische Methoden der Produkt- und Fertigungsentwicklung – etwa numerische Simulationen von Bauteilen und Systemen –, und überträgt sie auf die Instandhaltung.



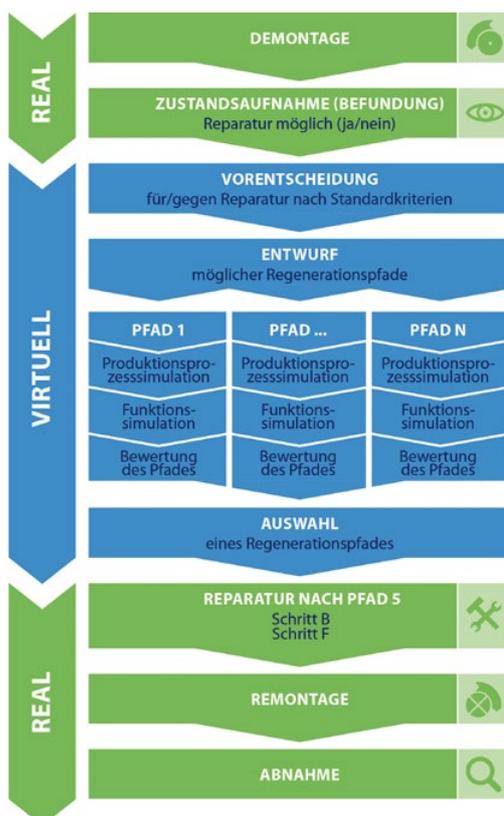
Komplexe Bauteile wie diese verschlissene Turbinenschaufel sollen künftig besser repariert werden können, statt sie durch teure Neuteile zu ersetzen.

Nach der Analyse der Ist-Zustände werden die beanspruchten Bauteile sowie die Ergebnisse verschiedener Regenerationspfade simuliert und bewertet. Mittels der Simulationen werden einerseits die Lebensdauer des Bauteils und andererseits dessen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit, wie Schub oder spezifischer Kraftstoffverbrauch, bestimmt. Anschließend soll der bestmögliche Reparaturablauf, unter Berücksichtigung spezieller Kundenanforderungen, automatisiert ausgewählt und real ausgeführt werden. Hierfür werden neue Reparaturtechnologien wie einkristallines Laserstrahlschweißen oder endkonturnahe hybride Füge- und Beschichtungsprozesse entwickelt.

Diesen neuartigen Ansatz erforscht der SFB seit 2010 am Beispiel ziviler Flugzeugtriebwerke, da deren Module und Komponenten eine hohe Komplexität hinsichtlich der Wechselwirkungen untereinander sowie zu den Einsatz- und Umgebungsbedingungen aufweisen. Ziel ist es dabei, den Anteil an erforderlichen Neuteilen sowie den Reparaturaufwand deutlich zu reduzieren und so wertvolle Ressourcen einzusparen. Die Erkenntnisse und entwickelten Methoden dienen als Grundlage, weitere Reparaturverfahren, Messsysteme und Planungswerkzeuge zu erarbeiten und beispielsweise auf Gasturbinen, Windenergieanlagen und Transformatoren für Schienenfahrzeuge zu übertragen.

Leibniz Universität Hannover Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik

Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Benedikt Ernst
Telefon 0511 762-2734
ernst@tfd.uni-hannover.de
www.sfb871.de



Bei der zukünftigen Regeneration von komplexen Investitionsgütern werden alternative Reparaturpfade virtuell evaluiert und automatisiert ausgewählt.

Laserreparatur von Faserverbundwerkstoffen

Faserverbundwerkstoffe können Stahlbleche ersetzen und so das Gewicht von Autos und Flugzeugen senken. Jedoch lassen sie sich häufig nicht wirtschaftlich reparieren. Das Laser Zentrum Hannover will die Reparatur kostengünstiger und effizienter machen.

Faserverstärkte Kunststoffe sind wie Textilien aufgebaut: Die Fasern, etwa aus Kohlenstoff, werden gelegt oder gewebt und anschließend mit einer Kunststoffmatrix verhärtet. Fehlstellen oder Beschädigungen sind daher völlig anders zu reparieren, als es in der Metallbauweise üblich ist. Im Verbundprojekt ReWork arbeitet das Laser Zentrum Hannover (LZH) an einem Reparaturprozess für dünnwandige und komplexe carbonfaserverstärkte Bauteile.

Zusammen mit den Unternehmen INVENT GmbH, OWITA GmbH und Precitec Optronik GmbH verfolgt das LZH den Ansatz, die Fehlstelle mit dem Laser präzise abzutragen. Anschließend werden passgenaue Ersatzlagen eingebracht und mit Harz neu verhärtet. Die reparierten Stellen erreichen so die benötigten hohen Festigkeiten für den weiteren Einsatz. Besonders herausfordernd sind die geringe Materialstärke und die komplexe Geometrie der Bauteile. Die neue Technologie soll sich sowohl auf flache als auch auf gekrümmte Bauteile anwenden und idealerweise automatisieren lassen.

Orientierung der Faserlagen erkennen

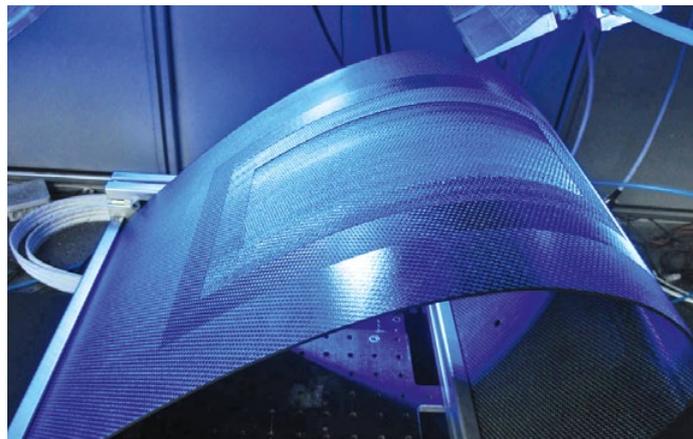
Im Forschungsprojekt ForLase arbeitet das LZH zusammen mit der Apodius GmbH daran, ein Messgerät zur Faserlagenorientierung mit einem laserbasierten Reparaturprozess zu kombinieren. Damit sollen sich beschädigte Faserlagen präzise und rückstandslos entfernen lassen. Dies ist kompliziert, da die Dicke der Verbundschichten im Bauteil variiert. Um diese Ungenauigkeiten auszugleichen, setzen die Projektpartner auf ein optisches System, das die Faserorientierung des freigelegten Materials erkennt.

Das Bilderkennungsverfahren ist so schnell, dass die Messdaten in Echtzeit ausgewertet werden können. Das ist die Grundvoraussetzung, um das schichtweise Abtragen der Faserlagen (Schäftprozess) zu regeln und damit den ganzen Prozess zu automatisieren. Die Projekte ReWork und ForLase

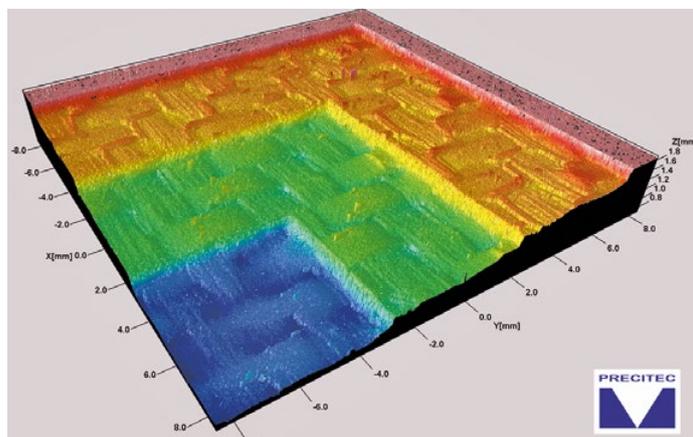
werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert. Vielversprechende Ergebnisse wurden bereits erzielt, so sollte der geregelte Laserabtragprozess für carbonfaserverstärkte Kunststoffe schon bald im industriellen Umfeld Anwendung finden.

Laser Zentrum Hannover e.V.

Dr.-Ing. Peter Jäschke
Telefon 0511 2788-432
p.jaeschke@lzh.de
www.lzh.de



Schadstellen an carbonfaserverstärkten Kunststoffen lassen sich mit dem Laser präzise abtragen (Schäftung). Die Stelle wird anschließend mit Ersatzlagen passgenau aufgefüllt.

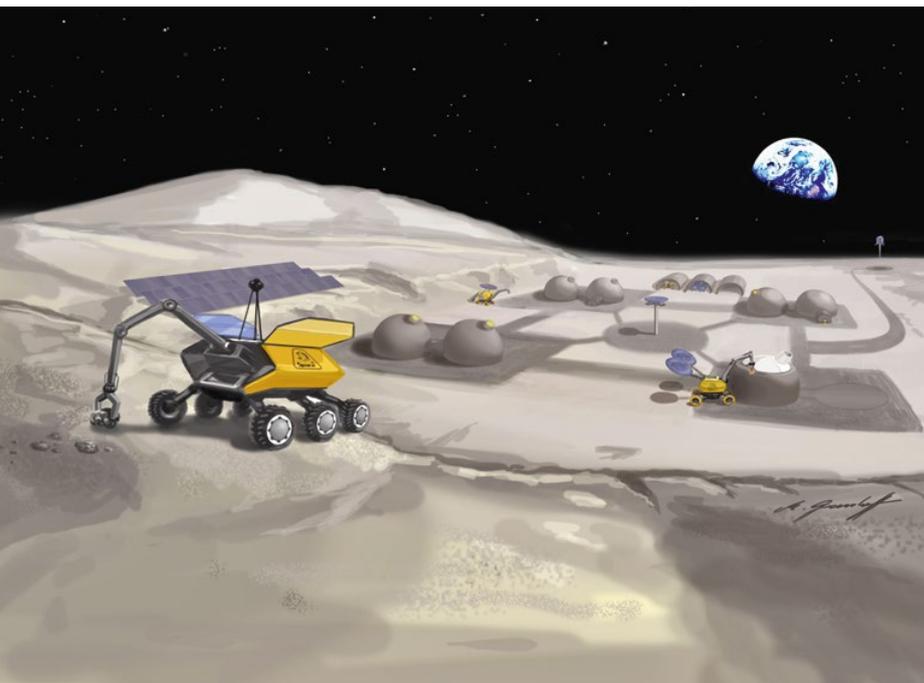


Die Grafik zeigt hochaufgelöst die Bereiche der abgetragenen Faserlagen – aufgenommen mit Optischer Kohärenztomographie (OCT).

3D-Druck im Weltraum

Leben auf dem Mond ist längst keine filmische Fiktion mehr, sondern erklärtes Ziel von Forschung und Raumfahrtindustrie. Es werden neue Technologien benötigt, um Mondbasen, Werkzeuge und Ausrüstung herzustellen. Innovative Materialien und Prozesse sind erforderlich, die Ressourcen vor Ort einbinden und nach der Gebrauchsphase einem Recycling zuführen können, um nicht als Weltraumschrott zu enden. An diesen zukunftsweisenden Themen arbeiten Recycling-Experten der Ostfalia Hochschule.

Polymere sind leichte Werkstoffe, die aufgrund ihrer geringen Dichte und des vielseitigen Anwendungsspektrums für Weltraumerkundungen zu berücksichtigen sind. »Sie lassen sich funktionalisieren und rezyklieren, sind allerdings im Weltraum auch extremen Umwelteinflüssen ausgesetzt«, nennt Prof. Achim Schmiemann vom Institut für Recycling eine der Herausforderungen. »Herkömmliche Kunststoffe sind ohne Schutz vor kosmischer Strahlung gänzlich ungeeignet.« Er und sein Team erforschen, welche Werkstoffe und Fertigungsverfahren sich für den Orbit eignen. Sie wollen geeignete Materialien und Werkstoffkonzepte für den Weltraumeinsatz auswählen, mit Zusatzfunktionen ausrüsten, charakterisieren und zu Gegenständen verarbeiten. »Denkbar sind alle Bauteile aus Kunststoff, die wir auch auf der Erde kennen«, sagt Schmiemann.



Raumstationen auf dem Mond nehmen Gestalt an: Neue Technologien sollen es ermöglichen, Habitate und Werkzeuge vor Ort herzustellen, lokale Materialien einzubinden und genutzte Bauteile einem Recycling zuzuführen.

Im Projekt 3D4Space plant sein Team, gemeinsam mit der Technischen Universität und der Hochschule für Bildende Künste in Braunschweig, Habitate für den Mond, die gedruckt werden sollen. Besonders schwierig wird es sein, hierfür genügend Energie zur Verfügung zu stellen. Thermoplaste, die sich mittels Schmelzschichtverfahren wiederholt bearbeiten lassen, eignen sich für diese Zwecke besonders, aber auch Metalle und Mondgestein sind vorgesehen. »Die zukünftig auf dem Mond oder Mars gedruckten Bauteile und Strukturen sollen nach ihrer Nutzung nicht als Weltraumschrott enden, sondern rezykliert werden«, betont Schmiemann den ressourceneffizienten Anspruch.

Um die Haltbarkeit der extrem beanspruchten Kunststoffe zu erhöhen und eine Wiederverwertung zu vereinfachen, sollen sie mit vor Ort befindlichen Materialien zu hoch gefüllten Polymer-Verbundwerkstoffen verarbeitet werden. »Aus Verbundwerkstoffen mit Mondregolith, einem feinen Sand von der Mondoberfläche, kann man vor Ort einfache Werkzeuge zur Umformung von Aluminiumblechen herstellen«, erläutert Schmiemann. Aber auch den Mondregolith selbst wollen die Forscher an der TU Braunschweig verdrucken.

Die Erkenntnisse aus der Entwicklung und Verarbeitung hoch gefüllter Polymere oder verdrucktem Mondregolith lassen sich auch auf erdgebundene Anwendungen übertragen. Die genannten Hochschulen arbeiten in diesem EFRE-Innovationsverbund mit der Fraunhofer-Gesellschaft, dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt sowie mit den Unternehmen Airbus Defence and Space GmbH, Das Filament, IGAP GmbH, IN-VENT GmbH und Schott AG zusammen.

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wolfsburg
Institut für Recycling

Prof. Dr.-Ing. Achim Schmiemann
Eric Homey, B. Eng.
Telefon 05361 8922-22470
e.homey@ostfalia.de
www.ostfalia.de



Der ökologische Fußabdruck in der Luftfahrt könnte durch Bioverbundwerkstoffe für Helikoptertüren und das Höhenleitwerk verbessert werden.

Biohybridwerkstoffe für die Luftfahrt

Wie lässt sich der ökologische Fußabdruck der Luftfahrt verbessern? Mit dem Einsatz von hybriden Biowerkstoffen könnten Ressourcen eingespart und der CO₂-Ausstoß verringert werden. Insbesondere die herstellungsbedingten Emissionen der Biowerkstoffe würden günstiger ausfallen. Hierzu müssen geeignete biobasierte Materialien gefunden und die Bauteilkonstruktion für die spezifische Anwendung auch durch Kombination mit Hochleistungsfasern optimiert werden.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des IfBB – Instituts für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe der Hochschule Hannover, des Instituts für Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz sowie des Lehrstuhls für Hubschraubertechnologie der TU München wollen am Beispiel eines Hubschraubers gemeinsam ressourcenschonende Leichtbaustrukturen im Bereich der Helikoptertür und des Höhenleitwerks entwickeln. Das Projekt »InteReSt« wird vom Bundeswirtschaftsministerium über seinen Träger, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, gefördert.

Das IfBB verfolgt das Ziel, einen partiell biobasierten Verbundwerkstoff herzustellen, der Ressourcen schont und gleichzeitig den technischen Anforderungen, beispielsweise zum Brandverhalten, gerecht wird. Darüber hinaus werden die ingenieurtechnischen Kennwerte zur Bauteilauslegung mittels der Finite-Element-Methode ermittelt. Da es nicht möglich ist, Materialien wie Carbon vollständig durch biobasierte Fasern zu ersetzen, nutzen die Werkstoffwissenschaftler Synergien durch intelligente Kombinationen verschiedener Materialien, um bei einem verbesserten ökologischen Fußabdruck funktionell gleichwertige Werkstoffe bereitzustellen. Defizite der Werkstoffe im Bereich der

mechanischen Kennwerte gleichen sie durch Funktionsintegration und belastungsoptimierte Strukturen aus. Das Aufzeigen von Recycling-Konzepten und eine geeignete, möglichst hochwertige Verwertung von Produktionsresten runden den ganzheitlichen Ansatz ab.

Die Projektpartner stellen der Industrie und der öffentlichen Hand eine Bewertungsgrundlage zur Verfügung, um ökologisch vorteilhafte Konstruktionen bevorzugen zu können. Die ganzheitliche Bewertung beinhaltet eine Ökobilanz über den gesamten Lebenszyklus, das heißt von der Herstellung über die Nutzungs- und Gebrauchsphase bis hin zur Entsorgung. Sie zeigt, wie nachhaltig der Einsatz eines Biohybridverbundwerkstoffes hier ist.

Hochschule Hannover
IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres
 Anna Dörgens, M. Sc.
 Christian Panescu, M. Eng.
 Dr. Lisa Mundzeck
 lisa.mundzeck@hs-hannover.de
 www.ifbb-hannover.de



Aus Kaffeesatz (a) und einem Matrixpolymer (b) entsteht ein biobasierter Verbundwerkstoff (c), der zunächst im Labor mittels Prüfkörper (d) getestet und optimiert wird. Aus dem Material könnten Serviertabletts und Bürozubehör entstehen.

Mehr als kalter Kaffee

Verbundwerkstoff auf Basis von Kaffeesatz

Den höchsten Kaffeekonsum weltweit erreichen die Europäer. In Deutschland ist Kaffee das beliebteste Getränk. Dabei vermag das schwarze Heißgetränk nicht nur Genießer zu erfreuen und Müdigkeit zu vertreiben: Der bei der Verarbeitung anfallende Reststoff – der Kaffeesatz – lässt sich industriell nutzen. Bei einer Weltproduktion an Rohkaffee von rund 9,2 Millionen Tonnen im Jahr 2016 erschließt sich somit ein großes wirtschaftliches Potenzial.

Ein erheblicher Teil des Kaffeesatzes fällt dabei direkt bei der Herstellung von Instantkaffee an. Der Anteil an löslichem Kaffee beträgt in Deutschland etwa 11 Prozent der Gesamt-Kaffeemenge. Dieses entspricht 60.500 Tonnen Kaffee pro Jahr. Derzeit wird der anfallende Kaffeesatz nur in geringem Umfang als Sekundärbrennstoff in Biomassekraftwerken verwertet. Forscherinnen und Forscher der Hochschule Hannover denken weiter: Sie wollen den Reststoff weiterverwenden und einen hochwertigen Verbundwerkstoff auf Basis von Kaffeesatz entwickeln. Der Kaffeesatz dient hierbei primär als Füll- und Farbstoff, wodurch der fossile Rohstoff Erdöl eingespart wird. Am Ende sollen Produkte entstehen wie Serviertabletts für Kaffeehäuser, Bürozubehör oder Bauteile für die Automobilbranche.

Das Verbundprojekt »KaVe« wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Projektpartner sind die Unternehmen abc GmbH, BeoPlast Besgen GmbH, die Maschinenfabrik Reinartz GmbH & Co. KG und das IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe an der Hochschule Hannover.

Um gleichbleibende Qualitäten des Kaffeesatzes zu gewährleisten, entwickeln die Partner im Projekt eine spezielle Aufbereitungstechnik für den Reststoff. Der Verarbeitungsschritt der Extrusion wird dann genau an den Kaffeesatz angepasst, um das neue Material herzustellen. So wird dem Kaffeesatz das Restaroma entzogen und es entstehen neuartige Verbundwerkstoffe »ready to use«. Im Anschluss werden aus den Verbundwerkstoffen im Spritzgießprozess zunächst verschiedene Prüfkörper und aus den geeigneten Rezepturen später Bauteile produziert. Das IfBB entwickelt, modifiziert und verarbeitet den Kaffeesatzverbundwerkstoff dabei in mehreren Schleifen zur Optimierung der Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften. Aus dem neuen Material wollen die Verbundpartner in Zusammenarbeit mit der Industrie möglichst nachhaltige Kunststoffprodukte herstellen und in die Anwendung bringen.

Hochschule Hannover
IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe

Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres

Daniela Jahn, B. Eng.

Dr. Lisa Mundzeck

lisa.mundzeck@hs-hannover.de

www.biokave.de

www.ifbb-hannover.de

Biokunststoff und Dünger aus Mensa-Abfällen

Über eine Million Tonnen Lebensmittel landen weltweit jährlich im Müll, obwohl sie vielfältige Wertstoffe enthalten. Der Chemiker Jan Peinemann der Leuphana Universität Lüneburg stellt daraus Basischemikalien her, die für die Produktion von Biokunststoffen genutzt werden können. Zudem extrahiert er den Rohstoff Phosphat, einen wichtigen Bestandteil von Dünger.

Wenn Jan Peinemann in der Mensa die Tablets auf dem Förderband zur Spülküche anschaut, sieht er nicht nur Essensreste, sondern Ressourcen. Der Chemie-Doktorand erforscht, wie sich aus Lebensmittelabfällen Sekundärrohstoffe wie Glukose, Phosphat oder Fettsäuren für Basischemikalien extrahieren lassen. Im Labor nimmt er Proben aus einem Bioreaktor, in dem sich pürierte, in Wasser suspendierte Essensreste aus der Mensa und Milchsäurebakterien befinden. Durch den Abbau von Glukose und anderen Einfachzuckern produzieren die Mikroorganismen Milchsäure. »Aus Milchsäure lassen sich Biokunststoffe herstellen«, erklärt Peinemann. »Ich ermittle nun, zu welchem Zeitpunkt des Abbauprozesses am meisten Milchsäure entsteht, um den Herstellungsprozess zu optimieren.«

Der aus Milchsäure produzierte Biokunststoff wird zum Beispiel als Verpackungsmaterial eingesetzt. Er besteht wie herkömmlicher Kunststoff aus chemisch verbundenen Molekül-Ketten (Polymere). Allerdings sind die Abbaueigenschaften von Polymilchsäure weitaus besser als die von erdölbasierten Polymeren. 2,05 Millionen Tonnen biobasierte Polymere wurden 2017 hergestellt, darunter gut 10 Prozent Milchsäure-Kunststoff. »Wir wollen nun ein Verfahren entwickeln, das dezentral da

einsetzbar ist, wo große Mengen organische Abfälle anfallen«, beschreibt Peinemann die Herausforderung. Bisher werden Abfälle verbrannt, kompostiert oder in Biogas umgewandelt. Der neue Ansatz soll dazu beitragen, das ganze Potenzial der Abfälle zu nutzen.

Der Chemiker arbeitet zudem an der Extraktion von Phosphat – einem knappen, aber für Industrie und Landwirtschaft sehr wichtigen Rohstoff. Er untersucht, wie effizient Phosphat aus Fermentationsbrühen durch gemahlene Muschelkalk gebunden wird. »Diese Mischung aus Calciumcarbonat und Phosphat kann als Dünger verwendet werden, wird bereits in der Landwirtschaft eingesetzt und ist unbedenklich«, berichtet Peinemann. Grob geschätzt lassen sich 500 Gramm Milchsäure und 1 Gramm Phosphat aus einem Kilo Lebensmittelabfällen herstellen.

Leuphana Universität Lüneburg Institut für Nachhaltige Chemie und Umweltchemie

Dipl.-Chem. Jan Peinemann
Prof. Dr. Daniel Pleissner
pleissne@leuphana.de
www.leuphana.de

Der Chemiker Jan Peinemann entwickelt ein Verfahren, mit dem sich Biokunststoff aus Lebensmittelabfällen wirtschaftlich herstellen lässt.



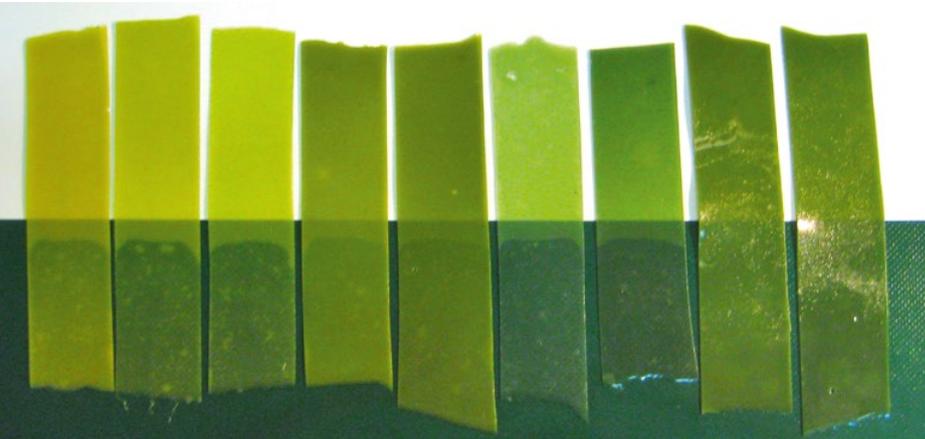
Aus Milchsäure produzierter Biokunststoff kann zu Verpackungsmaterial weiterverarbeitet werden.



Farbige Sprühfolie schützt Pflanzen vor Schadinsekten

Innovativer und nachhaltiger Pflanzenschutz

Politik, Handel und Konsumenten fordern verstärkt Obst und Gemüse aus ökologischen, ressourcenschonenden Kultursystemen. Gerade bei intensiven gartenbaulichen Freilandkulturen stellt der umweltverträgliche Pflanzenschutz eine große Herausforderung dar. An der Leibniz Universität Hannover entwickelt die Abteilung Phytomedizin eine biologisch abbaubare, sprühfähige Mulchfolie aus nachwachsenden Rohstoffen, die die Nachhaltigkeit beim integrierten Pflanzenschutz steigert. Eine Hauptkomponente ist Glycerol, das bei der Biodieselgewinnung als Nebenprodukt anfällt. Alle Inhaltsstoffe besitzen eine Lebensmittelzulassung. Die innovative Folie verringert den Einsatz von Pflanzenschutzmaßnahmen und die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben wird derzeit evaluiert.



Die neuartige Folie hält im Salatanbau nicht nur den Boden unkrautfrei, sondern verringert auch den farblichen Kontrast zwischen Pflanze und Boden. Dadurch werden weniger Schadinsekten angelockt.

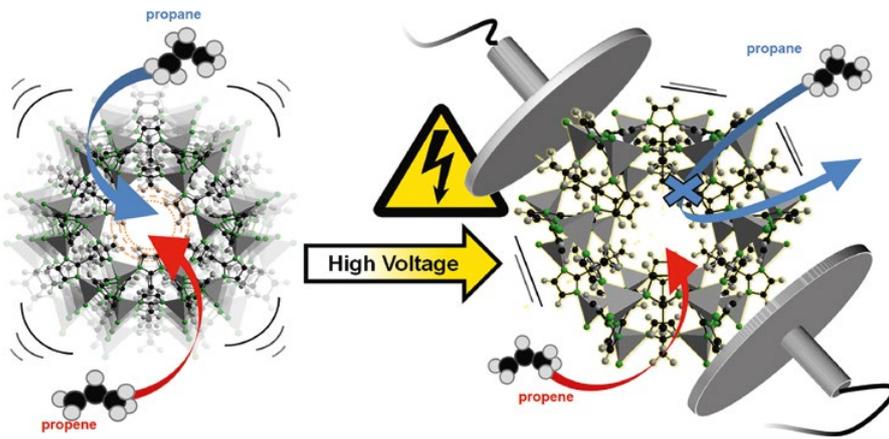
Die Folie wird im Airlessverfahren gesprüht und härtet auf dem Feld aus. Sie lässt sich zudem den Kulturpflanzen farblich anpassen, zum Beispiel grün bei Salat, um den Kontrast zwischen Boden und Pflanze zu minimieren und dadurch keine Schädlinge anzulocken. Ein hoher Kontrast bewirkt bei vielen Blattläusen den sogenannten Take-down: Das Insekt landet und wagt einen Probestich. Wenn der positiv ausfällt, kann das zur Folge haben, dass die Blattlaus die Pflanze befällt und sich – ohne Paarung – stark vermehrt.

Die Idee ist nun, dass bei einer das Feld um 0,5 bis 1 Meter überragenden farbigen Folie dieser Probestich auf der Folie stattfinden würde. Dadurch bekommt das Insekt wiederum einen Reiz zum Take-off und fliegt weiter. Diese präventive Maßnahme kann jedoch nicht zu 100 Prozent verhindern, dass sich Schädlinge ansiedeln. Bei einer sehr kurzlebigen Kultur wie Salat kann aber schon ein zeitlich kurzer Verzug des Befalls dazu führen, weniger Insektizide benutzen zu müssen.

Die Forscherinnen und Forscher testen in weiteren Versuchen, wie die Farbveränderungen der Folie auf ausgewählte nützliche Insekten wirken. Damit wollen sie negative Seiteneffekte durch die optischen Maßnahmen ausschließen können. Sie kooperieren bei diesem Verbundprojekt mit dem Thüringischen Institut für Textil- und Kunststofforschung und der Firma Glaeser Nachf. GmbH. Ziel des durch die Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe finanzierten Projektes ist ein Prototyp der Folie, die dann zu einem marktfähigen Produkt weiterentwickelt werden soll.

Leibniz Universität Hannover
Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme
Abteilung Phytomedizin

Jan-Uwe Niemann, M.Sc.
 Telefon 0511 762-3636
 niemann@ipp.uni-hannover.de
 www.fnr.de



Durch das Anlegen von elektrischen Feldern lassen sich die Gastransporteigenschaften von metallorganischen Kristallen verändern und die Trennung zweier Gase verbessern.

Schärfere Gastrennung durch schaltbare Membran

Die Herstellung des weit verbreiteten Kunststoffes Polypropylen ist sehr energieintensiv. Forschern der Leibniz Universität Hannover ist es in einem internationalen Team gelungen, einen entscheidenden Prozessschritt zu optimieren. Der neue Ansatz arbeitet mit einer nanoporösen Trennmembran für Gas, die sich gezielt verändern und schalten lässt. Dadurch können Energieverbrauch, CO₂-Emissionen sowie Produktionskosten gesenkt werden.

Von Ilka Mönkemeyer

Armaturenblech im Auto, Fahrradhelme, Saftkartons und Vorratsbehälter – der Kunststoff Polypropylen ist aus dem Alltagsleben nicht mehr wegzudenken. Für seine Herstellung wird hochreines Propylen (Propen) benötigt. Dieses Gas wird in der Regel durch tiefkalte Destillation gewonnen, bei der hohe Temperaturspannen notwendig sind. Das neu entwickelte Gastrennverfahren könnte diese aufwändige Destillation ablösen und bis zu 80 Prozent Energie einsparen. An der Entwicklung sind Wissenschaftler der Universität Hannover, der Universität Augsburg und des Boreskov-Instituts Novosibirsk beteiligt.

Die Gastrennmembranen bestehen aus metallorganischen Netzwerkverbindungen (engl. Metal-Organic Frameworks, MOFs), das heißt aus einer dichten Schicht nanoporöser Kristalle. »Die Membranen haben durch ihre einstellbaren Porengrößen eigentlich optimale Eigenschaften, um verschieden große Moleküle zu sieben und zum Beispiel auf Erdgasfeldern Propylen von Propan zu trennen«, erklärt Prof. Jürgen Caro vom Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie. Schwingungen im weichen Kristallgerüst führen allerdings dazu, dass auch sehr viel größere Moleküle durch die Porenöffnungen treten.

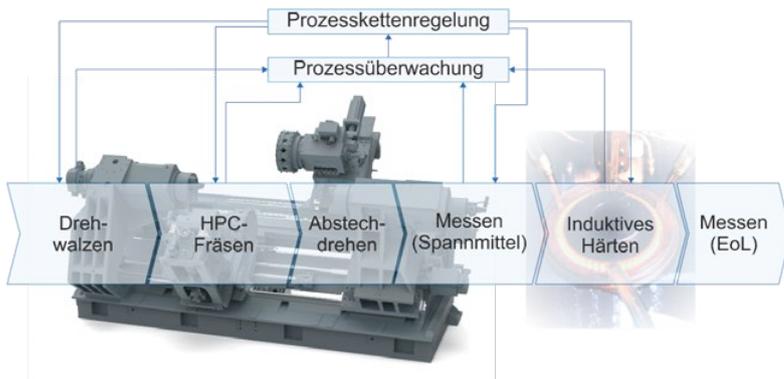
Um dieses Problem zu lösen, hat das interdisziplinäre Forscherteam MOFs als dünne Membranschichten abgeschieden, durch die es dann das zu

trennende Gasgemisch leitet. Gleichzeitig wird ein elektrisches Feld über einen Plattenkondensator angelegt, wozu die im Labor bestehende Technik neu designt und in der eigenen Werkstatt komplett aus Teflon gefertigt wurde. »Die Trennung von Propylen und Propan, deren Molekülgröße sich nur um 0,03 Nanometer unterscheidet, verbesserte sich in dem elektrischen Feld um 33 Prozent«, berichtet Mitarbeiter Alexander Knebel. »Wir konnten den vibrierenden Kristall durch das elektrische Feld in seiner Struktur verändern und steif stellen. Durch die veränderte Porengröße verbessert sich das Molekularsieben«, erläutert er weiter.

Eine Trennung dieser beiden Gase mit Hilfe von maßgeschneiderter Membrantechnologie ist eine ökologisch und ökonomisch hochinteressante, fordernde und von der Industrie stark geförderte Aufgabe. Finanziert werden die Arbeiten durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Leibniz Universität Hannover
Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie

Prof. Dr. Jürgen Caro
 juergen.caro@pci.uni-hannover.de
 Alexander Knebel M.Sc.
 alexander.knebel@pci.uni-hannover.de
 www.pci.uni-hannover.de
 www.ids.uni-hannover.de



Innovative Hochleistungsprozesskette mit fünf statt zwölf Prozessschritten



Prozesskette für gewichtsreduzierte Pleuel und Kolbenbolzen aus aluminiumlegiertem Leichtbaustahl

Effizientere Prozesse für die Massenfertigung

Der stetige Kosten- und Effizienzdruck in der Massenfertigung führt dazu, dass das gleiche Ergebnis bei geringerem Ressourceneinsatz erzielt werden muss. Etablierte Prozesse zu überdenken sowie neuartige Werkstoffe und Verfahren einzusetzen sind viel versprechende Ansätze, wichtige und teure Ressourcen effizient zu nutzen.

Eine optimierte Prozesskette zur Herstellung von Automobilserteilen haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Leibniz Universität Hannover im Forschungsprojekt HLProKet entwickelt. Die bisher üblichen zwölf Arbeitsschritte reduzieren sie auf nur noch fünf, indem sie innovative Verfahren wie Drehwalzen, HPC-Fräsen (High Performance Cutting) sowie Induktivhärten einsetzen. Gleichzeitig erzielen sie damit eine Energieeinsparung von 40 Prozent, verringern die Fertigungszeit um 35 Prozent und benötigen lediglich 20 Prozent des vorherigen Flächenbedarfs.

Im Forschungsprojekt IPROM erarbeitete das IFW gemeinsam mit dem Nachbarinstitut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) Verfahren zur Bearbeitung aluminiumlegierter Leichtbaustähle. Diese aluminiumlegierten Ultra-High-Carbon-Stähle kombinieren gute mechanische Eigenschaften mit einer, im Vergleich zu konventionellen Stählen, 10 Prozent geringeren Dichte. Die damit gefertigten Fahrzeuge weisen einen geringeren Energieverbrauch während der Nutzungsphase auf.

Für die Bearbeitung der neuartigen Werkstoffe hat die Projektgruppe Hochleistungsfertigungsverfahren entlang der gesamten Prozesskette der Massivteilmfertigung erforscht. Dabei stellen angepasste Werkzeuggeometrien, innovative Schneidwerkzeuge und optimierte Kühlstrategien wichtige Innovationen im zerspanenden Prozess dar. Die Praxistauglichkeit dieser Lösungen hat sie anhand der prototypischen Fertigung eines Pleuels und eines Kolbenbolzens erfolgreich demonstriert. In beiden, vom Bundesforschungsministerium geförderten, Projekten hat das IFW eng mit Kooperationspartnern aus der Industrie zusammengearbeitet.

**Leibniz Universität Hannover
Institut für Fertigungstechnik und
Werkzeugmaschinen (IFW)**

Dipl.-Ing. Patrick Kuhlemann
kuhlemann@ifw.uni-hannover.de
www.benchwerk.de

Der richtige Werkstoff an der richtigen Stelle

Neuartige Prozessketten für hybride Massivbauteile

Ressourcen schonen, Produktlebensdauer erhöhen, Wirtschaftlichkeit verbessern – die Bedeutung dieser Themen nimmt seit vielen Jahren stetig zu. Um gleichzeitig auch die steigenden Anforderungen an Bauteile bezüglich der Funktionalität und Leistungsfähigkeit zu erfüllen, ist das Umsetzen von Leichtbau nicht nur im Automobilbau von Interesse. Hierbei stoßen die etablierten Bauteile aus Monomaterialien allerdings an ihre Grenzen. Die Fertigung hybrider Massivbauteile durch neuartige Prozessketten, bei denen verschiedene Materialien zunächst gefügt und dann umgeformt werden, steht im Fokus des Sonderforschungsbereichs (SFB) 1153 »Tailored Forming«.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der Leibniz Universität Hannover entwickeln unter anderem ein Verfahren, mit dem sie kontinuierliche Hohlprofile aus Aluminium und Stahl an der Strangpresse herstellen. Neben der anspruchsvollen Prozessentwicklung liegen die Herausforderungen bei fehlerfrei gepressten Nähten sowie bei der Verbundzone, deren Qualität entscheidend für die Weiterverarbeitung ist. FEM-Simulationen unterstützen die Prozessentwicklung, womit die Forscher experimentelle Versuche reduzieren, Kosten senken und Ressourcen schonen. Die stranggepressten

hybriden Profile verarbeiten sie in einem Gesenk- schmiedeprozess zum Beispiel zu hybriden Lager- buchsen weiter. Diese weisen durch den Stahl eine verschleißfeste Funktionsfläche auf und sind durch das Aluminium um ein Vielfaches leichter als die bislang verwendete Stahlvariante.

Die im SFB 1153 erzielten Ergebnisse sollen in Zukunft die Fertigung komplexer und an die Belas- tung angepasster Massivbauteile aus unterschiedli- chen metallischen Materialien ermöglichen, die nach derzeitigem Stand der Technik noch nicht produziert werden können.

Leibniz Universität Hannover Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen

Dipl.-Ing. Johanna Uhe
Telefon 0511 762-3825
uhe@ifum.uni-hannover.de

Institut für Werkstoffkunde

Susanne E. Thüerer, M. Sc.
Telefon 0511 762-18227
thuierer@iw.uni-hannover.de
www.sfb1153.uni-hannover.de

Aluminium



Stahl



Mit neuartigen Verfahren können an der Strangpresse hybride Werkstücke aus Aluminium und Stahl gefertigt werden.



Massivbauteile aus verschiedenen Materialien, hier eine hybride Lagerbuchse aus Aluminium und Stahl, ermöglichen verschleißfeste Konstruktionen im Sinn des Leichtbaus.



Das Bild zeigt die offene Sichtkammer des Matsubo EJ-L3. Das Gerät ermöglicht die Fraktionierung des Zements in drei Klassen in einem Schritt.

Zement optimieren, CO₂ senken

Neue Analyseverfahren für Komposit-Zemente

Der Zementindustrie ist es gelungen, die CO₂-Emissionen bei der Zementherstellung um 28 Prozent zu vermindern. Dies gelang hauptsächlich durch modernisierte Brenn- und Herstellprozesse sowie durch höhere Fremdstoffbeimischungen. Zement wird aus den natürlichen Rohstoffen Kalkstein, Quarz und Ton zum sogenannten Zementklinker gebrannt. Für die verschiedenen Zementsorten werden Hüttensand, Flugasche, Kalksteinmehl und Gips in unterschiedlicher Dosierung und Körnung zugegeben. Der Anteil an Zementklinker ließ sich bislang nicht noch weiter verringern – und damit eine weitere CO₂-Senkung erzielen –, ohne überproportional die Festigkeit des Baustoffes zu vermindern.

Der Grund hierfür liegt in der gemeinsamen Vermahlung der im Komposit-Zement enthaltenen Hauptbestandteile. Bislang fehlte eine Analyseverfahren um nachzuweisen, welche Feinheit die einzelnen Stoffe beim gemeinsamen Vermahlen erreichen. Das Institut für Nichtmetallische Werkstoffe der TU Clausthal entwickelt in Kooperation mit dem Verein Deutscher Zementwerke gleich zwei Verfahren, um das Problem zu lösen. Ziel ist die maximale Ausbeute an Frühfestigkeit durch angepasste Körnung der Hauptbestandteile.

Ein nasschemischer Trennungsgang mit mehreren Arbeitsschritten gibt die Kornverteilungen der Hauptbestandteile sehr exakt wieder. Diese Methode dient als Referenz, ist jedoch relativ teuer und zeitaufwändig. Die zweite Methode liefert schnell und kostengünstig zementspezifische Kennwerte. Mithilfe eines Umlenk-Windsichters lassen sich die Korngrößen in 500 Gramm Zement in 10 bis 15 Minuten mittels Röntgenbeugung trennscharf analysieren.

Technische Universität Clausthal Institut für Nichtmetallische Werkstoffe

Johannes Unsel, M. Sc.
johannes.unsel@tu-clausthal.de
Prof. Dr. Albrecht Wolter
a.wolter@tu-clausthal.de
www.naw.tu-clausthal.de

Kalk im Einsatz bei der Rauchgasreinigung

Optimierte Produkte und Fertigungsprozesse

Kalkstein ist ein vielseitig einsetzbarer Rohstoff. In der Baustoffindustrie, bei der Stahlherstellung, im Umweltschutz und in der Landwirtschaft werden beträchtliche Mengen an Kalkprodukten benötigt. Um den Verbrauch des wertvollen Rohstoffs zu senken und natürliche Ressourcen zu schonen, optimiert das Institut für Nichtmetallische Werkstoffe der Technischen Universität Clausthal Verfahren zur Herstellung kalkhaltiger Produkte und Werkstoffe. Dies ermöglicht einerseits die exakte Auswahl des passenden Produktes für seine spezifische Anwendung, andererseits werden durch den effizienten Einsatz Kosten gemindert und der Gesamtwirkungsgrad erhöht.

So wird beispielsweise in der trockenen Reinigung von Rauchgas aus Kraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen inzwischen verstärkt Kalkhydrat (Ca(OH)₂) eingesetzt. In einem aktuellen Projekt identifizieren die Werkstoffforscherinnen und -forscher die Qualitätsmerkmale und Eigenschaften von Kalkhydrat. Sie untersuchen seine Effektivität in Abhängigkeit verschiedener Eigenschaften wie Korngröße, Verteilung oder Oberfläche. Hierzu haben sie am Institut eine spezielle Anlage entwickelt, die die Absorptionsleistung in Kombination mit einer Gasanalyse in einem Temperaturbereich von 50 bis 300° C bei unterschiedlichen Feuchtegehalten aufzeichnen kann.

Im Bereich des Umweltschutzes bietet sich die Anlage für zahlreiche individuelle Messaufgaben an. Kooperationen mit verschiedenen Unternehmenspartnern existieren bereits und können erweitert werden.

Technische Universität Clausthal Institut für Nichtmetallische Werkstoffe

Dipl.-Chem. Otto Bauer
otto.bauer@tu-clausthal.de
Prof. Dr. Albrecht Wolter
a.wolter@tu-clausthal.de
www.naw.tu-clausthal.de



Die Anlage ermöglicht es, die Effizienz von Kalkprodukten bei der Reinigung von Rauchgas zu ermitteln.



Mit dem robotergestützten Spritzbetonverfahren (Shotcrete 3D Printing) lässt sich eine komplexe Wandkonstruktion auch ohne Schalung fertigen. Sogar eine horizontal andgedruckte, bewehrte Konsole lässt sich damit realisieren. Stahlbewehrung und Textilbewehrung wurden manuell integriert.

3D-Druck im Bauwesen

Betonbau ohne Schalung

Bislang erfordert die Herstellung von Betonbauteilen aufwändige Schalungsarbeiten. Die additive Fertigung bietet neue Perspektiven, um den Ressourcenverbrauch an Einsatzstoffen und Hilfsmaterialien zu senken. Computergesteuert und automatisiert lassen sich im 3D-Druck auch komplexe Betonbauteile und ganze Bauwerke ohne Schalung und mit präziser Materialeinsatz herstellen. Das spart Material und Kosten.

Hierfür haben die Universitäten aus Braunschweig, Clausthal und Hannover ein neues Fertigungszentrum, das Digital Building Fabrication Laboratory, mit Schwerlastroboter, CNC-Bearbeitungszentrum und umfangreicher Ausstattung für Messung und Überwachung in Braunschweig aufgebaut. Interdisziplinär forschen hier Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Bauwesens, Maschinenbaus und der Informatik an einer robotergestützten 3D-Technologie. Die Firma MC-Bauchemie Müller und das Portlandzementwerk Wittekind der Miebach Firmengruppe unterstützen dieses innovative Projekt.

Vor allem die Ansprüche an das Bindemittel für den 3D-Druck von Spritzbetonbauteilen sind hoch. So soll der spätere Beton möglichst lange verarbeitbar bleiben, wofür das Erstarrungsverhalten flexibel beeinflussbar sein muss. Jede gespritzte Betonbahn soll sofort erstarren, gleichzeitig jedoch nicht zu schnell aushärten, damit sich Nachbarbahnen ausreichend miteinander verbinden können.

Stärksten Einfluss auf die Ressourceneffizienz in diesem Projekt hat die Vermeidung geometrisch einfacher Schalungen, die bislang überwiegend zu masseintensiven Bauteilen führen. Durch die Digitalisierung der Produktion lassen sich komplexe Formen direkt aus einem CAD-Programm »drucken«. Die automatisierte, schalungslose Herstellung ermöglicht statisch sinnvolle Formen für leichte und effiziente Bauteile – und spart so Arbeitszeit, Schalungsabfall und Beton. Ein wichtiger Schritt hierbei ist die Integration von Bewehrung, um tragende Bauteile herstellen zu können. Die Methode des »Shotcrete 3D Printing«, die das Institut für Tragwerksentwurf der Technischen Universität Braunschweig entwickelte und in diesem Projekt weiter erforscht, trägt damit zur Schonung der Ressourcen bei.

Technische Universität Clausthal
Institut für Nichtmetallische Werkstoffe
Arbeitsgruppe Baustoffe und Bindemittel

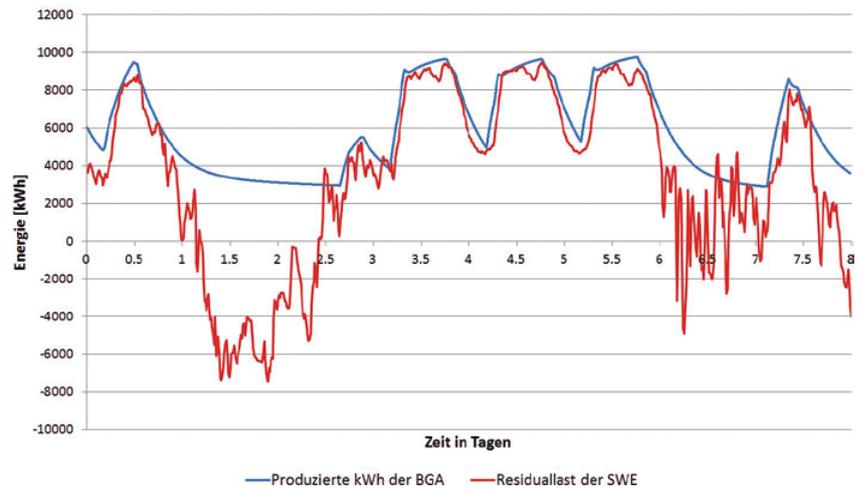
Prof. Dr. Albrecht Wolter
 a.wolter@tu-clausthal.de
 www.naw.tu-clausthal.de

Technische Universität Braunschweig
Institut für Tragwerksentwurf

Prof. Dr.-Ing. Harald Kloft
 ite@tu-bs.de
 www.tu-braunschweig.de/ite



Die Verfahrenstechnikerin testet das intelligente Fütterungssystem am Fermenter im Labor.



Die Grafik zeigt die Residuallast des Energieversorgers Stadtwerke Emden (SWE). Die Residuallast ist die Differenz zwischen Stromnachfrage und der Strommenge aus fluktuierenden Energiequellen wie Wind und Sonne. Die negativen Werte entsprechen einer Strom-Überproduktion. Die positiven Werte zeigen den Stromverbrauch, der durch regelbare Kraftwerke gedeckt werden muss, zum Beispiel durch Biogasanlagen (BGA; simulierte Werte).

Biogas sichert Energieversorgung

Flexible Steuerung und Bedarfsprognose

Aufgrund begrenzter fossiler Rohstoffe und des voranschreitenden Klimawandels setzt das deutsche Energiekonzept auf regenerative Energiequellen. Jedoch bergen vor allem die großen Schwankungen bei Wind- und Sonnenenergie Schwierigkeiten bei der Energieversorgung. Daher ist es notwendig, diese Schwankungen durch grundlastfähige Techniken auszugleichen. Hier sind Ansätze mit intelligent gesteuerten und flexibel betriebenen Biogasanlagen sehr vielversprechend. Forscherinnen und Forscher aus Emden testen deren Potenzial, die Energiewirtschaft nachhaltig zu sichern und die Energie- und Ressourceneffizienz von Biogasanlagen zu steigern.

Je nach Substratmenge und -zusammensetzung variiert die Menge an Biogas, die sich zur Stromerzeugung verwenden lässt. Im Projekt »Flexibla – flexibler Betrieb von Biogas- und Biomethananlagen zur Abdeckung der saisonalen Residuallast« werden ein Vorhersagemodell für den benötigten Strom sowie ein intelligentes Fütterungssystem (iFs) entwickelt. Entsprechend des prognostizierten Strombedarfes berechnet ein Algorithmus die benötigte Menge an Biogas und daraus wiederum die zu fütternde Substratmenge. Ziel ist es, mit diesem Verfahren den aktuellen Strombedarf möglichst genau zu decken. Hierbei kooperiert die Hochschule Emden/Leer mit dem Biogasanlagenbetreiber CornTec GmbH und den Stadtwerken Emden.

Die Verfahrenstechniker werden das intelligente Fütterungssystem an einem Laborfermenter einsetzen und die Prozessstabilität überprüfen. Um das Modell auch mit dem realitätsnahen Prozessbetrieb in einem industriellen Reaktor zu validieren, werden sie das iFs zusätzlich in einer Versuchsanlage der CornTec GmbH installieren und dort ebenfalls die Richtigkeit des Algorithmus und die Stabilität testen. Des Weiteren wird der Einsatz von alternativen Substraten wie Lebensmittelabfällen untersucht, der die Monokultur von beispielsweise Mais verringern soll. Abschließend werden die Forschungspartner die Ergebnisse auch anderen Unternehmen und Wissensinstitutionen zur Verfügung stellen.

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Niedersachsen gefördert. Die Hochschule Emden/Leer ist neben dem Flexibla-Projekt auch an weiteren Kooperationen mit Unternehmen und Institutionen interessiert, die sich mit der Untersuchung von Biogasprozessen oder verwandten Prozessen beschäftigen.

Hochschule Emden/Leer Fachbereich Technik

Lena Peters, M. Eng.
lena.peters@hs-emden-leer.de
Prof. Dr. Sven Steinigeweg
sven.steinigeweg@hs-emden-leer.de
www.hs-emden-leer.de

Ihre Ansprechpartner bei den Technologietransferstellen der niedersächsischen Hochschulen

Technische Universität Braunschweig

Technologietransferstelle

→ Jörg Saathoff
Telefon 0531 391-4260, Fax 0531 391-4269
tt@tu-braunschweig.de

Hochschule für Bildende Künste Braunschweig

Technologietransfer

→ Prof. Erich Kruse
Telefon 0531 391-9163, Fax 0531 391-9239
e.kruse@hbk-bs.de

Technische Universität Clausthal

Technologietransfer und Forschungsförderung

→ Mathias Liebing
Telefon 05323 72-7754, Fax 05323 72-7759
transfer@tu-clausthal.de

Georg-August-Universität Göttingen

Wirtschaftskontakte und Wissenstransfer

→ Christina Qaim
Telefon 0551 39-33955, Fax 0551 39-1833955
christina.qaim@uni-goettingen.de

Leibniz Universität Hannover

uni transfer

→ Christina Amrhein-Bläser
Telefon 0511 762-5728, Fax 0511 762-5723
christina.amrhein-blaeser@zuv.uni-hannover.de

Medizinische Hochschule Hannover

Technologietransfer

→ Gerhard Geiling
Telefon 0511 532-2701, Fax 0511 532-166578
geiling.gerhard@mh-hannover.de

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Technologietransfer

→ Dr. Jochen Schulz
Telefon 0511 953-8953
jochen.schulz@tiho-hannover.de

Stiftung Universität Hildesheim

Forschungsmanagement und Forschungsförderung

→ Markus Weißhaupt
Telefon 05121 883-90120
markus.weisshaupt@uni-hildesheim.de

Leuphana Universität Lüneburg

Wissenstransfer und Kooperationen

→ Andrea Japsen
Telefon 04131 677-2971, Fax 04131 677-2981
japsen@leuphana.de

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Referat Forschung und Transfer

→ Manfred Baumgart
Telefon 0441 798-2914, Fax 0441 798-3002
manfred.baumgart@uni-oldenburg.de

Universität Osnabrück /

Hochschule Osnabrück

Gemeinsame Technologiekontaktstelle der Osnabrücker Hochschulen

→ Dr. Gerold Holtkamp
Telefon 0541 969-2050, Fax 0541 969-2041
info@wtt-os.de

Universität Vechta

Geschäftsbereich Forschung

Forschungsmanagement und Transfer

→ Dr. Daniel Ludwig
Telefon 04441 15-642, Fax 04441 15-451
daniel.ludwig@uni-vechta.de

Ostfalia Hochschule für

angewandte Wissenschaften

Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel

Wissens- und Technologietransfer

→ Dr.-Ing. Martina Lange
Telefon 05331 939-10210, Fax 05331 939-10212
martina.lange@ostfalia.de

Hochschule Emden/Leer

Wissens- und Technologietransfer

→ Matthias Schoof
Telefon 04921 807-7777, Fax 04921 807-1386
technologietransfer@hs-emden-leer.de

Hochschule Hannover

Stabsstelle Forschung und Entwicklung

→ Elisabeth Fangmann
Telefon 0511 9296-1019, Fax 0511 9296-991019
forschung@hs-hannover.de

HAWK Hochschule für angewandte

Wissenschaft und Kunst

Hildesheim/Holzwinden/Göttingen

Forschung und Transfer

→ Karl-Otto Mörsch
Telefon 05121 881-264
karl-otto.moersch@hawk-hhg.de

Jade Hochschule Wilhelmshaven/

Oldenburg/Elsfleth

Wissens- und Technologietransfer

Studienort Wilhelmshaven

→ Prof. Dr.-Ing. Thomas Lekscha
Telefon 04421 985-2211, Fax 04421 985-2315
thomas.lekscha@jade-hs.de

Studienort Oldenburg

→ Christina Schumacher
Telefon 0441 7708-3325, Fax 0441 7708-3198
schumacher@jade-hs.de

Studienort Elsfleth

→ Dörthe Perbandt
Telefon 04404 9288-4306, Fax 04404 9288-4141
doerthe.perbandt@jade-hs.de



Impressum

Herausgeber:

Arbeitskreis der Technologietransferstellen
niedersächsischer Hochschulen

Redaktion:

Christina Amrhein-Bläser
uni transfer, Leibniz Universität Hannover
Brühlstraße 27, 30169 Hannover
Telefon 0511 762-5728, Fax 0511 762-5723
christina.amrhein-blaeser@zuv.uni-hannover.de

Redaktionelle Mitarbeit:

Andreas Menzelmann, Luisa Zillinger

Gestaltung: büro fuchsundhase, Hannover

Die Bildrechte liegen bei den genannten
Instituten, außer Seite 4 unten und Seite 5 oben:
TU Clausthal; Seite 6 oben: ChameleonsEye/
Shutterstock.com; Seite 8: DERA-Studie
»Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016«/
Andreas Menzelmann; Seite 10 links: IPH/
Dennis Wiebe; Seite 15 unten: Precitec; Seite 16:
Michael Grasshoff, ITD, HBK Braunschweig;
Seite 17: edm aerotec GmbH; Seite 18: IfBB/
Mudersbach; Seite 25: ITE, TU Braunschweig.

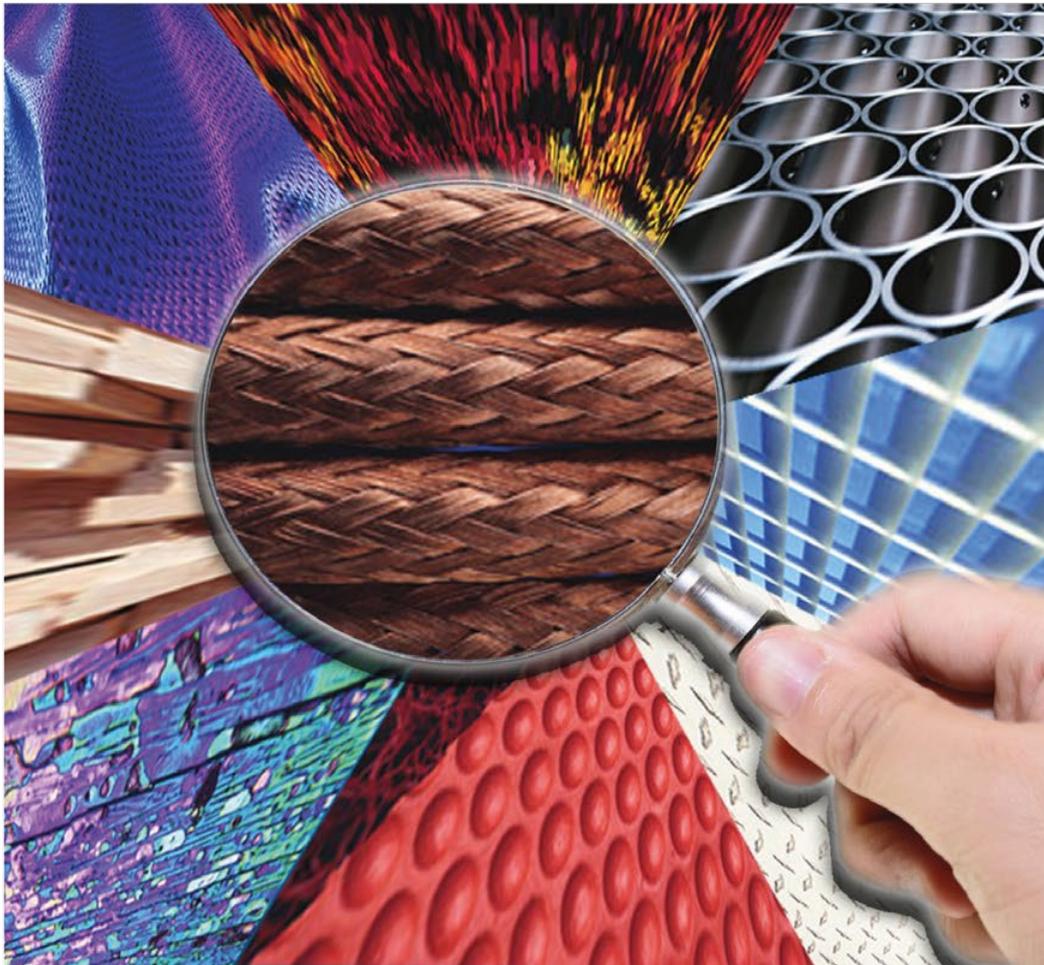
Wir danken dem Niedersächsischen
Ministerium für Wissenschaft und Kultur
für die finanzielle Unterstützung.

Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier.

Die Online-Ausgaben der bisher
veröffentlichten Technologie-Informationen
niedersächsischer Hochschulen finden Sie
unter www.uni-hannover.de/unitransfer.
Dort können Sie das Magazin auch
kostenfrei abonnieren.

Themen der vorigen vier Ausgaben:

- Nachhaltige Systeme, 4/2017
- Wasser und Meer, 3/2017
- Die Automatisierung der
Gesellschaft, 1+2/2017
- Die Zukunft der Arbeit, 4/2016



Gesucht? Gefunden!

Materialien, Technologien, Partner finden Sie mit dem Enterprise Europe Network Niedersachsen.

www.een-niedersachsen.de