

RESSOURCEN & ROHSTOFFE



Nachhaltige Forschung an Fachhochschulen in NRW
Forschung erhält unseren Lebensraum

INHALT

GRUSSWORT

Svenja Schulze | Ministerin für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes NRW 4

VORWORT

Prof. Dr. Ralf Holzhauser | Westfälische Hochschule 5

RESSOURCEN 6

Klimafreundlicher Beton | Hochschule Bochum 6

Energieautark leben | TH Köln 8

Gesundheit erhalten | Katholische Hochschule NRW 10

Saubere Seefahrt | Fachhochschule Südwestfalen 12

Klimaanlagen für die Energiewende | Fachhochschule Dortmund 14

Effizientere Gasproduktion | Hochschule Hamm-Lippstadt 16

Brennstofffreie Mobilität | Fachhochschule für öffentliche Verwaltung NRW 18

Familienbewusstsein sichert Fachkräfte | Evangelische Fachhochschule RWL 20

Begutachtungsinstrument im Praxistest | Hochschule für Gesundheit 22

Landtechnik „im Flow“ | Hochschule Düsseldorf 24

Zechen mit Zukunft | Technische Fachhochschule Georg Agricola zu Bochum 26

ROHSTOFFE 28

Kooperative Rohstoffforschung | FH Münster 28

Natürlich dämmen | Hochschule Bonn-Rhein-Sieg 30

Fruchtiger Klebstoff | Hochschule Niederrhein 32

Strom auf Abruf | FH Aachen 34

Wirtschaftliche Wasserstofftechnik | Westfälische Hochschule 36

Grünes Gold | Hochschule Ruhr West 38

Pulverlack trifft Kohlenstoff | Fachhochschule Bielefeld 40

Nachhaltige Pharmazie | Hochschule Ostwestfalen-Lippe 42

Strom aus dem Auspuff | Hochschule Rhein-Waal 44

Schicht für Schicht zur Formfreiheit | Rheinische Fachhochschule Köln 46

FACHHOCHSCHULEN IN NRW 48

Schwerpunkte der Forschung 48

Ein Netzwerk für NRW 52

IMPRESSUM 54

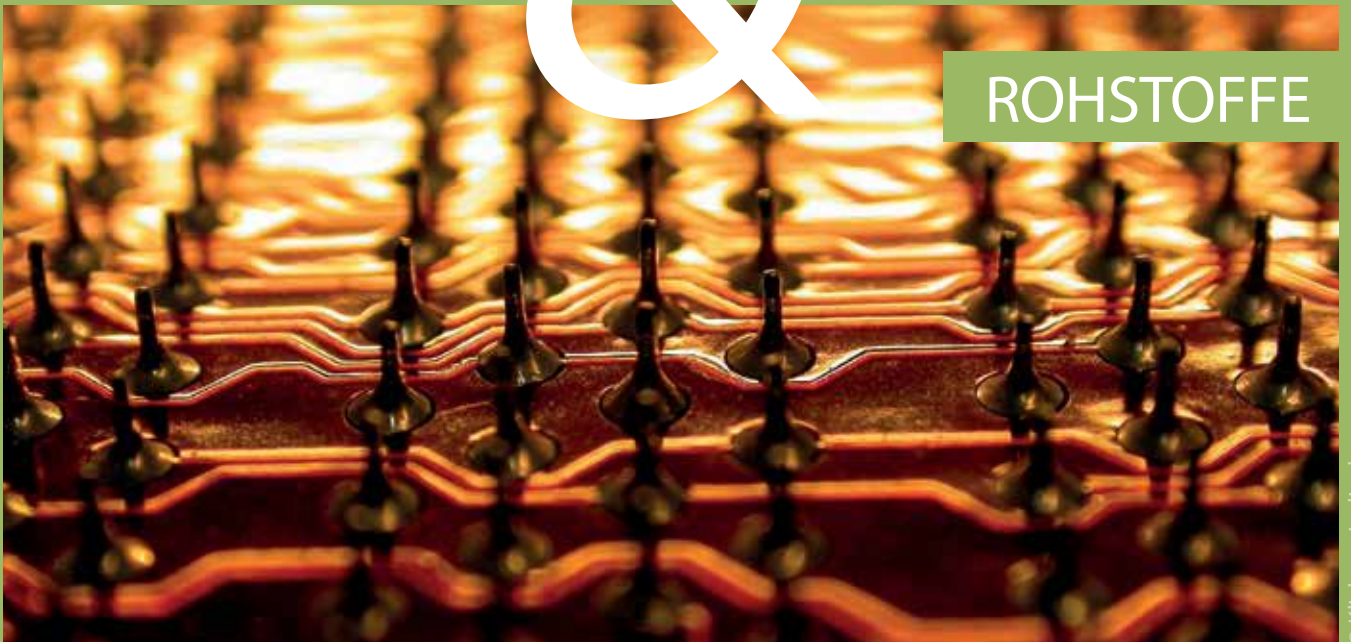
FORSCHUNG ERHÄLT UNSEREN LEBENSRAUM



RESSOURCEN

&

© Andrea Damm_pixello.de



ROHSTOFFE

© Klicker_pixello.de



DIE WELT BEFINDET SICH IM WANDEL

stehen, noch effizienter nutzen, um die Lebenswelt der Menschen unmittelbar und spürbar zu verbessern.

NRW ist traditionell ein Rohstoffland und ein Land der Materialien. Ein Drittel des Bruttoinlandsprodukts wird durch Werkstoffherzeugung und -verarbeitung erwirtschaftet. Da die Erschließung neuer Ressourcen mehr und mehr in den Hintergrund tritt, geht es heute um einen sorgfältigen und verantwortungsvollen Umgang, um Ressourceneffizienz, um die Nachhaltigkeit auch für die kommenden Generationen zu garantieren. Die hervorragenden Forschungsleistungen der Fachhochschulen in diesen Feldern spiegeln sich in der vorliegenden Publikation wider.

Einen weiteren wichtigen Beitrag leisten die Fachhochschulen zudem bei der Ausbildung und der Förderung junger Menschen. Denn diese Fachkräfte sind die wertvollsten Ressourcen, die wir brauchen, um unsere Zukunft zu gestalten.

Damit sind die Fachhochschulen ein wesentliches Element in der Wissens- und Innovationskette, die letztlich zu echtem Fortschritt und zu Nachhaltigkeit führt.

Svenja Schulze

Ministerin für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

Liebe Leserinnen und Leser, unsere Welt befindet sich im Wandel. Dieser Wandel bringt zahlreiche neue Herausforderungen mit sich. Seien es die Folgen des Klimawandels, die Frage nach einer umweltverträglichen und bezahlbaren Energieversorgung und Mobilität oder der Umgang mit einer wachsenden Ressourcenverknappung, die Fragestellungen werden immer komplexer.

Die Forschung für nachhaltige Entwicklung auf den Feldern der großen gesellschaftlichen Herausforderungen zählt zu den wesentlichen Bausteinen der Politik der Landesregierung. Wir setzen auf einen gegenseitigen Wissensaustausch aller Akteure aus Wirtschaft, Politik, Zivilgesellschaft – und Wissenschaft und Forschung. Diesen Ansatz verfolgen wir in NRW mit unserer Forschungsstrategie „Fortschritt NRW“.

Trotz zahlreicher Forschungstrends, die die Entwicklung von leistungsfähigeren und sparsameren Materialien vorantreiben, sind viele Rohstoffe und Ressourcen nicht unendlich vorhanden. Um den großen gesellschaftlichen Herausforderungen zu begegnen, müssen wir die Ressourcen und Rohstoffe, die uns zur Verfügung

SINNVOLLER UMGANG MIT RESSOURCEN



Wasser, Luft, Rohstoffe, Boden/Fläche und Ökosystem – für die Gestaltung der Zukunft gilt es den Blick auf die zumeist endlichen, natürlichen Ressourcen zu richten. Was nehmen wir darüber hinaus als Ressourcen wahr? Zum Beispiel Kommunikation, Information, Wohnraum, Mobilität. Sind das auch Ressourcen? Ja, denn gewissermaßen sind Ressourcen alles.

Der sinnvolle Umgang mit Ressourcen ist ein relevanter Baustein zur Sicherung der Generationengerechtigkeit. Die Ausgestaltung des Adjektivs sinnvoll ist die Aufgabe der angewandten Forschung. Die Beispiele zur Forschung an den Fachhochschulen des Landes NRW zeigen die Breite der notwendigen Überlegungen. Wie wird Biomasse speicherfähig? Gelingt es, Fachkräfte durch ein familienfreundliches Umfeld zu halten? Kann der Kreislaufwirtschaftsgedanke in die Rohstoffforschung integriert werden? Lassen sich Ressourcen im Rahmen nachhaltiger Pharmazie einsparen?

Selbstverständlich ist Fragenstellen wichtig, doch benötigt werden anwendungsorientierte, umsetzbare Antworten und Lösungen:

Ja, Biomasse ist speicherfähig und jederzeit zur Stromerzeugung abrufbar, wenn sie zerkleinert und wenige Monate luftdicht abgeschlossen gelagert wird. Modifizierte Silage könnte künftig zur kostbaren Regelenergie beitragen – hieran forscht die FH Aachen.

Ja, das Problem der Vereinbarkeit der Pflege von Familienangehörigen mit Beruf ist lösbar. Ein dreidimensionaler Ansatz aus konkreter Unterstützung, Dialog und familienfreundlicher Unternehmenskultur kann helfen, Arbeitskräfte im Produktionsprozess zu halten – hieran

forscht die Evangelische Fachhochschule Rheinland-Westfalen-Lippe.

Ja, Kreislaufwirtschaft im Sinne der Nutzung der werthaltigen Inhaltsstoffe von Hausmüll, Sperrmüll oder Elektronikschrott führt zu ressourceneffizienten Volkswirtschaften. Benötigt wird hierzu Technik und gesellschaftliche Akzeptanz – hieran forscht die FH Münster gemeinsam mit der RWTH Aachen.

Ja, nachhaltige Pharmazie, die weniger Lösungsmittelrückstände in der Umwelt und im Trinkwasser hinterlässt, mit weniger Ressourcen auskommt und Emissionen senkt, ist machbar – hieran forscht die Hochschule Ostwestfalen-Lippe.

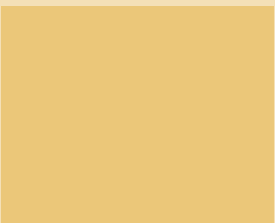
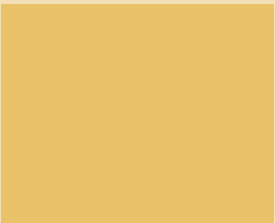
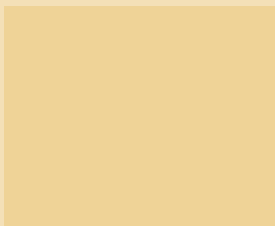
Zukünftig gilt es, mit festem Blick auf die natürlichen Ressourcen die Rohstoffproduktivität weiter zu steigern. Langfristig muss weniger mehr sein.

Prof. Dr. Ralf Holzauer

Fachbereich Maschinenbau und Facilities Management
Westfälische Hochschule

KLIMAFREUNDLICHER BETON

Zement nachhaltiger nutzen



Beton ist der meistverwendete Baustoff der Erde. Jeden Tag wird er tonnenweise eingesetzt – zur Konstruktion von Häusern, Tunneln, Brücken, Staudämmen, Flughäfen, Straßen, Kraftwerken, von Gebäuden jeder Art. Und der Bedarf nimmt weiter zu, denn kein anderes kostengünstiges Baumaterial zeichnet sich durch eine ähnlich hohe Druckfestigkeit aus, kann also mehr Gewicht pro Fläche tragen. Eigentlich eine tolle Erfindung, doch leider ist Beton ein ziemlicher Umweltsünder. Für seine Herstellung sind große Mengen Zement erforderlich. Dieser dient als Bindemittel und „verklebt“ unter Beigabe von Wasser die übrigen Bestandteile Sand und Kies zu künstlichem Gestein.

Was wenig bekannt ist: Bei der Herstellung von Zement wird extrem viel CO₂ freigesetzt. Es entsteht zum einen durch die chemische Aufbereitung des Rohstoffs Kalkstein, zum anderen durch den energieintensiven Betrieb der Mühlen und Öfen, in denen der Kalkstein gemahlen und gebrannt wird. Mindestens 5 Prozent aller von Menschen verursachten Emissionen gehen auf das Konto der Zementindustrie, schätzen Experten. Das ist etwa vier Mal so viel wie der CO₂-Ausstoß des weltweiten Flugverkehrs. Und da der Bedarf an Beton weiter wächst, wird die Produktionsmenge laut Internationaler Energieagentur in den nächsten 35 Jahren sogar noch stark steigen.

Vom Kern zum Rand

„Angesichts der fortschreitenden globalen Erwärmung ist das eine alarmierende Perspektive“, findet Prof. Dr. Sören Eppers. Eine Lösung könnte sein, den Zementgehalt im Beton verringern. Das ist nicht leicht, aber durchaus

möglich, weiß der Baustoffexperte. An der Hochschule Bochum untersuchen er und sein Team vom Fachbereich Baustofftechnologie, wie man „klimafreundlicheren“ Beton mit weniger Zement herstellen kann, ohne grundlegende Eigenschaften des Baustoffs zu beeinträchtigen.

„Beton muss vor allem druckfest und dauerhaft sein“, sagt Eppers. Für beides braucht man Zement. Sehr druckfeste Betone erreiche man heute aber schon mit deutlich geringeren Zementgehalten als früher. Das sei vor allem eine Frage der Packungsdichte im Kern. „Hier testen wir verschiedene sogenannte Zusatzstoffe, mit denen sich Zement ersetzen und gleichzeitig die Packungsdichte und damit die Druckfestigkeit steigern lassen.“

Die Dauerhaftigkeit von Beton hängt entscheidend von der Randzone ab. „Sie muss möglichst wenig porös sein, damit Gase und Flüssigkeiten, die dem Beton langfristig schaden, nicht eindringen können.“ Beton könnte 1.000 Jahre halten, wäre er keinerlei umweltbedingten Einwirkungen wie Feuchte, Frost oder Salzen ausgesetzt, so Eppers. „Wir erforschen daher alternative Methoden, mit denen die Dichtigkeit des Betons insgesamt gesteigert werden kann und die Randzone so verbessert wird, dass sie keine schädlichen Stoffe durchlässt.“

Beton im Umwelttest

Um herauszufinden, welche Mischungsverhältnisse die gewollten Eigenschaften ergeben, probieren die Baustoffexperten in Bochum verschiedene Betonzusammensetzungen aus. Anschließend simulieren sie die in der Praxis zu erwartenden Einwirkungen. In einer großen Truhe, die mit Wasser gefüllt ist, werden beispielsweise unterschiedliche Witterungsverhältnisse nachgestellt. Die Betonprobekörper sind darin Temperaturen zwischen plus 20 und minus 20 Grad ausgesetzt. „Wie in der Natur beginnt Beton bei Frosteinwirkung zu verwitern“, so Eppers. Wasser wird durch die Kapillaren des Werkstoffs – kleine Poren im künstlichen Gestein – eingesaugt. Gefriert es, dehnt es sich aus. Hoher Druck entsteht, der nun von innen auf das Gefüge einwirkt. An-

schließend misst das Projektteam, wie viel Material von der Oberfläche abgewittert ist. Dies ist ein Maß für die Frostbeständigkeit der untersuchten Betonzusammensetzung.

Umdenken, Klima schützen

„Wir wollen wissen, was technisch möglich ist“, sagt Eppers. Bisher schreiben die Baubehörden in Deutschland und in vielen anderen Ländern einen hohen Mindestzementgehalt im Beton vor. Dadurch soll sichergestellt werden, dass der Werkstoff stabil und widerstandsfähig ist und extreme Krafteinwirkung aushält. Dass das auch mit alternativen Methoden und weniger Zement erreicht werden kann, will das Projektteam zeigen und mit klaren Ergebnissen belegen.

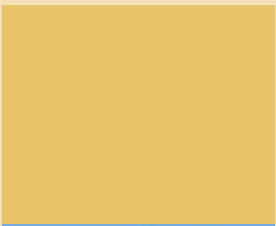
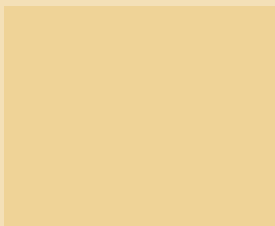
Unumstößlich ist: Die globale Erwärmung schreitet voran. Durchgreifende Lösungen zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes bei der Zementherstellung gibt es derzeit keine. „Das prinzipiell denkbare Auffangen und unterirdische Lagern des Kohlendioxids ist mit ungeklärten Risiken verbunden und politisch kaum durchsetzbar“, bewertet Eppers die Möglichkeit einer Deponielösung. Im Austausch mit anderen Forschungseinrichtungen und Baustoffunternehmen aus der Region setzt er weiter auf innovative Betone und Mut zum Bewusstseinswandel. „Im Sinne einer verantwortungsvollen Klimapolitik müssen wir alternative Betonzusammensetzungen mit deutlich weniger Zement erproben und möglichst schnell und in großem Maßstab in der Praxis einsetzen.“

Kontakt

Hochschule Bochum
 Prof. Dr. Sören Eppers
 E-Mail: soeren.eppers@hs-bochum.de
 Tel.: 0234 32 -10231

RUNDUM REGENERATIV

Innovative Wärmespeicher ermöglichen Heizbetrieb mit Solarstrom



Strom aus Sonnenkraft ist umweltfreundlich und leicht verfügbar. Immer mehr Menschen in Deutschland installieren daher Photovoltaikanlagen auf ihren Hausdächern oder anderen Freiflächen. Tatsächlich wird aber nur ein geringer Teil der produzierten Energie im Haushalt selbst verbraucht. Der Rest, rund 75 Prozent, fließt in das öffentliche Stromnetz. Das ist aufgrund des steigenden Zubaus mit Solaranlagen zunehmend überlastet. Auch die Einspeisevergütung, die Anlagebetreiber pro abgegebener Kilowattstunde erhalten, sinkt stetig.

„Mit der richtigen Gebäudetechnologie ist eine viel effektivere und kostengünstigere Versorgung möglich“, sagt Prof. Dr. Ralph-Andreas Henne vom Institut für technische Gebäudeausrüstung (TGA) der TH Köln. Sein Ansatz für die Zukunft: Anlagenbetreiber sollten ihren erzeugten Solarstrom vollständig selbst verbrauchen – nicht nur über Haushaltsstrom, sondern auch in Form von Nutzwärme oder Warmwasser. Letzteres wird noch viel zu oft durch den Betrieb konventioneller Ölheizungen oder Gasthermen bereitgestellt. Mit Energie also, die teuer zugekauft werden muss. Solarstrombetriebene Wärmepumpen heizen aber genauso gut. Doch wie funktioniert das an bewölkten Tagen? „Da müssen wir die Sonne von gestern nutzen“, sagt Henne. „Dafür brauchen wir Speicher.“

Schlüsseltechnologie Phasenwechsler

So wie Batterien mit Strom beladen werden, können sogenannte thermisch designte PCM-Speicher sehr viel Energie bei einer bestimmten, festgelegten Temperatur einlagern. PCM steht für „Phase Change Materials“ – Material, das seinen Aggregatzustand ändern kann.

Prominente Phasenwechsler sind beispielsweise Wasser, das bei 0 Grad zu Eis gefriert, oder Schokolade, die bei 40 Grad schmilzt. Im Moment des Phasenwechsels kann Energie aufgenommen werden.

Am TGA untersuchen Henne und sein Kollege Prof. Dr. Johannes Goeke derzeit die PCM-Eigenschaften von verkapseltem Paraffin oder Salzhydrat. „Das ist besonders leistungsstark und braucht nicht viel Platz“, begründet Henne die Wahl. Der Speicher ist in etwa so groß wie ein Kühlschrank. Wird das Granulat mit Wärme beladen, schmilzt die Materie in der Kapsel und nimmt latent Wärmeenergie auf. Diese kann dann über mehrere Tage gespeichert und abgerufen werden. Wie gut der Speicher funktioniert, haben die Wissenschaftler in einer Computersimulation getestet. Ihr Fazit: Mit rund 30 Prozent des jährlich erzeugten Solarstroms kann er effizient zur Wärmeversorgung eines Einfamilienhauses eingesetzt werden.

Energieeffizient leben

Um den PCM-Speicher zur Marktreife zu bringen, müssen die Wissenschaftler allerdings noch einige Fragen klären: „Wir wissen noch nicht, wie lange das Granulat stabil bleibt“, sagt Henne. „Das ist derzeit unser Untersuchungsschwerpunkt.“ Und auch an der Temperatur muss noch gefeilt werden. „Für Fußbodenheizungen können wir Paraffingranulat gut verwenden, denn es speichert 40-Grad-Wärme. Wenn wir Material finden, das bei 22 Grad Wärme aufnimmt, könnte man damit sogar ganzjährig moderat heizen und kühlen.“

Ein Punkt bleibt für die Forscher jetzt schon unumstößlich: Wer ressourceneffizient leben und von externen Anbietern unabhängig sein will, muss seine regenerativen Quellen besser nutzen. Ohne Energiespeicher gehe das nicht. „Sicherlich könnte man auch Batterien verwenden“, sagt Goeke. „Deren Umwandlungs- und Ladeverluste sind jedoch hoch, die Anschaffung ist teuer, die Lebensdauer sehr begrenzt.“ PCM-Wärmespeicher seien wirksamer. Allein durch ihren Anschluss an die Wärmepumpe

kann die Nutzung des eigenen Solarstroms mehr als verdoppelt werden. Mit den eingesparten Energiekosten amortisiert sich der geringfügige Mehraufwand für die Anlagentechnologie. Und kombiniert mit moderner Gebäudeautomation, also der individuellen Steuerung aller Haushaltsgeräte und Gebäudetechnik über eine App, ließe sich alles auch noch leicht bedienen.

Grüne Aussichten

Innerhalb der nächsten fünf Jahre will das TGA zeigen, dass seine Speicher zukunftsfähig sind. So lange wird in Köln weiter gefeilt und geforscht. Dazu tragen die Bachelor- und Masterstudierenden aus den Ingenieurwissenschaften der TH bei. „Green Building Engineering oder generationenverträgliche Gebäudetechnik ist ein hochaktuelles Querschnittsthema und sehr interessant für die jungen Leute“, sagt Henne. Um den wissenschaftlichen Nachwuchs so früh wie möglich in die praxisbezogene Forschung einzubinden, werben Henne und Goeke in ihren Vorlesungen für die Mitarbeit an den Projekten. Mit Erfolg: Jedes Jahr nutzen bis zu zehn angehende Absolventen das Angebot, um ihre Forschungsfragen rund um die Themen Wärmepumpen, Photovoltaikanlagen und PCM-Speicher zu erproben.

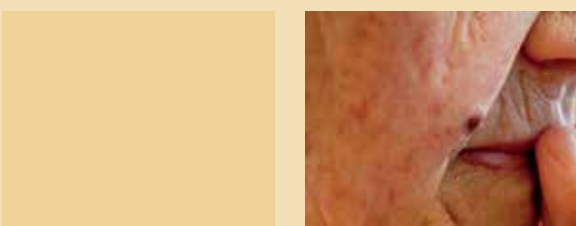
Kontakt

TH Köln
 Prof. Dr. Johannes Goeke
 E-Mail: johannes.goeke@th-koeln.de
 Tel.: 0221 8275 -2602

Prof. Dr. Ralph-Andreas Henne
 E-Mail: andreas.henne@th-koeln.de
 Tel.: 0221 8275 -2595

GESUNDHEIT ERHALTEN

Pflegende Angehörige von Menschen mit Demenz stärken



Jedes Jahr erkranken rund 300.000 Menschen in Deutschland an einer Form von Demenz. Meistens verlieren die Betroffenen langsam, aber unaufhaltsam ihre Erinnerungen und Fähigkeiten. Ihr Wesen, ihre Wahrnehmung und ihr Verhalten verändern sich. Damit kommen nicht nur auf sie selbst, sondern auch auf ihre Familien große Belastungen zu. Denn in vielen Fällen übernehmen Angehörige die Versorgung der Erkrankten, pflegen sie oft jahrzehntelang und erleben dabei extreme psychische und körperliche Anstrengungen.

Da die Erkrankung ab einem gewissen Stadium auch Sprache, Orientierungsfähigkeit und die Gefühlskontrolle beeinträchtigt, kommt es häufig zu Persönlichkeitsveränderungen und Stimmungsschwankungen, die die Erkrankten kaum mehr kontrollieren oder nachvollziehbar kommunizieren können. Diese Situation und das damit verbundene Verständigungsproblem ist bei den meisten Angehörigen hauptsächlich für Überforderung, Stress oder sogar Depression, so die Annahme vieler Experten. Ein speziell für sie entwickeltes Schulungsprogramm „EduKation demenz®“, soll diese Problematik aufbrechen – und so Gesundheit und Wohlbefinden der Pflegenden erhalten. Wie wirksam die Intervention ist, hat die Katholische Hochschule NRW untersucht.

Was ist EduKation demenz®?

EduKation demenz® steht für „Entlastung durch Förderung der Kommunikation bei Demenz“ und wurde als Angehörigenschulungsprogramm 2006 von Prof. Dr. Sabine Engel an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg entwickelt. In zehn wöchentlich stattfindenden Sitzungen werden Betroffene in kleinen

Gruppen angeleitet, ihre Erfahrungen auszutauschen und sich eine breitere Wissensbasis zum Thema anzueignen. Sie werden dabei begleitet, die neu gewonnenen Kenntnisse für ihre eigene Situation zu reflektieren und Entlastungs- und Unterstützungsmöglichkeiten für sich anzunehmen. So sollen Angehörige die Demenz besser verstehen, sie akzeptieren lernen und einen einfühlsameren Umgang mit ihren erkrankten Familienmitgliedern aufbauen, ohne die eigene Gesundheit aus den Augen zu verlieren.

Eine erste Wirkungsanalyse 2007 zeigte bereits, dass sich Angehörige nach der Teilnahme an EduKation demenz® weniger belastet fühlten und sie alltägliche Konfliktsituationen im Zusammenleben mit dem erkrankten Familienmitglied besser bewältigen konnten. Mittlerweile werden die Schulungen von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren im ganzen Land durchgeführt, denn die Nachfrage nach dem Programm ist groß.

Durchführung der Evaluationsstudie

Vom Bundesministerium für Gesundheit im Rahmen der „Zukunftswerkstatt Demenz“ gefördert, nimmt die aktuelle Evaluationsstudie der KatHo weitere Fragen in den Blick: Verbessert EduKation demenz® die Einstellung der versorgenden Angehörigen zu der demenzkranken Person im Allgemeinen, wie wirksam sind die Kurse, wenn sie von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren durchgeführt werden, und inwieweit unterscheidet sich EduKation demenz® von anderen Formen der Wissensaneignung?

Um das zu klären, wurden fortgebildete Multiplikatorinnen und Multiplikatoren in das Studiendesign eingeführt und in der Anwendung eines speziell konzipierten Fragebogens geschult. Mit diesem wirkungsorientierten Erhebungsinstrument wurden anschließend 261 pflegende Angehörige befragt: 133 Teilnehmende einer Interventionsgruppe mit EduKation demenz®-Schulung und 128 Teilnehmende einer Kontrollgruppe, die sich über andere klientenspezifische, qualitativ gute Ratge-

berliteratur informieren konnte. Die statistische Datenanalyse fand in Zusammenarbeit mit dem Institut für Biometrie und Statistik der Universität Erlangen-Nürnberg statt.

Nachhaltige Unterstützung

Die Ergebnisse zeigten, dass EduKation demenz® das psychosoziale Wohlbefinden von Angehörigen entscheidend verbessert. Sie entwickeln eine verständnisvollere Haltung gegenüber ihren demenzkranken Familienmitgliedern und können einfühlsamer kommunizieren. Diese Wirkung zeigte sich auch dann, wenn Schulungen von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren durchgeführt wurden. Im Vergleich zur Kontrollgruppe war die Wirkung der EduKation demenz®-Geschulthen positiver und nachhaltiger.

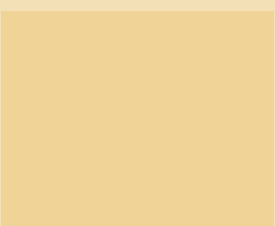
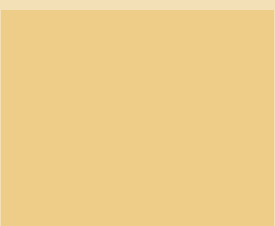
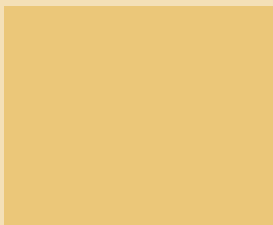
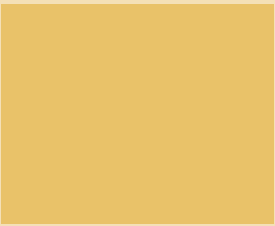
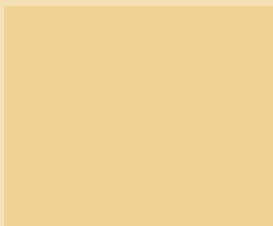
EduKation demenz® fördere eine positive Beziehungsqualität in den betroffenen Familien, die für die Bewältigung der Krankheitsfolgen und die Gesundheit der Pflegenden von großer Bedeutung sei, so Prof. Dr. Sabine Engel. Das bringt auch volkswirtschaftliche und gesundheitsökonomische Vorteile mit sich: Durch den Abbau belastender Situationen wird die Kraft der Person und ihre Pflegeleistung aufrechterhalten. Das 2015 in Kraft getretene Pflegestärkungsgesetz will daher mehr niedrighwellige Betreuungs- und Entlastungsangebote schaffen, um pflegende Angehörige besser in ihrer persönlichen Situation zu unterstützen. Hierzu kann EduKation demenz® als spezifische Intervention für Demenz einen entscheidenden Beitrag leisten.

Kontakt

Katholische Hochschule Nordrhein-Westfalen
Prof. Dr. Sabine Engel
E-Mail: s.engel@katho-nrw.de
Tel.: 05251 1225 -16

SAUBERE SEEFAHRT

Mit flexibler Klärtechnik maritime Abwasserreinigung verbessern



Ob Insel-Hopping in der Ägäis, über den Atlantik nach Miami oder einmal quer durchs Rote Meer – Kreuzfahrten haben Konjunktur. Allein 2014 stachen mehr als 1,7 Millionen Deutsche auf einem der riesigen Luxusliner in See. Das ist eine positive Entwicklung mit Wachstumspotenzial, freuen sich Reedereien und Reiseveranstalter. Für die Umwelt ist der Trend weniger schön. Nicht nur stoßen die Motoren der Stahlkolosse giftiges Stick- und Schwefeloxid aus. Bei mehreren Tausend Passagieren pro Schiff, Hunderten Besatzungsmitgliedern sowie etlichen Restaurants gelangen auch Unmengen an Abwässern aus Duschen, Toiletten und Kombüsen ins Meer.

Diese Abwässer wurden bisher größtenteils an Bord püriert, separiert, zum Teil verdünnt und je nach Schiffsroute in Tanks gesammelt oder in die See abgelassen. Um die Umweltbelastung bei steigendem Schiffsverkehr einzudämmen, sollen ab 2016 neue internationale Bestimmungen diese Handhabung verschärfen. Langfristig müssen Anbieter daher nachrüsten und ihre Kläranlagen verbessern. Bewährte Verfahren, die effizient und kostengünstig sind, gibt es bereits – allerdings nur für die Aufbereitung an Land. Das Labor für Umweltverfahrenstechnik der Fachhochschule Südwestfalen hat nun zusammen mit dem Kläranlagenbauer Hamann AG eine Technologie entwickelt, die innovative Abwasserreinigung auch für Kreuzfahrtschiffe und Yachten auf Kurs bringt.

Von Land zu Wasser

In der konventionellen Abwasserreinigung werden zunächst alle Feststoffe – darunter Papierreste, Sand oder Plastikpartikel – mit Hilfe eines mechanischen Vorgangs

herausgefiltert. Dazu werden zum Beispiel Luft oder andere Gase in den Klärtank gepumpt. An den Blasen bleiben die Partikel haften, steigen mit ihnen zur Oberfläche und lassen sich dort abziehen. Anschließend kommen Mikroorganismen zum Einsatz, die im Abwasser vorhandene, lösliche Kohlenstoffverbindungen neutralisieren. „Auf den Schiffen reichte es bisher aus, allein die Feststoffe zu filtern“, sagt Prof. Dr. Claus Schuster, der die FH-Forschung zu maritimen Kläranlagen als Experte auf diesem Gebiet leitet. „Ab 2019 muss zusätzlich die biologische Stufe eingebaut werden, die auch gelöste Abwasserinhaltsstoffe reinigt.“

Doch das ist gar nicht so einfach, denn an Bord herrschen oft extreme Randbedingungen, die einen stabilen Anlagenbetrieb erschweren. Würde man die konventionelle Klärtechnologie eins zu eins übertragen, bräuchte man große Belebungsbecken, um die sehr hohe Reststoffkonzentration, die speziell in den Schiffsabwässern vorhanden ist, biologisch abzubauen, erklärt Schuster. „Den Platz haben wir nicht.“ Durch die hohe Feuchtigkeit auf See könne das Material zudem schnell rosten. Temperaturschwankungen, fortwährender Seegang und die Vibration im Schiffskörper beeinträchtigten den gleichmäßigen Abbau. Personal für Wartung und Reparatur der Anlagen sei auch nicht vor Ort. „Wir brauchen also eine möglichst kompakte Anlage mit hohem Automatisierungsgrad, die umweltverträglich ist und eine hohe Prozessstabilität erreicht.“

Komprimiert klären mit Biochips

Zusammen mit der auf Kläranlagen für maritime Anwendungen spezialisierten Hamann AG aus dem norddeutschen Hollenstedt haben Schuster und seine Kolleginnen und Kollegen ein Klärverfahren entwickelt, das all diese Herausforderungen berücksichtigt. Die Innovation arbeitet mit sogenannten Aufwuchskörpern, kleinen Chips aus Kunststoff, die aufgrund ihrer speziellen Form eine besonders große innere Oberfläche bieten. Zu Hunderten dicht gepackt in einen Bioreaktor von etwa einem Kubikmeter, schaffen sie enorm viel Platz auf kleinstem

Raum. Dort können sich ausreichend Mikroorganismen ansiedeln, um die große Menge an organischen Stoffen im Abwasser aufzunehmen und in ökologisch unbedenkliche Stoffwechselprodukte umzuwandeln. Letztere müssen zwar weiterhin an Land entsorgt werden. Sie können jedoch als Bioreststoffe wiederverwertet werden. „Der für den Abbau im Bioreaktor benötigte Sauerstoff wird über Druckluft eingeblasen und im Abwasser verteilt“, erklärt Schuster. Da der Prozess biologisch abläuft und die Chips sehr robust sind, besteht keine Gefahr von Überlastung, Kurzschlüssen, Verschmutzung oder Zerfall. Das Gerät ist somit wartungsarm und stoßfest.

Kooperation aus Forschung und Technik

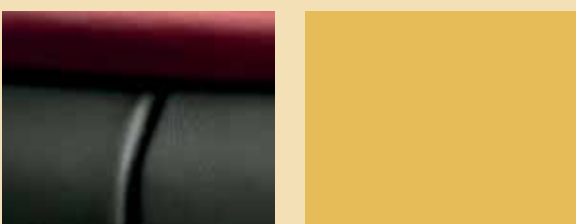
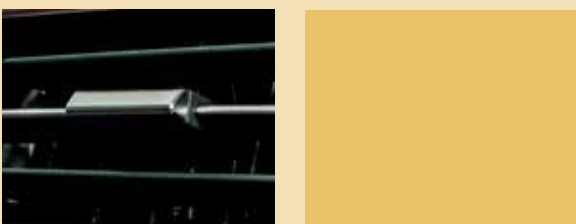
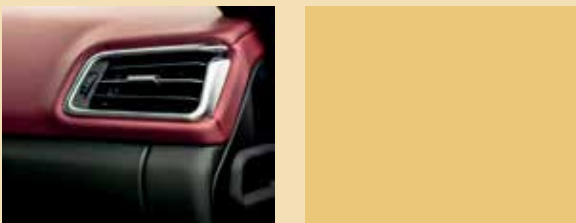
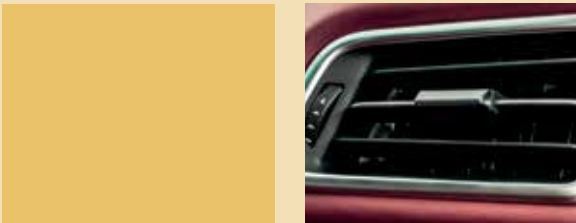
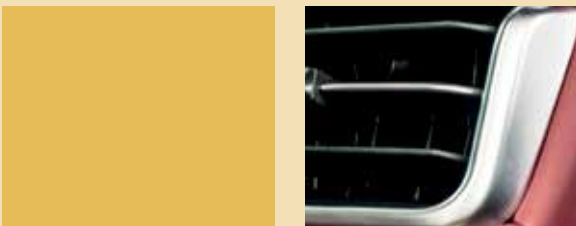
Ein Prototyp der neuen Anlagentechnologie wurde bereits für die Binnenschifffahrt zertifiziert und in der Praxis getestet. „Mit einem Bioreaktor von einem Kubikmeter Größe schaffen wir es, rund 2.000 Liter Abwasser pro Stunde zu reinigen“, so Schuster. 2016 werden dann die ersten maritimen Kläranlagen mit biologischer Stufe auf den Markt kommen. Durch das Netzwerk und den großen Kundenstamm der Hamann AG erhofft sich die FH eine erfolgreiche Verbreitung des Produkts. So kann praktische Forschung aus Südwestfalen direkt dazu beitragen, die Meere weltweit effektiver vor Verschmutzung zu schützen.

Kontakt

Fachhochschule Südwestfalen
 Prof. Dr. Claus Schuster
 E-Mail: rektor@fh-swf.de
 Tel.: 02371 566 -109

KLIMAAANLAGEN FÜR DIE ENERGIEWENDE

Neues Maschinendesign ermöglicht Kühlen mit Kohlendioxid



Mobile Klimaanlage zählen zur Standardausstattung jedes neuen Fahrzeugs. Sie sorgen dafür, dass der Fahrgastinnenraum belüftet und angenehm temperiert ist. Das erhöht den Fahrkomfort und die Sicherheit im Verkehr: Bei heißen Außentemperaturen bleibt der Fahrer im kühlen Auto aufmerksam und reaktionsbereit. Im Winter verhindert die Klimaanlage das Beschlagen der Frontscheibe und mindert so das Unfallrisiko. Eine rundum feine Sache – wäre da nicht die hohe Umweltbelastung, die konventionelle Kältemittel verursachen. Sie erhöhen den enormen Ausstoß von Treibhausgasen, der ohnehin durch den Fahrzeugbetrieb entsteht, um ein Vielfaches.

Aus diesem Grund hat die EU mit einer Richtlinie über Emissionen aus Kfz-Klimaanlagen die üblichen Kühlstoffe in Neufahrzeugen ab 2017 verboten. Eine klimafreundliche Alternative, die auch das Umweltbundesamt befürwortet, ist der Einsatz von natürlichem Kohlendioxid, CO₂. Es kühlt gut, ist nicht brennbar, ozonschichtfreundlich und steht weltweit kostengünstig zur Verfügung. Der einzige Haken: Um Kohlendioxid serienmäßig als Kühlmittel einzusetzen, müssen Klimaanlagen spezielle technische Voraussetzungen erfüllen. An der Fachhochschule Dortmund werden diese derzeit erforscht.

Dem Druck standhalten

„Kohlendioxid unterscheidet sich in seinen thermodynamischen Eigenschaften erheblich von herkömmlichen Kältemitteln“, so Prof. Dr. Marius Geller vom Fachbereich Maschinenbau. „Der Betrieb der Anlage im sogenannten überkritischen Bereich, welcher unter sehr hohem Druck abläuft, ist die Voraussetzung für die Nutzung von CO₂ im

Kühlprozess.“ Anlagen, die mit R744 – so die technische Bezeichnung des CO₂-Kältemittels – betrieben werden, müssen daher als Hochdruckanlagen ausgeführt sein, so der Experte. Zusammen mit fünf wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Fachhochschule arbeitet er im Forschungsschwerpunkt Computersimulation im Maschinenbau an der Entwicklung eines alternativen Klimaanlagenmodells.

Herzstück des neuen Konzepts ist ein sogenannter Axialkolbenverdichter mit einer innovativen Regelungseinheit. Letztere steuert die Kälteleistung und sorgt für einen effizienten Betrieb. Der Verdichter regelt den Dampfdruck und steuert damit den Kühlmittelkreislauf. „Durch den höheren Druck ergeben sich fertigungstechnische Herausforderungen, die wir bewältigen müssen“, so Geller. „Die Wandstärke des Verdichters etwa muss unter CO₂-Einsatz wesentlich höher sein als bei konventionellen Anlagen, jedoch ohne seine Gesamtmaße zu vergrößern.“ Auch könnten aufgrund der hohen Drücke Undichtigkeiten im Kühlmittelkreislauf entstehen, für die Lösungen gefunden werden müssen.

Technische Feinarbeit mit modernsten Methoden

Um all diese Anforderungen sowie externe Einflüsse – Sonneneinstrahlung, Motorleistung, Witterung – bei einer Neukonstruktion zu berücksichtigen, brachte das Forscherteam bereits entsprechende Daten in verschiedene Computermodelle ein. Die technischen Möglichkeiten hierfür lieferte ein Hochleistungsrechner der FH. „Mit ihm haben wir das dynamische Verhalten der Klimaanlage simuliert und die Konstruktion des Verdichters digital berechnet und verbessert“, so Geller.

Dabei herausgekommen ist ein angepasstes Maschinendesign mit einer völlig neuen innovativen Regelungseinheit, für dessen technische Umsetzung weitere Partner ins Boot geholt wurden. Das Institut für Lasertechnik der RWTH Aachen entwickelte zusammen mit dem Laserhersteller „Edge Wave“ aus Würselen ein neuartiges Fertigungsverfahren zur Herstellung winziger Bohrungen.

„Diese sogenannten Drosselbohrungen sind essenziell für das Funktionieren unserer neuen Regelungseinheit“, so Geller. „Innovativ kombiniert mit einem Magnetventil, bewirkt die Bohrung den notwendigen Druckausgleich zur Anpassung des Kühlmittelmassenstromes im Axialkolbenverdichter.“

Ein Konzept für Industrie, Umwelt und Kommunen

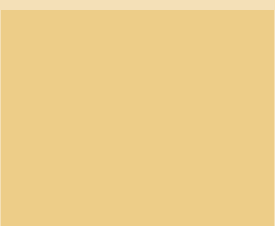
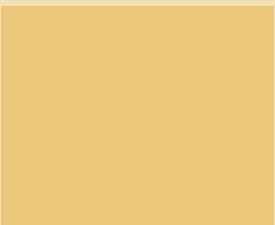
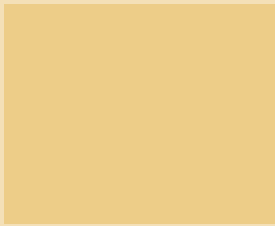
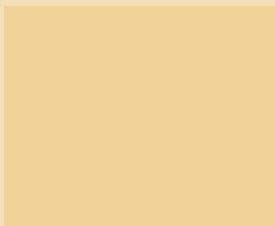
Doch der Aufwand lohnt, finden die Forscherinnen und Forscher der FH Dortmund. Nicht nur fördere das Projekt die interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der Entwicklung zukunftsfähiger Schlüsseltechnologien. Auch die Automobilindustrie würde bei der Neuausrichtung ihres Klimakonzepts unterstützt, das ab 2017 ansteht. Nicht zuletzt ist die CO₂-betriebene Klimaanlage ein großes Plus für die Umwelt, wenn durch sie keine fluorierenden Treibhausgase mehr in die Luft abgegeben werden. Und es könnte noch weitere Vorteile geben: „Aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften nimmt Kohlendioxid im Kühlungsprozess weniger Motorleistung in Anspruch, wodurch für den Betrieb der Anlage weniger Kraftstoff benötigt wird“, schlussfolgert Geller aus den neusten Berechnungen. Die Stadt Dortmund ist überzeugt von der Innovation ihrer FH und plant, das neue Klimaanlagenkonzept in die kommunalen Energieaktivitäten zu übernehmen.

Kontakt

Fachhochschule Dortmund
 Prof. Dr. Marius Geller
 E-Mail: geller@fh-dortmund.de
 Tel.: 0231 9112 -256

EFFIZIENTERE GASPRODUKTION

Computermodell und Sensortechnik verbessern Betrieb von Biogasanlagen



Biogasanlagen bergen großes Potenzial für die Energiewende. Mit ihnen lassen sich biogene Reststoffe zu methanhaltigem Gas vergären, um damit Strom und Wärme zu erzeugen. Allein die Zufuhr von Biomasse wie Pflanzenresten oder Gülle reicht aus, um die Gasproduktion anzuregen. Das ist kostengünstig, CO₂-arm und reduziert den Einsatz fossiler Brennstoffe. Mittlerweile gibt es in Deutschland rund 8.000 Biogasanlagen, die auf diese Weise regenerative Energie liefern. Auch landwirtschaftliche Betriebe verwerten so ihre Reststoffe oder nutzen eigene Biogasanlagen als zusätzliche Einkommensquelle. Allerdings funktioniert die Vergärung nicht immer störungsfrei. Schwankende Stromproduktion, wirtschaftliche Einbußen und viel Ärger für die Betreiber sind die Folge. Ein Verbundprojekt unter der Koordination der Hochschule Hamm-Lippstadt will das nun ändern.

Einblick in die Bio-Black-Box

„Biogasanlagen sind so etwas wie eine Black Box. In ihnen laufen hochkomplexe Stoffwechselfvorgänge ab, die wir nicht vollständig einsehen können“, erklärt Prof. Dr. Dieter Bryniok, Professor für Umweltbiotechnologie an der Hochschule. Häufig kommt es vor, dass das Reststoffgemisch im Reaktor nicht ganz abgebaut wird, übersäuert oder sich Schaum bildet. Dann kann die Gasproduktion kippen oder sogar zum Erliegen kommen. Anzeichen dafür, etwa der Abfall des pH-Werts, starke Gerüche oder hohe Säurekonzentration, seien leider erst messbar, wenn die Störung weit fortgeschritten und unumkehrbar ist. Diese Schwachstelle will Bryniok beheben. Genauer gesagt möchte er sie frühzeitig erkennen und steuerbar machen.

Seine Lösung heißt MOST und steht für das Verbundprojekt Modellbasierte Prozesssteuerung von Biogasanlagen. Ziel der Forschungskoooperation ist es, Messgeräte zu entwickeln, welche die Stoffwechselforgänge im Reaktor quasi in Echtzeit erheben und kommunizieren. „Dazu müssen wir zum einen die biologischen Prozesse entschlüsseln, die in einer Anlage ablaufen und je nach Zusammensetzung des Substrats unterschiedlich sind“, so Bryniok. „Zum anderen benötigen wir eine geeignete Sensortechnik, die biologische Abbauprozesse im Reaktor sensibler aufnehmen und analysieren kann.“

Spitzenforschung im Verbund

Das ist ein Mammutvorhaben, das interdisziplinäre Zusammenarbeit und Know-how erfordert. Koordiniert durch Bryniok und sein Wissenschaftsteam, arbeiten daher verschiedene Vertreterinnen und Vertreter aus Forschung und Industrie bei MOST mit, unter anderem das Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik in Stuttgart und die Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg. „Wir in Hamm konzentrieren uns darauf, die Stoffwechselforgänge aller möglichen Mikroorganismen zu entschlüsseln, die im Faulschlamm einer Biogasanlage vorkommen können.“

Welche Dynamik löst eine definierte Menge Cellulose oder Stärke in einem Liter Testschlamm aus? Wie viel Methan entsteht bei dieser Mischung in einer Stunde, wie viel Ammoniak oder Schwefelwasserstoff? All das sind Informationen, die Brynioks Team anhand intensiver Literaturrecherche und zahlreicher Laborversuche zu mehreren hundert Stoffen sammelt. Die Daten werden in Hamburg in ein mathematisches Modell übertragen. Es soll die Gasproduktion einer Biogasanlage auf dem Computer simulieren. „Auf diese Weise können wir ein digitales Regelwerk erstellen, das uns anzeigt, welche Substratmischung einen sicheren Anlagenbetrieb ermöglicht.“ Was in Wirklichkeit im Reaktor passiert, soll letztlich die Sensortechnik klären. Auch daran arbeiten die MOST-Partner bereits. Derzeit werden Sensoren entwickelt, die geringe Mengen Wasserstoff im Biogas erkennen.

MOST gegen Monokultur

Das Ergebnis könnte viel verändern. Noch greifen viele Anlagenbetreiber auf einfache Substrate wie Maissilage zurück, um Probleme beim Vergärungsprozess zu vermeiden. Das fördert jedoch die Monokultur auf deutschen Böden. Würde ein Analysetool die Prozessstabilität der Substratzusammensetzung vor dem Einfüllen in die Anlage sicher vorhersagen, könnten Betreiber Risiken ausschließen und auch andere organische Abfälle vergären. „Es gibt so viele biologische Abfallstoffe, die verwertbar sind“, sagt Bryniok. Ihre Nutzung für die Biogasproduktion wäre ressourceneffizient, kostensparend und würde durch die Sensorkontrolle in der Anlage doppelt gesichert.

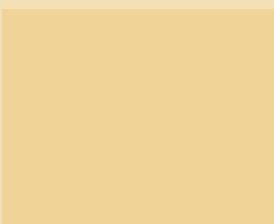
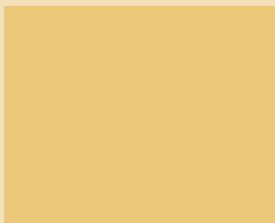
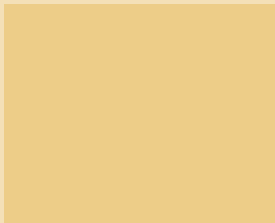
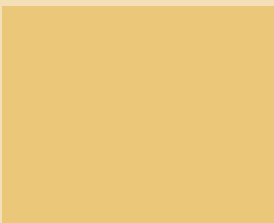
Mitte 2017 sollen alle Teilprojekte im Verbund abgeschlossen sein. Dann kommen die neuen Sensoren in einer Testanlage zum Einsatz. Die Verwertung der verwendeten Substrate wird vorher mit Hilfe des mathematischen Modells analysiert. „Mit unserer Forschung unterstützen wir aber nicht nur die Prozessstabilität regenerativer Energiequellen“, sagt Bryniok. „Wir generieren auch ein tieferes Verständnis für organische Abbauprozesse. Und das dient der Wissenschaft allgemein.“

Kontakt

Hochschule Hamm-Lippstadt
 Prof. Dr. Dieter Bryniok
 E-Mail: dieter.bryniok@hshl.de
 Tel.: 02381 8789 -408

BRENNSTOFFFREIE MOBILITÄT

Mit E-Bikes sicher durch den Straßenverkehr



Fahrräder sind eine rundum feine Sache. Ihre Nutzung verursacht keine schädlichen Klimagase, die Anschaffungskosten sind vergleichsweise gering und das Fahren bringt Muskeln, Herz und Kreislauf in Schwung. Kein Wunder, dass Expertenschätzungen zufolge bundesweit mehr als 70 Millionen Zweiräder die Menschen mobil machen.

Unter ihnen hat in den vergangenen Jahren das sogenannte E-Bike an Popularität gewonnen. Sein Vorteil gegenüber konventionellen Zweirädern: Es ist mit einem Elektromotor ausgestattet, der den Antrieb unterstützt oder übernimmt. Das erleichtert die Fortbewegung, ermöglicht höhere Geschwindigkeiten, ist klimafreundlich und deshalb für viele Nutzer attraktiv. Der E-Bike-Anteil am Gesamtfahrradmarkt ist daher stark gestiegen: Mittlerweile fährt bereits jedes zehnte Zweirad „mit Strom“. Auch im Sinne des Umweltschutzes ist die zunehmende Verbreitung einer brennstofffreien Mobilität als Alternative zum Mofa oder Motorroller erfreulich. Verkehrsrechtlich und verkehrspolitisch werfen E-Bikes jedoch Fragen auf.

Elektromobilität fördern helfen

Welche Verkehrsvorschriften gelten für Fahrräder, die zwar konventionell aussehen, jedoch einige PS unter dem Sattel haben? Wie sicher ist es, mit ihnen zu fahren? Welche Konsequenzen ergeben sich aus der starken Nachfrage für die Verkehrsraumgestaltung und die allgemeine Verkehrssicherheit? All diese Punkte sind oder waren bis vor kurzem nicht einheitlich geklärt. Um die aktuelle Lage zu Elektrofahrrädern im Straßenverkehr überschaubar zu machen und vermutete Schwachstel-

len zu identifizieren, haben Polizeidirektor Joachim Kern und Polizeihauptkommissar Bernd Huppertz von der Fachhochschule für öffentliche Verwaltung eine umfangreiche Bestandsaufnahme durchgeführt. Sie nimmt die rechtliche Einordnung der verschiedenen E-Bike-Varianten in den Blick, geht auf Forschungsergebnisse zur Verkehrssicherheit sowie Marktanalysen ein und wertet aktuelle Unfallstatistiken aus. Damit führen die beiden Dozenten für Verkehrsrecht und Verkehrslehre ein Forschungsprojekt aus dem Jahr 2013 weiter. In seiner aktuellen Version soll es vor allem Grundlage für Empfehlungen und Maßnahmen zur Förderung umweltfreundlicher Elektromobilität sein.

Fahrrad oder Kraftfahrzeug?

Quads, Segways oder Thekenfahrräder – in der Bestandsaufnahme halten Kern und Huppertz fest: E-Bike ist nicht gleich E-Bike. Unter den Oberbegriff fallen sämtliche Zwei- oder Dreiräder mit Elektroantrieb, auch das sogenannte Pedelec, das lediglich über einen tretabhängigen Hilfsantrieb verfügt. Es ist die meistgenutzte Variante und erreicht eine Maximalgeschwindigkeit von 25 Stundenkilometern. Allein diese tretabhängigen E-Bikes gelten durch eine Ergänzung im Gesetz 2013 noch als Fahrräder. Alle E-Bikes, die schneller fahren können, sind Kleinkrafträder. Ihre Nutzung ist an Bedingungen geknüpft, zum Beispiel an eine Helmpflicht, eine Haftpflichtversicherung, ein Kennzeichen oder einen Führerschein.

Fluch oder Segen?

„Diese eindeutige Klassifizierung ist vor allem dann wichtig, wenn es um die Sicherheit im Straßenverkehr geht“, so Kern. Da immer mehr Elektrofahrräder gekauft und genutzt werden, untersuchten die Polizisten, ob durch sie auch mehr Unfälle passieren. Und wenn ja, warum? Hierzu wurden wissenschaftliche Studien aus Deutschland, Österreich und der Schweiz verglichen. Allein in Österreich wiesen die Ergebnisse darauf hin, dass die Nutzung von E-Bikes und Pedelecs eine erhöhte Kör-

perspannung erfordere, die insbesondere älteren Menschen zum Teil fehlt. Ein größeres Sicherheitsrisiko im Allgemeinen wurde jedoch in keiner Studie festgestellt.

Die anschließende Auswertung der Verkehrsunfallstatistik des Bundes aus dem Jahr 2014, in der erstmals die Unfallbeteiligung von Elektrofahrrädern gesondert durchgeführt ist, ergab jedoch ein anderes Bild: Insgesamt, so stellten Kern und Huppertz fest, verunglückten sieben Mal mehr Pedelec-Fahrerinnen und Fahrer als Nutzer anderer E-Bikes. Unter ihnen waren 43 Prozent Hauptverursacher des Unfalls, mehr als die Hälfte älter als 65 Jahre.

Sicher ans Ziel

„Insgesamt kommen wir in unserer Bestandsaufnahme zu dem Schluss, dass wir nicht nur eine höhere E-Bike-Beteiligung im Straßenverkehr haben, sondern auch ein neues Unfallphänomen“, so Kern. Dieser Erkenntnis müsse man angemessen Rechnung tragen, wenn das Elektrofahrrad als ressourcenschonende Alternative zu brennstoffbetriebenen Fahrzeugen vorangebracht werden soll. Dazu gehöre die Sensibilisierung der Gesellschaft ebenso wie eine bauliche Anpassung des Verkehrsraums. Breitere Radwege, mehr abgesenkte Bordsteine und aufgeklärte Pedelec-Nutzer seien mögliche Initiativen.

Kontakt

Fachhochschule für öffentliche Verwaltung NRW
Polizeidirektor Joachim Kern
E-Mail: joachim.kern@fhoev.nrw.de
Tel.: 0521 10 62 667

Polizeihauptkommissar Bernd Huppertz
E-Mail: bernd.huppertz@fhoev.nrw.de
Tel.: 0221 91 26 520

FAMILIENBEWUSSTSEIN SICHERT FACHKRÄFTE

Ein betriebliches Netzwerk hilft Pflege und Beruf zu vereinen



Kinder versorgen, Karriere voranbringen, Partnerschaft pflegen, Gesundheit erhalten, Investitionen tätigen, Vorsorge treffen: In unserer eng getakteten Leistungsgesellschaft gibt es viele Dinge, die insbesondere junge Menschen alltäglich unter einen Hut bringen müssen. Entlastungsmöglichkeiten gibt es nur zum Teil, etwa durch Kindertagesstätten oder flexible Arbeitszeitmodelle. Die Vereinbarkeit von Familie und Beruf bleibt jedoch eine große Herausforderung. Erwerbstätige sind daher häufig überlastet – insbesondere dann, wenn in der Familie zusätzlich Pflegeaufgaben für Angehörige entstehen.

Betriebliche Familienpolitik fördern

„Angesichts der demografischen Entwicklung in Deutschland und der steigenden Zahl älterer Menschen tritt diese Situation immer häufiger auf“, sagt Prof. Dr. Irene Gerlach, Professorin an der Evangelischen Fachhochschule Rheinland-Westfalen-Lippe. Das Problem: Weder die Familien noch die Gesellschaft oder die Wirtschaft seien darauf ausreichend eingerichtet. „Pflegerische Angehörige, die erwerbstätig sind, leiden oft psychisch und physisch unter der Doppelbelastung“, so Gerlach. Das kann ihre Leistungsfähigkeit im Beruf stark beeinträchtigen – in Form von erhöhten Krankenständen, Konzentrationsschwierigkeiten oder Müdigkeit. Das beeinträchtigt die Betroffenen, aber auch die Unternehmen. Denn die verminderte Leistungsfähigkeit oder gar der Ausfall von Fachkräften verursacht Einbußen bei der Produktivität und erfordert zusätzlichen Personaleinsatz. Das kann teuer werden. Sollten die Betroffenen aus dem Erwerbsleben ausscheiden, bedeutet dies nicht nur für sie Einkommensverluste und ein erhöhtes Risiko von Altersar-

mut, sondern auch Einnahmeverluste für den Staat und die Sozialversicherungen.

Mehr Verständnis und individuelle Unterstützung für pflegende Erwerbstätige sowie eine familienbewusstere Unternehmens- und Kommunalpolitik könnten helfen, den Missstand zu verbessern, ist Gerlach überzeugt. Um dieser Theorie konkrete Maßnahmen gegenüberzustellen, erarbeiten sie und ihr Projektteam an der EFH RWL ein netzwerkorientiertes Konzept betrieblicher Familienpolitik im Bereich der Pflege. Es soll insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen sowie Kommunen helfen, die Bedürfnisse ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu erkennen und sie bei der Wahrnehmung familiärer Pflegeaufgaben mit betrieblichen Dienstleistungen zu unterstützen.

Gewusst wie

„Nur wenige Unternehmen sind sich über das Vereinbarkeitsproblem von Pflege und Beruf und dessen mögliche betriebswirtschaftliche Konsequenzen im Klaren“, resümiert die wissenschaftliche Projektmitarbeiterin Ann Kristin Schneider das Ergebnis der ersten Bestandsaufnahme bei Firmen und öffentlichen Einrichtungen im mittleren Ruhrgebiet. Auch die Stadt Bochum als Arbeitgeber ist mit im Boot. Fünf Unternehmen erklärten sich anschließend bereit, das Konzept der EFH aktiv mitzuentwickeln und in ihren Betrieben zu testen.

In Workshops und Diskussionsforen, die die EFH organisiert, erhalten aber auch andere Interessierte Informationen und Kooperationsmöglichkeiten. Insgesamt, so Schneider, fehle nicht der Wille zur Unterstützung sondern das Wissen, wie geholfen werden kann. Von Arbeitnehmerseite bildete eine Bedarfsanalyse den mehrheitlichen Wunsch ab, im Unternehmen offen über die Pflegesituation sprechen zu können.

Ideen, wie den Bedürfnissen beider Seiten entsprochen werden kann, gibt es bereits. In Fachvorträgen erhalten betroffene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Auskunft

– etwa über rechtliche Rahmenbedingungen oder Zuschussmöglichkeiten für den Pflegedienst. Dabei wird die EFH fachlich von der Diakonie, dem Deutschen Roten Kreuz und der Alzheimergesellschaft unterstützt. Zudem bietet eine „Pflegemappe“, die in den teilnehmenden Firmen und Einrichtungen verteilt wird, einschlägige Broschüren und weiterführende Informationen. Auch die Betriebe selbst sind aktiv: Einige haben Pflegebeauftragte ernannt, ein betrieblicher Gesundheitstag wurde eingerichtet und das Thema in die Mitarbeiterjahresgespräche aufgenommen. Wie gut die Angebote ankommen, will das Projektteam in den kommenden Monaten auswerten.

Leistung, Dialog, Kultur

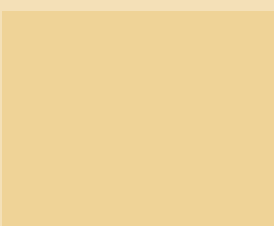
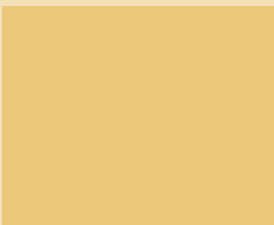
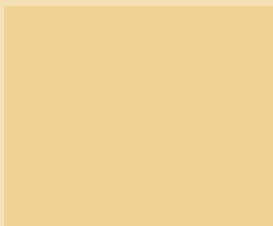
Insgesamt geht es Gerlach und ihren Kolleginnen und Kollegen darum, vorhandene Ressourcen im Sinne einer familienbewussten Betriebspolitik zu bündeln und so die Vereinbarkeit von Pflege und Beruf besser zu gewährleisten. Dabei setzt das Team nicht nur auf konkrete Unterstützungsangebote, sondern auch auf Dialog und eine familienfreundliche Unternehmenskultur. Dieser dreidimensionale Ansatz ist Basis eines Handlungsplans, den alle teilnehmenden Unternehmen und Einrichtungen im Rahmen des Projekts ausarbeiten und für sich umsetzen. Am Ende sollen die Erfahrungen, Informationen und Lösungsansätze in einem Netzwerk zusammenlaufen, das regional, überregional und langfristig auch bundesweit zur Unterstützung pflegender Erwerbstätiger im Einzelnen und familienbewusster Betriebspolitik im Allgemeinen genutzt werden kann.

Kontakt

Evangelische Fachhochschule
Rheinland-Westfalen-Lippe
Prof. Dr. Irene Gerlach
E-Mail: i.gerlach@efh-bochum.de
Tel.: 0234 36901 -143

BEGUTACHTUNGSINSTRUMENT IM PRAXISTEST

Pflegebedürftigkeit neu denken und effizient messen



Wer pflegebedürftig wird, benötigt Unterstützung bei der Bewältigung des Alltags, dabei, sich fortzubewegen, sich zu waschen, zu essen oder zu kommunizieren. Je nachdem, wie schwer die Beeinträchtigung ist, kommt die Pflegeversicherung für einen Teil der Versorgung auf. Über die Höhe der Leistung entscheidet die Versicherung auf der Grundlage eines Gutachtens. Darin wird der Zeitaufwand für einzelne Verrichtungen, wie zum Beispiel Nahrungsaufnahme, festgelegt. Je nach errechnetem Zeitaufwand ergeben sich die Zuordnung zu einer Pflegestufe und damit verbunden finanzielle und personelle Hilfen.

„An dieser nüchternen und viel zu technischen Herangehensweise üben die Vertreterinnen und Vertreter der Pflegewissenschaft schon lange Kritik“, sagt Prof. Dr. Karl Reif, Professor im Studiengang Pflege an der Hochschule für Gesundheit. Auch aus diesem Grund hat er die Aufgabe übernommen, ein neues Instrument zur Einstufung von Pflegebedürftigkeit in der Praxis zu erproben. Es heißt „Neues Begutachtungsassessment“ (NBA) und trägt einem weiterentwickelten Pflegebedürftigkeitsbegriff Rechnung. Dieser konzentriert sich nicht mehr allein darauf, was für Betroffene kompensiert werden muss, sondern darauf, was der Mensch braucht, um noch vorhandene Fähigkeiten und Energien im gesellschaftlichen Leben zu reaktivieren.

Umstellung aus allen Perspektiven

„Diese neue Logik erfordert ein grundlegendes Umdenken“, so Reif, „vom Verständnis festgelegter Pflegezeiten hin zu einem System, das Selbstständigkeit in den Fokus setzt.“ Dieses Umdenken betrifft vor allem die Arbeit von

Gutachterinnen und Gutachtern. Denn sie sind es, die das Instrument anwenden. Ab dem 1. Januar 2016 soll der neue Pflegebedürftigkeitsbegriff per Gesetz gültig sein, das NBA ein Jahr später. Hier setzt Reifs Aufgabe an: Um sicherzustellen, dass der anschließende Systemwechsel reibungslos abläuft und alle Beteiligten gut darauf vorbereitet sind, wurde die Hochschule für Gesundheit von der Interessenvertretung der gesetzlichen Kranken- und Pflegekassen, dem GKV-Spitzenverband, damit beauftragt, in Zusammenarbeit mit dem Medizinischen Dienst des Verbandes eine wissenschaftliche Praktikabilitätsstudie des NBA durchzuführen.

„Wir wollten einen möglichst breiten Eindruck bekommen, wie gut sich das Verfahren durchführen lässt, wie realistisch es die Situation der Betroffenen abbildet und wie hilfreich die Ergebnisse für eine angemessene Pflegeeinstufung sind“, sagt Reif. Dafür bezogen er und sein Forscherteam viele verschiedene Akteure in die Studie ein – Experten aus Pflege und Wissenschaft, Gutachtungsdienste, aber auch Versicherte und deren Angehörige. Auf diese Weise konnten unterschiedliche Perspektiven und Aspekte inhaltlich miteinander verknüpft und als Bewertungsgrundlage des NBA herangezogen werden.

Ablauf und Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurden aufgrund der Empfehlungen eines durch den Bund eingesetzten Expertenbeirats die Zielsetzungen und Fragestellungen der Studie definiert. Anschließend erfolgte die Schulung von 86 Gutachterinnen und Gutachtern aller Medizinischen Dienste, die das Verfahren über einen Zeitraum von vier Monaten bei 2.000 pflegebedürftigen Erwachsenen und Kindern bundesweit anwendeten. Im Fokus standen dabei Fragen wie: Funktioniert das NBA auch bei der Begutachtung von Kindern? Wie praktikabel ist es in der Handhabung für die Gutachterdienste? Was sagen die Versicherten und ihre Angehörigen zu dem neuen Verfahren?

Insgesamt stieß das Instrument auf positive Resonanz. Der Probelauf lieferte viele praktische Hinweise für die Einführung des NBA und sorgte dafür, dass sich alle Beteiligten mit der neuen Philosophie auseinandersetzen. Es wurde festgestellt, dass sich Pflegebedarfe von Kindern mit dem NBA durchaus abbilden lassen, die Schwelle für ihren Zugang zu Unterstützung jedoch noch niedriger angesetzt werden muss. Beim Ausfüllen der Formulare des Gutachtens zeigte sich, dass einige Bereiche noch konkreter ausgearbeitet werden müssen, etwa bei der Erkennung von Rehabilitationsbedarf. Spezielle Schulungen sollen die Gutachter auf ihre Tätigkeit vorbereiten. Zudem wurde der Beratungsbedarf von Versicherten als wichtiges Thema eingestuft. Betroffene Familien benötigten mehr Informationen, die nicht im Rahmen einer Begutachtung geleistet werden können.

Effektive Gutachten, individuelle Pflege

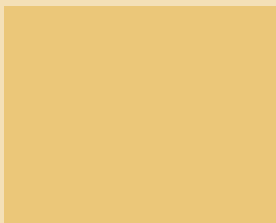
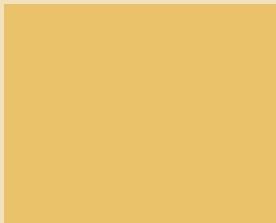
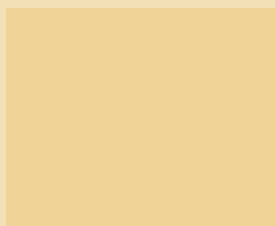
Bei 1,5 Millionen Begutachtungen pro Jahr müssen Gutachterdienste und Instrumente sehr effektiv arbeiten, damit Pflegebedürftigen zeitnah gerechte Leistungen zukommen. Dies könnte das NBA in Zukunft durchaus gewährleisten, schätzt Reif das Potenzial des Instruments ein. Aufgrund seiner differenzierten Themenbereiche und des neuen Fokus, der die Selbstständigkeit der Versicherten erhebt, kommen individuelle Besonderheiten besser als bisher zur Geltung. „Und wir müssen sehen: Das NBA ist ein „lernendes“ System. Es kann bei neuen Erkenntnissen weiter verbessert werden“, so Reif. Die umfangreichen Daten der Praktikabilitätsstudie bieten dafür eine gute Grundlage.

Kontakt

Hochschule für Gesundheit
Prof. Dr. Karl Reif
E-Mail: karl.reif@hs-gesundheit.de
Tel.: 0234 77727 636

LANDTECHNIK „IM FLOW“

Simulationen für effizienteren Ernteprozess



Mehr als die Hälfte der Bodenfläche in Deutschland wird landwirtschaftlich genutzt. Trotzdem sind die Anbaumöglichkeiten begrenzt. Pflanzen zur Energiegewinnung wie Raps, Zuckerrüben oder Mais nehmen immer mehr Raum ein. Gleichzeitig gewinnt die Lebensmittelproduktion angesichts einer zunehmenden Weltbevölkerung an Bedeutung. Das Szenario macht deutlich: Um die Produktivität des Ackerbaus voranzubringen, müssen eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen, umweltschonende Produktionsverfahren und leistungsstarke Technik Hand in Hand gehen.

Das Institut für Produktentwicklung und Innovation, FMDauto, der Hochschule Düsseldorf setzt hierbei auf hocheffiziente Landmaschinen. Wie man ihre Leistung steigern kann und gleichzeitig Energie spart, untersuchen seine Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit Hilfe von Computersimulationen. Die Lösung steckt da oft im Detail. So können beispielsweise kleine Pflanzenpartikel großen Einfluss auf den Ernteprozess eines Mähdeschers oder Feldhäckslers haben. Ein Forscherteam um Prof. Dr. Andreas Jahr hat hierfür ein sogenanntes Fluidmodell entwickelt. Es bildet das Strömungsverhalten bestimmter Partikel während des Ernteprozesses ab und zeigt Konstrukteuren und Anwendern, wo ihre Maschinen dadurch verschleifen können.

Kleine Partikel, große Wirkung

„Um die Eigenschaften von Pflanzenpartikeln herauszufinden, die im Ernteprozess verschiedenen physikalischen Kräften ausgesetzt sind, haben wir uns zuerst typische Maschinen und ihre Gutstromsysteme angeschaut“, sagt Professor Jahr. Alle Systeme sind während

des Ernteprozesses einer steten Streukraft des Ernteguts ausgesetzt. Die dadurch verursachte Reibung sowie der Strömungswiderstand der Pflanzenpartikel führen je nach Gerätekonstruktion zu erhöhtem Materialverschleiß und Spritverbrauch für den Förderantrieb.

Wie hoch der Verschleiß tatsächlich ist und welches Strömungsverhalten die unterschiedlichen Pflanzen aufweisen, wurde im Praxistest überprüft. Hierzu entwickelte das Institut einen speziellen, dem Inneren eines Feldhäckslers nachempfundenen Prüfstand aus miteinander verbundenen, verschieden verwinkelten PVC-Rohren. Durch sie wurden Getreidehalmpartikel geblasen und ihr Verhalten mit Sensoren gemessen. „Mit den Ergebnissen unserer Datenerhebung haben wir dann das Fluidmodell entwickelt, eine Simulation, die die strömungsmechanischen Eigenschaften landwirtschaftlicher Erntegüter auf dem Rechner darstellen kann“, so Jahr.

Präzise Daten leicht zugänglich machen

Von den Informationen profitieren Maschinenhersteller sowie Landwirtinnen und Landwirte gleichermaßen. Neue Konstruktionen können mit Hilfe des Fluidmodells „strömungsfreundlich“ und „reibungsarm“ gebaut werden – je nach Ernteeinsatz und Bedarf des Kunden. Anwendern auf dem Feld hilft das Modell, eigene Fördersysteme zu analysieren und gegebenenfalls zu verbessern. Leichter nutzbar werden die Simulationsdaten durch ein sogenanntes CAE-Werkzeug, eine Software, die einfach zu bedienen ist und je nach Anforderung dem Anwender die beste Lösung anbietet.

„Mit unserem Projekt möchten wir die ressourceneffiziente Landwirtschaft fördern. Und wir wollen der Landtechnik die Vorteile von Simulationsmethoden näherbringen“, so Jahr. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen setzten diese bei der Entwicklung neuer Landmaschinen noch zu wenig ein. Bisherige Strömungssimulationsprogramme basierten lediglich auf naturwissenschaftlichen Grundprinzipien oder behandelten andere Partikel wie Staub oder Asche.

Für landtechnische Güter gebe es noch keine universellen Fluidmodelle, so das Forscherteam. FMDauto will dieses Gebiet jetzt mehr und mehr erschließen.

Zusammenarbeit bewährt sich

Geeignete Partner, um ihre wissenschaftlichen Theorien und Erkenntnisse in der Praxis zu erproben, hat FMDauto in zwei Unternehmen der freien Wirtschaft gefunden: dem Maschinenbauer Bernard Krone Holding GmbH & Co. KG aus Spelle im Emsland und dem Entwicklungs- und Technologiedienstleister RLE International aus dem rheinisch-bergischen Overath. „Insbesondere in den Feldversuchen mit dem Feldhäcksler Big X der Firma Krone konnten wir unser theoretisches Wissen erstmals an einer großen Landmaschine erproben und erweitern“, so Jahr. Davon habe das Projekt enorm profitiert.

Auch der wissenschaftliche Nachwuchs beschäftigt sich mit dem Thema. Im Rahmen der Kooperation entstanden bereits mehrere Bachelor- und Masterarbeiten. An der RWTH Aachen läuft derzeit ein Promotionsvorhaben. Vor allem aber kommt die fruchtbare Zusammenarbeit den Landwirtinnen und Landwirten und der Umwelt zugute, da sie zur Entwicklung effizienter und somit sparsamer Maschinen beigetragen hat. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Kontakt

Hochschule Düsseldorf

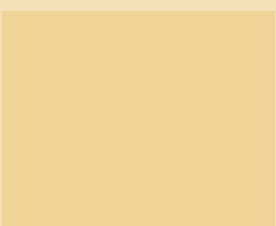
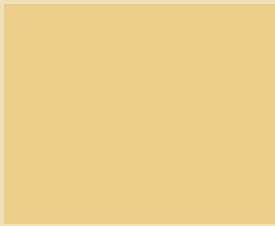
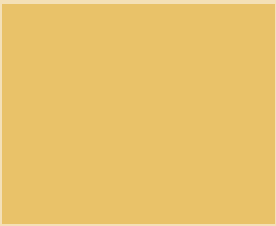
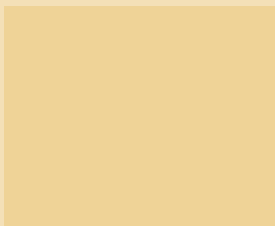
Prof. Dr. Andreas Jahr

E-Mail: andreas.jahr@hs-duesseldorf.de

Tel.: 0211 4351 411

ZECHEN MIT ZUKUNFT

Alte Bergwerke verantwortungsvoll sichern und nachhaltig nutzen



2018 ist es so weit: Die letzten drei aktiven Steinkohlebergwerke in Deutschland stellen den Förderbetrieb ein. Zurück bleiben abgebaute Lagerstätten und eine technische Infrastruktur mit jahrzehntelanger Geschichte. Was passiert nun mit den brachliegenden Zechen? Macht der Letzte das Licht aus und dann ist Schicht im Schacht? „Viele glauben das“, sagt der Diplom-Geologe Prof. Dr. Christian Melchers von der Technischen Fachhochschule Georg Agricola zu Bochum. „Tatsächlich geht die Arbeit dann erst richtig los.“

Perspektive „Nachbergbau“

Als „Nachbergbau“ bezeichnen der Geologe und sein Team von der TFH all das, was nach dem Gewinnungsbetrieb in und um die Zechen stattfindet. „Es handelt sich dabei um ein sehr komplexes Themenfeld, das viele Risiken, aber auch Chancen birgt“, so Melchers. Und jede Menge ingenieurwissenschaftliches Forschungspotenzial: Was passiert mit dem Grubenwasser? Wohin mit austretenden Grubengasen? Wie sollen stillgelegte Schächte künftig weitergenutzt werden? Welche Möglichkeiten gibt es für die Ansiedlung von Zukunftstechnologien? Als Bildungseinrichtung mit langer Bergbautradition will sich die TFH – 1816 als Ausbildungsbetrieb für den damals boomenden Steinkohlebergbau gegründet – nun um dessen Erbe kümmern. 2013 entstand auf dem Bochumer Campus bereits ein Labor für Geotechnik und Nachbergbau. 2015 wurde zusammen mit der RAG-Stiftung ein „Forschungszentrum Nachbergbau“ eingerichtet. Es soll alle wesentlichen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zum Umgang mit den Bergbaufolgen bündeln und voranbringen.

Aufgaben für die Ewigkeit

„An der TFH konzentrieren wir uns derzeit auf die Sicherung und Überwachung des Grubenwassers“, so Melchers. Das zählt zu den sogenannten Ewigkeitsaufgaben des Bergbaus, die dauerhaft bewältigt werden müssen. Durch die Ausschachtungen im Boden sickert kontinuierlich Grundwasser in die Bergwerke. Damit sich dieses Wasser nach der Stilllegung nicht unter Tage sammelt, muss es beobachtet und abgepumpt werden. „Wir analysieren die Beschaffenheit alter Schächte, wasserführender Stollen oder Gesteinsschichten und versuchen so, den Grubenwasseranstieg vorzuberechnen.“ Dazu kommen zum Teil sogar Satelliten zum Einsatz.

Neben der eigenen Forschung versteht sich das Zentrum aber auch als interdisziplinäres Netzwerk, das Forschungsnotwendigkeiten identifiziert und andere dabei unterstützt, sie durchzuführen. Derzeit stehen technische Fragen im Mittelpunkt. Langfristig sollen sozial-ökonomische Themen dazukommen. Viele Kommunen benötigen Ideen, wie sie die frei gewordenen Flächen effektiv nutzen können, so Melchers. Positive Erfahrungen gebe es bereits mit Wohnanlagen, Logistikunternehmen, Photovoltaikanlagen oder Kultureinrichtungen wie der bekannten Zeche Zollverein.

Alte Zechen, neue Technologien

Ob innovative Ideen für eine nachhaltige Folgenutzung oder Lösungen zur Bewältigung der Ewigkeitsaufgaben – ohne spezifisches Fachwissen und technisches Know-how käme man nicht weit. Auch da sieht das Forschungszentrum eine zentrale Aufgabe: Bergbauwissen bündeln und bewahren. In diesem Zusammenhang interessiert auch der aktive Bergbau. Im Bereich der sogenannten Konsequenzforschung will Melchers' Team ein Konzept erarbeiten, mit dem die Eröffnung neuer Bergwerke technisch bereits so gestaltet wird, dass später der Nachbergbau reibungslos ablaufen kann.

„Der Nachbergbau ist eine Ressource mit vielen Facetten und auch für die Energiewende nutzbar“, ist Melchers überzeugt. So seien etwa brachliegende Halden, Relikte des Steinkohlebergbaus, hervorragende Flächen, um Energiepflanzen anzubauen oder Photovoltaikanlagen aufzustellen. Und unter Tage gebe es die Möglichkeit, Grubenwasser als Wärmespeicher zu nutzen und Gebäude in der Umgebung damit zu beheizen. Hierfür will das Forschungszentrum geeignete Standorte identifizieren.

Einzigartiger Studiengang in Deutschland

Klar ist: Mit rund 14.000 Grubenzugängen allein im Ruhrrevier ist der Nachbergbau ein aktuelles Thema, das in den kommenden 50 Jahren immer neue Herausforderungen stellen wird. Dafür bedarf es gut ausgebildeter Ingenieurinnen und Ingenieure. Auch deshalb hat die TFH einen deutschlandweit einzigartigen Studiengang eingerichtet: Geoingenieurwesen und Nachbergbau. Rund 60 Studierende lernen dort berufsbegleitend, können das Forschungszentrum nutzen und sich mit kooperierenden Unternehmen und Verbänden vernetzen, unter anderem der RAG-Stiftung, der Deutschen Montan Technologie oder der Emscher und Lippe Wassertechnik.

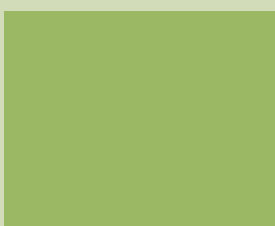
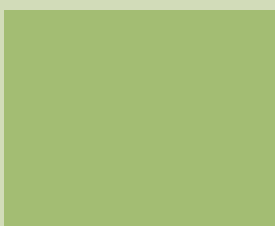
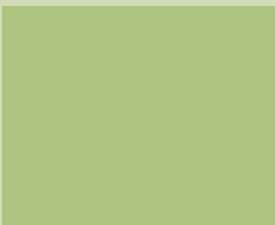
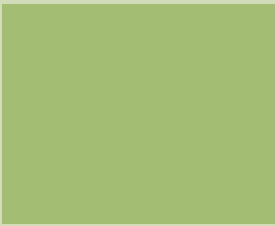
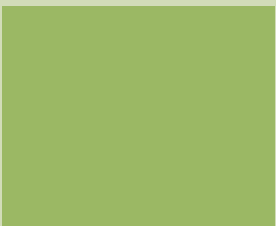
„Wir nutzen unser interdisziplinäres Know-how, um aus alten Zechen moderne Energieflächen zu machen“, sagt Melchers – auch im Ausland, wo der Energiebedarf rasant wächst, stillgelegte Bergwerke jedoch oftmals ungesichert brachliegen. Hier können die Bochumer Experten Spitzenforschung anbieten und einen verantwortungsvollen Umgang mit den Ressourcen aktiv mitgestalten.

Kontakt

Technische Fachhochschule Georg Agricola zu Bochum
 Prof. Dr. Christian Melchers
 E-Mail: melchers@tfh-bochum.de
 Tel.: 0234 968 -3280

KOOPERATIVE ROHSTOFFFORSCHUNG

FH und Uni verbinden Expertise zur Ressourcengewinnung



Spitzenforschung ausbauen, Promotionsperspektiven ermöglichen – das ist das Ziel des RessourcenKollegs NRW, einem Graduiertenkolleg, das die FH Münster zusammen mit der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen ins Leben gerufen hat. Im Rahmen des vierjährigen Kooperationsprojektes arbeiten jeweils vier Doktorandinnen und Doktoranden von jeder Hochschule an verschiedenen Fragestellungen rund um die Themen Rohstoffrückgewinnung und umweltgerechte Reststoffverwertung. Das Mentoring übernehmen Lehrende beider Einrichtungen gleichermaßen. Das ist zukunftsweisend und soll einige Vorteile bringen: Zum einen können die beiden Hochschulen ihre Expertise verbinden und die Absolventinnen und Absolventen gemeinsam auf die Promotion an der RWTH Aachen vorbereiten. Zum anderen eröffnet die gleichberechtigte Kooperation weitere Perspektiven für eine strukturierte und nachhaltige Zusammenarbeit der Hochschulen.

Ein Kolleg für Wissenschaft und Austausch

„Ressourcensicherheit und Ressourceneffizienz zählen mit zu den wichtigsten gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts“, unterstreicht Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme die Aktualität der im Kolleg behandelten Forschungsschwerpunkte. Die Professorin am Fachbereich Bauingenieurwesen der FH Münster ist Sprecherin des Kollegs und eine der sechs Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die die Promovierenden betreuen. „Unsere technologieorientierte Volkswirtschaft ist auf eine sichere und bezahlbare Versorgung mit Rohstoffen angewiesen, um Stabilität und Wohlstand aufrechtzuerhalten“, so Flamme. Deshalb müssten effizientere Wege gefunden werden, komplexe Abfälle stofflich und ener-

getisch zu verwerten. Das erfordert breites Wissen, praktisches Know-how und natürlich Motivation.

Diese Kombination soll das RessourcenKolleg.NRW auf den Weg bringen. Neben der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit verschiedenen Aufbereitungstechniken und ihrer Verbesserung stehen der intensive Austausch zwischen den Doktorandinnen und Doktoranden und ihre fachliche Weiterentwicklung im Vordergrund. Die Hochschulen bieten dazu im Rahmen des Kollegs regelmäßige Blockseminare an und organisieren Workshops mit Expertinnen und Experten aus Forschung und Industrie, Hospitationen in Betrieben der Rohstoff- und Recyclingwirtschaft, Exkursionen und Konferenzbesuche. Zum Abschluss des Projekts ist ein Fachkongress geplant, auf dem die Ergebnisse des Gesamtvorhabens präsentiert werden sollen.

Ressourcen effizient nutzen

Alle Promotionsprojekte untersuchen unterschiedliche Fragestellungen zur verbesserten Rückgewinnung von Ressourcen aus Abfällen: Wie gewinne ich werthaltige Metalle oder Kunststoffe möglichst wirtschaftlich aus Hausmüll, Sperrmüll oder Elektroschrott zurück? „In einem Promotionsprojekt wird Nah-Infrarottechnik eingesetzt, um die Qualität von Ersatzbrennstoffen bereits während des Aufbereitungsprozesses zu überwachen“, erklärt Flamme. Ersatzbrennstoffe bestehen aus verwertbaren Abfallfraktionen wie Kunststoff oder Papier, die beispielsweise in Kraftwerken Steinkohle ersetzen. Mit der neuen Technologie ließe sich die Brennstoffqualität der Abfälle deutlich schneller als mit Laboranalysen überwachen und der Aufbereitungsprozess entsprechend anpassen. Das spart Zeit und langfristig Geld.

Ein weiteres Projekt nimmt die sogenannte Windsichtung in den Blick, ein mechanisches Trennverfahren, bei dem Partikel je nach Schwer- oder Fliehkraftverhalten in einem Luftstrom getrennt werden können. Mit Hilfe von Simulationsprogrammen am Computer untersuchen die Nachwuchsforscherinnen und -forscher, wie man die

Trennung weiter differenzieren und so möglichst effektiv Rohstoffe abtrennen kann.

Erfahrung für die Zukunft bündeln

Sowohl die FH Münster als auch die RWTH Aachen besitzen langjährige Erfahrung im Bereich der Ressourcen- und Rohstoffrückgewinnung. Mit der Kooperation möchten sie diese Expertise ausbauen, national wie international sichtbar werden und die Ergebnisse effektiver für die Industrie nutzbar machen. Gefördert wird das RessourcenKolleg im Rahmen des Förderprogramms „NRW.Forschungskooperationen“ durch das Wissenschaftsministerium des Landes. „Nordrhein-Westfalen ist als einer der bedeutendsten Industriestandorte Deutschlands wesentlich auf eine nachhaltige Rohstoffnutzung angewiesen“, so Flamme. Es könne daher besonders von dem Projekt profitieren.

Dieses soll nach Ablauf des ersten Förderzyklus 2016 im Rahmen eines „Fortschrittskollegs“ weitergehen. Dann wollen die Kooperationspartner auch soziale und wirtschaftswissenschaftliche Fächer einbinden. „Was nützen uns Innovationen, wenn keiner sie anwendet?“, begründet Flamme den Blick über den technischen Tellerrand. In der Ausweitung der beteiligten Disziplinen liegt großes Potenzial – für promotionsinteressierte FH-Absolventen und für eine ressourcensichere Zukunft.

Kontakt

FH Münster

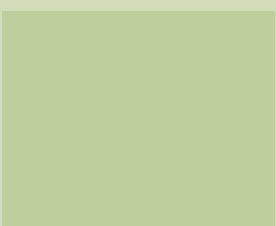
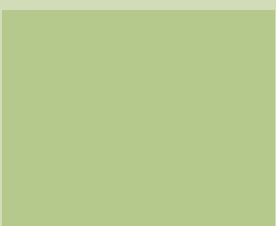
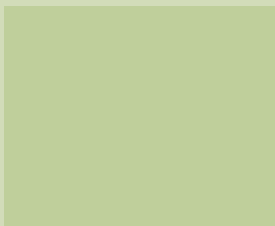
Prof. Dr. Sabine Flamme

E-Mail: iwaru-ressourcen@fh-muenster.de

Tel.: 0251 83 -65253

NATÜRLICH DÄMMEN

Isolierschäume auf pflanzlicher Basis herstellen



Kunststoffe sind aus unserer Welt nicht mehr wegzudenken. Sie begegnen uns meist in Form von Plastik, dienen als Verpackungen, Beschichtungen, Textilfasern und vieles mehr. Ein Viertel aller Kunststoffe wird im Bausektor eingesetzt, unter anderem als Dämmschäume aus Polyurethanen, sogenannte PU-Schäume. Die Nachfrage danach wächst stetig, da im Rahmen der Energiewende bundesweit Gebäude energetisch saniert und zusätzlich wärmegeklämt werden müssen. Eigentlich eine positive Entwicklung, um langfristig Energie zu sparen. Die Herstellung der PU-Schäume basiert jedoch bislang auf fossilen Quellen.

An der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg will man das nun ändern. Im Rahmen des Forschungsprojekts LignoBau wird der Pflanzenstoff Lignin auf seine Verwertbarkeit als nachwachsender Ersatzstoff zur Schaumherstellung untersucht. „Lignin ist ein sogenanntes Makromolekül, das nach Cellulose der häufigste Bestandteil in der pflanzlichen Zellwand ist“, erklärt Stephanie Klein, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften. „Es bewirkt, dass die Pflanzenzelle verholzt und stabil steht, wie bei Gräsern oder Schilf.“ Darüber hinaus hat Lignin ausgeprägte Klebeeigenschaften. Diese sollen für die Schaumherstellung nutzbar gemacht werden.

Extrahieren, mischen und zusehen, wie es wächst

In der Papierindustrie fällt Lignin jedes Jahr tonnenweise als Reststoff an. Dort bleibt es in Schwarzlaug zurück, einem Gemisch aus Wasser und anderen Chemikalien, das zur Extraktion von Zellstofffasern verwendet wird. Um das Polymer werkstofflich zu nutzen, filtert das Projekt-

team sogenanntes braunes Kraftlignin aus der Lauge, reinigt und trocknet es. Das so gewonnene Pulver wird dann mit anderen klebenden und reaktionsbeschleunigenden Substanzen zu einer einheitlichen Lösung verührt. „Zum Schluss füllen wir das Gemisch in ein Gefäß und beobachten die Schaumbildung“, sagt Klein.

Aus der Lösung entsteht Schaum, der chemische Vorgang ist also machbar. Aber Schaum ist nicht gleich Schaum. „Wir müssen uns genau anschauen, welche Materialbeschaffenheit die Lignin-Schäume haben und wie gut sie sich verarbeiten lassen“, beschreibt Klein das noch ausstehende Aufgabenspektrum. Dafür muss auch das Mengenverhältnis von Lignin und den anderen Zusatzsubstanzen genau untersucht und weiter verbessert werden. Derzeit funktionieren die im Projekt angerührten Schäume mit einem Lignin-Anteil von höchstens 50 Prozent. Diesen wollen die Wissenschaftler in Bonn-Rhein-Sieg steigern.

Komplexe Fragen gemeinsam lösen

Die stoffliche Nutzung von Lignin als Alternative zu fossilen Substanzen hat viele positive Aspekte: Das Biopolymer ist pflanzlich, regenerativ und als Nebenprodukt der Papierindustrie weltweit kostengünstig und in Fülle vorhanden. Um das Makromolekül im großen Rahmen einzusetzen, müssen jedoch noch einige grundlegende Voraussetzungen erfüllt sein: Da Lignin in der Natur in unterschiedlichen Mengen und Qualitäten vorkommt, ist seine Zusammensetzung stets uneinheitlich und sehr komplex. Das erschwert die Aufbereitung und erfordert viel Erfahrung, wenn am Ende ein exakt definierter Rohstoff herauskommen soll.

Bei der Erforschung effektiver Abbau- und Aufbereitungsverfahren arbeitet die Hochschule daher mit einschlägigen Forschungseinrichtungen, Partnern aus der Wirtschaft sowie der Universität Bonn zusammen. Gefördert wird das Kooperationsprojekt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Nachhaltige Werkstofftechnik verstetigen

„Gelingt uns die standardisierte Verwertung von Lignin, können gerade im Bausektor viele Bereiche profitieren“, unterstreicht die Projektleiterin Prof. Dr. Margit Schulze den Vorteil eines umfassenden Forschungserfolgs. So könnten Lignin-basierte Polymere als zusätzliches Bindemittel in der Zement- oder Betonherstellung eingesetzt werden, als Emulgatoren oder auch als Klebstoff.

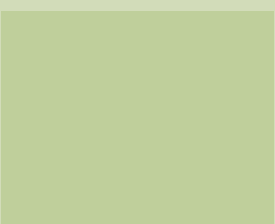
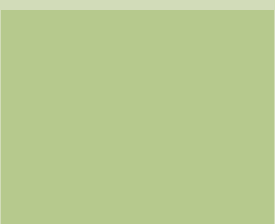
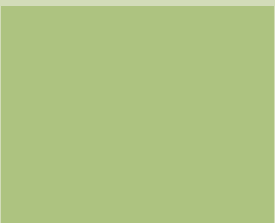
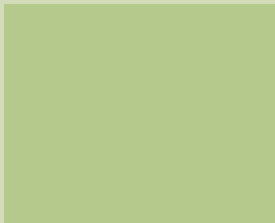
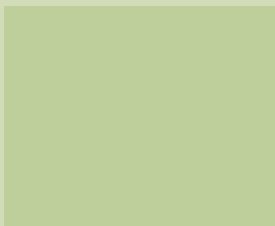
An der Untersuchung dieser Fragestellungen arbeitet auch der wissenschaftliche Nachwuchs mit. Im Rahmen des neuen Forschungsschwerpunkts Nachhaltigkeit in der Werkstoff- und Energietechnik (NaWETec), der dazugehörigen Kompetenzplattform Polymere Materialien und dem im Aufbau befindlichen Masterstudiengang Angewandte Polymerwissenschaften entstehen Abschlussarbeiten zu unterschiedlichen Aspekten in der Lignin-Verwertung. „Die gewonnenen Erkenntnisse, etwa zur Isolierung von Lignin, zu seiner chemischen Modifizierung oder der Herstellung Lignin-basierter Werkstoffe, werden uns insgesamt Aufschluss über die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe liefern“, ist Schulze überzeugt. Nicht zuletzt trägt das LignoBau-Projekt auch dazu bei, die Themen Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung zu verstetigen, die integrale Bestandteile im Forschungsprofil der Hochschule sind.

Kontakt

Hochschule Bonn-Rhein-Sieg
Prof. Dr. Margit Schulze
E-Mail: margit.schulze@h-brs.de
Tel.: 02241 865 -566

FRUCHTIGER KLEBSTOFF

Umweltfreundlicher Etikettenkleber auf Apfeltrester-Basis



Äpfel schmecken gut, sind gesund und – klebrig. Allein in Deutschland gibt es unzählige Sorten, die meisten können in der Zeit von Juli bis Oktober geerntet werden. Danach landet das heimische Kernobst nicht nur in der Obstschale zu Hause, sondern auch bei Herstellern, die die runden Früchte zu Apfelsaft, Apfelmus oder anderen Produkten verarbeiten. Ist das Obst ausgepresst, bleibt der sogenannte Apfeltrester zurück. Diesen hat sich nun die Hochschule Niederrhein zunutze gemacht, um die klebrigen Eigenschaften von Äpfeln zur Herstellung von Etikettierklebstoff zu verwenden.

Langfristige Lösung: Biokleber

Egal ob in der Tube, auf dem Bau, in Sekunden fest oder wasserlöslich – die meisten Klebstoffe, denen wir im Alltag begegnen, werden auf Basis fossiler Ressourcen gemischt. Für die Hersteller, aber auch für die Konsumenten bedeutet das: Abhängigkeit von Erdölpreisen und von Rohstoffvorräten, die langfristig versiegen. Da auch viele Industrieunternehmen bei der Güterproduktion zunehmend auf Klebstofflösungen setzen, anstatt Einzelteile aufwendig zusammenzuschrauben, kommt einer alternativen Klebstoffherstellung aus nachwachsenden Rohstoffen für die Zukunft große Bedeutung zu.

In Zusammenarbeit mit der cph Deutschland Chemie Produktions- und Handelsgesellschaft in Essen sowie Prof. Dr. Klaus-Uwe Koch von der Westfälischen Hochschule ermittelte die Hochschule Niederrhein im Rahmen eines Forschungsprojekts, ob und wie die Pressrückstände von Äpfeln aus der Apfelsaftherstellung – der Apfeltrester – zu Bioklebstoff verarbeitet werden können. Im Zentrum der Forschung stand die Unter-

suchung verschiedener Verfahren, mit denen sich die Grundkomponenten des nachhaltigen Kleisters gewinnen lassen.

Rausholen, was im Apfel steckt

Als Ausgangsprodukt für den neuartigen Klebstoff dienten zum einen getrockneter und gemahlener, zum anderen frischer Apfeltrester. Der frische Trester fällt insbesondere in den Monaten der Apfelernte zwischen Oktober und März an und muss sofort verarbeitet werden. Dafür entfällt die energieintensive Trocknung, die zur Herstellung der gemahlenen, jedoch haltbareren Variante, des Apfelpulvers, notwendig ist. Am Institut für Lacke und Oberflächenchemie der Hochschule Niederrhein wurden beide Substanzen auf ihre Klebeeigenschaften untersucht.

„Wir haben sehr viele verschiedene Möglichkeiten ausprobiert, um die klebenden Bestandteile des Apfeltresters zu isolieren“, reflektiert der Leiter des Instituts, Prof. Dr. Ernst Cleve das Forschungsvorgehen. Durch Zugabe von Cellulase und anderer Enzyme, über Dampfsterilisation oder auch mittels Ultraschallbehandlung wurden die trockenen und nassen Apfelmückstände bearbeitet. Ziel war es, eine einheitliche Masse zu gewinnen, die gut klebt und von den Industriepartnern einfach weiterverarbeitet werden kann.

Kombinationslösung

„Tatsächlich haben wir das beste Ergebnis durch eine Kombination aus enzymatischer und thermischer Behandlung erreicht“, sagt Dr. Katharina Knopf, die als Mitarbeiterin des Instituts zusammen mit ihrer Kollegin Dr. Esther Sendtko maßgeblich an der Durchführung des Projekts beteiligt war. In einem zweiten Schritt wurden die klebrigen Proben dann auf ihren Zuckergehalt, ihre Kondenswasserbeständigkeit und ihre Lagerstabilität geprüft und anschließend dem Projektpartner zur Analyse und Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt.

An einem Rezept zur industriellen Verwendung wird derzeit noch gefeilt. Schließlich muss der Apfel-Etikettenkleber hierfür mehrere Bedingungen erfüllen: eine immer gleichbleibende Qualität aufweisen, lange Lagerzeiten und maschinelle Anwendung überstehen, sich bei der Reinigung rückstandslos ablösen und vor allem in der Herstellung nicht zu teuer sein. Das ist schwierig bei einem Naturprodukt als Grundsubstanz. „Ein Apfel ist ja auch mal größer, mal kleiner, mal mehr und mal weniger reif“, erklärt Knopf.

Apfel auf Erfolgskurs

Und trotzdem: Dem Essener Spezialisten für Etikettierklebstoff, cph, ist es auf Basis der übermittelten Probenmuster von der Hochschule Niederrhein bereits gelungen, einen wasserbasierten Klebstoff mit Bestandteilen des Apfeltresters zu entwickeln und zu testen. Das Polysaccharid Pektin erwies sich hier in Kombination mit einer stärkehaltigen Grundsubstanz als besonders wirksamer Zusatz.

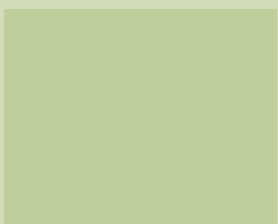
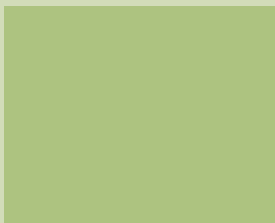
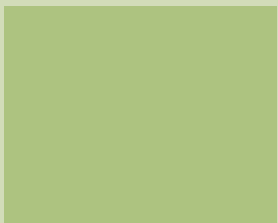
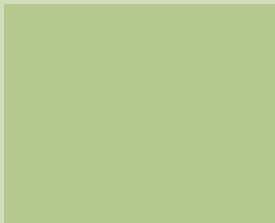
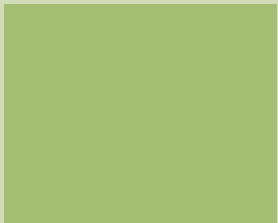
„Wenn es gelingt, mit dem biologischen Produkt die gleiche Leistung zu erreichen wie bei Standard-Klebstoffen, wäre das ein Riesengewinn“, sagt Cleve. Profitieren würden Umwelt und Industrie, denn: Apfeltrester ist kostengünstig und in Fülle vorhanden, macht die Herstellung synthetischer Komponenten überflüssig, gefährdet als nachwachsender Rohstoff die Umwelt nicht und kommt daneben auch noch ohne Lösungsmittel aus. Als vielversprechende Perspektive für die Zukunft bewerteten dies auch die Europäische Union und das Wirtschaftsministerium des Landes NRW, die das Projekt im Rahmen ihrer Programme zur Unterstützung der Forschung im Bereich nachwachsender Rohstoffe förderten.

Kontakt

Hochschule Niederrhein
Prof. Dr. Ernst Cleve
E-Mail: ernst.cleve@hs-niederrhein.de
Tel.: 02151 822 4105

STROM AUF ABRUF

Flexible Energiegewinnung durch speziell aufbereitete Biomasse



Erneuerbare Energien sind die Stromerzeuger der Zukunft. Bereits heute kommen rund 28 Prozent des jährlich verbrauchten Stroms aus Solar-, Windkraft- oder Biogasanlagen. Und der Anteil soll weiter steigen. In den nächsten 10 Jahren will die Bundesregierung mindestens 40 Prozent des jährlichen Energiebedarfs aus regenerativen Quellen decken. So sieht es das Erneuerbare-Energien-Gesetz vor.

Dazu muss Ökostrom noch verlässlicher werden – und flexibler bereitstehen. Denn gerade Stromschwankungen durch fehlende Sonneneinstrahlung oder zu wenig Wind sind häufig und werden derzeit durch Kohle- oder Atomkraftwerke ausgeglichen. Forscherinnen und Forscher des Instituts NOWUM-Energy der FH Aachen wollen unter der Leitung von Prof. Dr. Isabel Kuperjans nun dazu beitragen, diese Lücken mit Biomasse „zu füllen“, genauer gesagt mit Biogas. Dazu soll die Biomasse so präpariert werden, dass sie innerhalb weniger Stunden hochwertiges Biogas zur Stromgewinnung freisetzt.

Die Mischung macht`s

Eigentlich entsteht Biogas fast von selbst, erklärt Markus Dahmen, wissenschaftlicher Mitarbeiter am NOWUM-Energy. Zunächst wird Biomasse – also Pflanzenreste, Produktionsreststoffe oder sogar Kompostabfall – zerkleinert und ein bis zwei Monate luftdicht gelagert. Dabei entsteht Milchsäure, die die Masse haltbar macht. Nun spricht man von einer Silage. Diese kann anschließend in einem Bioreaktor zu Biogas vergoren werden. „Im Rahmen des Forschungsprojekts ACidestion haben wir nun herausgefunden, dass Biomasse unter Zugabe bestimmter Mikroorganismen eine Silage bildet, die

wesentlich schneller zu Biogas vergoren werden kann“, so Dahmen. Im Silierungsprozess entstehen dann statt Milchsäure flüchtige Fettsäuren, sogenannte „volatile fatty acids“. Sie beschleunigen nicht nur den Gärungsprozess im Reaktor, sondern steigern auch die Gasmenge. Unter diesen Voraussetzungen wird die Produktion von Biogas zeitlich regelbar. „Das von uns modifizierte Biomasse-Substrat würde immer dann im Reaktor zum Einsatz kommen, wenn kurzfristig Strom benötigt wird“, sagt Dahmen. So können Netzbetreiber je nach Wetterbericht bei Biogasanlagen Strom bestellen, um zu erwartende Schwankungen ihrer Solar- oder Windanlagen auszugleichen.

Ein Projekt für Umwelt und Technik

Verschiedene Versuche haben bereits gezeigt, dass der Plan mit den Fettsäuren aufgeht. Um das Verhältnis von Strombedarf und der dafür benötigten Biomasse vorherzusagen zu können, arbeitet das Forschungsteam von ACidestion zusätzlich an einem Simulationsmodell. „Für die Datengrundlage haben wir unsere modifizierte Silage in einem Bioreaktor getestet und geschaut, wie schnell Gas entsteht, wie viel und in welcher Qualität“, so Dahmen. Das Modell soll später auch Netzbetreibern die Kostenkalkulation für den zugekauften Strom erleichtern.

Neben der biologischen Forschung zur Gaserzeugung und der Entwicklung des Prognosetools befasst sich das interdisziplinäre Projektteam von ACidestion aber auch mit Fragen der Verfahrenstechnik. Wird der flexible Strom aus Biomasse zur Regelenergie, müssen beispielsweise die Betreiber von Blockheizkraftwerken nachrüsten, um die bedarfsgerecht erzeugten Biogasströme überhaupt verbrennen zu können – eine Investition, die sich laut Kraftwerksbetreiber jedoch in Grenzen halten würde.

Vom Reststoff zum Rohstoff

Langfristig lassen sich mit der Energiebereitstellung aus modifizierter Silage sogar erheblich Kosten spa-

ren. Denn die Bandbreite der einsetzbaren Biomasse ist enorm groß, reichlich vorhanden und günstig zu haben. Ob Pflanzenreste oder Bioabfall – alles kann verwertet und vergoren werden. Das ist besonders deshalb interessant, da sowohl in der Industrie als auch in privaten Haushalten jede Menge organische Reststoffe anfallen, die bisher meist ungenutzt bleiben.

Flexibel verfügbarer Biostrom, der das Klima schont und wenig kostet: eine Perspektive, die auch mehrere Industrieunternehmen zur Zusammenarbeit mit dem Institut bewegt hat. Neben dem Vredener Anlagenbauer PlanET Biogastechnik GmbH beteiligen sich der Fachverband Biogas e. V., die Biogasanlage ADRW NaturPower GmbH und der Motorenhersteller 2G Drives an dem Projekt. Über seine Laufzeit von drei Jahren wird ACidestion zudem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie über den Projektträger Jülich finanziert.

Energie für alle

„Langfristig wollen wir dazu beitragen, dass die Netzintegration der erneuerbaren Energien verbessert wird und das gesamte Energieversorgungssystem ohne fossil betriebene Kraftwerke auskommt“, so Dahmen. Dazu bedürfte es aber auch einer verbesserten Kommunikation zwischen Energieerzeugern und Netzbetreibern. Sie müssten sich deutschlandweit viel enger abstimmen, wo wann wie viel Strom produziert und verbraucht wird. Dann könnte man örtliche Schwankungen noch flexibler ausgleichen und der Ökostrom würde vielleicht bald schon für alle reichen.

Kontakt

FH Aachen
 Prof. Dr. Isabel Kuperjans
 E-Mail: kuperjans@fh-aachen.de
 Tel.: 0241 6009 -53954

WIRTSCHAFTLICHE WASSERSTOFFTECHNIK

Kohlenstoff-Nanoröhrchen als Ergänzung zu Platin in Brennstoffzellen



Brennstoffzellen gelten in der Forschung als eine der saubersten Technologien zur Stromerzeugung. In den Zellen werden Wasserstoff und Sauerstoff in einer kontrollierten chemischen Reaktion in Wasserdampf umgewandelt. Dabei entstehen elektrische Energie und Wasser. Im Gegensatz zu den meisten anderen Formen der Stromproduktion wird kein Kohlendioxid freigesetzt. Das macht den Wandlungsprozess der Brennstoffzelle sehr umweltfreundlich.

Der Elektroingenieur Prof. Dr. Michael Brodmann von der Westfälischen Hochschule sieht in dieser Technologie die Zukunft mobiler wie stationärer Energieversorgung. Autos mit Elektromotoren könnten mit Wasserstofftechnik angetrieben, portable Elektrogeräte oder auch ganze Gebäude umweltfreundlich mit Strom versorgt werden. Jedoch ist die Herstellung und Wartung der Brennstoffzellen derzeit sehr teuer, weshalb am Markt Energiewandler auf Basis fossiler Rohstoffe weiterhin dominieren. An diesem Problem arbeitet Brodmann gemeinsam mit Dr. Ulrich Rost. Im Labor des Westfälischen Energieinstituts haben die beiden Forscher eine neue Zelle entwickelt, die effektiver und günstiger ist – und dabei auf ein bewährtes Patent und neue Materialien gesetzt.

Fasern statt Ruß

Carbon Nanofibers (CNFs) sind ihrer Meinung nach der Schlüssel zum Forschungserfolg. Dieses moderne Material aus mikroskopisch kleinen Kohlenstofffasern haben die beiden Energieexperten als Trägerelement für Platin in sogenannten Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzellen (PEM-BZ) untersucht. Platin wird dort als Katalysator

eingesetzt, üblicherweise in Kombination mit Carbon Blacks, Kohlenstoffrußpartikeln, als Trägerwerkstoff. Der Katalysator bewirkt, dass die zugeführten Gase Wasserstoff und Sauerstoff miteinander reagieren und elektrischer Strom entsteht.

Ersetzt man die Carbon Blacks nun durch CNFs, ergäben sich folgende Vorteile, so Rost: „Die hohe elektrische Leitfähigkeit der Kohlenstoffnanofasern schafft optimale Bedingungen für den elektrochemischen Prozess. Durch ihre hohe Oberfläche können viele Platinnanopartikel getragen werden. Es entsteht eine große aktive Katalysatorfläche, sodass das Edelmetall optimal ausgenutzt wird. Außerdem ist das Material sehr stabil, korrosionsbeständig und erhöht somit die Lebensdauer der Zelle.“

Prüfen mit Hydraulik

Um die Leistungsfähigkeit der neu entwickelten Brennstoffzelle zu testen, wurde im Rahmen des PEM-Brennstoffzellen-Projekts zusätzlich ein Prüfsystem entworfen und gebaut. Es basiert auf einem patentierten Konzept, das gleichfalls aus den Laboren des Westfälischen Energieinstituts stammt und mit hydraulischer Verpressung, also mit Druckübertragung durch Flüssigkeit, arbeitet.

„Unsere PEM-Brennstoffzellen bestehen aus fünf aufeinanderliegenden Schichten“, erklärt Rost. „Im Kern aus einer elektrisch isolierenden, ionenleitenden Elektrolyten-Membran, die den Protonenaustausch in der Zelle regelt. Sie ist von beiden Seiten in Kontakt mit den Elektroden, die wiederum aus zwei Schichten bestehen: Einer elektrisch leitfähigen, gasdurchlässigen Schicht, der GDL. Durch sie werden Wasserstoff und Sauerstoff gleichmäßig in den Elektroden verteilt. Und natürlich aus dem Katalysator, der an der Schnittstelle zwischen Membran und Elektrode sitzt.“ Zusammen bilden sie eine Membran-Elektroden-Einheit, kurz MEA.

Um elektrische Verluste im Reaktionsprozess möglichst gering zu halten, müssen alle Komponenten, inklusive zweier Polplatten, aus denen die Gase in die MEA strö-

men, flächendeckend gleichmäßig kontaktiert sein. „Eine homogene Druckverteilung ohne punktuelle Krafteinprägung hinzubekommen ist eine ingenieurtechnische Herausforderung“, so Rost. Das Problem löste die Hochschule, indem sie eine mit Flüssigkeit gefüllte Vorrichtung entwarf, in die über flexible Taschen mehrere Brennstoffzellen gleichzeitig separat voneinander eingeschoben werden können. Ein sogenannter Stack entsteht, ein Stapel, dessen Zellen jede für sich gleichmäßig von der Flüssigkeit umspült, temperiert und kontaktiert wird.

Vom Labor in die Industrie

Auf diese Weise schafft die Konstruktion optimale Bedingungen für die Stromerzeugung und gewährleistet dank des modularen Systems eine schnelle Austauschbarkeit der Zellproben. Zusätzlich ermöglicht sie es, mehrere Zellen bei denselben Prüfbedingungen gleichzeitig auf ihre Effizienz zu testen und die Ergebnisse miteinander zu vergleichen.

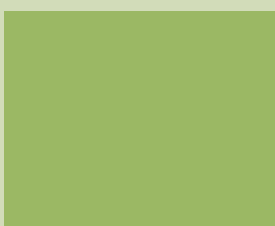
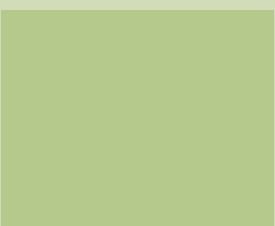
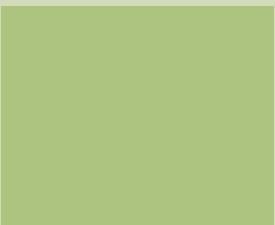
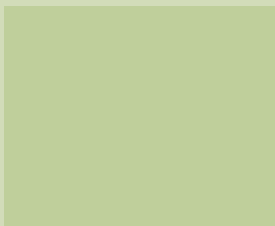
Die Effizienz der PEM-Brennstoffzelle mit neuartigem Kohlenstoff-Nanofasern-Katalysator hat das Testsystem bereits gezeigt. In einem Folgeprojekt wollen Brodmann und Rost nun die begonnene Entwicklung weiterführen und eine Elektrode im Industriemaßstab aufbauen. „Was bei einer Brennstoffzelle von der Größe eines Handrucks geklappt hat, wollen wir langfristig auch in größeren Brennstoffzellen für Projekte wie Blockheizkraftwerke oder andere stationäre Systeme nutzen“, so Rost. Die Carbon Nanofibers als Katalysatorträger werden hierbei wieder eine zentrale Rolle spielen.

Kontakt

Westfälische Hochschule
Prof. Dr. Michael Brodmann
E-Mail: michael.brodmann@w-hs.de
Tel.: 0209 9596 -828

GRÜNES GOLD

Briketts aus Biomasse ersetzen Hüttenkoks in der Stahlproduktion



Die Folgen der globalen Erwärmung zeigen sich überall: Gletscher schmelzen, Dürrezonen wachsen, Wetter-Extreme werden häufiger. Hauptgrund für die Veränderung ist der immense Ausstoß von Kohlendioxid, CO₂, der vor allem durch die Nutzung fossiler Brennstoffe entsteht. Zwar ist Klimaschutz längst ein Politikum und immer mehr Menschen versuchen, achtsamer mit der Umwelt umzugehen. Sie beziehen Strom aus regenerativen Energiequellen, fahren Elektroautos oder heizen sparsamer. Jedoch: Von einer CO₂-freien Gesellschaft sind wir weit entfernt.

Denn um jene Elektroautos und Windkraftanlagen zu bauen, mit denen sich fossile Energie sparen lässt, benötigt man zunächst ein Vielfaches von ihr. „All diese Erzeugnisse bestehen aus Eisen oder Stahl“, sagt Prof. Dr. Saulo Freitas Seabra da Rocha, Studiengangsleiter für Energie- und Umwelttechnik an der Hochschule Ruhr West. „Und zu dessen Herstellung wird nach wie vor Hüttenkoks eingesetzt, ein stark kohlenstoffhaltiger Brennstoff aus Steinkohle.“ Deutschland benötigt ihn zuhauf bei einer Stahlproduktionsmenge von 32 Millionen Tonnen pro Jahr. Auf unserem CO₂-Emissionskonto sieht es damit buchstäblich schwarz aus. Doch das muss nicht so bleiben.

Grünschnitt als Kohleersatz

Im Rahmen des internationalen Verbundprojekts COBI untersucht Prof. Dr. Seabra da Rocha mit seinen Kolleginnen und Kollegen vom Institut Energiesysteme und Energiewirtschaft verschiedene Verfahren, mit denen Hochofenkoks durch Briketts aus Biomasse ersetzt werden kann. „Wir verwenden hierfür biogene Reststoffe,

die anderweitig nicht mehr verwertbar sind“, sagt Seabra da Rocha. Grünschnitt aus der Forstwirtschaft oder verschiedene Strohsorten zählen dazu. Wie das Projektteam bereits ermittelte, fallen in Deutschland davon etwa 50 Millionen Tonnen pro Jahr an. Erste Versuche zeigten, dass rund 30 Prozent der trockenen Biorestmasse als Biokoks gewonnen werden kann.

Wie genau man diese Pflanzenreste aufbereiten muss, damit sie im Hochofen die Eigenschaften von Hüttenkoks annehmen, wollen die Projektpartner in unterschiedlichen Tests herausfinden. „Das heute eingesetzte Hüttenkoks hat 400 Jahre Entwicklung hinter sich und ist sehr effizient“, so Seabra da Rocha. Es muss als Reduktionsmittel dienen, für Gasdurchlässigkeit sorgen und so viel Energie freisetzen, dass Eisenerz schmilzt. All das sollen die Biobriketts auch können. Dazu wird die Biomasse zunächst in einem Testofen „gebacken“. Danach werden die chemischen und mechanischen Belastungen simuliert, denen Hüttenkoks im Hochofen ausgesetzt ist. Im Ergebnis müssen die Biobriketts so fest sein, dass sie die zur Erzschnmelze benötigte Hitze erzeugen und ihr auch standhalten können.

Praktische Forschung über Landesgrenzen

Der Härtetest ist für kommenden Herbst geplant: Dann will das Team erste Versuche bei dem Projektpartner Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH durchführen. Parallel erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von der Universidade Luterana do Brasil und der Universidade Federal de Minas Gerais in Brasilien die Brennstoffeigenschaften von Zuckerrohrbagasse und ihrer Verkokung. Die Resultate werden ausgetauscht und gemeinsam bewertet.

Brasilien zählt ebenso wie Deutschland zu einem der größten Stahlerzeuger der Welt – und zu einem Hauptimporteur für Kokskohle und Hüttenkoks aus Ländern wie Australien und der Volksrepublik China. Die Biobrikett-Lösung könnte aufgrund der lokal verfügbaren Biorestmassen für beide Länder eine erhebliche Kostener-

sparnis bedeuten. Die Abhängigkeit von Drittanbietern und Weltmarktpreisen würde reduziert. Das Wichtigste der Bio-Alternative sei jedoch die positive CO₂-Bilanz, so Seabra da Rocha. „Wenn wir Kohle verbrennen, setzen wir Kohlendioxid frei, das vor Jahrtausenden aus der Luft gebunden wurde und nun zusätzlich in die Atmosphäre geblasen wird.“ Verwende man Pflanzen, die heute gewachsen sind, würde nur das CO₂ freigesetzt, das ohnehin zirkuliert.

CO₂-freie Gesellschaft

Um langfristig ganz auf den Einsatz fossiler Brennstoffe verzichten zu können, müssen Konsum- und Industriegüter bioökonomisch erzeugt werden. „Es wäre schon ein großer Schritt, wenn wir 20 Prozent des weltweit verwendeten Hüttenkokes ersetzen könnten“, so Seabra da Rocha. Bis dahin ist es noch ein weiter Weg. Das Potenzial jedoch ist da. Davon ist auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung überzeugt. Im Rahmen des Forschungsprogramms für Internationale Partnerschaften für nachhaltige Klimaschutz- und Umwelttechnologien und -dienstleistungen, CLIENT, wird COBI über einen Zeitraum von drei Jahren an der Hochschule Ruhr West mit mehr als 660.000 Euro gefördert.

Kontakt

Hochschule Ruhr West
 Prof. Dr. Saulo H. Freitas Seabra da Rocha
 E-Mail: saulo.seabra@hs-ruhrwest.de
 Tel.: 0208 88254 -842

PULVERLACK TRIFFT KOHLENSTOFF

Innovative Werkzeugtechnik macht Leichtbau effizienter



Maßgeschneiderte Leichtbauteile sind aus unserer mobilen Industriegesellschaft nicht mehr wegzudenken. Von der Autotür zum Flugzeugrumpf, vom Fahrradrahmen zum Rotorblatt eines Windkraftwerks – überall sind sie im Einsatz. Sie bestehen aus Faserverbundwerkstoffen. Zu den Grundsubstanzen zählen Glasfasern, organische Kunstfasern oder Kohlenstofffasern, die mit Kunstharz getränkt in speziellen Schalen erwärmt und in Form gepresst werden.

Insbesondere in der Luft- und Raumfahrt und der Automobilindustrie kommen diese sehr leichten, aber festen Bauteile zum Einsatz. Da sie häufig in hochkomplexen Strukturen verbaut werden, müssen sie sehr präzise gearbeitet sein und dürfen keine Unebenheiten aufweisen. Die Herstellung ist daher äußerst energie- und zeitintensiv: Die Formgebung erfordert hohe Temperaturen und das rohe Bauteil muss lange aushärten, bevor es weiterverarbeitet werden kann. Bei mehreren hunderttausend Teilen, die in Deutschland pro Jahr produziert werden, kommt da einiges an Maschinenlaufzeiten und Emissionen zusammen.

Effektiv in Form gebracht

Ökologischere und effizientere Verfahren sind daher sehr gefragt. Aus diesem Grund hat sich die Fachhochschule Bielefeld als federführende Forschungseinrichtung an einem umfangreichen Projekt für Leichtbauteile in der Fahrzeugindustrie beteiligt – Ecogel Cronos. „Gemeinsam mit branchenspezifischen Unternehmen aus insgesamt neun Ländern arbeiten wir hier speziell an der Veredelung von Bauteilen im Formgebungsprozess“, so Prof. Dr. Herbert Funke vom Fachbereich Ingenieurwis-

senschaften und Mathematik, der die Projektarbeiten leitet. Denn dort wird besonders viel Material und Energie verbraucht.

Die Formgebung läuft normalerweise so ab: Ein Paket aus Kunststofffasern wird in einem Hochdruck-Harz-Injektionsverfahren mit Harz gemischt und in einer beheizbaren Formschale verpresst. Zum Schutz gegen Feuchtigkeit und vor Druckschäden erhält das Bauteil zudem eine Beschichtung aus speziellem Lack, dem sogenannten Gelcoat. Dieser war bislang flüssig, musste mehrere Stunden aushärten und anschließend aufwendig nachgeschliffen werden. „Im Projekt kommt nun ein neuer, pulverförmiger Gelcoat zur Anwendung“, so Funke. Er wird direkt in die Formschalen hineingesprüht, bleibt dort elektrostatisch haften und härtet nach dem Aufschmelzen auf das Rohbauteil sofort aus. Das spart Zeit und teure, energieintensive Lüftungsanlagen zum Absaugen der sonst ausdampfenden Chemikalien während des Aushärtungsprozesses.

Patentlösung Kohlenstoff

Voraussetzung für den neuen Veredelungsprozess sind spezielle Formschalen, in denen der Pulver-Gelcoat eingesetzt werden kann. Sie funktionieren mit einer patentierten Heiztechnologie, die aus den Wissenschaftslaboren der FH Bielefeld stammt und für die ihre Entwickler bereits mehrere internationale Preise erhalten haben. „Unsere Schalen bestehen aus Kohlenstofffasern und sind so konstruiert, dass nur die oberflächennahen Schichten beheizt werden, die mit dem Bauteil in Kontakt kommen“, erklärt Stefan Rathmann, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt. „Die Hitze entsteht also nur dort, wo sie benötigt wird.“ Da die Schmelzprozesse Temperaturen von bis zu 150 Grad erfordern, kann beim Formen und Pressen so viel Energie eingespart werden.

„Die Herausforderung ist nun, die Heiztechnologie für die Verwendung des pulverförmigen Gelcoats nutzbar zu machen“, sagt Funke. So muss beispielsweise gewährleistet sein, dass die benötigten Temperaturen ge-

nau und gleichmäßig erreicht werden. Je nachdem, welche Oberflächenstruktur das spätere Bauteil haben soll, muss das Material der Form angepasst werden. Dazu sind Experimente nötig, in denen Funke und seine Kolleginnen und Kollegen verschiedene Faserverbünde für Formschalen testen, die Bauteilqualität analysieren und optimieren.

Mobilität „leicht“ gemacht

Am Ende bringt die Kombination aus patentierter Heiztechnologie und der Verwendung des pulverförmigen Gelcoats viele Vorteile, sind die Wissenschaftler überzeugt. Durch die elektrostatische Haftung des Pulvers ergeben sich viel präzisere Lackierungsergebnisse. Zudem lassen sich die Formschalen noch vor der Harzinfusion außerhalb der Injektionsmaschine mit Gelcoat und Faserpaketen bestücken. Nach dem Formen kann das Bauteil auch außerhalb aushärten. Das ermöglicht schnellere Taktzeiten der Maschine und macht die Herstellung günstiger.

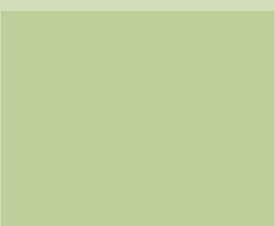
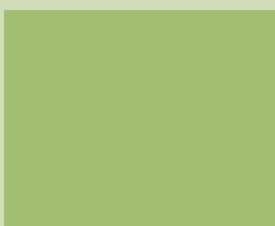
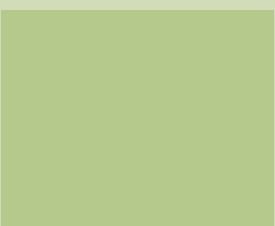
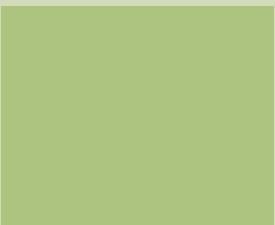
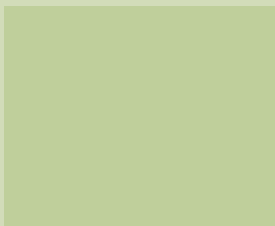
Von dem effizienteren Verfahren profitiert letztlich auch die Industrie, da sie hochwertige Bauteile kostengünstiger produzieren oder abnehmen kann. Die Forschungen der Projektgruppe fördern somit eine wichtige Grundlage, um zukünftig leichter, energieeffizienter und klimafreundlicher unterwegs zu sein. Diese positiven Aspekte überzeugten auch die Europäische Kommission, die das Projekt in ihrem 7. Forschungsrahmenprogramm unterstützt hat.

Kontakt

Fachhochschule Bielefeld
 Prof. Dr. Herbert Funke
 E-Mail: herbert.funke@fh-bielefeld.de
 Tel.: 0521 106 -7694

NACHHALTIGE PHARMAZIE

Messsonde steuert Granulationsverfahren zur Tablettenherstellung



Tabletten gehören zu den gängigsten Darreichungsformen weltweit. Es gibt sie als Arzneimittel, als Vitamin- oder Hormonpräparate, als Nahrungsergänzungsmittel und vieles mehr. Mit der Einnahme gelangen die in ihnen enthaltenen Wirkstoffe über die Magen- oder Darmschleimhaut ins Blut. Hergestellt werden die meisten Tabletten mit Hilfe von Granulaten. Das sind kleine, feste Partikel wie Körnchen oder Kugeln, in denen die zuvor pulverförmigen Wirkstoffkomponenten der Tablette gebunden werden. Sie sind rieselfähig und lassen sich sehr leicht dosieren.

Granulate stellen somit eine bewährte Formulierung für die Pharmaindustrie dar. Ihre Produktionsverfahren sind bislang jedoch wenig nachhaltig, da sie große Mengen an Wasser und Energie verbrauchen. Um die Prozesse effizienter zu machen, arbeitet die Hochschule Ostwestfalen-Lippe im Rahmen ihres Forschungsprojekts PATandSHEAR an der Verbesserung einer speziellen Granulationstechnik. Sie soll weniger Energie benötigen, ohne umweltschädliche Lösungsmittel auskommen und durch eine innovative Steuerung Fehlchargen vermeiden.

Schmelzen mit Bewegungskräften

Im Fokus der Projektgruppe um Dr. Gerd Kutz, Professor für Pharmatechnik im Fachbereich Life Science Technologies an der Hochschule Ostwestfalen-Lippe, steht die Schmelzgranulation. Bei diesem Vorgang entsteht Granulat durch die Einwirkung von Wärme. Damit das klappt, werden den Wirkstoffkomponenten der späteren Tablette Fette, Wachse oder andere Hilfsstoffe beigemischt, die bei niedriger Temperatur schmelzen und

mit den übrigen Substanzen verkleben. Im Gegensatz zur gängigeren Feuchtgranulation, bei der die Pulvermischung mit Wasser oder anderen Lösungsmitteln zu einer Masse verarbeitet und anschließend energieaufwendig getrocknet wird, erfordert dieses Schmelzverfahren deutlich weniger Ressourcen.

Grund genug für Kutz und seine Kolleginnen und Kollegen, die im Pharmabereich bevorzugten Technologien zur Granulatherstellung für die Anwendung der Schmelzgranulation nutzbar zu machen. „Standardisierte Mischwerkzeuge werden bisher fast ausschließlich zur Feuchtgranulation eingesetzt“, erklärt Kutz das Problem. So auch der sogenannte High-Shear-Intensivmischer der Firma DIOSNA Dierks & Söhne GmbH aus Osnabrück, der für Kutz zu den bewährtesten Apparaten gehört. Sein ausgeklügeltes System entwickelt spezielle Bewegungskräfte, die die mal flüssigen, mal pulverförmigen Tablettenzusätze in kürzester Zeit zu einer homogenen Masse verrühren.

Prozessüberwachung in Echtzeit

„Die Schmelzgranulation jedoch ist ein komplexerer Vorgang als die Feuchtgranulation“, so Kutz. „Die Höhe der Temperatur, aber auch Menge und Zusammensetzung der verwendeten Hilfsstoffe müssen ganz genau stimmen, damit das gewünschte Ergebnis erzielt wird.“ Für die Weiterverarbeitung des Granulats spielen beispielsweise seine Partikelgröße und Festigkeit eine wichtige Rolle. Um all diese Parameter während des Granulationsvorgangs zu überwachen und somit die Nutzung der High-Shear-Intensivmischer für die Schmelzvariante tauglich zu machen, will Kutz eine spezielle Messsonde einsetzen. Sie soll es ermöglichen, während der Granulation Daten in Echtzeit zu erheben und zu kommunizieren.

„Klassische Analysemethoden liefern Informationen zur Qualität des Produkts erst nach Abschluss des Prozesses“, sagt Kutz. Stimmt dann etwas nicht, ist das Granulat unbrauchbar und muss entsorgt werden. Die eingesetz-

ten Ressourcen sind verschwendet. Durch das Echtzeit-Monitoring der Sonde könnte die nur wenige Minuten dauernde Schmelzgranulation direkt gesteuert und bei auftretenden Problemen unmittelbar optimiert werden. So würden auch Fehlchargen verringert.

Vom Labor in die Industrie

Die technischen Grundlagen gibt es bereits. So arbeitet das PATandSHEAR-Team mit einer Inline-Sonde der Gesellschaft für Partikel-, Strömungs- und Umweltmesstechnik mbH aus Chemnitz. Sie dient als Analyseinstrument zur Abmessung von Partikelgrößen und kann in sämtlichen Granulationswerkzeugen eingesetzt werden. „Wir haben die Sonde unter anderem mit einer Vorrichtung zur Temperaturüberwachung ausgestattet, die für die Schmelzgranulation wichtig ist“, sagt Kutz. Im Labormischer der Hochschule laufen derzeit erste Tests im Technikumsmaßstab. Mit den Ergebnissen sollen einerseits einschlägige Vorgaben zur Herstellung bestimmter Medikamentenmischungen erarbeitet werden. Andererseits will Kutz der Pharmaindustrie eine überzeugende Möglichkeit bieten, wie sie die Sonde kostengünstig in bestehende Geräte einbauen kann.

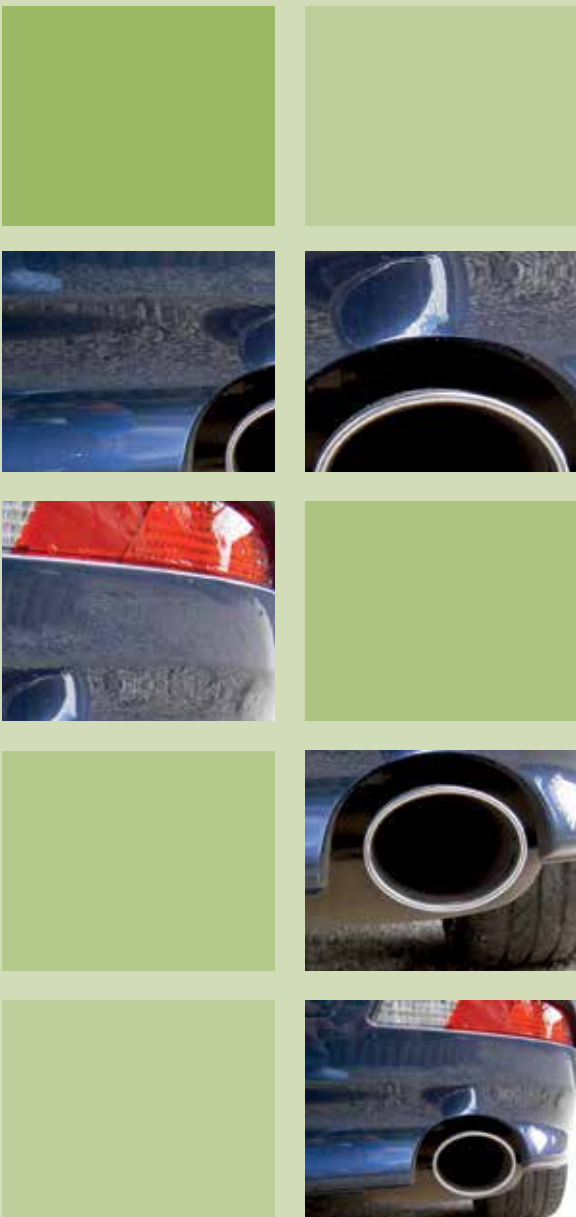
„Mit einer funktionierenden Prozessüberwachung für die Schmelzgranulation in High-Shear-Intensivmischemen stärken wir eine nachhaltige Pharmazie, die weniger Lösungsmittelrückstände in der Umwelt und im Trinkwasser hinterlässt, mit weniger Ressourcen auskommt und Emissionen senkt“, so Kutz. Dieses Ziel überzeugt auch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), die das Projekt mit ihrem Know-how und einer Fördersumme von rund 320.000 Euro unterstützt.

Kontakt

Hochschule Ostwestfalen-Lippe
 Prof. Dr. Gerd Kutz
 E-Mail: gerd.kutz@hs-owl.de
 Tel.: 05231 769 -6436

STROM AUS DEM AUSPUFF

Thermoelektrische Generatoren sparen Sprit mit Abgaswärme



Wer Auto fährt, verbraucht fossile Kraftstoffe und belastet die Umwelt mit Abgasen. Dafür kommt man unabhängig und bequem von A nach B. Was weniger bekannt ist: In die Fortbewegung allein, die Motorleistung also, fließt nur ein geringer Teil der eingesetzten Energie. Eine erhebliche Menge wird als Abwärme durch den Auspuff in die Luft geblasen. Im Sinne einer energieeffizienten Mobilität ist das eine unerfreuliche Tatsache. Dabei könnte man die Abwärme für den Fahrzeugbetrieb durchaus nutzbar machen.

An der Fakultät für Technologie und Bionik der Hochschule Rhein-Waal haben sich der Experte für Optoelektronik und Laserphysik, Prof. Dr. Georg Bastian, und seine Mitarbeiterin Marlis Morschel im Rahmen des Projekts „EcoTEG“ mit ebendiesem Forschungsfeld beschäftigt. Ihre Ambition war es, den heißen Auspuff als Teil eines Kreislaufs zu nutzen, der in Verbindung mit der Fahrzeugkühlung Strom erzeugen kann. Zugrunde liegt der Idee eine einfache physikalische Regel: Verbindet man in einem Temperaturgefälle zwei verschiedene Halbleiter miteinander, entsteht elektrische Spannung. Wird der Kreislauf geschlossen, fließt Strom. Dieser könnte dann verschiedene Geräte im Auto antreiben und so den Kraftstoffverbrauch senken.

Mehr als heiße Luft

„Das Phänomen der sogenannten Thermospannung erkannte bereits der deutsche Physiker Thomas Seebeck Anfang des 19. Jahrhunderts“, sagt Bastian. „Wir haben Möglichkeiten untersucht, wie wir diesen Seebeck-Effekt für Fahrzeuge nutzen können, um die Energieeffizienz des Kraftstoffeinsatzes zu erhöhen.“ Für die Ver-

bindung des heißen und des kalten Punktes am Auto kommen thermoelektrische Generatoren (TEG) zum Einsatz. Sie bestehen meist aus hintereinandergeschalteten Thermoelementen, in denen die Halbleiter stecken. Die Elemente werden als Kette wie ein Sandwich zwischen Auspuff und Fahrzeugkühlung montiert und dort zur thermischen Energieübertragung an Wärmetauscher angeschlossen. Bedingt durch den Wärmestrom vom heißen Abgas zum Fahrzeugkühlkreislauf, bewegen sich dann die Elektronen in den Halbleitern vom warmen zum kalten Punkt. Dadurch entsteht elektrische Leistung.

„Normalerweise ist die durch den Seebeck-Effekt erzielte Thermospannung eher gering“, sagt Bastian. Das liegt vor allem an den verfügbaren Werkstoffen, deren Fähigkeit zur thermoelektrischen Energiewandlung begrenzt ist. „Wir können die Gesamtspannung durch die Zahl der Thermoelemente erhöhen oder versuchen, das Temperaturgefälle voll auszunutzen“, so Bastian. In der Praxis gibt es jedoch eine Reihe von Temperaturverlusten, die man durch ein geschicktes Systemdesign minimieren muss.

Das Material macht's

Es ist also vor allem eine Frage des eingesetzten Materials, wie viel Strom tatsächlich erzeugt werden kann. Hierzu forscht Marlis Morschel bereits seit einiger Zeit im Rahmen ihrer Promotion. Ihr Anliegen: Moderne Materialkombinationen finden oder entwickeln, die nicht nur Wärme effektiver leiten, sondern auch den extremen Temperaturschwankungen zwischen heiß und kalt besser standhalten. „Bei der Anwendung der bisherigen thermoelektrischen Generatoren kommt es zu Verformungen unserer Module“, so Morschel. Das liegt daran, dass sich das Material unter Wärmeeinwirkung ausdehnt, bei Kälte jedoch zusammenzieht.

Deshalb untersuchen sie und Bastian nun mit Hilfe eines ausgeklügelten optischen Laser-Messsystems, welcher Art die Verformungen sind. Selbst kleinste Veränderun-

gen an der Oberfläche der Metalle lassen sich damit erkennen. Während des TEG-Betriebs zeigt eine Wärmebildkamera an, wie sich die Temperatur am Generator entwickelt. Auf diese Weise können die Zusammenhänge zwischen Temperatureinwirkung und Materialreaktion genau analysiert werden.

In die Zukunft investieren

Doch auch wenn noch lange nicht alles reibungslos funktioniert: Für die Forscher an der Hochschule Rhein-Waal ist das Prinzip der Thermoelektrik eine überzeugende Möglichkeit, die vorhandene Wärmeenergie am Auto zu nutzen. Bis zu fünf Prozent könnte der Generatorbetrieb an Sprit einsparen, wenn das Bordnetz mit Strom aus Abwärme optimiert versorgt würde. Angesichts abnehmender Erdölvorräte sei das eine zukunfts-fähige Perspektive, sagt Bastian. „Als die erste Photovoltaik-Zelle gebaut wurde, kostete das auch mehr Energie in der Herstellung, als ihr Betrieb je hätte zurückgeben können. Heute ist die Kosten-Nutzen-Rechnung von Solartechnologie effizient.“

Bastian und Morschel wollen in die Zukunft der Thermospannung investieren und haben dafür eng mit Projektpartnern wie der Daimler AG, der Robert Bosch GmbH, dem Spezialisten für Abgastechnik und Heizsysteme J. Eberspächer GmbH und dem Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zusammengearbeitet. Gefördert wurde EcoTEG durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Kontakt

Hochschule Rhein-Waal

Prof. Dr. Georg Bastian

E-Mail: georg.bastian@hochschule-rhein-waal.de

Tel.: 02821 80673 -612

SCHICHT FÜR SCHICHT ZUR FORMFREIHEIT

Mit moderner Lasertechnik komplexe Metallwerkzeuge bauen



Wer hat diesen Vorgang nicht auch schon bestaunt: In einem kleinen, durchsichtigen Kasten, der nicht größer ist als eine Mikrowelle, modelliert eine mobile Vorrichtung wie aus dem Nichts dreidimensionale Figuren in den Raum. 3D-Drucker erscheinen wie ein Geniestreich der Technik. Und ihre Entwicklung ist in den vergangenen Jahren rasant fortgeschritten: Plastiken aller Art, Kleider, Schuhe, Flugzeug-Bauteile, ja sogar ganze Sportwagen können mittlerweile digital konstruiert und per Mausklick „ausgedruckt“ werden.

Umgesetzt wird der Druck von computergesteuerten Maschinen, meistens Lasern. Sie schmelzen dort, wo es die vorgegebene Struktur erfordert, Kunststoff-, Keramik- oder Kunstharzpulver schichtweise zu dreidimensionalen Objekten zusammen. Auch Metalle werden schon verarbeitet. Weil die Maschinen exakt die Formen der digitalen Konstruktion umsetzen, ergeben sich viele Vorteile: Geometrien können freier entworfen, das Produktdesign gezielter auf die jeweilige Anwendung hin konstruiert werden. Zudem wird im Gegensatz zu konventionellen Verfahren lediglich die für das jeweilige Produkt benötigte Werkstoffmenge verarbeitet. Das ist ressourceneffizient und spart Zeit bei der Nachbearbeitung.

Drucken mit Metall

Am Institut für Werkzeug- und Fertigungstechnik (iWFT) der Rheinischen Fachhochschule Köln möchte man diese Vorteile im Rahmen des Projekts PräziGen auch für Bohr- und Fräswerkzeuge aus Hartmetall nutzen. „Die hierfür benötigten Hartverbundstoffe schmelzen aber erst bei sehr hohen Temperaturen“, führen die wissen-

schaftlichen Mitarbeiter Tobias Schwanekamp und Benedikt Thimm eine der zu bewältigenden Herausforderungen an. „Extreme Hitze wiederum bewirkt, dass unser Werkstoff spröde wird. Wir müssen daher zum einen die Zusammensetzung des Grundstoffs und die Nachbearbeitung der Druckerzeugnisse verbessern. Zum anderen feilen wir an der notwendigen Energiezufuhr, damit die Werkstoffqualität erhalten bleibt.“

Um den 3D-Metalldruck rundum effizient zu machen, arbeitet die Rheinische FH unter der Leitung von Prof. Dr. Martin Reuber mit sieben Partnern aus Forschung und Industrie zusammen. Gemeinsam wollen die Projektbeteiligten eine vollständige Prozesskette entwickeln, beginnend mit dem Werkzeugentwurf über die Erzeugung des schmelzbaren Metallpulvers und den Herstellungsprozess bis hin zur Nachbearbeitung und dem Einsatztest des Prototyps.

Komplexe Strukturen aus einem Guss

Für erste Druckversuche haben Schwanekamp und Thimm kürzlich einen speziellen 3D-Drucker in Betrieb genommen: Auf der Fläche einer Bauplattform, die etwas kleiner ist als ein Schachbrett, verteilt ein Wischer mit Gummilippe Pulver aus Wolframcarbid und Kobalt. Dort, wo es die herzustellende Struktur erfordert, schmilzt ein Laser das Pulver auf – Schicht für Schicht. Diese Verfahrensweise nennt man Selektives Laserschmelzen. Langsam, aber sicher wächst so der Rohling eines Bohrers.

„Im Bereich der Werkzeugtechnik haben wir viel mit komplexen Geometrien zu tun“, sagt Tobias Schwanekamp. „Das Verfahren der additiven Fertigung macht es möglich, je nach Funktion die effektivste und ökonomischste Form am Computer zu entwickeln und anschließend schichtweise aufzubauen.“ Werden Bohrkörper auf konventionellem Weg hergestellt, sind innere Strukturen wie Gewinde oder Kühlkanäle nur sehr eingeschränkt umsetzbar. Die Außengeometrie muss nachträglich eingearbeitet werden. All das produziert Materialabfall

und ist aufwendig. Außerdem lassen sich auf diese Weise nicht mehr alle gewünschten Geometrien anfertigen. Wird der Bohrkörper gedruckt, entstehen äußere und innere Struktur „aus einem Guss“ in ein und demselben Arbeitsschritt.

Kompetenzen verbinden

Diese prozessangepasste Entwicklung kann das Verhalten der Werkzeuge im Einsatz erheblich verbessern, sind Reuber, Schwanekamp und Thimm überzeugt. Werden beispielsweise die für die Kühlschmierstoffzufuhr erforderlichen Kanäle mit den Möglichkeiten des 3D-Drucks präziser konstruiert, reduzieren sich der notwendige Energiebedarf und die erforderliche Menge der umwelt- und gesundheitsschädlichen Kühlschmierstoffe. Auch Schwingungen, die beim Betrieb konventionell gefertigter Bohrer auftreten und das Bohren erheblich beeinträchtigen können, lassen sich mit der neuen Verfahrenstechnik verringern.

„Mit Hilfe digitaler Simulations- und Optimierungsverfahren können wir Werkzeug- und Materialverhalten voraussagen und gezielt auf den jeweiligen Anwendungsfall hin optimieren“, so Schwanekamp. Die Entwicklung von Bohr- und Fräsmaschinen ist bereits ein etablierter Forschungszweig am iwFT, in dessen Rahmen jedes Jahr kooperative Forschungsarbeiten mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft durchgeführt werden. Mittelfristig sollen davon auch die Aktivitäten des Fachbereichs Additive Fertigung profitieren und das Know-how in einem Kompetenzzentrum für anwendungsoptimierte Produktionsprozesse gebündelt werden.

Kontakt

Rheinische Fachhochschule Köln
Prof. Dr. Martin Reuber
E-Mail: iwft@rfh-koeln.de
Tel.: 0221 54687 -249

FACHHOCHSCHULEN IN NRW

Schwerpunkte in der Forschung

Ev. Fachhochschule Rheinland-Westfalen-Lippe

Soziale Inklusion | Kinder-, Jugendhilfe und Familienpolitik | Religion und Ethik, Diakonie | Menschenrechtsfragen in den Professionen des Gesundheits- und Sozialwesens | Altern gestalten | Disability Studies

Ev. Fachhochschule Rheinland-Westfalen-Lippe

Immanuel-Kant-Straße 18–20

44803 Bochum

www.efh-bochum.de

FH Aachen

Energie | Mobilität | Life Science | Produktionstechnik

FH Aachen

Bayernallee 11

52066 Aachen

www.fh-aachen.de

Fachhochschule Bielefeld

Erkenntnisformen der Fotografie | Industrielle Bewegungstechnologie (IBT) | Fördertechnik und Automatisierung | AMMO – Angewandte Mathematische Modellierung und Optimierung | SMK – Soziale Mobilisierungsstrategien im Politikfeld Klimaschutz | ITES – Intelligente Technische EnergieSysteme | InteG-F: Gebäudetechnologien unter einem Dach | InBVG – Institut für Bildungs- und Versorgungsforschung im Gesundheitsbereich | ISyM – Institut für Systemdynamik und Mechatronik | BifAM – Bielefelder Institut für Angewandte Materialforschung

Fachhochschule Bielefeld

Interaktion 1

33619 Bielefeld

www.fh-bielefeld.de

Fachhochschule Dortmund

BioMedizinTechnik | Computersimulation im Maschinenbau | Intelligent Business Information Services (IBIS) | Kommunikationstechnik | Medizinische Informatik | Mobile Business – Mobile Systems (MBMS) | Process Improvement for Mechatronic and Embedded Systems (PIMES)

Fachhochschule Dortmund

Sonnenstraße 96

44139 Dortmund

www.fh-dortmund.de

FH Münster

Produkt- und Verfahrensentwicklung | Konstruktions- und Funktionsmaterialien | Optische Technologien | Wasser – Ressourcen – Umwelt | Energie- und Prozesstechnik | Nachhaltige Ernährung und Ernährungswirtschaft | Gesundheit und Life-Sciences | Angewandte Sozialwissenschaften | Demografischer Wandel | Humanitäre Hilfe | Praxistentwicklung und Evaluation | Unternehmens- und Dienstleistungsmanagement | Prozessmanagement und Logistik | Science Marketing | Kommunikation und Information | Corporate Communication | Gesellschaft und Digitales | Gesellschaftliche Teilhabe

FH Münster

Hüfferstraße 27

48149 Münster

www.fh-muenster.de

Fachhochschule für öffentliche Verwaltung NRW

Anwendungsbezogene Forschungs- und Entwicklungsprojekte in den Bereichen: Polizei- und Kriminalwissenschaften | Verwaltungswissenschaften | Personalmanagement /-entwicklung/-verwaltung, Bürgerbeteiligung und politische Partizipation | Migration und Integration

Fachhochschule für öffentliche Verwaltung NRW
Haidekamp 73
45886 Gelsenkirchen
www.fhoev.nrw.de

Fachhochschule Südwestfalen

Automotive | Werkstoffe | Umwelt und Energie | Informations- und Kommunikationstechnik | Gesundheit | Technologie- und Innovationsmanagement | Agrarwirtschaft und ländliche Entwicklung

Fachhochschule Südwestfalen
Frauenstuhlweg 31
58644 Iserlohn
www.fh-swf.de

Hochschule Bochum

nachhaltige Mobilität | nachhaltige Energie | nachhaltiges Bauen und Produzieren | Nachhaltigkeitswissenschaft

Hochschule Bochum
Lennershofstraße 140
44801 Bochum
www.hochschule-bochum.de

Hochschule Bonn-Rhein-Sieg

Sicherheitsforschung – Security, Funktionale Sicherheit, IT-Sicherheit | Visual Computing | Autonome Systeme / Ambient-Assisted Living | Polymere Materialien | Biomedizinische Forschung/Bioengineering | Detektionstechnologien | Social Security Systems | Ressourcenschonung und Energieeffizienz

Hochschule Bonn-Rhein-Sieg
Grantham-Allee 20

53757 Sankt Augustin
www.h-bonn-rhein-sieg.de

Hochschule Düsseldorf

Energiewirtschaft/Innovative Energiesysteme | Erneuerbare Energien und Energieeffizienz | Schwingungstechnik | Sound Design | Strömungssimulation | Umweltmesstechnik in der Luftreinhaltung | Produktentwicklung und Innovation: flexible und standortgerechte Fertigungs-, Montage- und umweltgerechte Demontageautomation | Elektrische Antriebe | Numerische Simulation thermischer Strömungen und Verbrennungsprozesse | Produktionsmanagement und -logistik | Automatisierung technischer Prozesse | Rechtsextremismus und Neonazismus | Kommunikationsforschung | Wohlfahrtsverbände | Berufliches Selbstmanagement | Beruf und Burnout-Prävention | Alltagsdrogen | Entwicklungspolitik | Düsseldorfer Integrationsförderung in Ausbildung und Arbeit | Sozialraumorientierte Praxisforschung und -entwicklung | Altersgerechtes Wohnen im demografischen Wandel | Ambient-Assisted Living (AAL) | Schlaf und Schlafstörungen im beruflichen Kontext | Exhibition Design: Ausstellung, Event und Messe | Rapid Prototyping und Inszenierung für Art, Jewellery, Products | 3D-Gestaltung und Visualisierung | Virtual-/Mixed Reality und Visualisierung

Hochschule Düsseldorf
Universitätsstraße
40225 Düsseldorf
www.hs-duesseldorf.de

Hochschule für Gesundheit

Gesundheitsversorgung | Akademisierungs- und Professionalisierungsprozess | Interprofessionalität | Gesundheit und Technologie

Hochschule für Gesundheit
Gesundheitscampus 6–8
44801 Bochum
www.hs-gesundheit.de

Hochschule Hamm-Lippstadt

Autonome Systeme | Informationstechnologie | Computervisualistik und Design | Materialwissenschaften | Mensch-Maschine-Interaktion | Optische Technologien | Elektromobilität | Produktion/Industrie 4.0 | Wirtschaftswissenschaften | Medizin- und Sporttechnik | Energie- und Gebäudetechnik

Hochschule Hamm-Lippstadt
Marker Allee 76–78
59063 Hamm
www.hshl.de

Hochschule Niederrhein

Funktionale Oberflächen | Angewandte Gesundheits- und Ernährungsforschung | IT- und Logistikkonzepte | Innovative Produkt- und Prozessentwicklung | Soziale und ökonomische Innovationen | Energieeffizienz

Hochschule Niederrhein
Reinarzstraße 49
47805 Krefeld
www.hs-niederrhein.de

Hochschule Ostwestfalen-Lippe

Intelligente Automation | Lebensmitteltechnologie | Intelligente Energiesysteme | Nachhaltige und gesunde Architektur

Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Liebigstraße 87
32657 Lemgo
www.hs-owl.de

Hochschule Rhein-Waal

Life Sciences | Gesellschaft und Ökonomie | Kommunikation und Umwelt | Technologie und Bionik

Hochschule Rhein-Waal
Marie-Curie-Straße 1
47533 Kleve
www.hochschule-rhein-waal.de

Hochschule Ruhr West

Angewandte Informatik, Sicherheitsforschung | Bauingenieurwesen, Nachhaltiges Bauen | Energiesysteme und Energiewirtschaft, Intelligente Energienutzung | Maschinenbau, Produktionstechnik | Mess- und Sensortechnik, Fertigungsmesstechnik/Optoelektronik | Naturwissenschaften, Modellierung und Simulation | Wirtschaft, Internationale Wirtschaft und Emerging Markets

Hochschule Ruhr West
Mellinghofer Straße 55
45473 Mülheim an der Ruhr
www.hochschule-ruhr-west.de

Katholische Hochschule NRW

Bildung und Diversity | Sucht und Prävention | Gesundheit und soziale Psychiatrie | Gender und Transkulturalität | Teilhabeforschung für Generationen und Menschen mit Behinderung | Netzwerkforschung | Pflegewissenschaft | Pastorale Praxisforschung

Katholische Hochschule NRW
 Wörthstraße 10
 50668 Köln
www.katho-nrw.de

Rheinische Fachhochschule Köln

Produktions- und Fertigungsverfahren | Kommunikation und Automation | Digitale Transformation in der Medienwirtschaft | Mediennutzungsverhalten | Neue Kommunikationstechniken im demographischen Wandel | Einsatz und Aufbau von E-Learning | Assessment und Eignungsdiagnostik | Wertorientiertes Management | Wirtschaftliche Bedeutung von IT-Systemen

Rheinische Fachhochschule Köln gGmbH
 Schaevenstraße 1 a/b
 50676 Köln
www.rfh-koeln.de

Technische Fachhochschule Georg Agricola zu Bochum

Umweltgeotechnik | Geologie | Rohstofftechnik | Tagebautechnik | Geoingenieurwesen und Nachbergbau | Angewandte Materialwissenschaften | Produktentwicklung | Produktionsplanung/-steuerung | Entwicklung und Konstruktion mechanischer Konstruktionen | Power Generation, Distribution and Control | Optische Kohärenztomografie | Mikrocontrollertechnik | Mathematische Approximation | Modellierung und Simulation heterogener Systeme

Technische Fachhochschule Georg Agricola zu Bochum
 Herner Straße 45
 44787 Bochum
www.tfh-bochum.de

TH Köln

Analyse, Bewertung und Behandlung von Belastungen in Kanalisationen, Kläranlagen und Gewässern | Art Materials in Medieval Cologne | Baudenkmalpflege und -dokumentation | Business Transactions in Mobile Environments | Corporate Architecture | Computational Intelligence Plus | Computational Services in Automation | Innovative Digital Signal Processing and Applications | Integriertes Wasserressourcenmanagement | Migration und interkulturelle Kompetenz | Medienwelten | Next Generation Services in Heterogeneous Networks | Nexus Wasser-, Energie- und Ernährungssicherheit | Nonformale Bildung | Rückversicherung | Green Building | Software-Quality | Sozial + Raum + Management | Verteilte und mobile Applikationen | Virtual Technology | Information und Wissensmanagement

TH Köln
 Gustav-Heinemann-Ufer 54
 50968 Köln
www.th-koeln.de

Westfälische Hochschule

Energie | Gesundheit | Innovation, Raum & Kultur | Innovationsforschung | Internetsicherheit | Logistik und Verkehr | Materialwissenschaften | Mechatronik

Westfälische Hochschule
 Neidenburger Straße 43
 45877 Gelsenkirchen
www.w-hs.de

EIN NETZWERK FÜR NRW



Die Fachhochschulen in Nordrhein-Westfalen entwickeln innovative Produkte und Technologien, Werkstoffe und Verfahren, Konzepte und Prozesse. Sie finden vielseitige Lösungen für den schonenden Umgang mit endlichen, natürlichen Ressourcen im Sinne des Ressourcenschutzes und der Rohstoffeffizienz. Sie sind gefragte Ansprechpartner für Politik und Wirtschaft und setzen mit Ihrer Forschung Impulse für den Fortschritt der Gesellschaft. In der Lehre bieten sie jungen Menschen, die eine Berufsqualifizierung auf wissenschaftlichem Niveau anstreben und dabei den Praxisbezug in den Vordergrund stellen, eine breite Palette an Studiemöglichkeiten.

Informationen zu den unterschiedlichen nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten der 21 nordrhein-westfälischen Fachhochschulen finden Sie bei „Nachhaltige Forschung an Fachhochschulen in NRW“:

Publikationen

Das fh²¹-Journal berichtet anschaulich über interessante Forschungsprojekte und hinterfragt die Zusammenarbeit mit den Forschungspartnern aus Wirtschaft und Gesellschaft. Themenpublikationen wie „Ressourcen & Rohstoffe“ oder „Nachwuchsförderung: Kooperative Promotionen“ greifen aktuelle Diskussionen auf.

Internet-Auftritt

Die Website www.fachhochschulen-nrw.de bietet Hintergrundinformationen zum Projekt „Nachhaltige Forschung an Fachhochschulen in NRW“. Sie informiert aber auch über die regelmäßig stattfindenden Veranstaltungsformate und stellt Informationsmaterialien kostenlos zur Verfügung.

Newsletter

Der elektronische Newsletter informiert regelmäßig kurz und prägnant über neue Projekte, Veranstaltungen und Veröffentlichungen der Fachhochschulen im Forschungskontext. Er kann kostenlos über die Website abonniert werden: www.fachhochschulen-nrw.de/newsletter

Facebook-Präsenz

Auf Facebook finden Sie aktuelle Forschungsnachrichten sowie Informationen zu interessanten Veranstaltungen und Veröffentlichungen aus allen 21 Fachhochschulen in NRW. Zusätzlich werden regelmäßig die besten Wissenschaftler und Promovenden in einem persönlichen Interview vorgestellt. www.facebook.com/leben digeforschung

Veranstaltungen

Die Veranstaltungen des Projekts „Nachhaltige Forschung an Fachhochschulen in NRW“ behandeln immer wieder unterschiedliche Forschungsthemen, intensivieren den Kontakt der Fachhochschulen zu wichtigen Multiplikatoren der Fachhochschulforschung und fördern die Netzwerkbildung.

Weitere Informationen

Nachhaltige Forschung an Fachhochschulen in NRW
c/o zefo | Zentrum für Forschungskommunikation
Ubierring 40
50678 Köln

Tel.: 0221 8275 -3097 oder -3187

E-Mail: info@fachhochschulen-nrw.de

www.fachhochschulen-nrw.de

www.facebook.com/lebendigeForschung

Das Projekt wird unterstützt vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes NRW.

Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen



IMPRESSUM

Herausgeber

Projekt „Nachhaltige Forschung
an Fachhochschulen in NRW“

c/o zefo

Zentrum für Forschungskommunikation

TH Köln | KISD

Ubierring 40 | 50678 Köln

info@fachhochschulen-nrw.de

www.fachhochschulen-nrw.de

www.facebook.com/lebendigeForschung

Text

Eva Maria Helm

Redaktion

Anna Zimmermann

Design | Satz | Bildredaktion

Kerstin Broichhagen

Druck

msk marketingservice köln GmbH

Köln, Dezember 2015

ISBN 978-3-9816422-3-0

Bildmaterial

ClipDealer

pixelio.de: Andrea Damm / Christian Roither / Dieter

Schütz / Florian Gerlach / Hartmut910 / H.D.Volz / I-vista /

Klicker / Kurt / Lupo / Paul-Georg Meister / Philipp Pohl-

mann / Roxy / Tim Reckmann / Uschi Dreiucker

KatHO NRW / Andre Zelck

FH Münster / Ressourcenkolleg.NRW

Westfälische Hochschule

MIWF | Dietmar Wadewitz

Mitgliedshochschulen

Evangelische Fachhochschule RWL

FH Aachen

Fachhochschule Bielefeld

Fachhochschule Dortmund

FH Münster

FHöV NRW

Fachhochschule Südwestfalen

Hochschule Bochum

Hochschule Bonn-Rhein-Sieg

Hochschule Düsseldorf

Hochschule für Gesundheit

Hochschule Hamm-Lippstadt

Hochschule Niederrhein

Hochschule Ostwestfalen-Lippe

Hochschule Rhein-Waal

Hochschule Ruhr-West

Katholische Hochschule NRW

Rheinische Fachhochschule Köln

TFH Georg Agricola zu Bochum

TH Köln

Westfälische Hochschule

LEBENDIGE FORSCHUNG



Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen

