

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2014 ||

1 Diamanten mit Röntgentechnik aufspüren

Röntgenstrahlen durchdringen Objekte und geben Informationen über deren Inneres preis. Mit zwei Röntgenspektren lassen sich unterschiedliche Materialien identifizieren. Ein neuer Algorithmus ermöglicht es, Diamanten in Gestein zu finden.

2 Frachter ohne Mannschaft

Schiffe der Zukunft sollen unbemannt über die Weltmeere steuern. Ein neuer Simulator hilft, das Vorhaben voranzutreiben. Partner aus fünf Ländern entwickeln das Konzept für den autonomen Frachter.

3 Drahtinspektion – schnell wie Usain Bolt

Rohre, Schienen oder Drähte werden mit hohen Geschwindigkeiten gefertigt. Ein neues optisches Inspektionssystem überprüft Werkstücke bei 10 Metern pro Sekunde und findet in Echtzeit Defekte, die so dünn sind, wie ein Haar.

4 Mobile Roboter unterstützen Flugzeugbauer

In Produktionsanlagen arbeiten Roboter und Menschen künftig Seite an Seite. Ein neuer mobiler Helfer soll Fachkräfte im Flugzeugbau schon bald beim Dichtmittel einbringen, Messen und Prüfen unterstützen, ohne sie zu gefährden.

5 Lebende Zellen eindeutig und schnell analysieren

Um Entzündungen, Tumore oder Stammzellen zu untersuchen, analysieren Mediziner lebende Zellen. Nicht-invasive optische Verfahren, wie die Raman-Spektroskopie, beschleunigen den Prozess. Forscher haben die Technologie zur Industriereife gebracht.

6 Umwelthormone – kleine Mengen mit großer Wirkung

Leere Fangnetze und weniger Fischarten – Umwelthormone werden für den Rückgang von Fischzahlen verantwortlich gemacht. Doch wie schädlich sind diese Substanzen wirklich? Studien, die ein komplettes Fischleben abbilden, geben Aufschluss.

7 Kleinste Mikrochips, die nicht ins Schwitzen kommen

In der Geothermie oder der Erdölförderung herrschen oft Temperaturen über 200 Grad – konventionelle Mikroelektronik stößt hier an ihre Grenzen. Forscher haben jetzt kompakte Mikrochips realisiert, die auch bei 300 Grad noch »cool« bleiben.

8 Kurzmeldungen

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 67 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. Rund 23 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von zwei Milliarden Euro. Davon erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft über 70 Prozent aus Aufträgen der Industrie und öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Die internationale Zusammenarbeit wird durch Niederlassungen in Europa, Nord- und Südamerika sowie Asien gefördert.

Impressum

FORSCHUNG KOMPAKT der Fraunhofer-Gesellschaft | Erscheinungsweise: monatlich | ISSN 0948-8375 | Herausgeber und Redaktionsanschrift: Fraunhofer-Gesellschaft | Unternehmenskommunikation | Hansastraße 27c | 80686 München | Telefon +49 89 1205-1302 | presse@zv.fraunhofer.de | Redaktion: Beate Koch, Britta Widmann, Tobias Steinhäuser, Janine van Ackeren, Tina Möbius | Abdruck honorarfrei, Belegexemplar erbeten. Alle Pressepublikationen und Newsletter im Internet auf: www.fraunhofer.de/presse. FORSCHUNG KOMPAKT erscheint in einer englischen Ausgabe als RESEARCH NEWS.

Diamanten mit Röntgentechnik aufspüren

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2014 || Thema 1

Das Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT in Fürth hat einen Demonstrator entwickelt, der Diamanten in Gestein vulkanischen Ursprungs aufspürt. Das EZRT ist ein Bereich des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS, der eng mit dem Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP in Saarbrücken kooperiert. Die Schwerpunkte liegen bei den Themen Röntgensensorik, Computertomographie, Bildverarbeitung und optischen 3D-Prüfsystemen sowie -Applikationen.

Das Verfahren basiert auf dem Dual-Energy-Röntgen. Dabei werden zwei Bilder desselben Objekts mit zwei unterschiedlichen Röntgenspektren erzeugt. Ein am EZRT entwickelter Algorithmus filtert aus den beiden Aufnahmen die jeweiligen Materialinformationen heraus. Die neue Technologie ist in der Lage, wenige Millimeter große Diamanten in Kimberlitgestein mit Korngrößen bis 50 Millimeter zu entdecken. Zusammen mit den Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Karlsruhe arbeiten die Forscher gerade daran, den Demonstrator weiterzuentwickeln. Ziel ist ein Prototyp, der das Gestein vollautomatisch an einem sortiertypischen Bandgerät prüft.

Die Diamantenindustrie nutzt bereits heute Röntgenstrahlen, um die begehrten Edelsteine zu finden. Die aktuellen Verfahren können die Diamanten jedoch nur an der Oberfläche des Gesteins aufspüren. Die mit Röntgenlicht bestrahlten und angeregten Diamanten leuchten im optischen Bereich. »Bei besonders reinen Exemplaren funktioniert die Technik aber nicht, denn gerade diese weisen die Leuchteigenschaft unter Röntgenstrahlung nicht auf«, erklärt der Physiker Jörg Mühlbauer vom EZRT. Um die Edelsteine dennoch zu finden, ist es bislang notwendig, das Vulkangestein in sehr kleine Stücke zu zerbrechen. Das verschlingt große Mengen an Wasser und Energie. »Außerdem besteht die Gefahr, dass dabei größere und damit wertvollere Diamanten beschädigt werden«, sagt Mühlbauer.

Durchleuchten statt Zerkleinern

Beim Demonstrator des EZRT wandert das abgebaute Geröll mit einer Geschwindigkeit von drei Metern pro Sekunde durch einen Röntgenapparat hindurch. Die beiden dabei erzeugten Röntgenbilder geben Informationen über die chemische Ordnungszahl der Materialien, der Anzahl der Protonen in deren Atomkern. Diamant ist reiner Kohlenstoff, ein relativ leichtes Element mit der Ordnungszahl 6. In Kimberlit kommen üblicherweise Silikate und Aluminate vor. Je nach Abbaugbiet und Mine pendeln die Ordnungszahlen zwischen 12 und 14. Der neue Algorithmus nutzt diese Informationen. Er verknüpft sie mit den Daten aus den beiden Röntgenbildern, separiert die Diamanten vom Kimberlit und zeigt die Ergebnisse auf zwei getrennten Bildern an.

Die Methode ist nicht auf das Aufspüren von Diamanten begrenzt. Überall dort, wo es gilt, Materialien zu identifizieren und sauber zu trennen, ist ihr Einsatz denkbar. Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist die Aufbereitung von Industriekohle. Dort müssen Steine aussortiert oder der Aschegehalt gering gehalten werden. Die Röntgenspürnase könnte außerdem die begehrten Seltenen Erden finden, die in alten Handys, Computern oder Fernsehern versteckt sind und diese nutzbar machen. »Auf die Diamanten kamen wir durch eine Anfrage aus der Branche. Erste Praxistests hat der Demonstrator in einer Diamantmine bereits bestanden. Jetzt wollen wir die Technologie zusammen mit den Kollegen vom IOSB zur Industriereife führen. Unser Ziel ist es, einen industriellen Prüfprozess zu entwickeln, bei dem mehrere Tonnen Gestein pro Stunde durch die Anlage laufen und analysiert werden«, so Mühlbauer.

Mehrere tausend Euro pro Karat

Diamanten gehören zu den teuersten Rohstoffen weltweit. Im Gegensatz zum Goldpreis hielt sich der Diamant-Index 2013 robust auf hohem Niveau. Brillanten, geschliffene und bearbeitete Rohdiamanten, erzielten Ende 2013 Preise von mehreren tausend Euro pro Karat – etwa 0,2 Gramm. Die Edelsteine entstehen unter hohem Druck und großen Temperaturen in Tiefen zwischen 150 bis 650 Kilometern. Gasreiche vulkanische Gesteine und magmahaltige Kimberlite transportieren die Diamanten bei ihren Eruptionen mit Bruchstücken des Erdmantels nach oben. Die größten Diamantenvorkommen befinden sich in Russland, Afrika, Australien, Kanada und Brasilien.



Kimberlitgestein transportiert Diamanten (rechte Bildmitte) aus dem Erdinnern nach oben. Jetzt verspricht eine neue Röntgentechnik einen effizienteren Abbau. (© Fraunhofer IIS/EZRT) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Frachter ohne Mannschaft

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2014 || Thema 2

Der Blick von Hans-Christoph Burmeister schweift über die Bordinstrumente: eine elektronische Seekarte, ein Display für die Wassertiefe, der Monitor daneben zeigt das Radarbild. Dann greift Burmeister zum Ruder und steuert seinen 220 Meter langen Massengut-Frachter in eine neue Richtung: »Jetzt fahren wir auf einem Kurs von 290 Grad, Geschwindigkeit zwölf Knoten.« Auch wenn das Szenario realistisch wirkt – Burmeister ist kein Kapitän auf seiner Brücke, sondern steht mitten in einem Raum des Fraunhofer-Centers für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML in Hamburg. In der Einrichtung des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML ist ein Schiffsführungssimulator aufgebaut. Die Steuer- und Anzeigeeinstrumente ähneln denen eines Frachters. Der Simulator soll helfen, ein ehrgeiziges Unterfangen voranzutreiben: Beim EU-Projekt MUNIN entwickeln die Fraunhofer-Forscher gemeinsam mit Partnern aus fünf Ländern das Konzept für ein autonomes Schiff – einen Massengutfrachter, der ohne Besatzung über die Weltmeere schippert. Der Beweggrund: »In Europa ist die Seefahrt als Beruf nicht mehr sonderlich beliebt«, sagt Projektkoordinator Burmeister. »Die Branche hat Nachwuchsprobleme.«

Im Ansatz gibt es die Technik für ein autonomes Schiff bereits – auf einer modernen Schiffsbrücke ist vieles automatisiert: Der Autopilot steuert einen vorgegebenen Kurs mit Unterstützung von GPS, eine Tempoautomatik hält die Geschwindigkeit. Radargeräte und Schiffserkennungssysteme suchen die Umgebung ab und schlagen bei Gefahr automatisch Alarm. Zusätzlich soll ein autonomes Schiff mit weiteren Sensoren bestückt werden: Herkömmliche und Infrarot-Kameras sollen die Meeresoberfläche beobachten, um besonders kleinere Fahrzeuge, Treibgut oder Schiffbrüchige zu erkennen.

Operator kann im Notfall per Satellit eingreifen

Als Kern des unbemannten Frachters dient eine zentrale Software. Sie wertet die Daten sämtlicher Sensoren aus und entscheidet zum Beispiel darüber, ob und wie das Schiff seinen Kurs ändert, um Kollisionen zu vermeiden – zum Beispiel mit einem umhertreibenden Container, der von einem anderen Frachter gefallen ist. Völlig unbeaufsichtigt wird das unbemannte Schiff allerdings nicht fahren. Via Satellit soll ein Mensch das Geschehen überwachen und, wenn nötig, eingreifen. »Es sind Situationen denkbar, in denen die autonomen Systeme an Bord überfordert sind«, erläutert Burmeister, »etwa, wenn mehrere Schiffe gleichzeitig auf Kollisionskurs sind oder es zu technischen Ausfällen kommt.« Für diese Fälle steht eine Station an Land bereit, die per Satellitenkommunikation eingreifen und das Schiff fernsteuern kann.

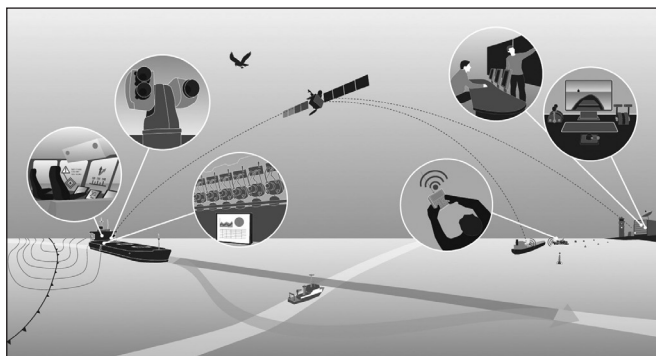
Um zu zeigen, wie dies in der Praxis aussehen könnte, setzt Burmeister seinen Simulator in Gang. Auf dem Bildschirm nähert sich von Backbord ein Containerschiff. Obwohl Burmeisters Frachter Vorfahrt hat, will es einfach nicht ausweichen. Um einen Zusammenstoß zu vermeiden, übernimmt der Forscher die Kontrolle über das autonome

Schiff: »Ich deaktiviere den Autopiloten, leite eine Kursänderung nach Steuerbord ein, reduziere die Geschwindigkeit und warte, bis das andere Schiff vorbeigefahren ist.« Auch beim An- und Ablegen soll der Mensch das Ruder übernehmen. Läuft das Schiff aus dem Hafen aus, ist eine Crew an Bord. Erst wenn der Frachter das offene Meer erreicht, verlässt die Mannschaft per Lotsenboot oder Helikopter das Schiff, die automatische Steuerung übernimmt. Am Ziel läuft es umgekehrt: Rechtzeitig vor der Einfahrt geht eine Mannschaft an Bord, um den Frachter sicher in den Hafen zu steuern.

Im Herbst 2012 startete das MUNIN-Projekt. Da die Anforderungen an ein autonomes Schiff höchst vielfältig sind, tüfteln die Experten an den unterschiedlichsten Detailfragen. So muss gewährleistet sein, dass der Schiffsantrieb auch dann zuverlässig läuft, wenn wochenlang kein Maschinist nach dem Rechten schaut. Bislang sind die Maschinenräume so ausgelegt, dass man sie 24 Stunden unbeaufsichtigt lassen kann. Würde an Bord – verursacht durch einen Kurzschluss – ein Feuer ausbrechen, müssten automatisch Sprinklersysteme anspringen. Kritische Bereiche ließen sich vorsorglich mit CO₂ fluten, damit könnte hier ein Brand gar nicht erst entstehen. Bei schwerem Seegang sollte der Autopilot den Rumpf so drehen, dass ihm die Wellen möglichst wenig zusetzen und generell würde man versuchen, aufziehende Unwettergebiete von vornherein zu umschiffen.

Computersimulation bis 2015 fertig

Im Herbst 2015 soll das EU-Projekt abgeschlossen sein. Das Ziel ist eine Computersimulation, mit der die Experten ihre Ideen virtuell testen und überprüfen können. Danach wäre es denkbar, ein reales Schiff mit Komplet-Automatik auszustatten. »Doch bereits vorher könnte die bemannte Schifffahrt von unseren Resultaten profitieren«, so Burmeister. Denn einzelne Komponenten, an denen die MUNIN-Fachleute tüfteln, wären schon heute auf jeder Schiffsbrücke hilfreich: So würde ein automatisches Ausguck-System die Crew ebenso entlasten wie ein verbessertes Warnsystem für Kollisionen.



Auf einer modernen Schiffsbrücke läuft vieles bereits automatisiert ab. Völlig unbeaufsichtigt sollen aber auch die unbemannten Schiffe der Zukunft nicht fahren. (© MUNIN) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Drahtinspektion – schnell wie Usain Bolt

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2014 || Thema 3

Der Drahtrohling schießt aus dem Ziehstein, der ihn in die gewünschte Form bringt. Bis zu 10 Meter pro Sekunde ist das Werkstück schnell – und kann damit fast mit Weltrekord-Sprinter Usain Bolt mithalten. Bei diesen Geschwindigkeiten war an eine vollständige Inline-Inspektion, der Prüfung des Werkstücks innerhalb der Produktionsabläufe, nicht zu denken – bisher. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg haben diese technologische Lücke jetzt geschlossen. Ihr optisches Inspektionssystem WIRE-AOI kann Defekte bei Bahnwaren in Echtzeit aufspüren. Bahnwaren sind lange Werkstücke wie Rohre, Schienen, Drähte oder Bretter, die bei hohen Fließgeschwindigkeiten gefertigt werden. Das Inspektionssystem erkennt Mikrodefekte, die mit 10 Metern pro Sekunde an ihm vorbeijagen und nicht dicker sind als ein menschliches Haar. Arbeiter sehen die Fehler dann graphisch aufbereitet auf einem Monitor und können die entsprechenden Stücke entfernen. Das System merkt sich den Ort des Defekts und speichert das dazugehörige Kamerabild in einer Datenbank ab. Hersteller von Bahnwaren können so während der Produktion Defekte erkennen, klassifizieren und dokumentieren. Zum Beispiel indem sie auf ihre eigene Fertigung angepasste Schwellwerte für Tiefe, Breite und Länge von Oberflächenfehlern festlegen. Überschreitet das Werkstück diese, schlägt die Software optisch und akustisch Alarm.

10 000 Bilder pro Sekunde

Vier Hochgeschwindigkeitskameras liefern die Bilder der Defekte. Jede einzelne ist in der Lage, 10 000 Bilder pro Sekunde zu schießen und diese in Echtzeit zu verarbeiten. »Nur wenige Modelle für die industrielle Kamerainspektion können diese Anzahl von Bildern überhaupt aufzeichnen, geschweige denn in Echtzeit auswerten«, so Dr. Daniel Carl, Gruppenleiter Inline-Messtechnik am IPM. Voraussetzung für diese Spitzenleistung sind zelluläre neuronale Netze. »Das heißt, jedes Pixel ist selbst ein eigener Rechner. Um diese zu programmieren, benötigt man Spezialwissen über parallele Rechnerarchitekturen, über das wir am IPM verfügen.« Erst die entsprechende Software versetzt das System in die Lage, die von der Kamera geschossenen Bilder zu analysieren.

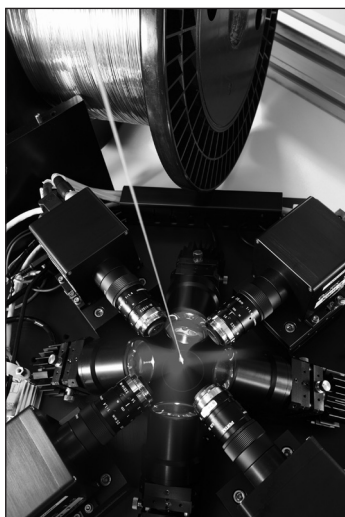
Eine von Carls Forscherteam entwickelte LED-Beleuchtung bringt Schärfe in die Kamerabilder. Ihr Licht strahlt in einer 5 millionstel Sekunde so hell wie 100 Sonnen und blitzt 10 000-mal pro Sekunde. »Das ist wie bei normalen Fotos: Je heller das Licht und je kürzer die Belichtungszeit, desto schärfer sind die Aufnahmen von sich bewegenden Objekten. Das Bild verschwimmt nicht, da sich in so kurzer Zeit im Prinzip nichts bewegt – auch bei Geschwindigkeiten von bis zu 10 Metern pro Sekunde«, so Carl. Das menschliche Auge nimmt diese sehr kurze Belichtungszeit kaum wahr. Das System ist daher trotz der extremen Helligkeit ungefährlich für die Netzhaut. Außerdem wichtig: ein robustes Gehäuse. Denn bei der Fertigung von Bahnwaren geht es ruppig zu. Zum Beispiel bei der Drahtproduktion: Die Rohlinge werden gewalzt oder durch

Ziehsteine gezogen, es kann schmutzig sein oder die Anlage vibriert. Das Inspektionssystem befindet sich mit seinen sensiblen elektronischen und optischen Bauteilen mitten in der Produktionsstraße. »Die Werkstücke wandern förmlich direkt durch es hindurch«, beschreibt Carl.

Kleiner Fehler, große Wirkung

Den Anstoß zur Entwicklung des robusten, sehr schnellen und genauen Inspektionssystems gaben die Kollegen vom benachbarten Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM. »Deren Metier ist die Werkstoffprüfung, unter anderem von Drähten. Es fiel auf, dass diese viele und sehr unterschiedliche Defekte haben können, wenn sie industriell gefertigt werden, dass ein Inline-Inspektionssystem aber bisher fehlte«, sagt Carl, in dessen Gruppe der erste Prototyp entwickelt wurde. Schon kleinste Oberflächenfehler – nicht größer als einige Mikrometer – können unerwünschte Folgen haben: Entweder bereits in der Produktion, wenn die kaputten Drähte weiter verarbeitet werden und die Maschinen zum Stillstand bringen. Oder als Teil des Endprodukts, wenn sie dessen Funktion stören. Ein Beispiel sind fehlerhafte Drahtfedern in Motorventilen, die bis zum Motorschaden führen können.

Das Inspektionsverfahren ist bereits so ausgereift, dass die Wissenschaftler es inzwischen Drahtziehern anbieten. Die Technologie ist bereits seit längerem erfolgreich im Einsatz, mehrere weitere Projekte sind geplant. Wer sich selbst ein Bild machen möchte: Die IPM-Forscher zeigen ihre superschnelle Drahtinspektion auf der wire vom 7. bis 11. April 2014 in Düsseldorf (Halle EN/08), auf der Control vom 6. bis 9. Mai 2014 in Stuttgart (Halle 1, Stand 1502) und auf dem Branchentag Draht am 8. Mai 2014 in Iserlohn.



Beim Drahtinspektionssystem WIRE-AOI liefern vier Kameras zusammen 40 000 ausgewertete Bilder pro Sekunde. So gelingt auch bei sehr schnellen Produktionsabläufen eine 100-prozentige Kontrolle der Drahtoberfläche in Echtzeit. (© Fraunhofer IPM) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Mobile Roboter unterstützen Flugzeugbauer

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2014 || Thema 4

Im Schrittempo fährt der Roboter am Flugzeugrumpf entlang, dabei trägt er gleichmäßig ein Dichtmittel gegen Korrosion auf. Umgeben ist der mobile Helfer von Facharbeitern, die montieren, bohren und prüfen. Noch ist ein solches Szenario Zukunftsmusik, aber schon in wenigen Jahren soll es Realität in den Werften der Luftfahrtindustrie sein: Im EU-Projekt VALERI – kurz für Validation of Advanced, Collaborative Robotics for Industrial Applications – entwickelt ein europäisches Konsortium einen mobilen, autonom arbeitenden Roboter, der eigenständig durch eine Produktionshalle fährt und Seite an Seite mit den Ingenieuren arbeitet. Ersetzen soll er die Fachkräfte nicht, sondern sie bei anstrengenden und monotonen Tätigkeiten entlasten und Inspektionsaufgaben übernehmen. An dem Vorhaben beteiligt sind Airbus DS, FACC AG, IDPSA, Prointec sowie KUKA Laboratories GmbH und Profactor GmbH. Die Leitung des EU-Projekts liegt beim Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg. Es wird mit rund 3,6 Millionen Euro gefördert.

»Bei der Montage von Rumpfelementen müssen große Mengen von Dichtmitteln auf die Nahtstellen aufgetragen werden. Mobile Roboter können diese Arbeit sehr gut übernehmen«, sagt José Saenz, der Projektverantwortliche am IFF und Gesamtkoordinator von VALERI. Stationäre Roboter eignen sich nicht für die Montage von sperrigen, mehrere Meter langen Flugzeugbauteilen, die in einem Zeitraum von bis zu zwei Wochen in einer einzigen Vorrichtung bearbeitet werden. »Beispielsweise sind die Elemente eines Flugzeugrumpfs zu groß, um sie an einen herkömmlichen Produktionsroboter anzupassen. Man kann sie nicht drehen und wenden, damit das System an ihnen arbeiten kann. Also muss es umgekehrt gehen. Der Roboter fährt an die gewünschte Stelle am Flugzeug«, so Saenz. Mobile Systeme sind flexibel, lassen sich an verschiedenen Stationen einsetzen, können sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten vorwärtsbewegen und sind auch in der Lage, Bringdienste auszuführen – beispielsweise könnten sie Werkzeuge aus einem Lager holen.

Berührungsempfindliche Haut verhindert Zusammenstöße

Doch die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine funktioniert nur, wenn Kollisionen ausgeschlossen oder auf ein zulässiges Maß minimiert sind. Der einzelne Arbeiter muss absolut sicher sein in einer Umgebung, in der automatische Assistenten ständig seinen Weg kreuzen. Um hundertprozentige Sicherheit zu gewährleisten, statten Saenz und seine Teamkollegen die mobile Plattform mit Kameras und berührungssensitiven Oberflächen aus, die über eine dämpfende Schicht verfügen. Diese Schichten sind mit Sensoren versehen und lassen sich dem Roboter wie eine künstliche Haut anbringen. Mit dieser Technik – in Kombination mit weiteren optischen Sensoren – werden unbeabsichtigte Zusammenstöße rechtzeitig bemerkt und vermieden. Sollte es doch einmal zum Kontakt kommen, stoppt der Roboter oder wird in eine andere Richtung gelenkt.

Der mobile Kollege basiert auf einem Roboter von KUKA, dem »omniRob«. Auf einer fahrbaren Plattform befindet sich ein mehrgliedriger Greifarm, Experten nennen ihn Manipulator. Das komplette System verfügt über zwölf Freiheitsgrade, das heißt, es kann sich nicht nur vorwärts, rückwärts, nach oben und unten, sondern auch seitwärts bewegen und drehen. »Das Besondere an unserem Prototypen ist die überlagerte Bewegung. Während die Plattform fährt, bewegt sich der Manipulator zeitgleich. Ein derartiges System mit einem so großen Aktionsradius gibt es bislang noch nicht«, erläutert Saenz.

Erste Testfahrt Ende des Jahres

Bereits Ende dieses Jahres soll der Prototyp unter Laborbedingungen seine erste Fahrt aufnehmen. Für Oktober 2015 sind dann Tests unter realen Bedingungen anberaumt: In einer Pilotanlage von Airbus DS muss sich der mobile Assistent autonom bewegen, reale Flugzeugelemente erkennen und Aufgaben lösen, ohne dabei Menschen zu gefährden. »Die mobilen Roboter werden die Produktionsprozesse in der Luftfahrtindustrie nachhaltig verändern, indem sie Herstellungsabläufe beschleunigen und flexibilisieren und die Fachleute von lästigen Aufgaben befreien. Mit ihnen nähern wir uns ein Stück weit der Fabrik der Zukunft«, sagt Saenz. Auch in anderen Branchen, etwa der Schifffahrt oder beim Bau von Rotorblättern, sind die mobilen Helfer eine gute Lösung.



Der neue Helfer für die Luftfahrtindustrie basiert auf »omniRob«, einem mobilen Roboter von KUKA. (© KUKA) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Lebende Zellen eindeutig und schnell analysieren

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2014 || Thema 5

Das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart kann mit Hilfe der Raman-Spektroskopie lebende Zellen schnell und eindeutig analysieren. Das nicht-invasive optische Verfahren, das unterschiedliche Materialien an ihrem molekularen Fingerabdruck erkennt, wird bislang vor allem zur Qualitätskontrolle von Medikamenten und pharmazeutischen Substanzen eingesetzt. Durch die Forschungsarbeiten des IGB können nun auch Biologen und Biomediziner diese Technologie nutzen. Sie eignet sich, um lebende Zellen zu untersuchen, ohne in diese eingreifen oder diese – zum Beispiel durch Farbmarker – verändern zu müssen. Um Stammzellen zu charakterisieren oder Gewebeveränderungen zu identifizieren, die von Tumoren, Entzündungen, Pilzen oder Bakterien verursacht werden, reicht es nun aus, das Raman-Spektrum – ein spezielles, aussagekräftiges Energiespektrum – der einzelnen Zellen zu ermitteln.

»Durch gemeinsame Projekte mit Universitäten, mit Industriepartnern und dem Land Baden-Württemberg hat sich das IGB hier in den letzten Jahren ein umfangreiches Know-how aufgebaut und die Technologie von der Grundlagenforschung zur Industriereife gebracht. Mittlerweile können wir nicht nur einzelne Zellen, sondern ganze Gewebestrukturen und Organe auf diese Weise untersuchen. Jetzt wollen wir die Technologie weiter verfeinern und noch mehr Anwendungen erschließen«, sagt Prof. Dr. Katja Schenke-Layland vom IGB.

Unverwechselbares Raman-Spektrum

Die Zellbiologen des IGB nutzen ein speziell entwickeltes Raman-Spektroskop, das sie zusammen mit den Physikern des Fraunhofer-Instituts für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg konstruiert haben. Das Gerät ist handlich und kann flexibel für unterschiedlichste wissenschaftliche Fragestellungen genutzt werden. Die ermittelten Spektren sammeln die Wissenschaftler in einer Datenbank. »Jede Zelle hat ein individuelles unverwechselbares Raman-Spektrum. Ärzte können Zellproben ihrer Patienten mit unserer Datenbank abgleichen und schneller diagnostizieren«, sagt Schenke-Layland. Die Technologie ist bereits bei Industriepartnern im praktischen Einsatz. Derzeit arbeiten die Wissenschaftler an einem Schnelltest zur Krebsdiagnose. »Mit mobilen Raman-Spektroskopen könnten Ärzte während der Operation eindeutig sagen, ob der Patient Krebs hat oder nicht. Einfach indem sie die Zellprobe mit der Datenbank abgleichen«, so Schenke-Layland.

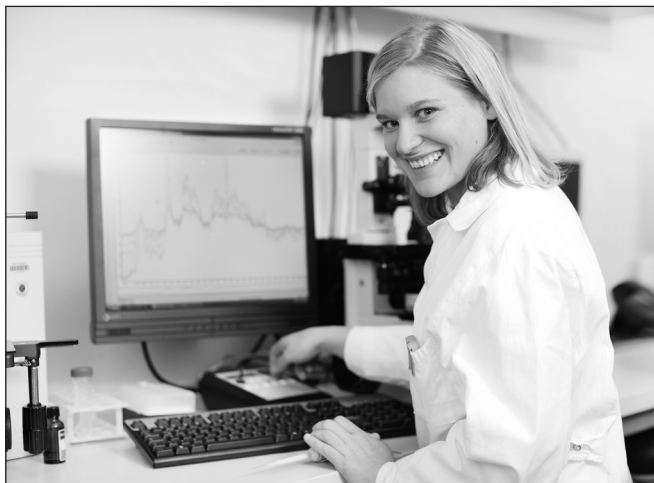
Noch ist die Krebsdiagnose kompliziert und langwierig: Nach der Entnahme der Gewebebiopsie muss diese erst für die weitere Untersuchung präpariert werden – zum Beispiel durch entsprechendes Zuschneiden oder Färben, um Biomarker zu kennzeichnen. »Dies erfordert aber immer, in die Probe einzugreifen und diese möglicherweise zu manipulieren«, so Schenke-Layland. Die Probe wird dann an einen Pathologen weitergereicht, der analysiert, ob das Gewebe bösartige oder gutartige Zellen enthält. Diese

Methode ist fehleranfällig und kann im schlechtesten Fall dazu führen, dass die Probe am Ende für andere Methoden unbrauchbar ist. »Mit dem softwarebasierten Abgleich über unsere Datenbank werden menschliche Fehler minimiert«, so Schenke-Layland.

Einsatz bei Krebsdiagnose und regenerativer Medizin

Für die nicht-invasive optische Technologie gibt es zahlreiche weitere Anwendungen – insbesondere bei der regenerativen Medizin. Dort soll künstlich hergestelltes Gewebe kranke Zellen bei Patienten ersetzen, beziehungsweise helfen, dieses zu heilen. Dafür müssen gewebespezifische Zellen, beispielsweise aus Knochenmark entnommenen Stammzellen, gewonnen werden. Da Knochenmark jedoch aus sehr unterschiedlichen Zellen besteht, ist es kompliziert, adulte Stammzellen von gewöhnlichen Gewebezellen zu unterscheiden. Außerdem müssen die Stammzellen sauber identifiziert und getrennt werden. Geschieht das nicht, mischen sich andere Zelltypen in das gezüchtete Implantat und es besteht die Gefahr, dass der Körper nicht wie gewünscht darauf reagiert, im schlimmsten Fall sogar Tumore bildet.

Die Raman-Spektroskopie ist ein Verfahren, um verschiedene Materialien eindeutig zu identifizieren und voneinander zu unterscheiden. Sie beruht auf der Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung und Materie. Strahlt man diese mit Licht einer zuvor genau definierten Frequenz an, reagieren einige der Photonen des Lichts mit den Molekülen der Materie und verschieben dadurch ihr eigenes Energiespektrum. Diese Frequenzverschiebung, oder inelastische Lichtstreuung, zeichnen Raman-Spektroskope mit Hilfe eines Lasers auf. Der Effekt ist nach dem indischen Physiker C.V. Raman benannt, der für seine Arbeiten 1930 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet wurde. Die Verschiebungen unterscheiden sich je nach Material und geben diesem jeweils einen unverwechselbaren spektralen Fingerabdruck.



**Das optische Analyse-
system des IGB: Die vom
Raman-Spektroskop (rechts im
Hintergrund) aufgezeichneten
Spektren werden auf einem
Bildschirm graphisch darge-
stellt. Mit der kleinen Box
steuert die Wissenschaftlerin
den Laser. (© Fraunhofer IGB)
| Bild in Farbe und Druckquali-
tät: www.fraunhofer.de/presse**

Umwelthormone – kleine Mengen mit großer Wirkung

Man kann sie nicht sehen, riechen oder schmecken – dennoch sind Umwelthormone Bestandteile vieler Materialien und Produkte. Sie finden sich beispielsweise in Farben, Pflanzenschutzmitteln, Kosmetika, Kunststoffen und in Pharmazeutika. Umwelthormone sind Moleküle, die sich wie Hormone verhalten, weil sie diesen in ihrer Struktur ähneln. Man vermutet, dass die Substanzen, die über die Luft, die Haut, Lebensmittel und Medikamente in den Organismus gelangen, das Fortpflanzungssystem des Menschen beeinflussen und beispielsweise eine sinkende Spermienqualität und damit eine abnehmende Fruchtbarkeit bewirken. Die Tierwelt ist ebenfalls betroffen: Neben anderen Faktoren werden die Umwelthormone für den Rückgang von Fischpopulationen verantwortlich gemacht.

Lebenszyklusstudie mit Süßwasserfisch

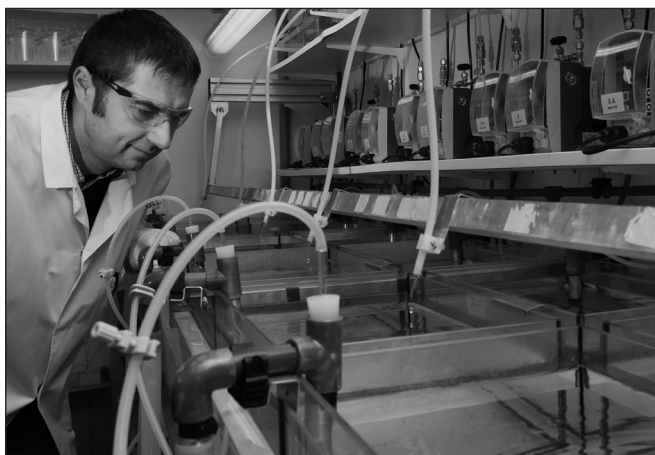
Ob die Bestände von Fischen und Amphibien tatsächlich durch eine mögliche Belastung von Gewässern mit hormonaktiven Substanzen bedroht werden, diskutieren Experten und Wissenschaftler seit über zwei Jahrzehnten kontrovers, denn tatsächlich sind die Wirkungen der Umwelthormone nur unzureichend geklärt. Licht ins Dunkel wollen Forscher des Fraunhofer-Instituts für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME in Schmallenberg bringen. Um die Auswirkungen von hormonaktiven Substanzen auf Fische zu untersuchen, haben die Wissenschaftler Lebenszyklusstudien mit dem Zebraäbrbling, einem Süßwasserfisch, etabliert und stetig weiterentwickelt. »Mit dem Lebenszyklustest können wir in einem überschaubaren Zeitrahmen alle relevanten Leistungen eines Fischlebens abbilden«, sagt Matthias Teigeler, Ingenieur in der Abteilung Ökotoxikologie am IME. »Dazu gehören das Wachstum, die Embryonal- und insbesondere die Sexualentwicklung sowie die Reproduktionsfähigkeit der Tiere. Das sind alles Faktoren, die empfindlich gegenüber hormonaktiven Substanzen reagieren.«

In einer Durchflussanlage werden Fischgruppen gleicher Größe potenziell hormonaktiven Substanzen ausgesetzt, die in verschiedenen Konzentrationen dosiert werden. Eine Kontrollgruppe, in der die Fische in unbelastetem Wasser gehalten werden, dient zum Vergleich, um mögliche Auswirkungen auf die exponierten Tiere erkennen zu können. »Ein Lebenszyklustest beginnt mit dem Einsatz von befruchteten Eiern, die von unbelasteten Elterntieren gewonnen werden. Nach drei Tagen schlüpfen die Fischembryos. Wir bestimmen die Anzahl der überlebenden Tiere und messen die Körperlänge am Computer. Nach etwa drei Monaten sind die Tiere soweit gereift, dass sie sich fortpflanzen können. Die Reproduktionsfähigkeit lässt sich sehr gut über die Anzahl der gelegten Eier belegen. In der Laichphase entnehmen wir täglich Eier aus den Testbecken und zählen sie. Da sie durchsichtig sind, kann man untersuchen, ob sie befruchtet wurden oder nicht«, erläutert Teigeler.

Tatsächlich konnten die Forscher nachweisen, dass Zebrabärblinge unter der Zugabe von sehr kleinen Konzentrationen von Ethinylestradiol, einem synthetischen Östrogen, das Bestandteil der Antibabypille ist, nicht mehr fähig waren, sich fortzupflanzen – Balz und Eiablage blieben aus. Negative Wirkungen beobachteten sie auch bei weiteren Prüfsubstanzen: So führten Tests mit dem synthetischen Sexualhormon Trenbolon zu einer Vermännlichung der Tiere. Das Geschlechterverhältnis verschob sich eindeutig, 100 Prozent der Fische entwickelten nach Zugabe der Prüfsubstanz ein männliches Geschlecht. Dies konnte auch für Aromatasehemmer beobachtet werden, die als Antipilzmittel im Pflanzenschutz eingesetzt werden. Zum Vergleich: In der unbelasteten Kontrollgruppe würden die Forscher ein Geschlechterverhältnis von 50 Prozent Männchen zu 50 Prozent Weibchen erwarten. »Einige bekannte Substanzen beeinflussen das Hormonsystem negativ. Für den Rückgang von Fischarten werden neben den hormonaktiven Substanzen aber auch weitere Faktoren wie schlechte Gewässerstruktur und der Klimawandel diskutiert«, sagt Teigeler.

Verschärfte Zulassungsanforderungen für Pflanzenschutzmittel und Co.

Hersteller von Pflanzenschutzmitteln sehen sich inzwischen mit einem Verbot konfrontiert, wenn sich herausstellt, dass ein Wirkstoff das hormonelle System von Mensch und Tier nachhaltig stört. Inzwischen muss auch die Pharmaindustrie Daten zur Wirkung von hormonartigen Substanzen in Gewässern erheben, wenn sie in Europa ein neues Präparat auf den Markt bringen will. Das Testsystem des Fraunhofer IME genießt sowohl in der Industrie als auch bei den Zulassungsbehörden hohe Akzeptanz. Darüber hinaus unterstützen die IME-Forscher mit ihrer Expertise beim Durchführen von Lebenszyklustests, ihren Studien und Testergebnissen die Gremien der OECD, der EU und ihrer Mitgliedstaaten, die Fischtest-Richtlinien entwickeln und Testergebnisse bewerten müssen. Sie helfen, Antworten auf die Fragen zur Problematik hormonaktiver Substanzen in der Umwelt zu finden.



Durchflussanlage am Fraunhofer IME. Jedes Testbecken kann sowohl erwachsene Tiere als auch die Larvenstadien aufnehmen.

(© Fraunhofer IME) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME

Auf dem Aberg 1 | 57392 Schmallenberg | www.ime.fraunhofer.de

Kontakt: Matthias Teigeler | Telefon +49 2972 302-163 | matthias.teigeler@ime.fraunhofer.de

Presse: Brigitte Peine | Telefon +49 2972 302-204 | brigitte.peine@ime.fraunhofer.de

Kleinste Mikrochips, die nicht ins Schwitzen kommen

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2014 || Thema 7

In den Tiefen unseres Planeten schlummert ein riesiger Schatz: Temperaturen von bis zu 7000 Grad Celsius vermutet man im Erdkern – in einer Tiefe von 4 bis 6 Kilometern ist es immer noch 150 bis über 200 Grad heiß. Diese gigantischen Wärmereserven lassen sich mittels der Geothermie als regenerative Energiequelle nutzen. Die Bohrköpfe und Sonden, die dabei zum Einsatz kommen, sind Hightech-Maschinen: Für ihre Expedition ins Erdinnere sind sie mit diversen Sensoren und Steuerungsmechanismen ausgestattet. Auf diese Weise können sie sehr exakt gesteuert werden oder selbstständig die Umgebungsparameter vor Ort analysieren und so beispielsweise geeignete – also besonders warme – Bereiche für die Förderung ausfindig machen. Einen Haken hat die Sache jedoch: Bei Temperaturen von über 200 Grad Celsius stoßen die Mikrochips an ihre Belastungsgrenze.

Temperaturen von mehreren hundert Grad Celsius aushalten

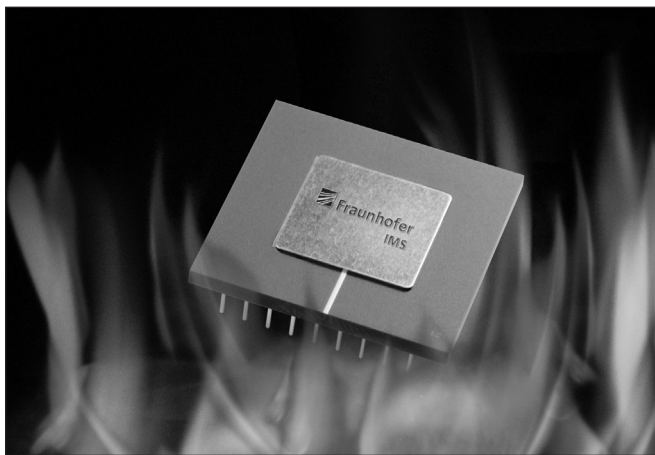
Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS haben jetzt einen neuartigen Hochtemperaturprozess entwickelt. »Damit wird es möglich, äußerst kompakte Mikrochips zu realisieren, die auch bei Temperaturen von bis zu 300 Grad Celsius einwandfrei funktionieren«, so Holger Kappert, Leiter Hochtemperaturelektronik am Fraunhofer IMS. Zwar halten vereinzelt auch herkömmliche Halbleiter-Chips (CMOS) Temperaturen bis zu 250 Grad Celsius aus – allerdings nehmen Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit rapide ab. Oftmals müssen Unternehmen nach dem Trial-und-Error-Prinzip eine ganze Reihe von Standard-Chips testen, bis sie ein annehmbares Ergebnis erhalten – ein mühseliges Unterfangen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die hitzeempfindliche Mikroelektronik permanent zu kühlen, was jedoch kaum bzw. nur mit großem Zusatzaufwand zu realisieren ist. Auch spezielle Hochtemperaturchips gibt es schon am Markt – diese sind mit Strukturgrößen von rund einem Mikrometer aber sehr groß. »Derzeitige Lösungen sind immer mit gewissen Abstrichen verbunden: Entweder haben sie verhältnismäßig große Bauteile, oder sie müssen mit eingeschränkter Leistung leben«, resümiert Kappert.

Anders dagegen die Mikrochips aus dem IMS: Mit einer Strukturgröße von 0,35 µm sind sie deutlich kleiner als die heute verfügbaren Hochtemperaturchips. Der Vorteil solch komplexer Strukturen lässt sich mit der Formel »mehr Funktion auf weniger Fläche« zusammenfassen. Das ist die Voraussetzung, um die Chips leistungsfähiger oder auch intelligenter zu machen. Um die hitzetoleranten Mini-Chips zu realisieren, nutzen die Duisburger Forscher einen speziellen Hochtemperatur SOI CMOS Prozess: »SOI steht für Silicon-on-Insulator – das bedeutet, wir führen eine Schicht ein, die die Transistoren im Chip gegeneinander isoliert«, erklärt Kappert. Diese Isolierung verhindert, dass auftretende Leckströme die Funktionalität des Chips beeinträchtigen. Leckströme sind elektrische Ströme, die abseits der vorgesehenen Wege fließen. Sie werden insbesondere durch erhöhte Temperaturen verursacht, bzw. verstärkt. Darüber hinaus

verwenden die Forscher für ihre Chips eine Wolfram-Metallisierung, die temperaturunempfindlicher als das üblicherweise eingesetzte Aluminium ist. Das erhöht die Lebensdauer der Hochtemperaturchips.

Umweltfreundlicheres Fliegen

Die Förderung von Erdwärme, Gas oder Öl ist nicht das einzige potenzielle Einsatzgebiet: Auch in der Luftfahrt könnten die Mikrochips gute Dienste leisten – etwa, wenn es darum geht, Sensorik möglichst nahe an den Triebwerksturbinen zu positionieren, um Betriebszustände beobachten zu können. Hierdurch könnte die Turbine zuverlässiger und effizienter betrieben werden, um Kerosin einzusparen und so das Fliegen umweltfreundlicher zu machen. Erste Feldtests mit den neuen Chips sind positiv verlaufen. Im Laufe des Jahres wollen die Forscher den Prozess als Service anbieten.



Bleiben auch bei 300 Grad noch »cool«: die besonders kompakten Mikrochips des Fraunhofer IMS.
(© Fraunhofer IMS) | Bild in Farbe und Druckqualität:
www.fraunhofer.de/presse

Leistungsstärkere Kunststoffe – im Kilo-Maßstab entwickelt

Kunststoffe begleiten uns auf Schritt und Tritt, sei es im Auto, im Supermarkt oder im Kinderzimmer. Damit sie die Eigenschaften haben, die wir an ihnen schätzen, benötigen sie Additive: Stabilisatoren beispielsweise schützen die Polymere vor frühzeitigem Versagen und UV-Licht. Flammschutzzusätze sorgen dafür, dass Kunststoffe einen eventuellen Brand nicht weiter anfachen. Am Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt entwickeln Forscher unterschiedliche Additive. Beispielsweise sollen sie das Material besser, leistungsstärker und widerstandsfähiger machen als bisher. Weitere Zusätze sollen es besser an Metallen haften lassen, etwa bei Leichtbauteilen.

Üblicherweise arbeiten die Chemiker dazu erst einmal mit wenigen, maximal aber mit hundert Gramm der Additive. Welche Eigenschaften diese haben, können die Forscher mit den kleinen Labor-Mengen bereits grob ermitteln. Genauere Aussagen lassen sich allerdings nicht treffen: Denn die Kunststoffe, denen die Additive im kleinen Maßstab hinzugefügt wurden, haben oftmals andere Eigenschaften als solche, die in größeren Mengen produziert wurden. Die Wissenschaftler haben daher ein Kilo-Labor eingerichtet. In diesem testen sie, wie sie den Herstellungsprozess auf einen größeren Maßstab übertragen können und wie sich die neuen Additive verhalten. So sind die Wissenschaftler in der Lage, ihren Kunden exakt zu sagen, welche Eigenschaften die neu entwickelten Additive den Kunststoffen verleihen, wenn sie unter industrienahen Bedingungen eingearbeitet werden.

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Bartningstr. 47 | 64289 Darmstadt | www.lbf.fraunhofer.de

Kontakt: Dr. Roland Klein | Telefon +49 6151 705-8611 | roland.klein@lbf.fraunhofer.de

Presse: Anke Zeidler-Finsel | Telefon +49 6151 705-268 | anke.zeidler-finsel@lbf.fraunhofer.de

Routenspezifische Belastungsanalyse für Fahrzeuge

Ein Fahrzeug wird auf einer kurvigen Gebirgsroute oder durch rauen, unebenen Straßenbelag stärker beansprucht und verbraucht mehr Sprit als auf der gleichen Strecke in der Ebene auf einer gut ausgebauten Straße. Zusätzlich beeinflussen Umweltbedingungen wie Hitze, Kälte oder Niederschläge die Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Fahrzeugbauteilen.

Mit seiner »Virtual Measurement Campaign« (VMC) unterstützt das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern Hersteller von Pkw und Nutzfahrzeugen dabei, solche Belastungsfaktoren in die Fahrzeugentwicklung einfließen zu lassen. Die Forscher haben dazu eine umfassende Datenbank aufgebaut. Diese gibt einen Überblick über das weltweite Straßenverkehrsnetz und liefert zusätzlich Informationen über die jeweils spezifische Routencharakteristik. Möchte ein Automobil-

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2014 || Kurzmeldungen

hersteller etwa einen neuen Markt erschließen, kann er sich anhand der Daten ein differenziertes Bild über die Bedingungen vor Ort machen. Mithilfe einer am ITWM entwickelten Software, die diese Daten in mathematische Algorithmen »übersetzt«, lässt sich der Einfluss verschiedener Parameter auf einzelne Fahrzeugkomponenten analysieren.

Virtuelle Messkampagnen können zudem reale Fahrzeug-Straßentests sinnvoll ergänzen: Sie ermöglichen eine zielgerichtetere Streckenplanung und liefern schon im Vorfeld Daten über die zu erwartende Belastung. Dadurch lassen sich Dauer und Umfang der aufwändigen Feldtests reduzieren. Das VMC-Konzept stellen die Forscher von 7. bis 11. April auf der Hannover Messe Digital Factory am Fraunhofer-Gemeinschaftsstand vor (Halle 7, Stand B.10).

Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM

Fraunhofer-Platz 1 | 67663 Kaiserslautern | www.itwm.fraunhofer.de

Kontakt: Dr. Michael Speckert | Telefon +49 631-31600-4565 | michael.speckert@itwm.fraunhofer.de

Presse: Ilka Blauth | Telefon +49 631-31600-4674 | ilka.blauth@itwm.fraunhofer.de

Nanostrukturen – auch auf gekrümmten Oberflächen

Putzen ade, der Schmutz rutscht kurzerhand selbst von der Oberfläche – man spricht dabei vom Lotus-Effekt. Möglich machen dies Nanostrukturen. Sie können Oberflächen zudem vor dem Beschlagen schützen oder Legofiguren auch ohne Farbe Gesichter verleihen. Kunststoffe mit solchen nur etwa 100 Nanometer großen Strukturen lassen sich im Spritzgießverfahren in großer Stückzahl kostengünstig herstellen. Dabei dient ein metallischer Formeinsatz als Negativ. In diesen wird der flüssige Kunststoff hineingespritzt, kühlt aus und nimmt dabei die vorgegebene Form an. Einziger Wermutstropfen: Nanostrukturen kann man bisher nur auf ebenen Bauteilen herstellen. Auf geschwungenen Teilen wie Köpfen von Legofiguren ist bei etwa 100 Mikrometern Schluss.

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen wollen dies im EU-Projekt »Plast4Future« unter der Koordination der Technischen Universität Dänemark ändern. Sie entwickeln ein neues Lithographie-Verfahren, mit dem sie beliebige Nanostrukturen in die Metallform einbringen können – und zwar auch dann, wenn diese gebogen ist. An ebenen Flächen haben die Forscher ihr Verfahren bereits erfolgreich getestet. Nun übertragen sie ihre Erkenntnisse auf beliebig geformte Gegenstände. In etwa zwei Jahren, so hoffen die Wissenschaftler, könnte die Prozesskette in die industrielle Anwendung kommen.

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Steinbachstraße 17 | 52074 Aachen | www.ipt.fraunhofer.de

Kontakt: Bernd Meiers | Telefon +49 241 8904-304 | bernd.meiers@ipt.fraunhofer.de

Presse: Susanne Krause | Telefon +49 241 8904-180 | susanne.krause@ipt.fraunhofer.de
