

FORSCHUNG KOMPAKT

11 | 2014 ||

1 Elektroautos ohne Fahrer

E-Mobile parken künftig eigenständig und finden auch ohne Fahrer die nächste Ladestation. Forscher arbeiten am Elektrowagen, der Kurzstrecken autonom zurücklegt. Auf Basis kostengünstiger Sensoren entwickeln sie ein dynamisches Modell, das die Umgebungssituation erfasst.

2 Lecks in Biogasanlagen per Laser aufspüren

Biogasanlagen zu warten ist anspruchsvoll. Besonders problematisch sind Lecks, aus denen Methan austritt – sowohl sicherheitstechnisch, wirtschaftlich als auch aus Sicht des Klimaschutzes. Forscher arbeiten an einer Technik, die hilft, Lecks besser aufzuspüren. Ein Laser entdeckt dabei die undichten Stellen aus mehreren Metern Entfernung.

3 Weniger Operationen durch abbaubare Implantate

Bislang verwenden Mediziner bei Knochenbrüchen Implantate aus Stahl und Titan, die nach der Heilung operativ entfernt werden müssen. Um Patienten belastende Eingriffe zu ersparen, arbeiten Forscher jetzt an Knochenersatz, der sich vollständig im Körper abbaut. Dabei setzen sie auf Materialkombinationen aus Metall und Keramik.

4 Vorsorgeuntersuchungen für Industriemaschinen

Die Industrie 4.0 verspricht Maschinen, die durch eingebaute IT intelligent sind und mitdenken. Dem Szenario sich selbst instand haltender Anlagen sind Forscher jetzt näher gekommen. Im Projekt iMAIN ist eine Technologie entstanden, die es erlaubt, Maschinen in bisher unbekannter Qualität und in Echtzeit am Rechner zu überwachen.

5 Leichtbauteile variabel verkleben

Neue Materialien machen Autos, Flugzeuge und Co. leichter. Das Problem: Viele dieser Werkstoffe lassen sich nicht schweißen. Doch es gibt eine alternative Füge-technik. Gradientenklebstoffe halten Füge-teile über die gesamte Betriebsdauer sehr gut zusammen. Zudem sind sie besonders crashresistent.

6 Schutzschicht gegen Hitze und Oxidation

Forscher entwickelten ein Beschichtungsverfahren, mit dem sie Bauteile in Turbinen, Triebwerken und Müllverbrennungsanlagen vor Oxidation und Hitze schützen wollen. Winzige Aluminiumoxidkugeln übernehmen dabei die Wärmedämmung. Im Labor funktioniert ihre Technologie bereits wirtschaftlicher als konventionelle Verfahren.

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 etwa 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 | Kommunikation | HansasträÙe 27c | 80686 München | Telefon +49 89 1205-1302 | presse@zv.fraunhofer.de | Redaktion: Beate Koch, Britta Widmann, Tobias Steinhäuber | 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.

Elektroautos ohne Fahrer

FORSCHUNG KOMPAKT

11 | 2014 || Thema 1

Wer vor zwanzig Jahren seinen Führerschein gemacht hat und sich heute erstmals wieder in ein Auto setzt, reibt sich verwundert die Augen. Elektronische Helfer warnen beim Einparken vor einer Kollision und halten im Stau den nötigen Abstand zum vorausfahrenden Wagen. Es gibt Spurhalte-, Seitenwind-, Totwinkel- und Fernlicht-Assistenten, vom Antiblockiersystem ganz zu schweigen. Das Auto übernimmt Schritt für Schritt das Kommando im Cockpit. Forscher am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sind noch einen Schritt weiter: Sie widmen sich dem automatisierten Fahren und arbeiten an den Fahrzeugen von übermorgen, die ohne menschliche Hilfe durch den Verkehr finden. Dabei nehmen die Stuttgarter Techniker vor allem Elektroautos in den Blick.

Das Spezialgebiet der Forscher am IPA ist die Entwicklung von Robotern. Im Institutsgebäude steht ein Exemplar, das auf seinen vier Rädern selbstständig durch unbekanntes Terrain findet. Die Herausforderungen, die dabei zu meistern sind, ähneln denen beim automatisierten Fahren. Auch hier müssen Sensoren die Umgebung erkennen, damit das Gefährt Hindernisse umschifft und sein Ziel findet. Warum die erworbenen Erfahrungen nicht für das Auto nutzen, sagten sich die Stuttgarter. Ein interdisziplinäres Team aus Informatikern, Mathematikern, Elektrotechnikern und Mechatronikern hat deshalb vor anderthalb Jahren das Projekt AFKAR (Autonomes Fahren und intelligentes Karosseriekonzept für ein All-ElectRic Vehicle) ins Leben gerufen.

In einem ersten Schritt soll das Elektroauto lernen, eine Parklücke zu finden und ohne Schramme einzuparken. Dahinter steckt die Idee, dass der Wagen in der Lage sein soll, sich ohne menschliche Hilfe mit Strom zu versorgen. Das wäre vor allem für das Car-sharing wichtig. Folgendes Szenario ist denkbar: Der Fahrer stellt den Wagen in einem entsprechend ausgerüsteten Parkhaus einfach auf einen beliebigen freien Stellplatz. Alles Weitere erledigt das Auto selbst. Es kommuniziert über eine drahtlose Schnittstelle mit der Ladestation und dem Parkhaus-Management. Dabei teilt es Informationen über seinen Ladestand und seinen Standort mit. Ist der Akku leer und eine Stromtankstelle frei, rangiert es in die entsprechende Parkbucht und wird induktiv, ohne Kabel, aufgeladen. Dann macht es Platz für das nächste Elektroauto und rollt auf eine freie Parkfläche. So ließen sich die wenigen vorhandenen Ladeplätze effektiv nutzen.

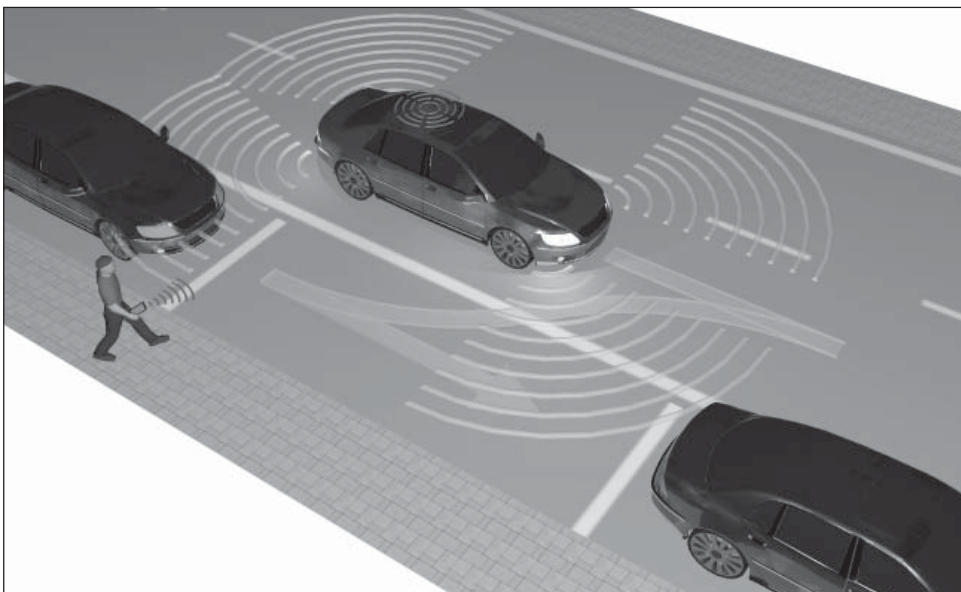
Notwendige Technik ist verfügbar

»Die nötige Technologie für dieses Szenario ist heute schon verfügbar«, sagt AFKAR-Projektleiter Benjamin Maidel. Er verweist auf die Roboter des Instituts, die sich in einer bekannten Umgebung wie einer Fabrikhalle problemlos zurechtfinden. Der Aufwand, ein Auto entsprechend umzubauen, ist nicht groß. Viele moderne Wagen verfügen bereits über die meisten Sensoren, die dafür nötig sind. Man muss die Daten, die diese Geräte sammeln, nur zusammenführen und entsprechend interpretieren, sodass sie ein

Bild der Umgebung ergeben. Die Fraunhofer-Experten entwickeln derzeit mithilfe von aufwendigen Simulationsprogrammen die nötige Technologie. In Kürze wollen sie an einem Demonstrationsfahrzeug die Ergebnisse in der Praxis testen.

Schwieriger wird es, wenn sich ein Auto autonom im Straßenverkehr bewegen soll. Das erfordert Sensoren, die Hunderte Meter weit vorausschauen können, und eine Software, die auf alle unvorhergesehenen Ereignisse reagieren kann, sei es eine Baustelle, ein Gewitterregen oder eine geschlossene Schneedecke. Maidel und sein Team setzen dabei auf Kamera, Ultraschall, Radar und auf Laserscanner, die die Umgebung bis auf eine Entfernung von 200 bis 300 Metern erfassen.

Die AFKAR-Gruppe wird mit ihrem Versuchswagen zunächst auf ein abgesperrtes Testgelände gehen. Für öffentliche Straßen ist eine Sondergenehmigung nötig. »Ob sich das autonome Fahren durchsetzt, entscheidet neben dem Preis auch die Akzeptanz der Kunden sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen. Beispielsweise muss auch die Haftung bei Unfällen neu geregelt werden. Wahrscheinlich wird die Technologie schrittweise den Markt erobern«, so Maidel. Die Vorteile liegen – gerade für Carsharing-Fahrzeuge – auf der Hand. Jeder Kunde könnte mit seinem Smartphone einen Wagen rufen, der dann zum gewünschten Ort fährt. Car-Sharing-Unternehmen könnten ihre Flotten besser auslasten als heute.



Autonomes Fahrzeug im Carsharing-Betrieb: Nachdem der Mieter das Auto angefordert hat, navigiert es selbstständig zum Abholbereich. (© Fraunhofer IPA) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Lecks in Biogasanlagen per Laser aufspüren

FORSCHUNG KOMPAKT

11 | 2014 || Thema 2

Fast 8000 Biogasanlagen existieren heute in Deutschland. Sie nutzen aus Biomasse gewonnenes Gas, um elektrischen Strom und Wärme zu erzeugen. 2013 haben die Betreiber insgesamt 26,42 Terrawattstunden (TWh) Strom produziert. Das entspricht etwa 17 Prozent der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien. In Deutschland werden so mittlerweile 7,5 Millionen Haushalte mit Strom versorgt. Die Anforderungen für den Betrieb und die Instandhaltung der Gasanlagen sind hoch. Besonders problematisch sind Leckagen. Schon kleine undichte Stellen an den Verbindungsstücken der Gasleitungen oder Fermenter können Folgen haben: Durch ausströmendes Methan drohen Brände, wirtschaftlicher Schaden und eine Verschlechterung der Klimabilanz des erzeugten Stroms.

Noch fehlt eine Technologie, die es Betreibern erlaubt, Lecks an allen Anlagenteilen schnell, günstig und sicher aufzuspüren. In einem vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Projekt haben sich Forscher und ein Messtechnikhersteller jetzt diesem Problem angenommen. Innerhalb von eineinhalb Jahren entwickelten die Experten einen Demonstrator, der aus Lecks entweichendes Bio- oder Erdgas berührungslos via Laser entdeckt. Schneller und genauer, als das bisher möglich war. Beteiligt waren das Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg, das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen sowie die Schütz GmbH Messtechnik aus Lahr.

Methan eindeutig identifiziert

Die am Fraunhofer IPM entwickelte Technologie basiert auf der optischen Emissions- und Rückstreuungsspektroskopie. Dabei nimmt austretendes Methan das Licht eines starken Laserstrahls auf. Gleichzeitig strahlt das Gas einen Teil des Lichts wieder ab. Die Wissenschaftler analysieren diesen Anteil und ermitteln aus dem Absorptionsspektrum der austretenden Substanz die Gaskonzentration. Da das Gasspektrum eindeutig ist, wird sehr selektiv nur Methan gemessen und keine anderen Gase. Die Technik findet in einem kastenförmigen Demonstrator Platz. Er steht auf einem dreifüßigen Stativ und ist auf das zu untersuchende Anlagenteil gerichtet. Der optische Teil des Messsystems umfasst den Laser, den Detektor, die Kamera und den Entfernungsmesser. Ein angeschlossener Tablet-PC sammelt die Daten und wertet sie aus. Auf dem Bildschirm sind die graphisch aufbereiteten Informationen zum ausströmenden Methan und die exakte Position des Lecks zu sehen. Messungen aus maximal 15 Metern Entfernung sind möglich.

Mit dem System können die Forscher besonders genau messen: Sie passten die Wellenlänge des Lasers optimal an. Eine übliche Flanschgröße der Verbindungsstücke von etwa 15 Zentimetern ist mit drei bis vier Messgängen vermessen. Zusätzlich erkennt die Technologie zu hohe Gaskonzentrationen in Räumen und wann diese für den Men-

schen gefährlich sind. Die Forscher berechnen die Konzentration mit Hilfe der Daten des eingebauten Entfernungsmessers. Der Betreiber weiß damit auch, wieviel Gas bereits ausgetreten ist. Das ist ein weiteres Alleinstellungsmerkmal des neuen Systems.

Mit der Marktreife der Technologie rechnet Dr. Johannes Herbst, Messtechnikexperte vom Fraunhofer IPM, in den nächsten drei bis fünf Jahren. Aktuell feilen die Forscher im Labor bereits an weiteren Funktionen. Es ist ihnen zum Beispiel gelungen, Methan auch ohne das zurückgestreute Licht zu erkennen. Dazu wird das Gas mit Hilfe eines starken Lasers selbst zum Leuchten gebracht. »Zukünftig kann dann das Messteam die gesamte Anlage bequem vom Boden aus überprüfen. Bisher war es nötig, auf Leitern zu steigen und die Lecks an Ort und Stelle zu identifizieren«, so Herbst.



Das laserbasierte System misst austretendes Biogas berührungslos – selbst aus mehreren Metern Entfernung. (© Fraunhofer IPM) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Weniger Operationen durch abbaubare Implantate

FORSCHUNG KOMPAKT

11 | 2014 || Thema 3

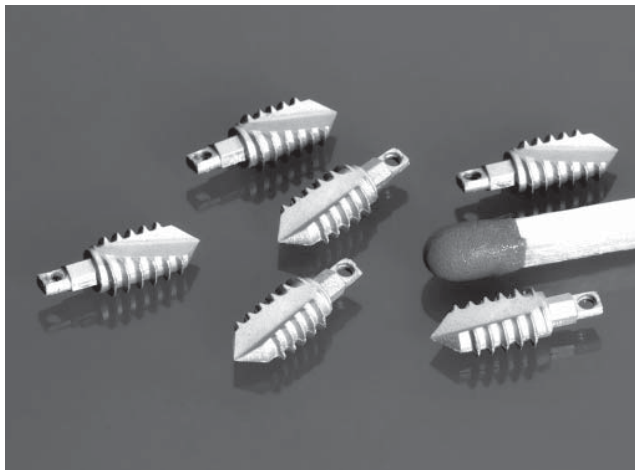
Kein Gelenk des menschlichen Körpers verfügt über eine so hohe Beweglichkeit wie die Schulter. Sie ist jedoch auch sehr empfindlich und anfällig für Verletzungen, vor allem Sportler sind betroffen. Zu den häufigsten Beschwerden gehören Sehnenrisse, die operativ behandelt werden müssen. Der Chirurg fixiert die Risse mithilfe von Schulterankern. Bisher werden solche Implantate aus Titan oder Kunststoff gefertigt – mit dem Nachteil, dass diese auch nach der Heilung im Körper verbleiben oder Ärzte sie in einem zweiten Eingriff wieder entfernen müssen. Um dies zu vermeiden, entwickeln Forscher am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen lasttragende, biologisch abbaubare Implantate, die vollständig vom Körper resorbiert werden. Im ersten Schritt haben sie per Pulverspritzguss einen Schulteranker gefertigt, der als Demonstrator vorliegt. Die Forscher präsentieren ihn vom 12. bis 14. November auf der Messe COMPAMED in Düsseldorf.

Calciumphosphat regt Heilungsprozess des Knochens an

»Mit dem Implantat lassen sich abgetrennte Sehnen am Knochen verankern, bis diese wieder angewachsen sind. Da die Funktion des Fixationselements nach der Heilung erfüllt ist, wird es nicht mehr im Körper benötigt. Wenn möglichst verschleißfeste Ersatzkomponenten erforderlich sind – wie bei einem künstlichen Hüftgelenk – wird man sicher weiterhin auf metallische Legierungen wie Titan zurückgreifen. Doch für Platten, Schrauben, Stifte und Nägel, die nicht im Körper bleiben sollen, gelten andere Anforderungen«, sagt Dr. Philipp Imgrund, Sprecher des Geschäftsfelds Medizintechnik und Life Science am IFAM. Gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten für Lasertechnik ILT, für Biomedizinische Technik IBMT und für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB etabliert das IFAM im Projekt »DegraLast« eine Werkstoff- und Technologieplattform, um degradierbare, sprich im Körper abbaubare Knochenimplantate für den Einsatz in der Unfallchirurgie und Orthopädie herzustellen. Diese sollen nach und nach vom Körper aufgenommen werden, während sich gleichzeitig neues Knochengewebe bildet. Idealerweise ist der Grad der Degradation an das Knochenwachstum so angepasst, so dass Abbau des Implantats und Knochenaufbau ineinandergreifen. Dafür entwickeln die Wissenschaftler Materialien mit gezielt einstellbarem Degradationsverhalten. Die Herausforderung: Die Implantate müssen während des kompletten Heilungsprozesses mechanisch stabil genug sein, um den Knochen zu fixieren. Zugleich dürfen sie keine allergene Wirkung haben und Entzündungen hervorrufen. Die Forscher am IFAM setzen auf Metall-Keramik-Komposite. Sie kombinieren eine metallische Komponente auf Basis einer Eisenlegierung mit Beta-Tricalciumphosphat (TCP) als keramische Komponente. »Eisenlegierungen korrodieren langsam und sorgen für hohe mechanische Festigkeiten, während Keramik sich schnell zersetzt, das Knochenwachstum anregt und das Einwachsen des Implantats begünstigt«, erläutert Imgrund die Vorteile dieser Werkstoffkombination.

Um die Werkstoffkomposite herstellen zu können, wenden die Forscher das Pulverspritzgussverfahren an. Es bietet die Möglichkeit, komplexe Strukturen kostengünstig in großer Stückzahl zu fertigen. Eigenschaften wie Dichte und Porosität lassen sich gezielt steuern – ein wichtiger Faktor, da hohe Dichten und geringe Porosität hohe mechanische Festigkeiten bewirken. Ein weiterer Vorteil: Die Werkstoffe liegen als Pulver vor und können vor der Verarbeitung in jedem beliebigen Verhältnis gemischt werden. Doch welches Mengenverhältnis ist das Richtige? In Laborversuchen haben die Forscher die optimale Zusammensetzung der Werkstoffe für den Schulteranker herausgefunden. Der Demonstrator besteht zu 60 Prozent aus Eisen, der Keramikanteil beträgt 40 Prozent. »Es ist wichtig, die richtige Menge Keramik in Abhängigkeit der Pulvergröße zu bestimmen. Ist der Anteil zu hoch, wird das Material spröde. Andererseits lässt sich mit dem Tricalciumphosphat das Abbauverhalten des Implantats beschleunigen«, so Imgrund. Den Forschern ist es gelungen, die Abbaugeschwindigkeiten von 120 auf 240 Mikrometer pro Jahr am Labormodell zu verdoppeln. Der Schulteranker wäre also innerhalb von ein bis zwei Jahren vom Körper resorbiert.

Während sich formgebende Verfahren wie der Pulverspritzguss vor allem für Standardimplantate in großen Stückzahlen wie Fixationselemente eignen, werden generative Verfahren eingesetzt, um Individualimplantate – etwa für den Knochenersatz im Schädelbereich – oder Implantate mit definierter Porenstruktur herzustellen. Die ebenfalls am Projekt beteiligten Forscher vom ILT erzeugen Implantate aus Magnesiumlegierungen mittels Selective Laser Melting (SLM). Um die Unbedenklichkeit der neuartigen Kompositwerkstoffe von vornherein sicherzustellen, etablieren Kollegen vom IGB im Projekt »DegraLast« zellbasierte in-vitro-Testsysteme zur Analyse des Einwachsverhaltens im Knochen. Die Wissenschaftler am IBMT wiederum arbeiten an einem in-vivo-Monitoringsystem, mit dem sich das Abbauverhalten der Implantate im menschlichen Körper überwachen und dokumentieren lässt.



Der Demonstrator für einen Schulteranker aus Eisen-Tricalciumphosphat (FE-TCP) ist nur unwesentlich größer als ein Streichholzkopf.
(© Fraunhofer IFAM) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Vorsorgeuntersuchungen für Industriemaschinen

Umformmaschinen müssen einiges aushalten, und das über eine lange Zeit. Beim Pressen von Bauteilen für Autos, Waschmaschinen oder Kühlschränken entstehen teilweise Kräfte von mehreren tausend Tonnen. Hunderttausend Pressungen und mehr sind nicht selten über die gesamte Lebensdauer. Fallen die Maschinen aus, ist der Schaden groß. Hinzu kommt, dass die Maschinen meist in eine Prozesskette eingebettet sind: Fällt eine aus, steht die gesamte Produktion still. Das kann je nach Schaden bis zu einem Monat dauern – und kostet das Unternehmen weitere hunderttausende von Euro. Wenn man vorher wissen würde, wann eine Anlage ausfällt bzw. wann Komponenten brechen, könnten Unternehmen exakt planen, wann sie die Maschinen warten, wann sie Komponenten austauschen. Am besten dann, wenn es optimal in den Produktionsplan passt.

Virtuelle machen reale Sensoren nahezu obsolet

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz arbeiten daran, dies zu ändern: Maschinen sollen in Zukunft genau wissen, wenn sie ein Problem haben und wann dieses auftritt. Im EU-Projekt iMAIN (www.imain-project.eu) haben die Wissenschaftler den Prototypen einer Technologie entwickelt, die es erlaubt, eine Aussage darüber zu treffen, zu welchem Zeitpunkt eine Anlage oder eine Komponente in naher Zukunft ausfällt bzw. bricht. Kernstück der Technologie sind virtuelle Sensoren. Diese werden einerseits von den rechnergestützten Simulationsmodellen der Maschine und andererseits über reale Sensoren mit Informationen über die auftretenden Spannungen in einzelnen Bauteilen gespeist. »Anhand mathematischer Modelle und nur weniger wirklich installierter Sensoren können so Spannungsszenarien an der kompletten Maschine realgetreu und in Echtzeit simuliert werden. Das ermöglicht eine vorausschauende Instandhaltung in einer Form, die es bisher noch nicht gibt«, sagt Markus Wabner vom Fraunhofer IWU.

Bisher läuft diese meist turnusmäßig ab bzw. man reagiert ad hoc auf Ausfälle. Manche Hersteller nutzen zwar bereits reale Sensoren. Sich alleine auf diese zu verlassen, hat jedoch Nachteile: Es ist aufwändig und teuer sie zu installieren, sie selbst müssen dauerhaft überwacht werden und sie messen nur Belastungen, die dort auftreten, wo sie installiert sind. Belastungen an anderen Stellen bleiben außen vor. »Aus unserer Sicht sind die »virtuellen Sensoren« deshalb auch der einzig denkbare Ansatz, ganzheitliche Belastungsszenarien auf wirtschaftliche Weise darzustellen«, so Wabner. Algorithmen, Simulationen und mathematische Modelle geben zwar ein sehr gutes Bild der Realität ab, aber auch die genauesten Berechnungen können Fehler beinhalten. Deswegen gleichen die Forscher die Daten kontinuierlich direkt an der Maschine mit realen Messwerten ab. »Sind die Differenzen zu groß, passen wir das Modell an«, so Wabner.

Über eine firmeninterne Cloud können Belastungshistorien erstellt und Informationen von verschiedenen Anlagen zusammengeführt und über unterschiedliche Schnittstellen – z.B. Smartphone, Tablet oder Laptop – ausgegeben werden. »Je mehr Daten zur Verfügung stehen, desto größer ist das Wissen um den richtigen Zeitpunkt zum Eingreifen. Die Maschinen lernen mit der Zeit, wann es notwendig ist, Komponenten auszutauschen oder ob sie optimal ausgelastet sind. Dafür entwickeln wir die Algorithmen. Die Werte werden mit einem Modell abgeglichen, das diejenigen Grenzwerte ermittelt, bei denen das Material bricht«, so Wabner.

Im EU-Projekt iMAIN arbeiten seit September 2012 Umformtechniker, Industrieanwender, Informatiker und Ingenieure zusammen, um die Systeme zur Instandhaltung von Industriemaschinen auf eine neue technologische Stufe zu stellen. »Die »virtuellen Sensoren« funktionieren bereits gut in der Praxis. Auch die Bereitstellung der Daten über eine firmeninterne Cloud ist schon im Test«, so Wabner. Bei der Gorenje Group, Projektpartner und Hersteller von Haushaltsgeräten aus Slowenien, ist ein Prototyp des Gesamtsystems bereits im Einsatz – bei einer Universalpresse zur Blechumformung vom Projektpartner Litostroj Ravne. Hier werden z.B. Außenteile von Waschmaschinen oder Kühlschränken gefertigt. »Gorenje hat seitdem mehr Informationen für die vorausschauende Instandhaltung. Das Unternehmen kann die Belastung der Presse genauer überwachen und den Pressvorgang leichter und schneller optimieren. Wir gleichen die gewonnenen Daten regelmäßig mit der zweiten Testinstallation ab, die bei uns am Fraunhofer IWU aufgebaut ist«, so Wabner. Ziel ist es, bis Ende des Projekts nächsten Sommer auch in der Praxis den Ausfall bzw. Bruch von Komponenten vorherzusagen.



Facharbeiter installieren bei Gorenje Sensoren in das Werkzeug einer Umformmaschine, die Bauteile für Haushaltsgeräte presst. (© Gorenje Group) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Leichtbauteile variabel verkleben

FORSCHUNG KOMPAKT

11 | 2014 || Thema 5

Abspecken ist angesagt. Der weltweite Trend zur Gewichtsreduktion zeigt sich auch in der Automobilbranche. Immer leichter sollen die Wagen werden – zum Beispiel durch neue Materialien wie ultrahochfeste Stähle oder Karbon, kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff. Doch egal welches Diätprogramm mit welchen Leichtbaukomponenten die Hersteller auch wählen, etwas wollen sie alle realisiert wissen: die optimale und lebenslange Verbindung der Fahrzeugteile. Doch Duroplaste, die oftmals als Matrix für Faserverbundwerkstoffe dienen, lassen sich zum Beispiel nicht verschweißen. Also braucht es eine andere Fügetechnik.

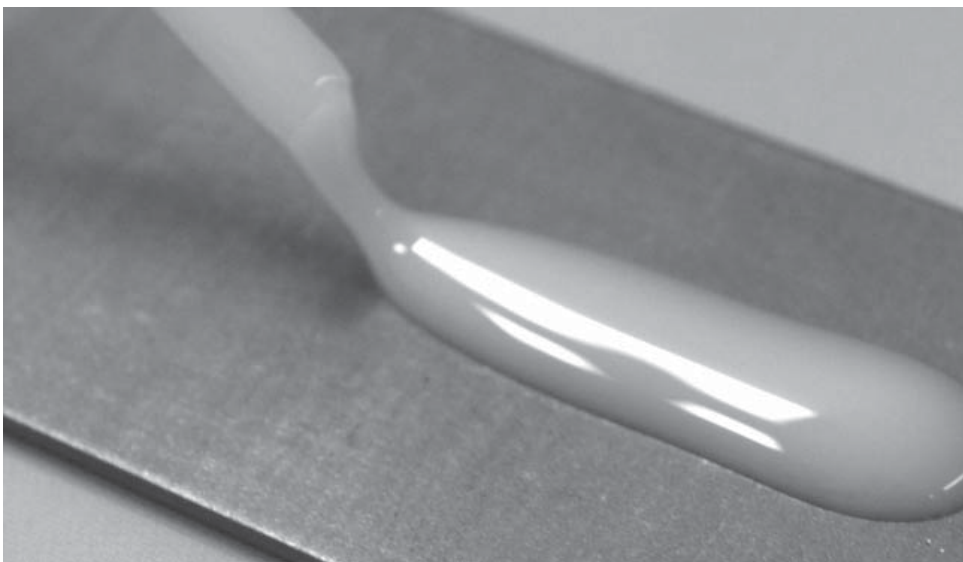
Die beste Lösung ist das Verkleben. »Wir arbeiten vor allem mit strukturellen Klebstoffen, die Fügebauteile dauerhaft verbinden und zusätzlich eine gewisse Formstabilität erzeugen«, sagt Dr.-Ing. Jan Spengler, Chemiker im Bereich Kunststoffe am Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt. Diese Klebverbindungen haben einen besonderen Vorteil: Sie sind deutlich crashresistenter als andere Verbindungstypen. Darüber hinaus besitzen Klebstoffe bessere Dämpfungseigenschaften als Metall und verbessern die NVH-Eigenschaften. Die Abkürzung steht für Noise, Vibration, Harshness und ist die Bezeichnung für als Geräusch hörbare oder als Vibration spürbare Schwingungen in Kraftfahrzeugen. »Die Klebschicht wirkt wie ein klassischer Dämpfer. So lässt sich Dämmmaterial und damit Gewicht einsparen«, sagt Dr.-Ing. Halvar Schmidt vom Bereich Betriebsfestigkeit des LBF.

Gleichzeitig hart und weich

Seit eineinhalb Jahren erforschen die beiden Sparten »Kunststoffe« und »Betriebsfestigkeit« des LBF Dual-Cure-Klebstoffe. Ihre Besonderheit: Sie härten in zwei Schritten aus. Diese Gradientenklebstoffe benötigen dabei Luftfeuchte, Wärme, anaerobe Bedingungen oder UV-Licht, um den ersten Härtungsmechanismus in Gang zu setzen. Ein anderer Aktivator initiiert anschließend die zweite Härtung. »Derartige Klebstoffe sind schon länger am Markt erhältlich. Bislang gibt es allerdings ausschließlich Produkte mit konstanter Elastizität. Sie weisen an jeder Stelle die gleiche Steifigkeit auf«, berichtet Spengler. »Uns ist es gelungen, einen innovativen Dual-Cure-Klebstoff mit variabler Elastizität herzustellen.« Der erste, durch Wärme gestartete Härtungsmechanismus umfasst die gesamte Klebstoffschicht und liefert ein weiches, flexibles Produkt. Durch die Bestrahlung mit UV-Licht wird eine weitere Härtung in Gang gesetzt. Der Clou: Diese Reaktion lässt sich ganz gezielt an bestimmten Stellen starten. Lediglich an den UV-exponierten Orten vernetzen sich die Polymerketten zusätzlich. Das führt lokal zu einer größeren Steifigkeit. Auf diese Weise erhalten die Forscher vom LBF etwa ein Stück Kunststoff mit einer ganz weichen und einer ganz harten Hälfte.

Dank des Steifigkeitsgradienten lässt sich die Lebensdauer solcher innovativen Klebverbindungen deutlich verlängern. Bei jeder Fahrt muss das Fahrzeug die auftretenden

Schwingungsbelastungen verkräften. Beim Einwirken äußerer Belastungen verteilen sich die Spannungen stets ungleichmäßig über die Klebfläche. An den Rändern der Fuge bilden sich Spannungsspitzen. Dort wird die Verbindung übermäßig stark beansprucht. »Unser neu entwickelter Klebstoff mit spezifischem Steifigkeitsgradienten ist an den Rändern elastisch und macht die Verformung durch Belastungen besser mit. Die Spannungsspitzen werden abgefedert. In der Mitte wiederum wurde die Klebschicht lokal aufgehärtet und ist entsprechend fest, was für dauerhafte Formstabilität der Verbindung und der verklebten Fahrzeugkarosserie sorgt«, erläutert Spengler.



Dieser Dual-Cure-Klebstoff mit variabler Elastizität verlängert die Lebensdauer einer Klebverbindung deutlich. (© Fraunhofer LBF) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Schutzschicht gegen Hitze und Oxidation

FORSCHUNG KOMPAKT

11 | 2014 || Thema 6

Gase sind schlechtere Wärmeleiter als Feststoffe. Gas- oder Porenbeton nutzen diesen Effekt, den Experten »Gasphasenisolierung« nennen. Die Wärmedämmung funktioniert dabei über Luft, die in Hohlräumen eingeschlossen ist. Mit der Isolierung durch Gasphasen lassen sich jedoch nicht nur die eigenen vier Wände warm halten, sondern auch Bauteile in Turbinen, Triebwerken oder Brennkammern schützen – wenn sie großer Hitze ausgesetzt sind. Vorausgesetzt man überträgt den Effekt auf eine nur wenige Hundert Mikrometer dicke Schicht.

Temperaturunterschiede von über 400 Grad

Genau das ist Forschern des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie ICT in Pfinztal gelungen – auf eine besonders wirtschaftliche Art und Weise. Ihre Schicht besteht an der Oberfläche aus miteinander verbundenen Aluminiumoxidkugeln. »Diese sind innen hohl und mit Gas gefüllt«, erklärt Dr. Vladislav Kolarik aus der Abteilung »Energetische Systeme« am ICT. Die gasgefüllten Kugeln sind beispielsweise in der Lage, Temperaturen von 1000 Grad Celsius auf der Außenseite von Bauteilen auf weniger als 600 Grad Celsius auf deren Innenseite herabzusetzen. Das haben die Wissenschaftler im Labormaßstab nachgewiesen. Der Bedarf an Hitzeschildern ist groß: Gas- und Dampfturbinen in der Stromerzeugung, Brennkammern, Generatoren oder Temperatursensoren in Müllverbrennungsanlagen sowie Reaktoren der chemischen und petrochemischen Industrie – sie alle sind Temperaturen von bis zu 1000 Grad Celsius ausgesetzt.

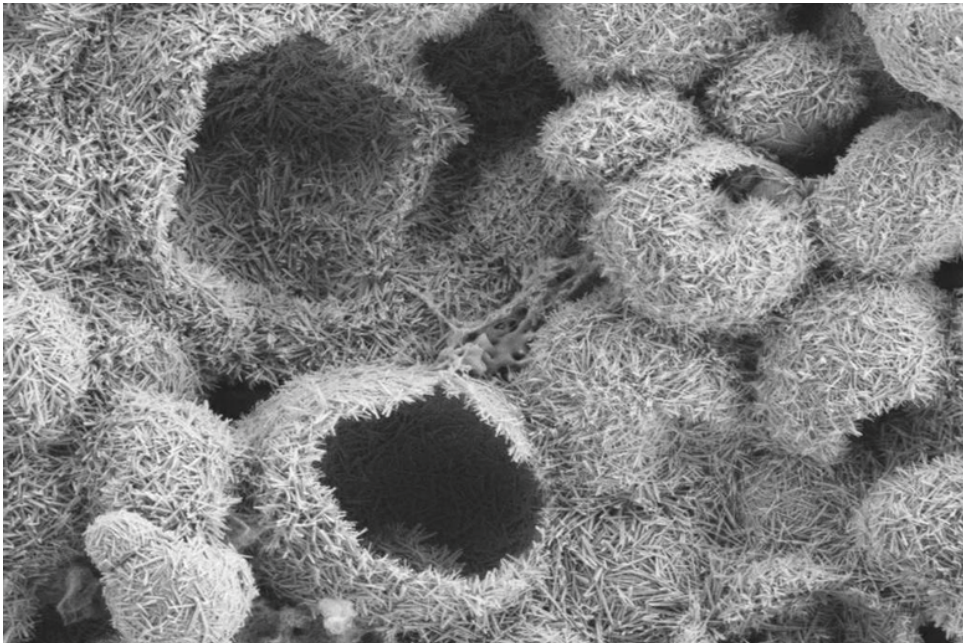
Der Clou: Die wärmedämmende Schicht aus Hohlkugeln gewinnen die Forscher mit einem gängigen, wirtschaftlichen Beschichtungsverfahren. Der Blick in den Geldbeutel lohnt sich für die Betreiber: Konventionelle Verfahren zur Wärmedämmung – meist auf Basis von Keramikmaterialien – sind vergleichsweise teuer. Ursprünglich ist der von den Forschern angepasste Prozess dafür gedacht, metallene Bauteile vor Oxidation zu schützen. »Wir haben das Verfahren so optimiert, dass die Schicht ihren Oxidationsschutz behält, aber zusätzlich Hitze abweist«, so Kolarik. Die ursprüngliche Schicht entsteht durch die Wechselwirkung von Aluminiumpartikeln und metallenen Bauteil. Bringt man Aluminiumpulver auf die Oberfläche von Metallen auf und erhitzt das Ganze einige Stunden auf eine geeignete Temperatur, entsteht eine aluminiumreiche Schicht an der Oberfläche des Bauteils. Diese schützt bei hohen Temperaturen gegen Oxidation. Bei diesem Verfahren entstehen auch die hitzeabweisenden Aluminiumkügelchen. »Bisher wurden diese aber nicht zur Herstellung einer weiteren Teilschicht in Betracht gezogen und als Abfallprodukt betrachtet«, so Kolarik.

Die Forscher haben diesen Prozess so gestaltet, dass beide Schichten in ausreichender Dicke entstehen: Sie nehmen Aluminiumpartikel und vermischen diese mit einem flüssig-viskosen Bindemittel. Dabei entsteht eine Substanz, ähnlich einer Farbe bzw.

eines Schlamms. Diese tragen die Wissenschaftler mit Pinsel, Spray oder Bürste manuell auf das metallene Bauteil auf. »Dann nehme man noch gut dosierte Wärme und fertig«, sagt Kolarik. Einfacher gesagt, als getan: Der Beschichtungsexperte musste die Größen und Größenverteilung der Aluminiumpartikel, die Temperatur und die Dauer des Erhitzens sowie die Viskositäten von Bindern exakt anpassen. »Wie ein Chefkoch mussten wir erst das richtige Sternerezept finden«, so Kolarik.

»Aktuell setzen wir die im EU-Projekt ›PARTICOAT‹ gewonnenen Erkenntnisse in die Praxis um. Zum Beispiel, indem wir immer größere Bauteile beschichten und dabei innerhalb der geforderten Temperaturen für das jeweilige Anwendungsgebiet bleiben. Gleichzeitig testen wir Verfahren, um die Schicht automatisiert herzustellen. Genau wie der Porenbeton in unseren Häusern. Der wird ja schon länger in Serie gefertigt«, sagt Kolarik.

Weitere Informationen:
<http://www.particoat.eu/>



Aluminiumoxidkugeln sind innen hohl und mit Gas gefüllt. Forscher haben ein Verfahren entwickelt, um die Wärmedämmer wirtschaftlich herzustellen. (© Fraunhofer ICT) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse