

## **FORSCHUNG KOMPAKT**

04 | 2015 ||

### **1 Neuartiger Gewebeersatz aus Hightech-Fasern**

Die regenerative Medizin nutzt körpereigene Zellen, um verletztes Gewebe zu heilen. Fraunhofer-Forscher setzen auf zellfreie Trägersubstrate, die sich erst nach dem Einsetzen in den Patienten selbst besiedeln. Proteine locken die Zellen an, die auf den Substraten anwachsen. Muster der neuen Implantate sind auf der Messe Medtec zu sehen.

### **2 Smarte Fassaden mit Energiespareffekt**

Gläserne Bürobauten gehören zu den großen Energiefressern. Sie müssen aufwändig klimatisiert werden. Ein von Fraunhofer-Forschern und Designern entwickeltes Fassadenelement für Glasfronten soll den Energieverbrauch senken. Dazu nutzt es die Wärmeenergie der Sonne. Ein Demonstrator ist auf der Hannover Messe zu sehen.

### **3 Zuverlässig Strom tanken**

Für den Erfolg der Elektromobilität sind wirtschaftliche Fahrzeuge erforderlich – und leistungsfähige Stromnetze. Die aktuellen Leitungen sind für die kommenden Lasten nicht ausgelegt. Fraunhofer-Forscher haben den Prototyp einer Software entwickelt, die Netzbetreibern künftig anzeigen soll, wie viele E-Mobile sich an ihr Ortsnetz anschließen lassen.

### **4 Verbrennungsmotoren aus Kunststoff**

Sollen Autos leichter werden, muss auch der Motor abspecken. Beispielsweise, indem man ihn aus faserverstärktem Kunststoff herstellt: Solche Zylindergehäuse wiegen bis zu 20 Prozent weniger als Konstruktionen aus Aluminium – bei etwa gleichen Kosten. Denn per Spritzguss lassen sie sich in Großserie produzieren.

### **5 Hochleistungs-Magnetsensoren günstig herstellen**

Man findet sie überall dort, wo andere Messverfahren versagen: Magnetsensoren. Sie trotzen harten Umgebungsbedingungen und funktionieren auch in Flüssigkeiten. Ein neues Verfahren krempelt nun die Produktion von zweidimensionalen Magnetsensoren um: Sie kosten somit nur noch die Hälfte und die Herstellungszeit sinkt um 50 Prozent.

### **6 Bauteile unter Wasser in 3D vermessen**

Bei Förderanlagen für Öl und Gas, die auf dem Meer betrieben werden, liegen viele wichtige Bauteile unter Wasser. Diese zu warten ist aufwändig und teuer, denn ihre Vermessung ist kompliziert. Fraunhofer-Forscher stellen auf der Hannover Messe ein kompaktes 3D-Messsystem vor.

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 66 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. Knapp 24 000 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](mailto:presse@zv.fraunhofer.de) | Redaktion: Beate Koch, Britta Widmann, Tobias SteinhäÙer, Janine van Ackeren | Abdruck honorarfrei, Belegexemplar erbeten. Alle Pressepublikationen und Newsletter im Internet auf: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse). FORSCHUNG KOMPAKT erscheint in einer englischen Ausgabe als RESEARCH NEWS.

## Neuartiger Gewebeersatz aus Hightech-Fasern

.....  
**FORSCHUNG KOMPAKT**

04 | 2015 || Thema 1  
.....

Sind Organe oder Gewebe eines Menschen irreparabel beschädigt, kann dem Patienten meist nur durch ein Spenderorgan oder ein Implantat aus Kunststoff geholfen werden. Doch oftmals stößt der Körper den Ersatz ab. Abhilfe schaffen Implantate aus körpereigenen Zellen, auf die der menschliche Organismus nicht sensibel reagiert. Um wachsen zu können, benötigen die Zellen eine Art Unterlage, ein strukturelles Gerüst. Forscher am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart entwickeln solche Trägersubstrate – auch Scaffolds genannt – gemeinsam mit dem Universitätsklinikum Tübingen und der UCLA, University of California, Los Angeles durch Elektrosponnen. Bei diesem Verfahren werden synthetische und biologisch abbaubare Polymere wie beispielsweise Polylaktid elektrisch zu Fasern versponnen. Sie vernetzen sich zu einer Art Vlies, einer dreidimensionalen Matrix.

### Zellen im Körper kultivieren

Hierbei wählen die Wissenschaftler einen besonderen Ansatz: Während des Elektrosponnens mischen sie dem Polymer Proteine bei, die sie ebenfalls in die hauchdünnen Fasern einspinnen. Die derart ausgestatteten Trägersubstrate sollen – nachdem sie dem Patienten eingesetzt wurden – körpereigene Zellen binden. »Durch das Elektrosponnen können wir ein zellfreies Trägersubstrat implantieren, das erst nach dem Einsetzen im Körper von Zellen besiedelt wird. Spezielle Proteine haben die Fähigkeit, spezifische Zellen anzulocken, die dann auf dem Scaffold anwachsen. Je nach gewähltem Protein soll sich Herzgewebe bilden oder krankes Gewebe regeneriert werden«, erläutert Dr. Svenja Hinderer, Wissenschaftlerin am IGB in Stuttgart.

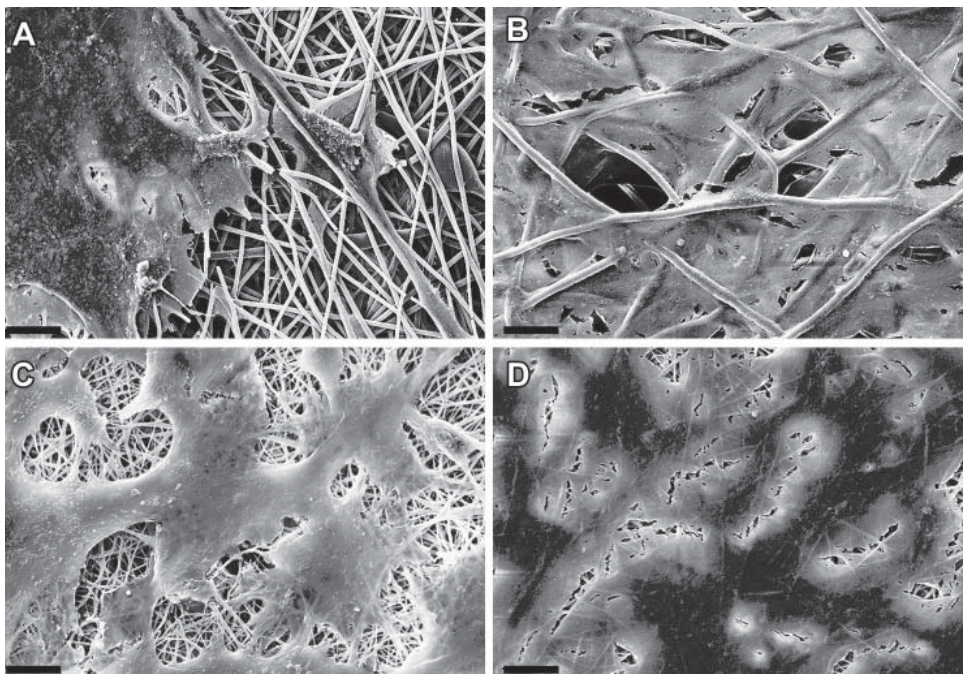
Die Trägersubstrate werden wie dünne Häutchen flach gesponnen und in der gewünschten Größe zugeschnitten. Soll beispielsweise ein geschädigter Herzmuskel behandelt werden, werden die Scaffolds – je nach Größe des verletzten Bereichs – wie ein Tuch über den kranken Muskel gelegt. Im menschlichen Organismus lösen sich die Polymerfasern innerhalb von etwa 48 Monaten auf. Die Zellen, die währenddessen an die Proteine andocken, erhalten durch die Trägerstruktur eine heimische Umgebung. Sie produzieren ihre eigene Matrix und stellen die Funktion des Gewebes wieder her.

### Erfolgreiche Tests im Bioreaktor

Sowohl in Laborversuchen als auch in Tests im Bioreaktor verzeichneten die Forscher bereits Erfolge. So konnten sie nachweisen, dass Tracheazellen der Luftröhre, die in vitro schwer kultivierbar sind, sich an das Protein Decorin anheften und anwachsen. Ein weiteres Protein – der Wachstumsfaktor SDF-1 – bindet spezielle Stammzellen, die Progenitorzellen. Diese werden für den Aufbau von Herzklappen und die Neubildung von Herzmuskelzellen nach einem Infarkt benötigt. »Unsere durch Elektrosponnen hergestellten Implantate weisen die mechanischen und strukturellen Eigenschaften

einer normalen Herzklappe auf. Wie das Original schließen und öffnen sie sich bei Versuchen im Bioreaktor bei einem Blutdruck von 120 zu 80 mmHg«, sagt Hinderer. Im nächsten Schritt wollen die Forscherin und ihre Kollegen die mit Proteinen ausgerüsteten Scaffolds im Tiermodell testen.

Die Hybride aus Polymer- und Proteinfasern lassen sich in großen Mengen herstellen und lagern. Das Team vom IGB arbeitet daran, mit den neuartigen Trägersubstraten eine schnell einsetzbare Alternative zu herkömmlichen Klappenmodellen zur Marktreife zu bringen. »Wie lange das dauern wird, ist aber nicht vorhersehbar«, sagt die Forscherin. Der Vorteil: Zellfreie Implantate müssen nur als Medizinprodukt, jedoch nicht als Arzneimittel für neuartige Therapien zugelassen werden – ein zeitlicher Vorteil. »Die Zulassung von medizinischen Produkten, die bereits vor der Implantation mit menschlichen Zellen ausgerüstet sind, ist sehr langwierig und teuer«, so Hinderer. Vom 21. bis 23. April präsentieren die Forscher auf der Messe Medtec in Stuttgart Muster der polymeren Scaffolds am Fraunhofer-Gemeinschaftstand (Halle 7, Stand 7B04/7B10). Auch ein Bioreaktor zum Kultivieren von Zellen auf diesen Substraten wird gezeigt.



**Das Vlies aus Hightech-Fasern ersetzt menschliches Gewebe. Die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen zeigen mit Zellen besiedelte elektrogenespinnene Trägersubstrate. (© Fraunhofer IGB) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Smarte Fassaden mit Energiespareffekt

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2015 || Thema 2

Fast 40 Prozent beträgt der Anteil von Gebäuden am gesamten Energieverbrauch in Deutschland. Das Heizen, Kühlen und Lüften von Wohnhäusern, Büroimmobilien und öffentlichen Bauten ist kostenintensiv. Energieverschwender sind vor allem Bürogebäude mit großflächigen Glasfassaden. Im Sommer verwandeln sie sich in Treibhäuser, die nur aufwendig klimatisiert werden können. Im Winter steigt der Heizbedarf wegen der nicht ausreichenden Wärmedämmung der Glasflächen enorm. Um den Energieverbrauch zu senken, entwickeln Forscher vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Dresden gemeinsam mit dem Fachgebiet Textil- und Flächen-Design der Weißensee Kunsthochschule Berlin Fassadenkomponenten, die autark auf Sonneneinstrahlung und die dadurch entstehende Wärme reagieren.

### Stoff-Jalousie im Glas von der Sonne gesteuert

»Wir benötigen keinen Strom, sondern nutzen ausschließlich die Wärmeenergie der Sonne, um das Fassadenelement zu steuern«, sagt André Bucht, Wissenschaftler und Abteilungsleiter am IWU. »Innovative Technologie mit Gestaltung zu vereinen, war die Herausforderung bei diesem Projekt«, ergänzt Prof. Christiane Sauer von der Weißensee Kunsthochschule. »Wenn Gestalter und Wissenschaftler zusammenarbeiten, lassen sich zukunftsweisende Wege für intelligente Gebäudehüllen erschließen.« Der Demonstrator, der auf einem Entwurf der Designstudentin Bára Finnsdottir basiert, besteht aus einer Matrix von 72 einzelnen textilen Bauteilen, die wie Blüten aussehen. In die textilen Module integriert sind Formgedächtnisaktoren. Dabei handelt es sich um dünne, 80 Millimeter lange Drähte aus einer Nickel-Titan-Legierung, die sich an ihre Ausgangsform erinnern, wenn sie erhitzt werden. Erwärmt sich die Fassade durch die auftreffenden Sonnenstrahlen, werden diese Drähte aktiviert. Sie ziehen sich zusammen und öffnen dadurch geräuschlos die textilen Komponenten. Die offene Fläche des Fassadenelements schließt sich und das Sonnenlicht kann nicht in den Raum eindringen. Verschwindet die Sonne hinter den Wolken, schließen sich die Elemente und die Fassade ist wieder transparent. Der Effekt beruht auf einer besonderen Gitteranordnung im Werkstoff. »Verbiegt man den Draht, behält er die Form. Erwärmt man ihn, erinnert er sich an die ursprüngliche Gestalt, die er vor dem Verbiegen hatte, und nimmt sie wieder ein. Man kann sich das Fassadenelement als Membran vorstellen, die sich den tages- und jahreszeitlichen Witterungsbedingungen anpasst und für jeden Sonnenstand den optimalen Schatten bietet«, erklärt Bucht.

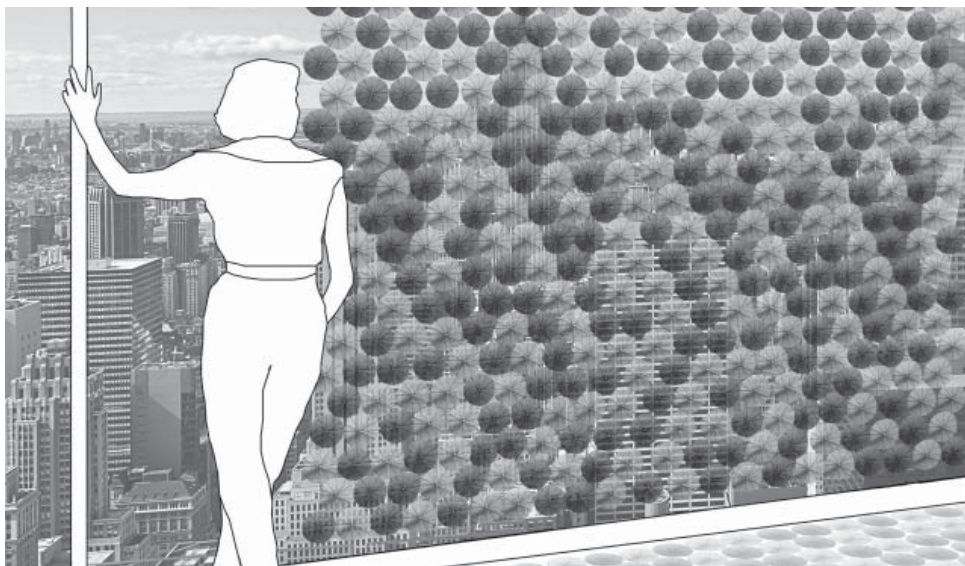
Der für großflächige Verglasungen konzipierte Sonnenschutz wird wahlweise an der äußeren Fensterscheibe oder im Zwischenraum einer mehrschichtigen Klimafassade angebracht. Die neuartige Struktur lässt sich problemlos nachinstallieren und bietet vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten. Sowohl Muster, Geometrie als auch Farbe der einzelnen Bauteile lassen sich einstellen. »Beispielsweise könnten Dreiecke oder Waben die runden Formen ersetzen. Außerdem lassen sich Bereiche individuell verschatten –



etwa nur die linke obere Fläche. Auch an gekrümmte Glasflächen passt sich die Membran an. Wir sind in der Lage, uns beim Design von der Gebäudeform zu lösen«, sagt der Forscher. Die Vielfalt der Gestaltungsvarianten präsentieren Bucht und sein Team auf der Hannover Messe. Vom 13. bis 17. April stellen sie den Demonstrator in Halle 2, Stand C22 vor. Messebesucher können die Fassade mit einer eigens entwickelten App aktiv per Tablet-Computer steuern.

Im nächsten Schritt wollen die Wissenschaftler zusammen mit Industriepartnern verschiedene Prototypen für Privat- und Bürogebäude entwickeln, die in Langzeituntersuchungen an einem Einfamilienhaus sowie am Institutsgebäude getestet werden sollen. »Unter anderem müssen wir die textilen Elemente so stabil konstruieren, dass sie allen Witterungsbedingungen standhalten«, beschreibt Bucht die anstehenden Forschungsarbeiten. Geplant sind sowohl Versionen für den Neubau als auch Varianten, um Altbauten nachzurüsten. Mitte 2017 sollen die Systeme marktfähig sein.

Doch die Forscher haben noch weitere Ideen für die Fassaden der Zukunft: Angedacht ist, das Fassadenelement mit zusätzlichen klimatischen Funktionen wie einer schaltbaren Wärmedämmung auszustatten. »Man könnte die Wärme der Sonne speichern und bedarfsgerecht, etwa in der Nacht, zum Heizen an die Innenräume abgeben. Denkbar ist es auch, die Blüten mit verformbaren, organischen Solarzellen zu beschichten, um so Strom zu produzieren, der im Gebäude genutzt werden kann«, sagt Bucht.



**Das Fassadenelement benötigt keine externe Stromversorgung. Es funktioniert auf Basis von integrierten Drähten mit Formgedächtnislegierung. (© Bára Finnsdóttir | Weißensee Kunsthochschule Berlin) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Zuverlässig Strom tanken

Die zunehmende Zahl an Elektrofahrzeugen bringt Netzbetreiber in Bedrängnis: Die Niederspannungsnetze der Haushalte sind nicht für Lasten ausgelegt, die entstehen, wenn E-Mobile zuhause mit Strom aufgeladen werden. »Ein Fahrzeug benötigt bis zu 22 Kilowatt (KW). Falls mehrere Autos gleichzeitig laden, erreichen aktuelle Netze schnell die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit«, sagt Dr. Michael Agsten vom Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Institutsteil Angewandte Systemtechnik AST in Ilmenau. Der Wissenschaftler hat zusammen mit seinem Team eine Software entwickelt, die Netzbetreibern anzeigt, wie viel Ladelast ihr Niederspannungsnetz verträgt. Das lässt Rückschlüsse darauf zu, wie viele Elektrofahrzeuge angeschlossen werden können, ohne dass Grenzwerte verletzt werden. Netzbetreiber können vorausschauend planen und finden Antworten auf Fragen wie: Wie ändert ein weiteres Fahrzeug die Lastverteilung? Ab welchem Zeitpunkt muss ich in die Netze investieren, um die nötige Netzkapazität bereit zu stellen? Soll ich Geld lieber in neue Kupferleitungen oder besser in intelligente Ladestationen stecken? Ein Prototyp ist während des Projekts »Gesteuertes Laden 3.0« entstanden, das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) gefördert wird. »Die IT-Plattform funktioniert mit Testdaten im Labor bereits sehr gut. Im nächsten Schritt wollen wir reale Verteilernetze analysieren«, so Agsten.

### Schnelle Stichprobenanalyse

Die Software bildet nach, wie viele Ladevorgänge sich realisieren lassen, ohne dass die vorgeschriebenen normativen oder betrieblichen Grenzwerte verletzt werden. Üblicherweise werden 150 und mehr Haushalte von einer Ortsnetzstation versorgt. Unter der Annahme, dass ein Teil der Haushalte zukünftig ein E-Mobil besitzen wird und dieses zu einer beliebigen Zeit lädt, entsteht eine unvorstellbar hohe Zahl an Ladeszenarien. Der Grund: Es ist schlicht nicht vorsehbar, welcher Haushalt zu welchem Zeitpunkt ein Elektrofahrzeug laden wird. »Es ist unmöglich, das in adäquater Zeit auszurechnen«, so Agsten. Die Forscher simulierten ihr Modell deshalb mit der »Monte-Carlo-Methode«, einem Verfahren aus der Stochastik. Dabei wird versucht, eine möglichst heterogene Gruppe von Kombinationen zu erzeugen. Deren Anzahl ist wesentlich kleiner, als die Gesamtzahl aller möglichen Kombinationen. »1000 bis 10 000 Fälle lassen sich schneller analysieren und ergeben trotzdem einen sehr guten Näherungswert«, sagt Agsten. Innerhalb weniger Sekunden zeigt die Software an, wie hoch das Überlastungsrisiko ist und wie viel E-Mobile in einem Ortsnetz gleichzeitig geladen werden können.

Mit den Grenzwerten schützen die Verteilnetzbetreiber ihre elektrischen Netze vor langfristigen Schäden und akuten Ausfällen. In Deutschland gibt es etwa 560.000 Ortsnetze, die auf circa 800 Verteilernetzbetreiber aufgeteilt sind. Jeder Betreiber ist für den zuverlässigen und stabilen Betrieb seines Verteiler- und Ortsnetzes verantwortlich und muss im Bedarfsfall durch Maßnahmen wie den Ausbau und intelligente Steuerung die

.....  
**FORSCHUNG KOMPAKT**

04 | 2015 || Thema 3  
.....

notwendigen Kapazitäten bereitstellen. Um manuell auszurechnen, wie viel E-Mobile jedes einzelne Netz verträgt, haben die Unternehmen nicht genug Personal. Das wäre darüber hinaus auch mit einem hohen wirtschaftlichen Aufwand verbunden. Wie oft und wie viele Haushaltsgeräte wie Waschmaschinen, Herde, Fernseher oder Computer gleichzeitig angeschaltet sein dürfen, war schnell berechnet. Nur in Ausnahmefällen wurden die üblichen Obergrenzen – je Hausanschluss bis zu 44 KW/63A – erreicht. Das Laden der Elektrofahrzeuge war jedoch bisher nicht eingeplant. »Das führt zu signifikant höheren Lasten bei den betreffenden Haushalten und das Problem verschärft sich, wenn mehrere E-Mobile zu unterschiedlichen Zeiten zuhause geladen werden«, so Agsten. Die Kennwerte Spannungshaltung, thermische Belastung der Betriebsmittel und Unsymmetrie der Spannung verändern sich in Abhängigkeit der zeitlich und räumlich verteilten, volatilen Last durch Elektrofahrzeuge. Mit jedem weiteren Elektrofahrzeug vergrößert sich die Anzahl möglicher Kombinationen zeitlich und räumlich verteilter gleichzeitiger Ladesituationen. Die aktuellen Abläufe der Prüfung und Installation können nicht alle Randbedingungen vor Ort berücksichtigen. »Bei einem stetigen Wachstum ist es für die Netzbetreiber zukünftig wichtig, frühzeitig zu wissen, wie viel Spielraum noch zur Verfügung steht. Andernfalls werden sie es nur dann erfahren, wenn sich ihre Kunden bei Problemen direkt melden«, sagt Agsten.

Die Plattform des IOSB setzt am Niederspannungsnetz an, der untersten Ebene des elektrischen Übertragungs- und Verteilernetzes. Es verbindet die Steckdosen der Haushalte über mehrere Netzstufen mit den Hoch- und Höchstspannungsnetzen, in welchen ein weiter steigender Anteil an fluktuierenden Erneuerbaren Energien zu erwarten ist. E-Mobile könnten diese Schwankungen ausgleichen, denn sie lassen sich auch als Stromspeicher nutzen. »Aber nur, wenn das Stromnetz ihren Anschluss zulässt«, so Agsten.



**Falls mehrere Elektroautos gleichzeitig laden, erreichen aktuelle Netze schnell die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit. Fraunhofer hat während des Projekts »Gesteuertes Laden 3.0« eine Software entwickelt, die Netzbetreibern anzeigt, wie viel Ladelast ihr Niederspannungsnetz verträgt. (© OpenStreetMap/ Fraunhofer IOSB-AST) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**



## Verbrennungsmotoren aus Kunststoff

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2015 || Thema 4

Keine Frage – damit Autos weniger Sprit verbrauchen, müssen sie leichter werden. Die meisten Automobilentwickler denken dabei an die Karosserien. Doch auch der Antriebsstrang, zu dem der Motor gehört, hat einen wesentlichen Anteil am Gewicht des Fahrzeugs. Bislang setzen die Autohersteller auf Aluminium, um Teile des Motors, wie den Motorblock, leichter zu bauen.

Künftig können die Autohersteller ihre Motorblöcke zum Teil auch aus faserverstärktem Kunststoff herstellen – und damit noch einmal einiges an Gewicht einsparen. Einen solchen Motor haben Forscher der Projektgruppe Neue Antriebssysteme NAS des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie ICT entwickelt, gemeinsam mit dem japanischen Unternehmen Sumitomo Bakelite High Performance Plastics SBHPP. »Wir haben für einen Einzylinder-Forschungsmotor ein Zylindergehäuse aus faserverstärktem Kunststoff hergestellt«, sagt Dr. Lars-Fredrik Berg, Forschungsbereichsleiter der Projektgruppe NAS in Karlsruhe. »Das Zylindergehäuse wiegt etwa 20 Prozent weniger als die Referenz aus Aluminium – und das bei gleichen Kosten.« Was so einfach klingt, birgt jedoch jede Menge Herausforderungen: Die Materialien müssen extremen Temperaturen und hohen Drücken standhalten sowie Schwingungen unbeschadet überstehen. Dass dies mit Kunststoffen generell machbar ist, war bereits in den 80er Jahren bekannt. Doch die damaligen Motoren hätten von Hand gefertigt werden müssen – ein K.-o.-Kriterium für die Automobilindustrie, wo Motorblöcke in Millionen-Stückzahlen vom Band laufen.

Doch wie schaffen es die Forscher, den Motor widerstandsfähig genug aufzubauen? »Zunächst haben wir uns das Design des Motors angeschaut: In Bereichen, wo starke thermische oder mechanische Belastungen auftreten, bringen wir Inserts aus Metall ein«, sagt Berg. So etwa in der Zylinderlaufbuchse, in welcher der Kolben im Laufe des Autolebens millionenfach auf und ab läuft. Auch die Geometrie haben die Wissenschaftler so angepasst, dass der Kunststoff möglichst wenig Hitze aushalten muss.

### Glasfaserverstärktes Phenolharz

Eine weitere Besonderheit liegt im Material: Es muss möglichst fest und steif sein und glykolhaltigem Kühlwasser, Öl und Benzin trotzen. Zudem muss es sich gut mit den Metallinserts verbinden und darf sich bei Erwärmung nicht stärker ausdehnen als diese – sonst würden sich die Inserts ablösen. All dies erfüllt das glasfaserverstärkte Phenolharz von SBHPP, das Berg und sein Team verwenden und das zu 55 Prozent aus Fasern und zu 45 Prozent aus Harz besteht. Autobauer können statt der Glasfasern jedoch auch die teureren, aber leichteren Kohlenstofffasern verwenden – und somit von Fall zu Fall entscheiden, ob sie den Motor hinsichtlich der Kosten oder hinsichtlich des Gewichts optimieren wollen.

Bei der Fertigung von Bauteilen setzen die Forscher auf den Spritzgießprozess mit rieselfähigem Duroplast: Hier wird der fließfähige Werkstoff, bestehend aus Harz und den darin enthaltenen Fasern, in ein Werkzeug gespritzt, wo er aushärtet. Über Simulationen analysierten die Wissenschaftler, wie sie das Material dabei am besten einbringen müssen, um später optimale Eigenschaften zu erhalten. Das Verfahren ist großserientauglich und die Fertigung deutlich günstiger als die von Aluminium-Motoren. Zudem entfallen große Teile der Endbearbeitung.

Einen Prototyp des Motors gibt es schon. Auf der Hannover-Messe vom 13. bis 17. April stellen die Wissenschaftler ihn vor (Halle 2, Stand C16). Der Motor wurde bereits erfolgreich auf dem Prüfstand getestet. »Wir erreichen die gleichen Eigenschaften – etwa hinsichtlich der Leistung – wie bei herkömmlichen Motoren«, sagt Berg. Darüber hinaus erwarten die Wissenschaftler weitere Vorteile: So könnte der Kunststoff-Motor weitaus leiser laufen als seine Metall-Gegenstücke. Auch in punkto Wärmeabstrahlung an die Umgebung scheint er Aluminium-Motoren überlegen zu sein. In einem weiteren Schritt wollen die Forscher auch einen mehrzylindrigen Motor aus Kunststoffen herstellen, samt Kurbelwellen-Lagerung.



**Forschungsmotor mit eingebautem Leichtbau-Zylindergehäuse. Im Bild ist ein Messedemonstrator zu sehen.**  
(© Fraunhofer ICT) | Bild in Farbe und Druckqualität:  
[www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)

## Hochleistungs-Magnetsensoren günstig herstellen

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2015 || Thema 5

Wo musste man noch gleich entlang laufen? Hier rechts – oder doch erst die nächste Abzweigung? Ein Blick auf das Smartphone hilft weiter: Verschiedene Apps blenden Straßenkarten ein und drehen die Karte passend zur Himmelsrichtung, sie Norden sie ein. Ähnlich »schlau« sind Navigationsgeräte: Auch sie zeigen die richtige Richtung bereits an, bevor das Auto sich in Gang gesetzt hat. Möglich macht dies ein Magnet-sensor. Er ermittelt, wie das Gerät zum Erdmagnetfeld gehalten wird. Der Markt ist heiß umkämpft: Beim Preis der Sensoren zählt jeder Cent. Die Hersteller setzen daher bislang auf mehrere günstige eindimensionale Sensoren. Der Nachteil: Sie sind weniger empfindlich und arbeiten nicht so präzise wie zweidimensionale Modelle.

Künftig könnten jedoch auch kompakte zweidimensionale Sensoren den Weg in die Smartphones finden. Forscher vom Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS in Chemnitz haben das entsprechende Herstellungsverfahren optimiert. »Die Kosten und die Herstellungszeit der zweidimensionalen Magnetfeldsensoren fallen um die Hälfte«, sagt Dr. Olaf Ueberschär, Gruppenleiter am ENAS.

### Sensoren »aus einem Guss«

Der Grund für diesen Kostensturz liegt in der Produktionsweise: Die Wissenschaftler fertigen die Sensoren aus einem Materialstück – und damit gänzlich anders als bisher. Denn schon für einen eindimensionalen Sensor braucht man zwei mikroelektronische Halbbrücken, deren eingeprägte Magnetfelder in entgegengesetzte Richtungen zeigen. Da die Ausgangsmaterialien eine Magnetisierungsrichtung vorgeben, das Magnetfeld in ihnen also bereits ausgerichtet ist, musste man bislang zwei verschiedene Materialstücke zusammensetzen – eine aufwändige und somit teure Angelegenheit. Für zweidimensionale Sensoren brauchte es zwei solcher Halbbrücken beziehungsweise vier Materialstücke.

»Wir können sowohl die Vollbrücken als auch die zweidimensionalen Sensoren erstmals monolithisch – aus einem Stück – herstellen«, so Ueberschär. Dazu scheiden die Forscher auf einem Wafer ein Schichtmaterial ab und ätzen die gewünschte Struktur heraus. Der Clou liegt in der anschließenden Laserbearbeitung: Mit ihm können die Wissenschaftler die magnetischen Vorzugsrichtungen nach Belieben einstellen.

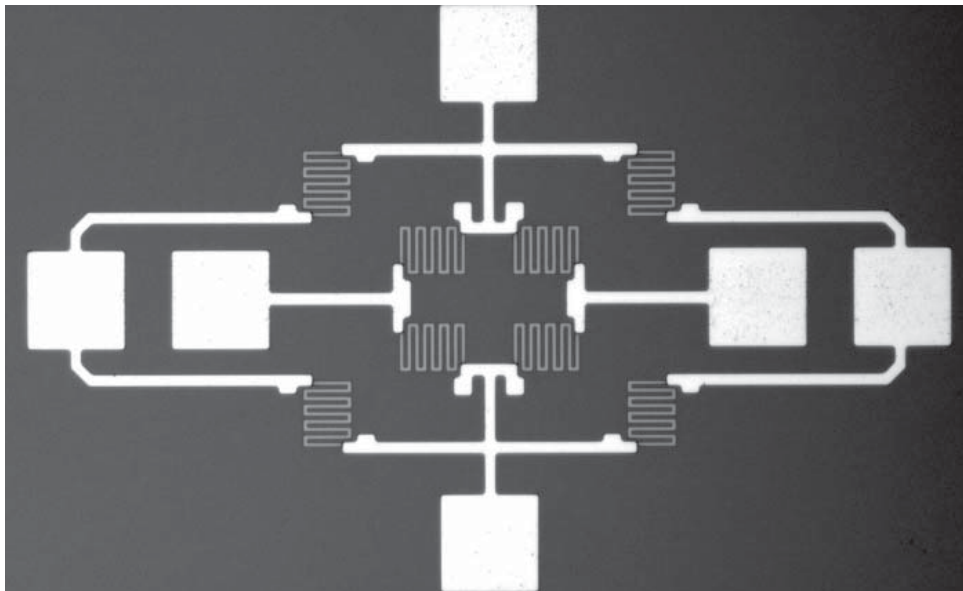
### Klein wie ein i-Tüpfelchen

Ein weiterer Vorteil: Der neue Sensor füllt nicht einmal ein Quadratmillimeter und ist damit nur etwa halb so groß wie bisherige Modelle. Je kleiner, desto mehr Anwendungen kommen für die Minichips in Frage. Beispielsweise bei Magnetfeldkameras, in denen sich zahlreiche Sensoren in mehreren Zeilen und Spalten befinden und Magnetdaten aufnehmen. Will man eine hohe Auflösung erreichen, müssen die Sensoren

möglichst klein sein – nur so passen sie dicht nebeneinander und stören sich nicht gegenseitig.

Die Magnetsensorik ist nicht auf Smartphones beschränkt. Vielmehr kommt sie überall dort zum Einsatz, wo unwirtliche Umgebungsbedingungen herrschen und andere Messverfahren versagen würden – etwa in Flüssigkeiten oder heißen Ölbädern. Auch im Auto sind sie zu finden, zum Beispiel in vollelektronischen Schalthebeln, wie sie bei neueren Fahrzeugen in der Mittelkonsole oder am Lenkrad eingebaut sind. Und in der medizinischen Diagnostik spüren sie Tropenkrankheiten sowie andere Viren und Bakterien auf.

Prototypen der zweidimensionalen Sensoren stellen die Experten auf der Messe Sensor + Test vom 19. bis 21. Mai 2015 in Nürnberg vor (Halle 12, Stand 12-531 / 12-537). Bis die Sensoren tatsächlich in Produkten eingesetzt werden können, wird es allerdings noch etwa ein Jahr dauern.



**Blick von oben auf den Prototyp eines zweidimensionalen Magnetsensors. (© Fraunhofer ENAS) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Bauteile unter Wasser in 3D vermessen

FORSCHUNG KOMPAKT

04 | 2015 || Thema 6

Technische Anlagen zu warten, die unter Wasser liegen, ist aufwändig und teuer. Rohre, Flansche oder Anschlüsse von Förderanlagen für Öl und Gas auf dem Meer beispielsweise, müssen dazu zunächst vermessen werden. Die Messungen dienen dazu, das Ausmaß der Schäden – zum Beispiel durch Korrosion oder durch sonstige Defekte – richtig einzuschätzen und geeignete Reparaturmaßnahmen einzuleiten. Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena stellt auf der Hannover Messe vom 13. bis 17. April (Halle 13, Stand E26) ein System vor, das unter Wasser liegende Bauteile vermisst und die Informationen als 3D-Daten zur Verfügung stellt. Die Technologie aus Sensoren und Kameras hat in etwa die Größe eines Schuhkartons und kann von einem Taucher wie eine Unterwasserkamera geführt werden. Sie ist aktuell für einen Einsatz in bis zu 40 Meter Wassertiefe konzipiert. Der Prototyp ist in einem internationalen Forschungsprojekt zusammen mit der 4h JENA engineering GmbH sowie dem norwegischen Forschungsinstitut Christian Michelsen Research (CMR) entstanden. Die Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen war Förderer. »Im nächsten Schritt wollen wir das 3D-Messsystem für größere Tiefen und weitere Einsatzfelder unter Wasser optimieren«, so Dr. Peter Kühmstedt, Wissenschaftler am IOF.

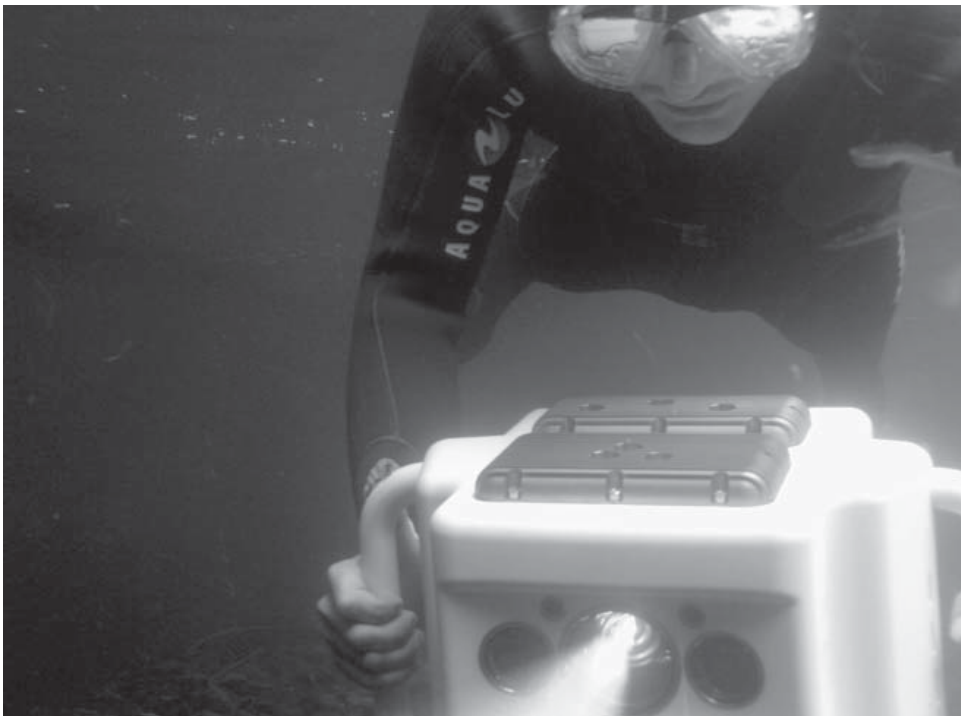
### Neues 3D-System: Klein, leicht und sehr robust

Das IOF war während des Projekts dafür verantwortlich, die 3D-Messtechnik fit für den Einsatz unter Wasser zu machen. Das Highlight: Die Wissenschaftler schafften es, die gesamte Steuerung und Elektronik sowie die Computer- und Displaytechnologie auf sehr kleinem Raum unterzubringen: »Das System ist nicht größer als 20 Kubikdezimeter und wiegt nicht mehr als 11 Kilogramm«, sagt Kühmstedt. Außerdem muss es trotz komplexer Technik einfach zu bedienen sein, denn Taucher sind durch Wasser und Ausrüstung in ihrer Bewegung eingeschränkt. Um dies zu gewährleisten, haben die Forscher die Bedien- und Darstellungssoftware des Systems angepasst: Nach außen gehen nur wenige Tasten. Die Temperatur wird ständig überwacht, um das Gerät mechanisch und thermisch stabil zu halten. Denn unter Wasser können die Temperaturen je nach Tiefe und Strömung sehr stark schwanken. Auch die Lichtverhältnisse sind anders als an Land: Es gibt optische Brechungen an der Grenze zwischen Gerät und Wasser. Eine spezielle Kalibrierungsstrategie für die Messungen gleicht das aus. Ein weiteres Hindernis: Im Wasser läuft alles über Drähte und nicht über Funk – entsprechend platzsparend mussten die Wissenschaftler die Verkabelung konzipieren.

»Unter Wasser ist alles um den Faktor zehn teurer. Für Energieunternehmen und Rohstoffförderer ist es ein großer Kostenpunkt, ihre Anlagen auf dem Meer zu warten. Das Problem: Die aktuell verfügbaren Technologien zur Vermessung der Bauteile sind entweder zu langsam oder zu weit weg von der konkreten Anwendung. Deswegen haben wir diesen Prototypen gemeinsam mit der Industrie entwickelt«, sagt Kühmstedt.

4h JENA engineering war für die Gehäuseentwicklung und die Systemverkleidung zuständig und CMR für die Einbindung zusätzlicher Sensoren.

Das 3D-Messsystem wirft mit einem Projektor mehrere Streifenmuster nacheinander auf die Oberfläche des zu untersuchenden Bauteils und schießt gleichzeitig mit zwei Kameras Aufnahmen des Objekts. Aus der Serie der aufgenommenen Stereobilder und der aktiven Musterstruktur, die man auf der Oberfläche sieht, ist die Technologie in der Lage, die Form des Objekts exakt zu bestimmen. Der Taucher benötigt 0,2 Sekunden pro Aufnahme und kann noch unter Wasser prüfen, ob diese brauchbar ist. Wieder an Land oder auf einem Schiff lädt er die Daten auf einen Computer, der die Informationen auswertet und Vorschläge für mögliche Reparaturmaßnahmen macht. »So kann zum Beispiel entschieden werden, ob sich der Rost schon zu tief gefressen hat oder der Defekt im Rohr problematisch ist oder nicht«, sagt Kühmstedt.



**Das 3D-Messsystem, das Wissenschaftler des Fraunhofer IOF mitentwickelt haben, erinnert an eine Unterwasserkamera. Taucher können es mit einfachem Tastendrücken bedienen und Bauteile vermessen. (© Fraunhofer IOF) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**