

## **FORSCHUNG KOMPAKT**

06 | 2013 ||

### **1 Intelligente Türdichtung verhindert dicke Luft**

Lange Zeit war Wärmedämmung en vogue – über dicke Luft in Räumen machte man sich kaum Gedanken. Dabei stört zu viel CO<sub>2</sub> die Konzentration. Jetzt haben Forscher ein intelligentes Türdichtungssystem entwickelt. Ständiges Lüften ist damit passé.

### **2 Weniger Reibungsverluste in Verbrennungsmotoren**

Forscher haben ein Verfahren entwickelt, das Reibung und Verschleiß im Motor bereits bei der Herstellung der Bauteile reduzieren kann. Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen lassen sich durch spezielle Beschichtungen senken.

### **3 Effektiver Privatsphärenschutz in sozialen Netzwerken**

Neue Verfahren machen es möglich, die Nutzungsgewohnheiten der Teilnehmer von sozialen Netzwerken besser zu verstehen. Die Ergebnisse sollen in die Entwicklung anwenderfreundlicher Werkzeuge zum Privatsphärenschutz einfließen.

### **4 Flugzeuge nachhaltiger bauen**

Ökobilanzen von Bauteilen können helfen, die Produktion von Flugzeugen nachhaltiger zu gestalten. Entscheidend ist, dass die Daten frühzeitig zur Verfügung stehen. Mit einer neuen Software ist das nun bereits in der Designphase möglich.

### **5 Fertighäuser – geklebt statt genagelt**

Der Traum vom eigenen Haus kann schnell Gestalt annehmen: Mit einem Fertighaus. Bisher halten Nägel die einzelnen Bauteile zusammen. Künftig soll dies über ein Klebeband gehen. Der Vorteil: Die Elemente lassen sich flexibler gestalten.

### **6 Turbinen robotergestützt reparieren**

Verdichter- und Turbinenschaufeln sind wichtige Bauteile von Flugzeugtriebwerken und Gasturbinen. Im Schadensfall ist eine Reparatur oft günstiger als der Neukauf. Doch die Prozesse sind aufwendig. Ein robotergestütztes Verfahren sorgt jetzt für mehr Effizienz.

### **7 Mehr Komfort und Sicherheit für Rollstuhlfahrer**

Mit modernen Kommunikationshilfen können E-Rollstuhlfahrer selbstständig PC und Handy bedienen, durchs Gelände navigieren und sich die Batteriekapazität anzeigen lassen. Ein neues Modul verwandelt die Elektro-Mobile in Kommunikationszentralen.

### **8 Kurzmeldungen**

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 66 Institute und selbstständige Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. Mehr als 22 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von 1,9 Milliarden Euro. Davon erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft rund zwei Drittel aus Aufträgen der Industrie und öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Die internationale Zusammenarbeit wird durch Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien gefördert.

---

#### **Impressum**

FORSCHUNG KOMPAKT der Fraunhofer-Gesellschaft | Erscheinungsweise: monatlich | ISSN 0948-8375 | Herausgeber und Redaktionsanschrift: Fraunhofer-Gesellschaft | Presse und Öffentlichkeitsarbeit | Hansastraße 27c | 80686 München | Telefon +49 89 1205-1302 | [presse@zv.fraunhofer.de](mailto:presse@zv.fraunhofer.de) | Redaktion: Franz Miller, Britta Widmann, Tobias Steinhäuser, Tina Möbius, 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.

## Intelligente Türdichtung verhindert dicke Luft

FORSCHUNG KOMPAKT

06 | 2013 || Thema 1

Hitzige Debatten und keine Einigung in Sicht: Die acht Mitarbeiter sitzen im kleinen Besprechungsraum, um das wichtige Projekt voranzutreiben. Doch bereits nach gut einer Stunde fällt es einigen Teilnehmern schwer, sich auf die Diskussion zu konzentrieren, manchem fallen sogar die Augen zu. Kein Wunder: Die Luft im Konferenzraum ist stickig und verbraucht, der erhöhte Gehalt an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) macht sie müde und raubt ihnen die Konzentration.

Da bleibt nur noch eines: Lüften. Oder aber man setzt auf das intelligente Türdichtungssystem, das Forscher vom Fraunhofer-Institut für Mikroelektrische Schaltungen und Systeme IMS in Kooperation mit der Firma Athmer jetzt entwickelt haben. Wer das System nutzt, spart sich nicht nur das regelmäßige Lüften: Die Türdichtung funktioniert auch als Kältefeind, indem sie dämmt und so stets für ein perfektes Raumklima sorgt.

Besonders in neueren Bauten ist der CO<sub>2</sub>-Gehalt in Zimmern noch immer ein Problem. „Moderne Gebäude werden immer dichter“, sagt Hans-Jürgen Schliepkorte, Gruppenleiter am Fraunhofer IMS in Duisburg. Bessere Fenster und Bausubstanzen sorgten zwar für eine gute Wärmedämmung, was lange Zeit ein großes Thema gewesen sei. Dafür sei aber die Luftqualität auf der Strecke geblieben. »Vielfach wird noch immer durch Fensteröffnen gelüftet«, so Schliepkorte. »Das wirkt sich auf die Energieeffizienz aus.«

### Sensor misst CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft

Die elektronisch gesteuerte Türdichtung der IMS-Ingenieure öffnet oder schließt sich je nach CO<sub>2</sub>-Menge im Zimmer. Ein CO<sub>2</sub>-Sensor registriert den Gehalt in der Luft. Steigt dieser über einen bestimmten Schwellenwert, steuert ein kleiner Motor über eine Feder die Türdichtung am unteren Teil des Türflügels. Die Dichtung zieht sich nach oben, durch den Schlitz kann sich die Raumluft austauschen. Gleichzeitig schaltet das System über die Gebäudeleittechnik die Lüftungsanlage ein, die verbrauchte Luft aus dem Raum befördert.

»Wir richten uns dabei nach dem Pettenkofer-Wert von 1000 ppm«, erklärt Schliepkorte. Max von Pettenkofer war es, der bereits Mitte des vorletzten Jahrhunderts mit seinen Untersuchungen zur Innenluftqualität erkannte, ab welchem CO<sub>2</sub>-Wert sich die Menschen in einem Raum unwohl fühlen. Heutige Regelwerke und Richtlinien nach DIN für Arbeitsstätten setzen 1500 ppm (parts per million) als oberen Grenzwert an und empfehlen einen CO<sub>2</sub>-Gehalt von 1000 ppm. »Diesen können wir mit Hilfe der intelligenten Türdichtung erreichen – ohne dass Fenster oder Türen geöffnet werden müssen«, so Schliepkorte.

Das Türdichtungssystem ist elektronisch an die Gebäudeleittechnik gekoppelt. Ist eine Lüftungsanlage oder gar eine Wärmerückgewinnungsanlage vorhanden, können diese

abhängig vom CO<sub>2</sub>-Gehalt und der Temperatur im Raum zusätzlich angestellt werden. »Das System berechnet immer den besten Kompromiss zwischen guter Raumlufth und optimaler Ausnutzung der Energieeffizienz«, sagt Schliepkorte. Ab Juni dieses Jahres ist es im Fraunhofer-inHaus-Zentrum in Duisburg installiert, einer Innovationswerkstatt anwendungsorientierter und marktnaher Forschung für Raum- und Gebäudesysteme.

Schon jetzt haben die Fraunhofer-Forscher weitere Anwendungen im Visier: Die Türdichtung soll auch helfen, die Luftfeuchtigkeit in Wohn- und Nutzgebäuden besser zu regulieren. Schimmelbildung zu Hause und trockene Augen im Büro könnten so bald der Vergangenheit angehören.



**Ab Juni im Fraunhofer-inHaus-Zentrum in Duisburg zu sehen: Das Türdichtungssystem des IMS.**  
(© Fraunhofer IMS) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)

## Weniger Reibungsverluste in Verbrennungsmotoren

FORSCHUNG KOMPAKT

06 | 2013 || Thema 2

Damit der Motor eines Neuwagens »rund« läuft, muss er zunächst richtig eingefahren werden: Für die ersten 1000 Kilometer sollte man beispielsweise auf schnelles Beschleunigen und ständige Kurzstrecken verzichten. Warum ist diese »Schonfrist« nötig? Während des Einlaufprozesses verändert sich durch die Reibungswirkung bei den Gleitpaarungen – den Bauteilen, die miteinander mechanischen Kontakt haben – die Oberflächenrandzone: die Oberfläche selbst wird »glatter« und in einer Materialtiefe von etwa 500 bis 1000 Nanometer (nm) verfeinert sich die Körnung der Gefügestruktur, so dass eine nanokristalline Schicht entsteht.

Bis sich diese nanoskalige Randschicht ausgebildet hat, ist jedoch einiges an Reibarbeit notwendig. Deshalb geht während dieses Einlaufprozesses auch heute noch ein Großteil der Energie durch Reibung verloren. Zudem sind die Laufeigenschaften der Oberflächen abhängig vom Einfahrverhalten der Kunden. Für die Automobilbranche ein kritisches Thema: Denn vor dem Hintergrund immer knapperer Ressourcen und der Notwendigkeit, CO<sub>2</sub> einzusparen, steht die Reduzierung reibungsbedingter Verluste ganz oben auf der Entwicklungsagenda.

### Mehr Präzision durch optimierte Fertigungstechnologien

Forscher von fünf Fraunhofer-Instituten arbeiten im Rahmen des Projekts »TRIBOMAN« an neuen Werkstoffen, Fertigungsverfahren und Prozessen, die Verbrennungsmotoren tribologisch, also reibungstechnisch, optimieren sollen. Im Fokus stehen Bauteile, die besonders hoher Reibung ausgesetzt sind wie etwa Zylinderlaufflächen. »Unser gemeinsamer Ansatz ist es, den Prozess der Randschichtbildung in die Fertigung vorzuverlegen«, erklärt Torsten Schmidt vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz.

Schmidt und sein Team haben in dem Zusammenhang optimierte Fertigungstechnologien zur Präzisionsendbearbeitung entwickelt. »Wir setzen für das Präzisionsbohren von Zylinderlaufflächen definierte Schneiden ein, deren Geometrie wir spezifisch ausgelegt haben. Dadurch erreichen wir eine sehr hohe Oberflächengüte«, erläutert Schmidt. »Außerdem nutzen wir gezielt die Kräfte des Zerspanungsprozesses, um die »Kornfeinung«, also das Verfestigen der Werkstoffe, bereits während der Fertigung herbeizuführen.«

Mit Hilfe des neuen Verfahrens soll der Einfluss auf Reibung und Verschleiß von Motor-komponenten zukünftig gesteigert werden. Die Automobilindustrie käme damit ihrem Ziel, Energie effizienter zu nutzen und CO<sub>2</sub> einzusparen, ein gutes Stück näher. Doch auch die Kunden profitieren: Denn die Einlaufzeiten neuer Motoren wären dann wesentlich kürzer. Das ist nicht nur komfortabler, sondern verringert auch die Gefahr eines vorzeitigen Verschleißes durch falsches Einfahren.

An einem Einzylinder-Versuchsmotor mit Zylinderlaufflächen aus Aluminium konnten Forscher des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg bereits erste positive Auswirkungen einer solchen modifizierten Endbearbeitung nachweisen: So zeigten die Analysen der bearbeiteten Zylinderflächen, dass die Korngröße signifikant geringer ausfällt als bei herkömmlichen Verfahren. Die Oberflächenmikrogeometrie ist mit der von gut eingelaufenen Zylinderlaufflächen vergleichbar. Aktuell arbeiten die Forscher daran, ihr Verfahren neuen Entwicklungstrends in der Automobilfertigung anzupassen, beispielsweise der Einführung von Biokraftstoffen: Da bei Biokraftstoffen der Ethanolgehalt höher ist, werden mittlerweile die Aluminiumbauteile in der Regel mit einer Spritzschicht auf der Oberfläche versehen, um sie besser gegen Korrosion zu schützen.



**Für das Präzisionsbohren von Zylinderlaufflächen kommen definierte Schneiden zum Einsatz, deren Geometrie spezifisch ausgelegt wurde. Dadurch kann eine sehr hohe Oberflächengüte erreicht werden. (© Fraunhofer IWM) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Effektiver Privatsphärenschutz in sozialen Netzwerken

FORSCHUNG KOMPAKT

06 | 2013 || Thema 3

Prinzipiell sind soziale Netzwerke wie Facebook eine feine Sache: Sie ermöglichen es, sich rund um den Globus mit Menschen auszutauschen, die engsten Freunde an jedem Ort und zu jeder Zeit zu kontaktieren und mit ihnen zeitnah Erfahrungen zu teilen. Viele Nutzer haben jedoch Probleme, Posts und Fotos gezielt zu veröffentlichen und sich dabei vor unerwünschten Nebenwirkungen für die Darstellung ihrer Person im Netz zu schützen. Um diesen Wunsch der Nutzer nach »interactional privacy« – also dem Privatsphärenschutz im Online-Umgang mit anderen Menschen – zu unterstützen, gibt es bereits Verbesserungsvorschläge für Netzwerke wie Facebook. In der praktischen Umsetzung sind diese jedoch entweder zu starr, um den vielschichtigen Gewohnheiten der Nutzer gerecht zu werden, oder sie sind zu kompliziert zu handhaben, da sie versuchen, viele verschiedene Anliegen gleichzeitig abzudecken.

»Um wirklich anwenderfreundliche Tools zu entwickeln, müssen wir die User besser verstehen«, ist Andreas Poller vom Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT in Darmstadt überzeugt. Gemeinsam mit Forschern der Goethe-Universität in Frankfurt am Main arbeitet er seit nunmehr fünf Jahren im Projekt »Software Design for Interactional Privacy within Online Social Networks« an neuen Verfahren zur Sammlung und Auswertung von Daten über Nutzungsgewohnheiten in Sozialen Online-Netzwerken (<http://dipo.sit.fraunhofer.de/>). Im Gegensatz zu bisherigen Studien wollen die Forscher nicht nur Schwachstellen im Privatsphärenschutzmanagement aufzeigen, sondern mit ihrer Arbeit das Design wirkungsvoller Privatsphären-Werkzeuge unterstützen.

### Ausgeklügeltes Studiendesign

Anfangs konzentrierten sich die Forscher ausschließlich auf qualitative Interviews. Mittlerweile kombinieren sie die Nutzerbefragungen mit einer am SIT entwickelten Analyse-Software, welche die Facebook-Aktivitäten der Studienteilnehmer dokumentiert (<http://code.google.com/p/rose-browser-extension/>). »Damit wir mit diesem Tool nicht das Nutzerverhalten beeinflussen – etwa, weil sich ein Studienteilnehmer durch die Software überwacht fühlt – haben wir es bewusst so konzipiert, dass die Probanden die volle Kontrolle über ihre Daten haben«, erklärt Poller. So läuft die Software auf dem Rechner des Nutzers und nicht auf einem externen Server. Es werden keine Inhalte mitgeschnitten, sondern nur die technischen Funktionen, die benutzt werden. Eine spezielle Kommentarfunktion der Software klinkt sich in die Bedienoberfläche von Facebook ein, damit Nutzer ihr Verhalten und ihre Erfahrungen sofort »vor Ort« für das Projekt kommentieren können. Die Daten werden nicht automatisch übermittelt, sondern die Studienteilnehmer müssen sie an die Wissenschaftler weiterleiten. In einer Art Protokoll können sie vorab die Dokumentation überprüfen und auf Wunsch modifizieren.

»Dank der engen Verzahnung der beiden Forschungsmethoden können wir die technischen Fakten aus der Perspektive des Anwenders interpretieren«, erläutert Poller. Denn die qualitativen Interviews legen zwar oft interessante Aspekte und Problemstellungen offen, diese lassen sich aber nicht eins-zu-eins in konkretes Software-Design umsetzen. »Dazu muss man wissen, welche Probleme spezifisch durch die Technik bestimmt sind«, so Poller. Designs, die rein aus einem technischen Fachwissen heraus entwickelt werden, fehlt wiederum der Bezug zu den Gewohnheiten der Nutzer. Fehlendes Wissen darüber, wie Mensch und Technik zusammenspielen, kann zudem schnell zu falschen Schlüssen führen – wie beim »privacy paradox«: Dabei geben die Nutzer in Befragungen an, viel Wert auf Privatsphäre zu legen, haben jedoch in ihrem Facebook-Account sehr offene Einstellungen gewählt. »Das sieht zunächst wie ein Widerspruch aus. Tatsächlich ist es aber vielleicht so, dass der Nutzer nur wenige Informationen in seinem Profil bereitstellt und nichts postet und deshalb gar keine restriktiven Schutzeinstellungen benötigt«, erklärt Poller.

Mit ihrer Arbeit wollen die Wissenschaftler dazu beitragen, den Designprozess der Software für soziale Netzwerke zu optimieren. Die Studienergebnisse werden regelmäßig in der Forschungsgemeinschaft vorgestellt und auch das Analysetool steht als Open-Source-Software zur Verfügung. Im vergangenen März erhielt das Projektteam für seine Bemühungen um einen besseren Privatsphärenschutz einen begehrten Google Faculty Research Award.



**Nutzerfreundlichkeit contra Privatsphärenschutz: Das SIT forscht an Wegen, anwenderfreundliche Softwaretools für soziale Netzwerke zu entwickeln. (© Fraunhofer) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**



## Flugzeuge nachhaltiger bauen

FORSCHUNG KOMPAKT

06 | 2013 || Thema 4

Die europäische Luftfahrtbranche hat sich ehrgeizige Umweltziele gesetzt: Bis 2020 will sie nicht nur schädliche Klimaemissionen reduzieren – Kohlendioxid um 50 und Stickoxid um 80 Prozent – sondern auch die Ökobilanz der Flugzeuge verbessern. »Life Cycle Assessment (LCA)« nennen Experten das systematische Erfassen der Umweltlasten der eingesetzten Bauteile. Die Analyse umfasst sämtliche Umweltwirkungen, die ein Produkt während seines kompletten Lebenszyklus erzeugt hat – von der Herstellung über die Nutzung bis zum Recycling oder zur Entsorgung.

Um die Daten zu erheben, sind leistungsstarke Softwareprogramme notwendig. Diese sind sehr komplex und werden aktuell überwiegend von externen Fachleuten bedient, die über spezielles LCA-Wissen verfügen. Ein weiterer Nachteil: Meist erheben diese die relevanten Daten und Prozesse erst im Nachhinein. »Die Luftfahrtindustrie plant langfristig: Flugzeugmodelle werden oft 20 Jahre und mehr eingesetzt. Wer hier nicht frühzeitig ökobilanziert, muss die Folgen später aufwändig und teuer ausgleichen«, erklärt Robert Ilg aus der Abteilung »Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi)« des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP die Problemstellung.

### Ökobilanz mit einem Klick

Die Wissenschaftler haben jetzt ein Computerprogramm entwickelt, das es ermöglicht, die Umwelteinflüsse von Flugzeugbauteilen schon in der Designphase, also bereits bei der Planung eines neuen Modells, mit einzubeziehen. Basis des »Eco-Design Software Tools« ist eine Luftfahrt-Datenbank, die LCA-basierte Umweltinformationen verschiedener Referenzbauteile enthält. »Der Designer weiß mit einem Klick, wie groß der »Umweltrucksack« ist, den ein Bauteil durch seinen bisherigen Fertigungsprozess mitbringt. Das heißt, es werden alle Stoff- und Energieströme quantifiziert«, beschreibt Ilg die Arbeitsweise des Programms.

Ein Kilogramm Aluminiumblech zum Beispiel, ein im Flugzeugbau häufig verwendetes Material, hat seinen »Rucksack« bereits durch Bauxit-Abbau, den Transport aus Übersee sowie die Weiterverarbeitung in Europa mit circa 140 Megajoule (MJ) gefüllt. Das entspricht mehr als der vierfachen Energiemenge, die entsteht, wenn ein Kilogramm Rohöl verbrennt. »Durch die besonders hohen Materialanforderungen im Luftfahrtsektor erhöhen sich die Umweltlasten der eingesetzten Bauteile im weiteren Fertigungsprozess danach noch erheblich. Die Ökobilanz-Datensätze müssen daher exakt auf die Branche zugeschnitten sein. Diese luftfahrtspezifische Komponente fehlte in den bisher verfügbaren Tools«, ergänzt Ilg.

Weiterer wichtiger Baustein der neuen Software sind speziell programmierte LCA-Hintergrundmodelle. Sie erlauben es dem Designer, Szenarien mit verschiedenen Bauteilen zu variieren und dabei sofort zu sehen, wie sich unterschiedliche Materialien,

Baupläne oder Prozesse auf die jeweilige Ökobilanz auswirken. Er muss selbst keine aufwendigen Analysen machen und kann das verwendete Werkstück mit gespeicherten Referenzbauteilen abgleichen. Eine übersichtlich gestaltete Benutzeroberfläche zeigt ihm die wichtigsten LCA-Parameter per Drop-Down-Menü an. »Der Flugzeugdesigner kann mit Hilfe der Software Analysen erstellen, die bislang ausgewiesenen LCA-Spezialisten vorbehalten waren. Dadurch ist es möglich, Umweltaspekte im Luftfahrtsektor bereits in einem sehr frühen – und entscheidenden – Stadium des Fertigungsprozesses zu berücksichtigen: der Planungs- und Entwicklungsphase«, nennt Ilg einen weiteren Vorteil.

Das Computerprogramm ist zusammen mit den Kollegen aus der Abteilung »Interaktive Engineering Technologien (IET)« des Fraunhofer-Instituts für Graphische Datenverarbeitung IGD in Darmstadt und der Abteilung »Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi)« der Universität Stuttgart im Rahmen von »Clean Sky« entstanden. Das Projekt ist mit einem Budget von rund 1,6 Milliarden Euro eine der größten Initiativen der Europäischen Kommission und wurde 2008 mit dem Ziel ins Leben gerufen, den Luftverkehr umweltfreundlicher zu gestalten. Fraunhofer arbeitet hier eng mit der Luftfahrtindustrie zusammen. Partner sind beispielsweise EADS, Airbus, Eurocopter oder Rolls-Royce. »Aktuell setzt die Industrie die Technologie während einer ersten Testphase ein. Sie erstellt mit Hilfe der Software eigene Umweltbilanzen, die sie dann als »Eco-Statements« veröffentlicht«, ergänzt Laura Brethauer aus der GaBi-Abteilung am IBP. Auf der »Paris Air Show (SIAE)« vom 17. bis 23. Juni 2013 in Paris-Le Bourget zeigen Ilg und Brethauer die erste Version ihres neuen Eco-Design Software Tools (Halle 1, Stand G316).



**Fertigungshalle von Airbus in Hamburg: Mit dem »Eco-Design Software Tool« kann nun bereits in der Designphase ökobilanziert werden. (© EADS)**

## Fertighäuser – geklebt statt genagelt

FORSCHUNG KOMPAKT

06 | 2013 || Thema 5

Dort, wo vor wenigen Tagen noch eine grüne Wiese war, steht nun bereits ein gesamtes Haus. Möglich wird dieser rasante Bau durch Bauteile, die in einem Fertigteilwerk industriell vorgefertigt und auf der Baustelle nur noch zusammenmontiert werden – man spricht von »Fertighäusern«. Die einzelnen Wand-, Decken- und Dachelemente bestehen üblicherweise aus Holz: Die Hersteller fertigen im Werk zunächst eine Rahmenkonstruktion aus Kanthölzern, auf die sie dann Holzwerkstoffplatten aufbringen. Nägel und Klammern halten die Konstruktion fest zusammen. Dabei gilt es allerdings einiges zu beachten: Die Kanthölzer dürfen nicht zu schmal sein, sonst können die Nägel und Klammern ausbrechen. Zudem muss sich dort, wo die Platten aneinander stoßen, eine Rippe befinden, an der die Hersteller die Platten befestigen können.

Wäre es möglich, diese sowie die Hölzer zu kleben, könnten die Planer die Bauteile sehr viel flexibler gestalten. Zwar gibt es bereits einige Firmen, die mit flüssigen Klebstoffen bauen, bislang hat sich dieses Fertigungsverfahren jedoch nicht durchgesetzt. Denn der Prozess hat seine Tücken: Damit der flüssige Klebstoff aushärtet, muss man entweder die gesamte Holzplatte samt Kanthölzern erhitzen, oder mehrere Stunden warten. Eine zeitaufwändige Angelegenheit, die sich nur schlecht in den industriellen Produktionsprozess eingliedert.

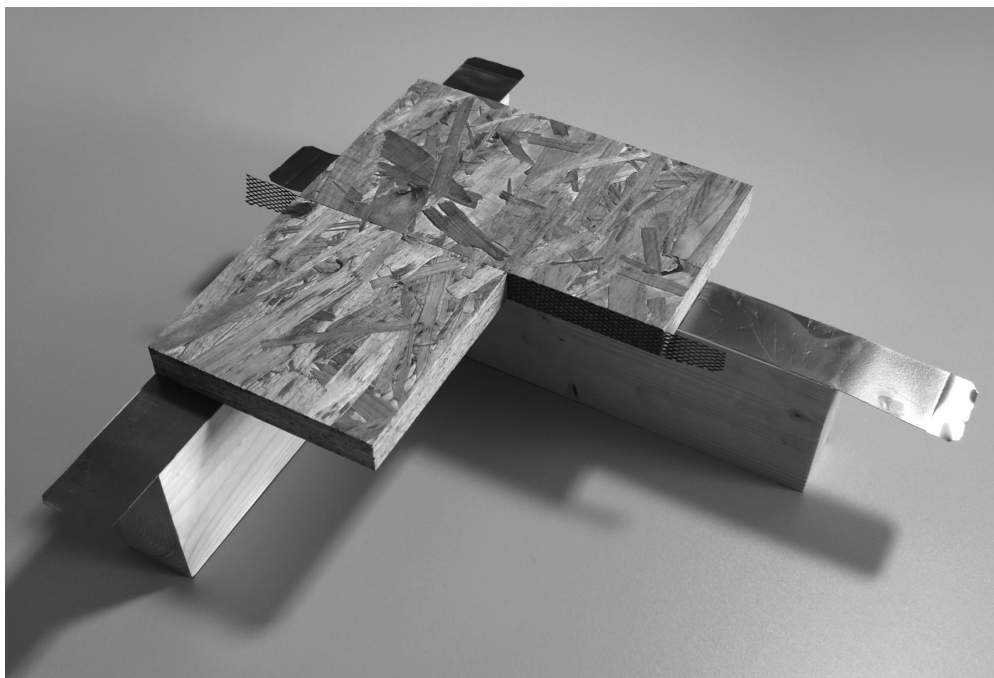
### Schnell aushärtendes Klebeband

Eine Alternative haben Forscher vom Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI in Braunschweig ausgetüftelt, gemeinsam mit ihren Kollegen vom Institut für Füge- und Schweißtechnik der TU Braunschweig. »Wir haben ein Klebeband entwickelt, das innerhalb von einer Minute aushärtet und die einzelnen Elemente zuverlässig und dauerhaft miteinander verbindet«, sagt Dr. Andreas Zillessen, Wissenschaftler am WKI. »Da der Klebstoff auf Knopfdruck aushärtet, können wir beim Zusammenbauen und nach dem Aufbringen des Klebebands beliebig lange warten, ohne dass der Kleber wie bei anderen Klebstoffen eintrocknet.«

Das Geheimnis liegt im Material selbst versteckt: Es besteht nicht nur, wie übliches Klebeband, aus einer Trägerfolie und dem Klebstoff, sondern hat zudem seine eigene »Heizung«. Diese ist ein Metallband, das auf beiden Seiten mit dem Klebstoff beschichtet ist. Will man zwei Holzleisten miteinander verkleben, bringt man das Klebeband an die richtige Stelle, positioniert die Leisten, und lässt elektrischen Strom durch das Metallband fließen. Das Resultat: Das Metall erwärmt sich, der Klebstoff schmilzt und verbindet sich mit dem Holz. Die Wärme sorgt zunächst dafür, dass der Klebstoff flüssig wird und in die Holzporen eindringt, beim Abkühlen härtet er anschließend sehr schnell aus. »Momentan brauchen wir etwa eine Minute für das Kleben und Aushärten, auf Dauer wollen wir diesen Prozess aber deutlich verkürzen«, erläutert Zillessen.

Die Herausforderung für die Forscher liegt nicht nur darin, den optimalen Klebstoff und das bestgeeignete Metallband zu finden, sondern vor allem, das Zusammenspiel der drei Komponenten zu optimieren. Denn der Klebstoff muss nicht nur am Metall haften, sondern auch am Holz. »Da das Klebeband vor allem in tragenden Klebungen in Gebäuden eingesetzt werden soll, muss er dauerhaft halten und eine strukturelle Festigkeit aufweisen«, sagt Zillessen.

Um dies zu erzielen, testen die Forscher verschiedene Klebstoffe und Metallbänder. Den optimalen Kleber haben sie bereits gefunden. Was die Metalle angeht, wartet noch etwas Arbeit auf die Wissenschaftler: Messing ist vielversprechend. Nun wollen die Experten noch Edelstahl und Aluminium testen. »Prinzipiell konnten wir bereits zeigen, dass die Technologie funktioniert«, fasst der Forscher zusammen. In etwa einem halben Jahr wollen die Wissenschaftler das Klebeband bei der Firma Schwörer testen.



**Das WKI hat einen Weg gefunden, Bauteile von Fertighäusern zu kleben. Diese können nun flexibler gestaltet werden. (© Fraunhofer WKI) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Turbinen robotergestützt reparieren

FORSCHUNG KOMPAKT

06 | 2013 || Thema 6

Die deutsche Turbomaschinenbranche boomt. In den vergangenen 25 Jahren konnte sie ihren Anteil am Weltmarkt von 15 auf 30 Prozent verdoppeln. Immer wichtiger für die Hersteller wird das Servicegeschäft, also Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten (englisch: Maintenance, Repair and Overhaul, kurz MRO). Besonders beanspruchte Teile der Turbomaschinen sind die Schaufeln in Verdichter und Turbine. Ihre Aufgabe ist es, die Strömungsenergie in mechanische Energie umzuwandeln. Sie sorgt dafür, dass Flugzeugtriebwerke den nötigen Schub oder Kraftwerksgeneratoren ausreichend Strom erzeugen.

»Schäden an Schaufeln von Flugzeugturbinen entstehen zum Beispiel durch Verschleiß aufgrund Schwingung und Reibung oder Erosion durch Sand- und Staubpartikel. Weitere Auslöser sind harte Landungen, wenn einzelne Triebwerkskomponenten einander berühren oder größere Objekte, die in das Triebwerk einschlagen«, erklärt Martin Bilz, Leiter »Fertigungstechnologien« am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin. Die geometrisch komplexen, meist aus titan- oder nickellegiertem Stahl bestehenden Bauteile verbiegen oder reißen ein, der Luftstrom ist nicht mehr optimal. Das kann dazu führen, dass die Leistung der Triebwerke abfällt und der Spritverbrauch steigt.

### Zeitaufwendige Handarbeiten

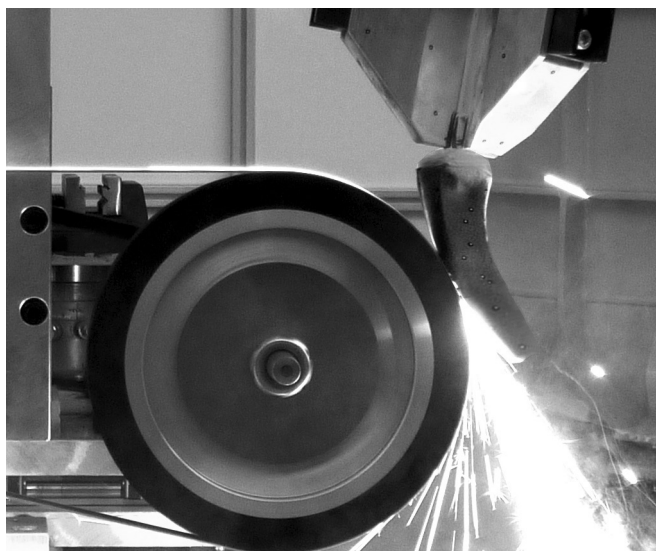
Die beschädigten Bauteile zu reparieren lohnt sich. Eine einzelne Turbinenschaufel kann je nach Stufe und Triebwerksgröße mehrere tausend Euro kosten. Bei bis zu 80 Schaufeln pro Maschine wären die Betreiber der Anlagen schnell mit sehr hohen Summen konfrontiert. Die Reparatur ist dagegen über 50 Prozent günstiger. Doch deren Prozesse sind sehr aufwendig. Die einzelnen Arbeitsschritte lassen sich nicht einfach in die größtenteils automatisierte Serienfertigung integrieren. Spezialisten bearbeiten die Werkstücke per Hand oder mit speziell eingerichteten Werkzeugmaschinen. Abhängig von deren Größe kann es von mehreren Stunden bis zu einigen Tagen dauern, bis eine einzelne Schaufel wieder Instand gesetzt ist. Aufgrund der strengen Qualitätssicherung in der Luftfahrtindustrie stehen beispielsweise einzelne rotierende Triebwerkskomponenten oft erst nach zwei bis drei Wochen wieder zur Verfügung.

Im Rahmen des Fraunhofer-Innovationsclusters MRO setzten sich die Forschungseinrichtungen IPK und das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin deshalb zum Ziel, ein automatisiertes, robotergestütztes Verfahren zu entwickeln. »Während Werkzeugmaschinen gleichbleibend teuer sind, werden Roboter immer günstiger und sind mittlerweile auch für Bearbeitungsaufgaben einsetzbar«, begründet Bilz den Ansatz der Institute. Den Forschern zur Seite standen Spezialisten von Turbomaschinenherstellern wie MAN, MTU, Rolls-Royce und Siemens. Gemeinsam mit weiteren Partnern aus Wirtschaft und Forschung gelang es dem IPK, nicht nur einzelne

Prozessschritte für die Automatisierung fit zu machen. Bilz und seine Kollegen entwickelten auch ein Verfahren, bei dem ein Roboter innerhalb einer einzelnen Fertigungszelle mehrere Reparaturstationen durchläuft. Das Besondere: Der Roboter hat das Bauteil zu jeder Zeit fest im Griff und wendet sich den – in einem Umkreis von etwa 15 Quadratmetern um ihn herum gelegenen – Stationen einzeln zu. Er reinigt das Bauteil, erfasst seine Geometrie und die Fehlstellen und bearbeitet es spanend nach.

»Die robotergestützte Fertigungszelle ist nicht nur ein gutes Beispiel für ressourcenschonende und energieeffiziente MRO-Prozesse, sondern hat auch Impulse für die Neufertigung von Turbomaschinenkomponenten gebracht. Es macht beispielsweise die Reparatur von Verdichterschaufeln genauer, schneller und günstiger. Wir wollen nun sehen, dass die Technologie auch rasch in den Fertigungshallen der Industrie ankommt«, beschreibt Bilz die Bedeutung seiner Entwicklung für die Industrie. Wissenschaftler des IPK zeigen das Verfahren auf der Paris Air Show (SIAE) vom 17. bis 23. Juni 2013 in Paris-Le Bourget (Halle 1, Stand 316).

Fraunhofer treibt das Thema weiter voran: Ende Mai startete das neue Innovationscluster »Life Cycle Engineering für Turbomaschinen«. Mit dabei sind neben dem IPK die beiden Berliner Fraunhofer-Institute für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM und für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI sowie das Dresdner für Keramische Technologien und Systeme IKTS. Bilz fasst die Inhalte des Clusters wie folgt zusammen: »Unser Ziel ist es, energieeffiziente und ressourcenschonende Technologien für alle Lebenszyklen von Turbomaschinen bereitzustellen. Neben MRO betrachten wir hier auch die vorgelagerten Prozessschritte Design und Produktion. Im Mittelpunkt stehen dabei Triebwerke in der Luftfahrt und Gasturbinen in der Energieerzeugung.«



**An der Schleifstation bessert der Roboter automatisiert die beschädigten Stellen einer Turbinenschaufel aus.**  
(© IWF TU Berlin) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)

## Mehr Komfort und Sicherheit für Rollstuhlfahrer

FORSCHUNG KOMPAKT

06 | 2013 || Thema 7

SMS verfassen, E-Mails schreiben, durchs Internet surfen, telefonieren – all dies ist für Menschen mit Handicap eine echte Herausforderung. Das gilt umso mehr für Rollstuhlfahrer mit eingeschränkter Handmotorik oder für Schwerbehinderte. Um elektronische Geräte problemlos bedienen zu können, sind die Betroffenen auf eine Kommunikationshilfe angewiesen. Eine solche haben Forscher vom Fraunhofer-Institutsteil Angewandte Systemtechnik AST im Auftrag des Medtech-Unternehmens und langjährigen Industriepartners Otto Bock Mobility Solutions GmbH entwickelt.

Dabei handelt es sich um ein Zusatzmodul, das die Funktionalität von E-Rollstühlen erweitert, indem es die vorhandene Rollstuhlsteuerung wie Joystick oder Kinnsteuerung per Bluetooth mit Handy, PC, TV, Spielekonsole und Co. verbindet. Schnittstelle für die Datenübertragung ist der CAN-Bus des Rollstuhls, wo alle Rollstuhldaten zusammenlaufen. »Mit dem Modul kann man alle Mausfunktionen – etwa auf dem Notebook oder dem Smartphone – ausführen und so beispielsweise E-Mails abrufen, sich durchs Internet klicken oder bei Notfällen Nachrichten verschicken. Unterstützt werden alle USB-fähigen Geräte«, sagt Prof. Dr. Andreas Wenzel, Gruppenleiter »Eingebettete Systeme« am AST in Ilmenau.

### Smartphone-App berechnet Reichweite

Das Modul ist zu vielen E-Rollstühlen der Firma Otto Bock kompatibel. Es hat die Form eines Kästchens und lässt sich mit einer Größe von 85 x 65 x 32 Millimetern unauffällig am Rollstuhl befestigen. Die Box umfasst sowohl die Hardware in Form einer Leiterplatte als auch die Software und verfügt über zwei Bluetoothschnittstellen. »Das System ermöglicht nicht nur die Interaktion mit Elektronikgeräten. Vielmehr lässt es sich auch zum Transfer von Rollstuhldaten wie beispielsweise Batteriekapazität, Motorenströme oder Fehler im Antriebssystem an ein Smartphone nutzen«, erläutert Wenzel den Nutzen der zweiten Bluetoothschnittstelle. Eine eigens entwickelte Smartphone-App liest die Daten aus und verarbeitet sie weiter.

»Besitzer von Elektro-Rollstühlen sind oft unsicher, ob und wie weit der Akku reicht, da der Energiebedarf des Fahrzeugs von Außentemperaturen und Höhenprofilen abhängt. Bei starken Steigungen wird mehr Strom verbraucht als auf ebenen Strecken. Aus Unsicherheit verzichten die Betroffenen daher häufig auf Ausflüge oder andere Unternehmungen«, erläutert Wenzel. Die Android-App führt eine präzise Reichweitenprognose durch. Nach Eingabe des aktuellen Aufenthaltsorts und einem Abgleich mit der Batteriekapazität berechnet sie, ob die vorhandene Energie noch ausreicht, um zum Heimatstandort zurückzugelangen. Die erforderlichen Daten ruft sie aus dem Internet ab. Per Handy wird der Rollstuhlfahrer informiert, wie weit er noch fahren kann. Geht die Kapazität zur Neige, erscheint eine Warnung am Display des Smartphones und weist darauf hin, dass nur noch zehn Kilometer zurückgelegt werden können. »Das

schaft Sicherheit«, sagt Andreas Biederstädt, Entwicklungsleiter für eMobility & Drive Technology bei Otto Bock. »Das Handy lässt sich problemlos am Rollstuhl montieren, außerdem sind wir so in der Lage, teure Industriedisplays zu ersetzen.«

Ein weiterer Vorteil der App: Mithilfe der Navigationsfunktionen lassen sich barrierefreie Wege anzeigen oder auch behindertengerechte Toiletten. Wer über einen geländegängigen Rollstuhl verfügt, kann sich so auch abseits der Straßen bewegen und geeignete Routen anzeigen lassen. »Besitzer von E-Rollstühlen erhalten durch das Zusatzmodul mehr Autonomie, Sicherheit und Komfort«, resümiert Biederstädt. »Nicht nur Behinderte, auch Senioren mit eingeschränkter Mobilität profitieren von solchen Mobilitätskonzepten mit Bluetoothmodul.«

Erste Tests konnten erfolgreich abgeschlossen werden, mit der neuartigen Kommunikationshilfe ausgestattete Rollstuhl-Prototypen wurden bereits präsentiert. Otto Bock plant derzeit, eine Nullserie aufzulegen. Das fertige Produkt soll ab dem dritten Quartal dieses Jahres angeboten werden. Auch die Forscher vom AST wollen ihre Entwicklung vorantreiben. »Im nächsten Schritt binden wir unser Bluetoothmodul an die Hausautomation an. So kann ein behinderter Mensch vom Rollstuhl aus beispielsweise die Klimaanlage steuern, Jalousien öffnen und schließen oder das Licht ausschalten«, sagt Wenzel.



Mit Hilfe des Zusatzmoduls des AST verbindet sich der Rollstuhl per Bluetooth mit Smartphone, PC, TV oder der Spielkonsole. (© Fraunhofer IOSB/AST, Martin Käßler) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)

---

**Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Institutsteil Angewandte Systemtechnik AST**

Am Vogelherd 50 | 98693 Ilmenau | [www.iosb-ast.fraunhofer.de](http://www.iosb-ast.fraunhofer.de)

**Kontakt:** Andreas Wenzel | Telefon +49 3677 461-144 | [andreas.wenzel@iosb-ast.fraunhofer.de](mailto:andreas.wenzel@iosb-ast.fraunhofer.de)

**Presse:** Martin Käßler | Telefon +49 3677 461-128 | [martin.kaessler@iosb-ast.fraunhofer.de](mailto:martin.kaessler@iosb-ast.fraunhofer.de)



## Lieber stressfrei als schnell Auto fahren

Deutsche Verkehrsteilnehmer nehmen gerne längere Fahrtzeiten und sogar Umwege in Kauf, wenn sie dadurch zur Entspannung der allgemeinen Verkehrssituation beitragen können. Dies ergab eine aktuelle Nutzerstudie, die das Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS in Zusammenarbeit mit der TU Berlin durchgeführt hat. 120 Autofahrer waren bereit, Angaben über ihre Fahrgewohnheiten und Einstellungen zum Straßenverkehr zu machen: Zwei Drittel gaben an, lieber stressfrei zu fahren, auch wenn sie dafür mehr als drei Minuten länger unterwegs wären. 75 Prozent der Teilnehmer würden sogar Umwege in Kauf nehmen. Um diese Kooperationsbereitschaft nicht ungenutzt zu lassen, entwickeln Forscher am FOKUS automotiv Kommunikationstechnologien, mit denen Verkehrsteilnehmer im Sinne eines möglichst ausgeglichenen und umweltverträglichen Gesamtverkehrs durch Straßen navigiert werden.

Beispielsweise arbeiten die Wissenschaftler an Lösungen, mit denen Autofahrer durch rechtzeitige Verkehrswarnungen und Fahrempfehlungen per Navigationssystem oder Smartphone möglichst staufrei und schadstoffarm durch den Verkehr kommen. FOKUS ist Partner des EU-Projekts »TEAM«, das Technologien für kollaboratives Verkehrsmanagement entwickelt.

### **Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS**

Kaiserin-Augusta-Allee 31 | 10589 Berlin | [www.fokus.fraunhofer.de](http://www.fokus.fraunhofer.de)

**Kontakt:** Dr. Ilja Radusch | Telefon +49 30 3463-7474 | [ilja.radusch@fokus.fraunhofer.de](mailto:ilja.radusch@fokus.fraunhofer.de)

**Presse:** Naira Danielyan | Telefon +49 30 3463-7362 | [naira.danielyan@fokus.fraunhofer.de](mailto:naira.danielyan@fokus.fraunhofer.de)

## Energie sparen in U-Bahn-Stationen

U-Bahnen sind das Rückgrat des städtischen Nahverkehrs, zugleich aber auch große Stromfresser. So verbraucht beispielsweise das gesamte U-Bahn-System von Barcelona rund 63,1 Millionen kWh pro Jahr. Ein Drittel der benötigten Energie wird für den Betrieb von Teilsystemen der U-Bahn-Stationen aufgewendet. Hierzu gehören beispielsweise die Belüftung, Rolltreppen, Aufzüge und die Beleuchtung. Würde man den Energieverbrauch nur um einige wenige Prozentpunkte senken, wäre der Stromspareffekt schon beachtlich. Ziel des EU-Projekts »SEAM4US« ist es daher, nachhaltige Energiemanagement-Technologien zu entwickeln, um den Energiebedarf der Teilsysteme zu reduzieren. Dies soll unter anderem durch zusätzliche Messgeräte und Sensor-Aktuator-Netzwerke gelingen, die in die Subsysteme integriert werden. Erforderliche Nutzer-, Umgebungs- und zeitliche Daten werden mit Hilfe einer eigens entwickelten Middleware erfasst. Forscher vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT in Sankt Augustin steuern die Systementwicklung innerhalb des Projektteams. Zudem sind sie verantwortlich für die Integration der unterschiedlichen Technologien in die SEAM4US-Plattform.

**FORSCHUNG KOMPAKT**

06 | 2013 || Kurzmeldungen

Das SEAM4US-System wird derzeit in Barcelonas U-Bahn-Station »Passeig de Gràcia« installiert und getestet. Dieser Knotenpunkt ist eine der am meisten frequentierten Stationen der katalonischen Hauptstadt. Würde man fünf Prozent des Energieverbrauchs des gesamten U-Bahn-Netzes Barcelonas einsparen, entspräche dies dem Strombedarf von circa 700 Haushalten. Nach Angaben der Experten vom FIT ist ein solches Einsparpotenzial mit dem neuen Energie-Managementsystem durchaus realisierbar.

**Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT**

Schloss Birlinghoven | 53757 Sankt Augustin | [www.fit.fraunhofer.de](http://www.fit.fraunhofer.de)

**Kontakt:** Dr. Markus Eisenhauer | Telefon +49 2241 14-2859 | [markus.eisenhauer@fit.fraunhofer.de](mailto:markus.eisenhauer@fit.fraunhofer.de)

**Presse:** Alex Deeg | Telefon +49 2241 14-2208 | [alex.deeg@fit.fraunhofer.de](mailto:alex.deeg@fit.fraunhofer.de)

## **E-Fahrzeuge kleiner und komfortabler machen**

Das Fahrzeug ähnelt einem Elektroroller und surrt kaum hörbar an einem vorbei. Der Fahrer meistert erst engste Kurven und kommt dann sicher zum Stehen. Die Füße muss er dabei nicht absetzen, denn die beiden Hinterräder bieten bereits genügend Halt. Daniel Borrmann ist zufrieden mit der ersten Probefahrt des »Electromobile City Scooter«. Das neue dreirädrige Elektrofahrzeug des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart soll neue Impulse für den Stadtverkehr von morgen setzen. »E-Roller bieten viele Vorteile. Doch viele Autofahrer wollen oder können bei Stadtfahrten nicht umsatteln. Ihnen fehlt schlicht die Erfahrung auf zwei Rädern«, so Borrmann. Genau hier setzt der »Electromobile City Scooter« an.

Durch das zusätzliche Rad an der Hinterachse, kombiniert mit einem speziellen Fahrwerk, ist das Elektrofahrzeug stabil und wendig zugleich. Obwohl mehrspurig, kann es sich in Kurven neigen. Die Forscher vom IAO haben die Hinterräder dazu separat aufgehängt und durch Luftfedern im Rahmen abgestützt. Trotz dreier Räder ist das Modell kaum breiter als ein normaler Zweirad-Roller. Nach ersten Entwürfen entwickelten die Wissenschaftler ganz konkrete Vorgaben, die dann das Ingenieurbüro GreenIng an einem konventionellen zweirädrigen E-Scooter umsetzte. »Wir haben gezeigt, dass unsere Idee an einem realen Modell funktioniert. Im nächsten Schritt wollen wir das Fahrzeug noch komfortabler machen. Zum Beispiel durch Systeme für helmfreies Fahren, Wetterschutz und Gepäckaufbewahrung«, beschreibt Borrmann die Ziele seines Teams, steigt auf den Roller und startet mit einem leichten Surren in eine neue Proberunde.

**Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft- und Organisation IAO**

Nobelstr. 12 | 70569 Stuttgart | [www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)

**Kontakt:** Daniel Borrmann | Telefon +49 711 970-2030 | [daniel.borrmann@iao.fraunhofer.de](mailto:daniel.borrmann@iao.fraunhofer.de)

**Presse:** Juliane Segedi | Telefon +49 711 970-2343 | [juliane.segedi@iao.fraunhofer.de](mailto:juliane.segedi@iao.fraunhofer.de)

---