

## **FORSCHUNG KOMPAKT**

08 | 2015 ||

### **1 Raumsonden – keimfreier Start ins All**

Bauteile, die bei einer Weltraum-Mission eingesetzt werden, müssen penibel gereinigt sein. Fraunhofer-Forscher haben für die Europäische Raumfahrtagentur ESA einen Reinraum konzipiert, in dem kleinste Verschmutzungen entfernt werden können. Mit Partnern sterilisieren die Experten den Marsrover »ExoMars«, der 2018 starten soll.

### **2 Smarter Fahrersitz, der auf Gesten reagiert**

Viele Berufskraftfahrer leiden unter Rückenproblemen. Eine Ursache: Fahrzeugsitze, die unzureichend auf den jeweiligen Fahrer eingestellt sind. Fraunhofer-Forscher haben jetzt gemeinsam mit der Isringhausen GmbH & Co. KG einen Fahrersitz entwickelt, der sich über einfache Handbewegungen in Form und Position anpassen lässt.

### **3 Nanopartikel in Sonnenschutzmitteln nachweisen**

Viele Kosmetika wie Sonnencremes enthalten Titandioxid. Die Nanopartikel sind umstritten. Experten vermuten schädliche Wirkungen für Mensch und Umwelt. Die Teilchen lassen sich in den Cremes schwer nachweisen. Mit einer Messmethode von Fraunhofer-Forschern lassen sich die Partikel exakt bestimmen.

### **4 Sichere IT für Autos flexibel umsetzen**

Fast alles im Auto läuft heute über elektronische Steuergeräte. Doch die Minicomputer werden zunehmend ein attraktives Ziel für Angreifer. Fraunhofer-Forscher entwickelten eine Plattform, mit der sichere Geräte auf Basis offener und herstellerübergreifender Hard- und Software-Standards flexibel umgesetzt werden können.

### **5 Heizen mit der Sonne**

SolarAktivHäuser »befeuern« ihre Heizungen über Wärmekollektoren und Wasserspeicher selbst. Bislang fehlte jedoch eine neutrale Bewertung der Effizienz. Fraunhofer-Forscher untersuchten nun die Sonnenhäuser, spürten Optimierungspotenziale auf und legten ein wissenschaftliches Fundament für das Hauskonzept.

### **6 Kosten sparen beim Bau von Flugzeugturbinen**

Verdichterscheiben für Flugzeugturbinen werden aus einem Materialstück herausgefräst. Bei der Bearbeitung fangen die Schaufeln an zu schwingen. Ein neuartiges Spannsystem steigert die Dämpfung der Schaufeln nun auf mehr als das 400-fache. Es lassen sich bis zu 5000 Euro Kosten bei der Fertigung einsparen.

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, Janine van Ackeren, Tina Möbius, Tobias Steinhäuber | 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.

## Raumsonden – keimfreier Start ins All

FORSCHUNG KOMPAKT

08 | 2015 || Thema 1

Weltraum-Missionen sind mit enormen Kosten und großen Risiken verbunden. Davon zeugen viele, aktuell gescheiterte Projekte. Da sich eine unbemannte Raumsonde, einmal gestartet, nicht mehr reparieren lässt, darf kein Bauteil, kein Aggregat versagen. Sonst wären alle Anstrengungen umsonst und die Wissenschaftler müssten viele Jahre auf eine Ersatzmission warten. Verschmutzungen spielen eine wichtige Rolle. Denn Schmutz kann die Mechanik blockieren, einen Kurzschluss verursachen oder die Elektronik stören. Besonders heikel wird es, wenn eine Sonde Spuren von Leben auf einem fremden Planeten suchen soll. Genau darum geht es bei der europäischen Mars-Mission »ExoMars«, deren Start für 2018 geplant ist. Eine Landefähre wird dann auf dem Nachbarplaneten aufsetzen und ein Gefährt von der Größe eines Smart losschicken. Damit seine Sensoren, die nach Leben suchen, zuverlässig arbeiten können, darf es kein organisches Material von der Erde einschleppen.

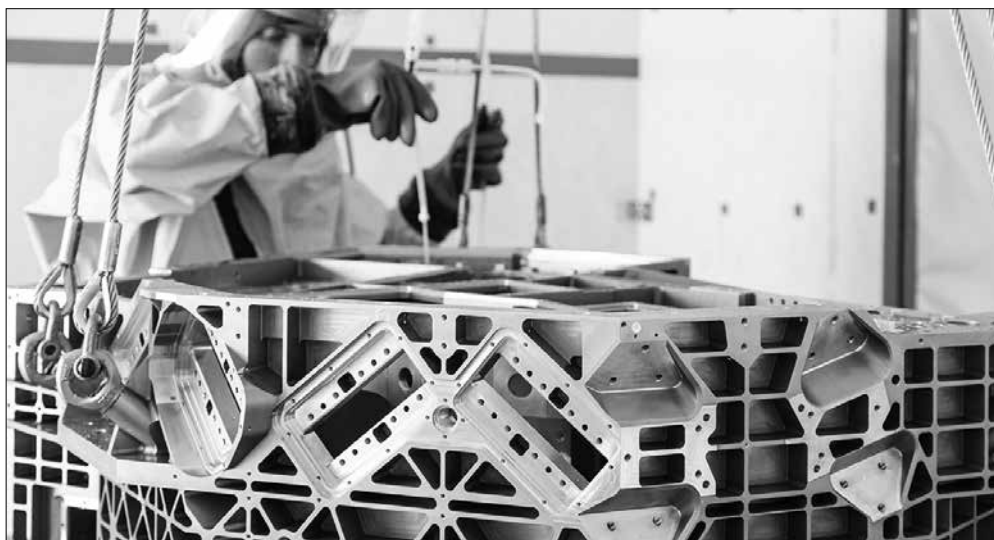
### Reinraum für die ESA konzipiert

Dass alle Bauteile absolut keimfrei sind und selbst Verschmutzungen im Nanometerbereich entfernt werden, dafür sorgen Forscher des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA im Auftrag der Europäischen Raumfahrtagentur ESA. Bei ihrer Konzeption konnten die Wissenschaftler auf ihre umfassende Expertise zurückgreifen – eines der weltweit am besten ausgestatteten Reinräume steht am Fraunhofer IPA in Stuttgart. Um den Mars-Rover zuverlässig sterilisieren zu können, haben die Experten für die ESA einen Reinraum konzipiert und im niederländischen Noordwijk, dem Sitz des Europäischen Weltraumforschungs- und Technologiezentrums (ESTEC), eingerichtet. Der etwa 70 Quadratmeter große reinheitstechnisch kontrollierte Bereich genügt höchsten Reinheitsanforderungen, unter anderem der ISO-Klasse 1. Das bedeutet, dass ein Kubikmeter Luft nicht mehr als 10 Partikel von 0,1 Mikrometer Größe enthalten darf. Der ultrareine Bereich ist etwa eine Milliarde mal sauberer als Umgebungsluft.

Die Konzeption der IPA-Forscher umfasste die Planung ebenso wie das Layout, die Qualitätssicherung, Realisierung, Abnahmemessung und Inbetriebnahme. »Wir haben ein Rundumsorglos-Paket geschnürt, den Raum dimensioniert, die Auswahl der Reinheits- und Reinigungstechnik, der Anlagen- und Lüftungstechnik, der Bodenbeschichtungen, der Filtrationssysteme und des Sterilisationsequipments getroffen, und Empfehlungen für Industriepartner gegeben, die den Raum bauen«, sagt Dr. Udo Gommel, Leiter des Geschäftsfeldes »Elektronik und Mikrosystemtechnik« am IPA. »Beispielsweise ist es wichtig, dass der Boden in Bezug auf das Ausgasungsverhalten zu den Wänden passt. Kunststoff sondert ausgasende, schädliche Produkte ab, die sich etwa auf optischen Linsen sammeln könnten. Die Kontaminationen würden Abbildungsfehler verursachen«, führt der Ingenieur und Physiker weiter aus.

Für das Sterilisieren des Mars-Rovers hat sich ein Verfahren bewährt, das am IPA entwickelt und zum Patent angemeldet wurde. Ursprünglich kommt die Methode aus den USA, um den Lack von Flugzeugrümpfen zu entfernen. Ein harter Strahl aus reiskorngroßen Kristallen von gefrorenem Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) sprengt dabei die Farbe regelrecht vom Metall ab. Die Forscher haben das grobe Instrument stark verfeinert. Anstatt CO<sub>2</sub>-Pellets verwenden sie Kohlendioxid-Schnee, um damit jedes Bauteil einzeln zu bearbeiten, vom hochkomplexen Aluminiumwerkstück bis zum Unterlegscheibchen. Der Clou: Der Strahl, der aus der Düse kommt, wird mit einem umhüllenden CDA-Strahl (Clean Dry Air) zusätzlich beschleunigt. So dringt er in alle Ritzen und entfernt noch die kleinsten Verschmutzungen. Sobald die winzigen Schneeflocken auf die relativ warme Oberfläche treffen, werden sie gasförmig, wobei sich ihr Volumen explosionsartig um das 800-fache ausdehnt. Der Detonationsdruck fegt jeden Schmutz restlos weg, sogar Fingerabdrücke, die das kalte Gas zuvor spröde gemacht hat. »Es handelt sich dabei um ein trockenes Verfahren, das Oberflächen nicht aufquillt. Diese lassen sich beim Reinigen mit CO<sub>2</sub> schonend behandeln. Der Einsatz von Wärme oder Chemikalien ist nicht nötig«, erläutert Gommel den Vorteil dieser Methode.

Der Reinraum ist bereits in Betrieb, die Forscher vom IPA rüsten ihn laufend mit Reinheits- und Reinigungstechnik auf und optimieren den Materialfluss. Neben der ESA nutzen weitere nationale Einrichtungen wie Thales Alenia Space Italy, ein italienisches Raumfahrtunternehmen, den Raum für ihre Weltraum-Missionen. Auch andere Weltraumbehörden wie die NASA lassen sich von Gommel und seinem Team beraten.



**Die Wissenschaftler präparieren in ihren Reinraumlaboren regelmäßig Instrumente für Weltraum-Missionen. Hier zu sehen: die Vorreinigung eines Satellitenbauteils. (© Rainer Bez, Fraunhofer IPA) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Smarter Fahrersitz, der auf Gesten reagiert

FORSCHUNG KOMPAKT

08 | 2015 || Thema 2

Langes Sitzen und wenig Bewegung gehören für Berufskraftfahrer zum Arbeitsalltag: Durchschnittlich neun Stunden pro Tag verbringen sie in der Fahrzeugkabine. Die Folge: Viele Fahrer haben irgendwann Probleme mit dem Rücken. Krankenkassen konnten in Untersuchungen nachweisen, dass ein Fahrersitz, der in Form und Position auf die Person am Steuer angepasst ist, Rückenleiden effektiv entgegenwirken kann. Zwar verfügen die meisten Lkw-Sitze über eine große Auswahl an Einstellmöglichkeiten – diese werden aber von einem Großteil der Fahrer nur sporadisch genutzt, da die Bedienung komplex ist und die Zeit für eine korrekte Einstellung oftmals fehlt.

Ein neues, intuitives Bedienkonzept soll dies ändern: Forscher des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC in Würzburg haben in Kooperation mit der Isringhausen GmbH & Co. KG einen Fahrzeugsitz entwickelt, der sich intuitiv über Gesten justieren lässt. »Wir nutzen dazu eine sensorbasierte Gestensteuerung im Fahrersitz«, erklärt Johannes Ehrlich vom Center Smart Materials (CeSMA) des Fraunhofer ISC. »Mit Hilfe einfacher Handbewegungen kann der Fahrer den Sitz vor und zurück sowie nach oben und unten fahren. Außerdem kann er auf die gleiche Weise die Neigung der Oberschenkelstütze und der Rückenlehne individuell einstellen.«

### Sensoren, die auf Handwischen reagieren

Damit der Sitz auf die Gesten des Fahrers reagiert, integrierten die Wissenschaftler verschiedene Sensoren in die Seitenabdeckung aus Kunststoff. Piezosensoren – das sind Sensoren, die auf Druck reagieren – sorgen dafür, dass die Gestensteuerung aktiviert wird: Der Nutzer muss dazu einen bestimmten Punkt an der Seitenabdeckung kurz drücken. »So verhindern wir, dass die Gestensteuerung ungewollt ausgelöst wird«, erklärt Ehrlich. Außerdem lassen sich über diesen Punkt durch mehrmaliges Drücken Sitzpositionen abspeichern. Das ist sinnvoll, wenn mehrere Fahrer einen Lkw nutzen. Die Gestenerkennung erfolgt über Näherungssensoren, die ebenfalls in der Seitenabdeckung verbaut sind. Sie können kleinste Änderungen von elektrischen Feldern in der Umgebung erfassen, wie sie etwa durch Handbewegungen hervorgerufen werden. Eine ebenfalls am ISC entwickelte Software wertet diese Sensoren aus und leitet daraus die Bewegungsrichtung der Hand ab. Die Anordnung der Sensoren in der Seitenabdeckung ist dabei entscheidend: »Wir haben auf der relativ begrenzten Fläche die Elektroden so angebracht, dass die erforderlichen Steuerungsgesten einfach und ergonomisch günstig sind«, erläutert Ehrlich. Darüber hinaus gewährleistet eine intelligente Algorithmen in der Software, dass mehrere Elektroden gleichzeitig ausgewertet werden können, um eine Fehlbedienung zu reduzieren.

Um den Sitz einzustellen, führt der Fahrer entlang der Seitenabdeckung kurze Handbewegungen aus – man kann sich das in etwa vorstellen wie das »Wischen« bei Touchscreens. Das heißt, er muss die Abdeckung dabei leicht berühren. Je nach Bewegungs-

richtung der Geste (hoch-runter, vor-zurück oder diagonal) werden die einzelnen Sitzelemente angepasst. Hat der Bediener seine Einstellungen vorgenommen, wird die Gestensteuerung automatisch beendet, sobald die Hand sich aus dem Sensorbereich entfernt. Über eine aufleuchtende LED erhält der Fahrer die Rückmeldung, ob seine Gesten erfasst werden konnten.

Die Isringhausen GmbH realisierte gemeinsam mit den Wissenschaftlern des ISC bereits einen voll funktionsfähigen Prototyp des Sensor-Sitzes. Er wird dieses Jahr unter anderem auf der IAA in Frankfurt vorgestellt. Derzeit konzentrieren sich die Projektpartner auf das Marktsegment Nutzfahrzeuge. Langfristig wäre der gestengesteuerte Sitz aber auch für Mittel- oder Oberklassewagen interessant, um den Komfort für den Fahrer zu erhöhen.



**Einfach zur korrekten Sitzposition: Bei einem neuem Sitzmodell reichen dafür Handgesten an der Seitenabdeckung aus. (© Isringhausen GmbH) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Nanopartikel in Sonnenschutzmitteln nachweisen

FORSCHUNG KOMPAKT

08 | 2015 || Thema 3

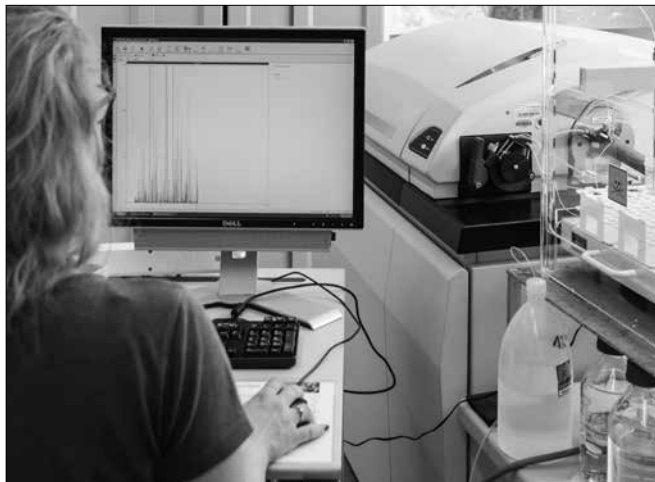
Immer mehr Konsumgüter enthalten Nanopartikel. Besonders sensibel ist der Einsatz der winzigen Teilchen in Kosmetika, da der Verbraucher direkt mit den Produkten in Berührung kommt. In Sonnenschutzcremes etwa finden sich Nano-Titandioxidpartikel. Sie dienen als UV-Schutz: Wie ein Film aus unzähligen Spiegeln legen sie sich auf die Haut und reflektieren die UV-Strahlen. Aber die winzigen Partikel sind umstritten. Sie können in die Haut eindringen, wenn diese verletzt ist und entzündliche Reaktionen auslösen. Problematisch ist der Einsatz in Sonnensprays. Wissenschaftler befürchten, dass die Partikel beim Einatmen die Lunge schädigen könnten. Auch die Wirkung auf die Umwelt ist noch nicht ausreichend erforscht. Untersuchungen legen nahe, dass durch Sonnencremes in Badeseen gelangtes Titandioxid das ökologische Gleichgewicht gefährden kann. Seit Juli 2013 gilt daher laut einer EU-Verordnung für Kosmetika und Körperpflegeprodukte die Kennzeichnungspflicht. Wenn im Produkt Inhaltsstoffe in Nanogröße eingesetzt werden, müssen Hersteller dies mit dem Zusatz »Nano« kenntlich machen. Aufgrund der Vorgaben seitens des Gesetzgebers ist der Bedarf nach Analysemethoden groß.

### Partikelgröße bis in den kleinsten Bereiche bestimmen

Die aktuellen bildgebenden elektronenmikroskopischen Verfahren wie die Transmissions- oder Rasterelektronenmikroskopie basieren auf der Lichtstreuung. Mit ihnen werden alle vorhandenen Partikel detektiert. Zwischen einem Fussel, einer Zelle oder einem Nanoteilchen unterscheiden sie nicht. Mit diesen Methoden lassen sich vor allem Oberflächeneigenschaften und Formen untersuchen. »Die Lichtstreuverfahren und die Mikroskopie sind für viele, unter anderem toxikologische Untersuchungen nicht selektiv genug«, sagt Gabriele Beck-Schwadorf, Wissenschaftlerin am Fraunhofer-Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart. Die Gruppenleiterin und ihr Team haben eine bestehende Messmethode weiterentwickelt und verfeinert, sodass sich Titandioxid-Nanoteilchen in komplexen Medien, die aus vielen Komponenten bestehen, hochsensitiv und empfindlich bestimmen lassen. Per Massenspektroskopie messen die Forscher einzelne Partikel mit induktiv gekoppeltem Plasma (engl. single particle inductively coupled plasma mass spectrometry, SP-ICP-MS). »Mit dieser Methode bestimme ich Massen. Titan hat die Atommasse 48 amu (engl. atomic mass unit). Stelle ich das Spektrometer darauf ein, so kann ich gezielt Titan messen«, erklärt Katrin Sommer, Lebensmittelchemikerin am IGB. Bei der Partikelmessung wird eine Suspension ins Plasma versprüht, die sowohl große als auch kleine Teilchen mit inhomogener Verteilung enthält. Die Suspension muss stark verdünnt werden, sodass möglichst ein Titandioxid-Partikel nach dem anderen detektiert wird und analysiert werden kann. Im etwa 7000 Kelvin heißen Plasma werden aus den Partikeln Ionen gebildet, die als Ionenwolke zum Detektor des Spektrometers gelangen und innerhalb einer kurzen Messzeit von etwa drei Millisekunden gezählt werden. Die Signalintensität korreliert mit der Partikelgröße. »Die Intensität rechnen wir in Nanometer um. Zeit-

gleich zählen wir die Partikelsignale, woraus wir die Partikelkonzentration bis auf 10 Prozent genau berechnen. Wir können exakt feststellen, wieviele Partikel eine bestimmte Größe haben«, erläutert Sommer die Vorgehensweise. Ursprünglich entwickelten die Wissenschaftler vom IGB die Methode, um Titandioxid-Nanopartikel im Abwasser zu messen. »Aber das Verfahren eignet sich allgemein für komplexe Medien und lässt sich auch auf Sonnenschutzcremes anwenden«, sagt die Forscherin. Die Besonderheit: Das Team vom IGB führte die Datenanalyse und die Datenverarbeitung ohne spezielle Software durch. »Wir haben die Rohdaten mit einem Standard-Rechenprogramm statistisch ausgewertet und können so herstellerunabhängig arbeiten. Im Vergleich zu bestehenden Methoden handelt es sich bei SP-ICP-MS um ein schnelles Verfahren, mit Bestimmungsgrenzen bis in den Ultraspurenbereich unter einem ppm (engl. parts per million).« Beispielsweise lässt sich eine Probe von wenigen Millilitern in etwa sechs Minuten untersuchen.

Hersteller von Kosmetika, Unternehmen der Nanotechnologie-Branche und Verbraucher können die Partikelanalytik zur Qualitätssicherung von Sonnenschutz- und Körperpflegeprodukten, aber auch von Wasser, Trinkwasser und Lebensmitteln nutzen. Die Forscher planen, künftig auch andere Nanoteilchen wie etwa Siliziumdioxid-Partikel zu messen. Ob ein Produkt Nanopartikel enthält, lässt sich nur durch komplexe Messungen feststellen. Um das Vorliegen von Nanoteilchen festzustellen, wird deren Größe oder die Größenverteilung bestimmt. Nach Definition der EU handelt es sich um deklarierpflichtiges Nanomaterial, wenn mindestens 50 Prozent der enthaltenen Teilchen eine Größe von 1 bis 100 Nanometer (nm) aufweisen. Bisherige Analyseverfahren stoßen hier an ihre Grenzen. Mit ihnen können Partikelgrößen nur in reinen Lösungen nachgewiesen werden. Sie eignen sich nicht für die Analyse von komplexen Medien wie sie in Kosmetika vorliegen. Zudem lassen sich Nanopartikel mit unterschiedlichen chemischen Eigenschaften damit nicht voneinander unterscheiden.



**Beim Eintritt eines Nanopartikels ins Plasma entsteht ein diskontinuierliches Signal. Die Signalintensität korreliert mit der Partikelgröße.**

**(© Fraunhofer IGB) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**



## Sichere IT für Autos flexibel umsetzen

FORSCHUNG KOMPAKT

08 | 2015 || Thema 4

Die digitale Revolution macht auch vor Autos nicht Halt: Elektronische Steuergeräte beeinflussen die Motorsteuerung, die Lenkung, das Bremsverhalten. Sie sorgen für mehr Verkehrssicherheit, rufen in Notfällen automatisch Hilfe oder navigieren den Fahrer sicher und schnell an sein nächstes Ziel. Über 100 dieser kleinen Minicomputer sind heute in Fahrzeugmodellen eingebaut. »Die Informationstechnologie ist mittlerweile einer der größten Innovationstreiber im Fahrzeug«, so Dr. Christoph Krauß. Der Wissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT in Darmstadt kümmert sich um die IT-Sicherheit von Fahrzeugen. »Das bisher geschlossene System Auto ist heute über IT-Schnittstellen zunehmend Gefahren durch IT-Angreifer ausgesetzt«, so Krauß. Die Liste aktueller Beispiele ist lang: Hacker spionieren persönliche Daten aus, Gebrauchtwagenhändler manipulieren Tachostände, Autodiebe überlisten die Wegfahrsperrung und öffnen Türen oder Tuner schalten Funktionalitäten frei, für die sie nicht bezahlt haben. Mit fortschreitender Entwicklung der Technik wächst auch die Notwendigkeit, die Sicherheit der Fahrzeug-IT zu erhöhen. »Es gibt natürlich bereits kryptografische Lösungen. Aber sie sind oft nicht flexibel genug«, sagt Krauß.

### Entwicklungsplattform auf Basis neuer Sicherheitsstandards

Zusammen mit seinen Kollegen baute Krauß eine Lösung die Hardware Sicherheits Module (HSMs) zur Gerätesicherheit nutzt. Dabei setzen sie auf dem offenen, allgemein anerkannten Standard Trusted Platform Modul in seiner neusten Version TPM 2.0 auf. Entwickelt hat diesen die Trusted Computing Group. In der Organisation arbeiten fast alle wichtigen IT-Unternehmen seit über zehn Jahren gemeinsam an Standards. Auch das Fraunhofer SIT bringt hier seine Expertise bei Hardware-basierten Sicherheitslösungen ein. Projektleiter Andreas Fuchs sagt: »Unsere Lösung ist eine Software-Plattform, um sichere Steuergeräte basierend auf TPM 2.0 zu entwickeln. Mit ihr lassen sich alle notwendigen Bestandteile von Fahrzeug-Steuergeräten – Hardware wie Software – für nahezu jede Anforderung zunächst simulieren und anschließend umsetzen. Hersteller erhalten so bereits während der Entwicklung wichtige Informationen, um Fehler zu beheben und sie können verschiedene Einsatzszenarien nachstellen. Denn in fertige, reale HSMs hineinzuschauen, ist aus Sicherheitsgründen nicht möglich.«

Die mit der Plattform entwickelten TPM-basierten Lösungen können direkt in die Steuergeräte eingebaut oder ihnen vorgeschaltet werden – je nachdem, was genau geschützt werden soll. Ihre Hardware fungiert dabei als Vertrauensanker – ist sicherer Speicher der kryptografischen Schlüssel und Ausführungsumgebung für alle sicherheitsrelevanten Operationen. Sie erkennt Angreifer und gibt die Schlüssel nur dann frei, wenn das Gerät in einem vertrauenswürdigen Zustand ist. »Wenn die Einparkhilfe manipuliert wurde, verweigert das Motorsteuergerät den Start des Motors, um einen unerwünschten Eingriff in die Lenkung durch die Einparkhilfe während der Fahrt zu

verhindern und die Insassen damit zu schützen«, so Krauß. Der Softwareanteil der Lösung wird benötigt, um mit der Hardware zu kommunizieren und die Einbettung der bereitgestellten Sicherheitsfunktionen in die Hauptaufgaben des Steuergeräts zu gewährleisten. Für eine »Head Unit« – die für das Infotainment im Auto zuständig ist – entwickelte das Forscherteam mit Hilfe des Frameworks einen HSM-Demonstrator. Er schützt sowohl Daten des Herstellers als auch private Daten des Fahrzeugnutzers vor unberechtigtem Auslesen.

»TPM-Sicherheits-Module sind mittlerweile in fast jedem Desktop-Rechner oder Laptop verbaut und sichern beispielsweise unter Windows die Festplattenverschlüsselung BitLocker. Unsere Entwicklungsumgebung hilft, dass der TPM-Standard auch in Autos mehr Verbreitung findet. Für die Hersteller wird es einfacher, die Standards und darauf aufbauende Anwendungen nun selbst umzusetzen. Darüber hinaus ist die Plattform auch für andere Einsatzgebiete interessant – zum Beispiel beim sicheren Steuern von Industrieanlagen oder dem Internet der Dinge«, so Fuchs. Für zwei Industrie-Anwendungen ist die Technologie bereits kurz vor der Lizenzierung und auch für Autos sind die Forscher mit ihrer Entwicklung bereits sehr nah an der Produktreife. »Der Trend geht eindeutig Richtung autonomes Fahren. Dann wird das Thema Sicherheit bei der IT für Autos noch bedeutender«, sagt Krauß.



**Der Demonstrator für eine »Head Unit« schützt sowohl Daten des Herstellers als auch private Daten des Fahrzeugnutzers vor unberechtigtem Auslesen. (© Fraunhofer SIT) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Heizen mit der Sonne

FORSCHUNG KOMPAKT

08 | 2015 || Thema 5

Nachzahlungen für Heizkosten – die meisten Menschen kennen dieses Ärgernis. Nicht so die Bewohner von 1700 Sonnenhäusern, die es in Deutschland, der Schweiz und Österreich gibt. Denn diese heizen hauptsächlich mit Sonnenwärme. Das Prinzip: Solarwärmekollektoren auf dem Dach erwärmen Wasser, das in einem größeren Wassertank gespeichert und später zum Heizen oder Duschen verwendet wird. 60 Prozent des Wärmebedarfs können typischerweise auf diese Weise gedeckt werden, da die Häuser gut gedämmt sind.

Solche »SolarAktivHäuser« sind wie geschaffen dafür, die Gebäude-Richtlinie der Europäischen Union zu erfüllen: Sie legt fest, dass Neubauten ab dem Jahr 2021 Niedrigstenergiehäuser sein müssen, also nur wenig Brennstoffe verbrauchen dürfen. Die Sonnenhäuser sind eine gute Alternative zu Passivhäusern, die hauptsächlich auf eine optimale Dämmung und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung setzen. Allerdings kämpften die »SolarAktivHäuser« bislang mit einem Manko: Es fehlten systematische wissenschaftliche Untersuchungen und neutrale Bewertungen der Effizienz.

### Neun Sonnenhäuser wissenschaftlich untersucht

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg schufen im Projekt »Heizsolar« nun erstmals eine solche wissenschaftliche Grundlage, gemeinsam mit ihren Kollegen der Solar- und Wärmetechnik Stuttgart, der Technischen Universität Ilmenau und des Sonnenhaus-Instituts. »Im Projekt Heizsolar haben wir neun SolarAktivHäuser über mehrere Heizperioden vermessen«, sagt Gerhard Stryi-Hipp, Gruppenleiter am ISE. »Damit konnten wir die Basis dafür legen, die Häuser zu optimieren und die Kosten zu senken. Wir erwarten daher, dass ihre Bedeutung künftig deutlich steigen wird.« Das Projekt wurde vom Bundesumweltministerium und dem Bundeswirtschaftsministerium über den Projektträger Jülich mit 1,5 Millionen Euro gefördert.

Doch welche Möglichkeiten bieten die Gebäude? Generell ist es möglich, die komplette Raumheizung mit Solarwärme zu betreiben. Dennoch sind 100 Prozent-Sonnenhäuser bislang Exoten – sie sind teuer und es gilt, im Haus viel Platz für den notwendigen Langzeitwärmespeicher zu opfern, der 50 000 Liter umfassen kann. »Ein guter Kompromiss liegt in SolarAktivHäusern, die etwa 60 Prozent der benötigten Wärme mit Solarwärmekollektoren erzeugen«, sagt Stryi-Hipp. »Im Frühjahr und im Herbst reicht die Leistung von 40 Quadratmeter-Solarwärmekollektoren sowie ein 5.000-Liter-Speicher im Einfamilienhaus völlig aus. Nur in den Monaten November bis Januar müssen über Gas- oder Holzheizkessel die fehlenden 40 Prozent zugeheizt werden.«

Die Planung der Sonnenhäuser basiert bisher vor allem auf der praktischen Erfahrung einiger Experten. Die Forscher untersuchten daher wissenschaftlich, wie sich die

SolarAktivHäuser weiter optimieren lassen – und entwickelten ein entsprechendes Simulationsmodell. In welchem Rahmen kann man beispielsweise die Speichergröße reduzieren – und somit die Akzeptanz der Häuser erhöhen? »Das Verhältnis von Speichergröße und Kollektorfläche lässt sich variieren: In unserem 60 Prozent-SolarAktiv-Referenzhaus etwa kann man das Speichervolumen von 6.000 Liter auf 3.000 Liter reduzieren, wenn dafür die Fläche der Solarwärmekollektoren von 40 auf 60 Quadratmeter erhöht wird.«

Sonnenhäuser halten auch Herausforderungen bereit. Einige davon lassen sich durch eine fundierte Planung einfach lösen – so das Ergebnis der Wissenschaftler. Ein Beispiel ist die Wärme, die die Speicher abstrahlen. Während diese im Winter willkommen ist, möchte man im Sommer vermeiden, dass die Temperaturen im bereits warmen Haus noch weiter nach oben klettern. »Stellt man den Speicher beispielsweise ins Treppenhaus, geht die Abwärme im Winter nicht verloren. Und im Sommer stört sie nicht weiter, wenn ein Fenster zur Abfuhr der warmen Luft eingebaut wird«, fasst Stryi-Hipp zusammen. Andere erfordern jedoch noch weitere Forschung. So etwa die Frage, wie sich die »SolarAktivHäuser« mit den Null- oder Plusenergiehäusern vergleichen lassen: Bei diesen erzeugen Photovoltaikmodule Strom und treiben damit zum Teil Wärmepumpen an. Dies wollen die Forscher in einem Nachfolge-Projekt untersuchen – und den Nutzern verlässliche Bewertungskriterien bieten.



**»SolarAktivHäuser« heizen hauptsächlich mit Sonnenwärme. Forscher haben wissenschaftlich untersucht, wie sich deren Energiekonzept weiter optimieren lässt. (© Klaus Lambrecht [www.solaroffice.de](http://www.solaroffice.de)) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Kosten sparen beim Bau von Flugzeugturbinen

FORSCHUNG KOMPAKT

08 | 2015 || Thema 6

Mal eben schnell in den Urlaub jetten oder für ein langes Wochenende nach Rom, Paris oder Madrid fliegen? Der Flugverkehr steigt, insbesondere der Personenverkehr verdoppelt sich alle 15 Jahre. Auch die Hersteller von Flugzeugturbinen versuchen daher, ihre Fertigungskapazitäten an die steigende Nachfrage anzupassen. Das ist jedoch nicht einfach: Um die Verdichterscheiben – an denen die Turbinenschaufeln montiert sind – möglichst leicht zu bauen, werden sie aus einem Materialstück heraus gefräst und nicht mehr wie früher Schaufel für Schaufel zusammengesetzt. Bei den Verdichterscheiben aus einem Guss spricht man auch von »Blade Integrated Disk«, kurz Blik. Sie verdichten die Luft in der Turbine. Doch ihre Herstellung birgt Probleme: Denn die Turbinenschaufeln sind naturgemäß lang und dünn. Sie fangen beim Fertigen an zu schwingen wie eine Stimmgabel. Das erschwert jede weitere Bearbeitung. Die Hersteller fräsen daher nicht die ganze Schaufel in einem Rutsch, sondern gehen Stück für Stück vor. Das heißt: Sie fertigen das äußerste Stück der Schaufel bis zum Endzustand und fräsen erst anschließend weiter. Doch diese Herstellungsweise bringt Nachteile mit sich: Die Turbinenschaufeln stehen unter Spannung und ihre Geometrie verzieht sich danach noch geringfügig.

### Spannsystem beseitigt Schwingungsprobleme

Abhilfe verspricht ein neuartiges Spannsystem des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen: Es treibt den Schaufeln das Schwingen aus. »Die Dämpfung von Titanblischen beträgt mit dem Spannsystem 12,5 Prozent, ohne das System liegt sie bei 0,027 Prozent«, sagt Roman Kalocsay, Ingenieur am IPT. Mit dem Spannsystem können die Hersteller die Schaufeln zunächst grob aus dem Material herausfräsen. Sobald sich die Schaufeln nicht mehr bewegen, lassen sie sich präzise fertigen.

Keine Schwingung – das schlägt sich auch in den Herstellungskosten nieder. Mit dem Spannsystem lassen sich pro Blik bis zu 5000 Euro einsparen. Die Bauteile können zwischen 30 000 und 80 000 Euro kosten. Der Grund: Schwingen die Schaufeln, belasten sie damit auch die Schneidkante der Werkzeuge. Es entstehen Risse, die sich durch die mechanische und thermische Beanspruchung schnell vergrößern. Oftmals müssen die Werkzeuge bereits nach vier Metern Schnittlänge ausgewechselt werden. Mit dem Spannsystem dagegen halten sie ersten Versuchen zufolge etwa zwei- bis dreimal länger als bisher.

Doch wie funktioniert das Klemmsystem? »Von beiden Seiten fahren federgelagerte Klemmen automatisch an die Schaufel – die Kräfte sind auf beiden Seiten gleich«, erläutert Kalocsay. »Sobald die Elemente richtig positioniert sind, werden sie hydraulisch verklemmt und halten das Werkstück wie eingegossen.« Der Prototyp des Spannsystems ist im Innovationscluster »Adaptive Produktion für Ressourceneffizienz in Energie und Mobilität«, kurz AdaM, entstanden.

Bei Reparaturen können die Schaufeln nicht Stück für Stück aus dem Material heraus gefräst werden – schließlich sind alle Schaufeln bereits vorhanden. Sind deren Kanten beispielsweise »ausgefranst«, tragen die Hersteller das Material über das Laserauftragschweißen wieder auf und fräsen die Kante anschließend auf die gewünschte Form. Mit Klemmen oder Gummis versuchen die Werker, die Schaufeln so gut wie möglich zu fixieren. Sie ganz gerade auszurichten, ist aber nahezu unmöglich. In einem zeitaufwändigen Prozedere müssen sie die Werkstücke daher neu vermessen, da nicht klar ist, wie stark diese entweder nach links oder rechts abweichen. Auch hier hilft das Spannsystem: »Es verändert die Geometrie der Blisk nicht um einen Mikrometer. Die Schaufel ist innerhalb weniger Sekunden eingespannt und kann bearbeitet werden«, sagt Kalocsay. Das funktioniert in diesem Fall allerdings ein wenig anders als bei der Fertigung neuer Blisks: Die Spannelemente sind ringförmig angeordnet und fixieren nicht nur eine, sondern alle Schaufeln gleichzeitig.



Das dreiteilige Spannsystem fixiert die Schaufeln der Blisk (untere Bildmitte in weißer Farbe). Von oben wird Kühlschmierstoff eingespritzt. (© Fraunhofer IPT) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)