

## **FORSCHUNG KOMPAKT**

07 | 2015 ||

### **1 Miniaturpumpe regelt Augeninnendruck**

Erhöhter oder zu geringer Augendruck beeinträchtigt unser Sehvermögen und führt im schlimmsten Fall zur Erblindung. Bislang gibt es keine langfristig wirksame Therapie. Fraunhofer-Forscher entwickeln ein implantierbares Mikrofluidsystem: Mit diesem lässt sich der Augeninnendruck wirksam und dauerhaft stabilisieren.

### **2 Verblichene Malereien sichtbar machen**

Im Kreuzgang des Brandenburgischen Doms sind viele Details der Wand- und Deckenmalereien verblichen: Wo einmal Pferde »galoppierten«, blickt man nun auf mehr oder weniger blanken Putz. Eine Hyperspektralkamera jedoch sieht Motive, die dem menschlichen Auge verborgen bleiben. Damit ist sie Kunsthistorikern eine große Hilfe.

### **3 Kraftstoff und Chemikalien aus Stahlwerksabgasen**

Kohlenmonoxidreiche Abgase aus Stahlwerken werden nur zu einem kleinen Teil als Strom oder Wärme zurückgewonnen. Fraunhofer-Forscher haben einen neuen Verwertungsweg für diese stofflich ungenutzte Kohlenstoffquelle aufgetan: Sie konnten im Labormaßstab aus den Abgasen Kraftstoffe und Spezialchemikalien herstellen.

### **4 Neue Rechercheplattform unterstützt Journalisten**

Guter Journalismus lebt von fundierter Recherche – doch die riesigen Informationsmengen heutzutage sind selbst für erfahrene Journalisten eine große Herausforderung. Eine neuartige Rechercheplattform soll Redakteure dabei unterstützen, sich schnell einen umfassenden Überblick zu einem Thema zu verschaffen.

### **5 Radar schützt vor Weltraummüll**

Die Bedrohung im All durch Weltraummüll ist groß. Aktive Satelliten und Raumfahrzeuge können beschädigt oder zerstört werden. Ein neues, nationales Weltraumüberwachungssystem soll ab 2018 vor Gefahren im Orbit schützen. Fraunhofer-Forscher entwickeln das Radar im Auftrag des DLR Raumfahrtmanagement.

### **6 Metallmäntel optimieren chemische Reaktionen**

Für die chemische Industrie sind sie Massenware: Aufgeschüttete Füllkörper, die als Katalysator oder Adsorptionsmittel in Reaktoren und Wärmespeichern eingesetzt werden. Fraunhofer-Forscher entwickelten einen Metallmantel für die einzelnen Füllkörper, der ihre Wärmeleitfähigkeit um das Fünffache erhöht.

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, Tina Möbius, Janine van Ackeren, 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.

## Miniaturpumpe regelt Augeninnendruck

FORSCHUNG KOMPAKT

07 | 2015 || Thema 1

Glaukom und Phthise sind unheilbare und tückische Augenerkrankungen. Während beim Glaukom das Kammerwasser im Auge nicht richtig abfließen kann und der Augeninnendruck dadurch steigt, wird bei der Phthise zu wenig Kammerwasser produziert. Das Auge schrumpft in sich zusammen – man spricht daher auch von Augapfelschwund. In beiden Fällen heißt das für die Betroffenen schwere Sehstörungen bis hin zur Erblindung. Derzeitige Therapien können den Krankheitsverlauf zwar verlangsamen, sind allerdings nur für eine gewisse Zeit wirksam. Beim Glaukom etwa schafft man operativ einen zusätzlichen künstlichen Abfluss in der vorderen Augenkammer. Das Problem: Bei rund einem Viertel der Patienten kommt es nach dem Eingriff zu Vernarbungen, die den Kammerwasserabfluss behindern – der Augendruck steigt wieder, die Operation muss wiederholt werden. Im Fall von Phthise wird dem Patienten dagegen in regelmäßigen Abständen Flüssigkeit wie etwa Hyaluronsäure ins Auge injiziert – eine unangenehme Prozedur, die ein Erblinden über kurz oder lang dennoch nicht verhindern kann.

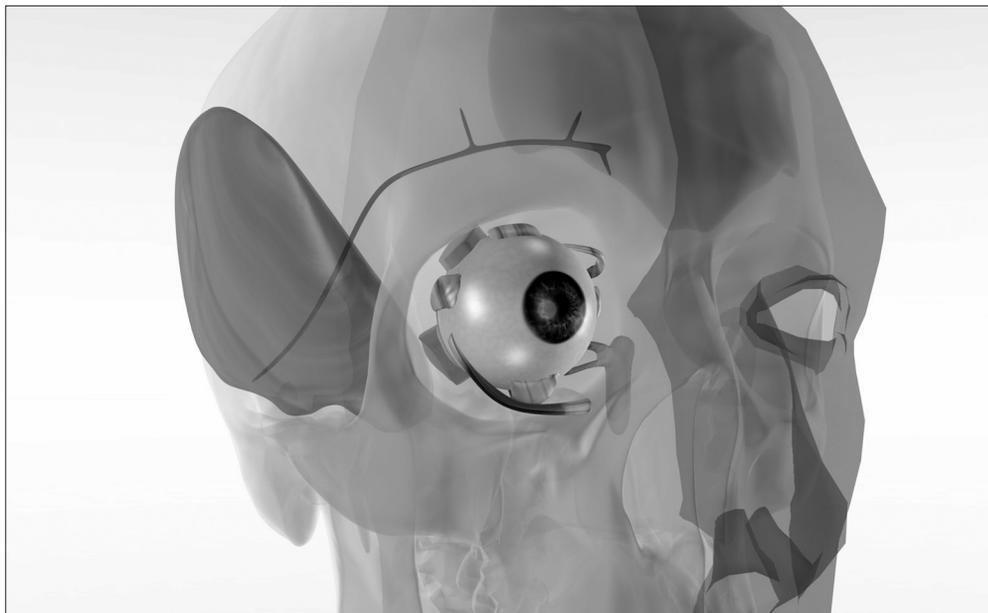
Forscher der Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT arbeiten an einem neuen Therapieansatz: Im Projekt MIKROAUG, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm KMU Innovativ gefördert wird, entwickeln sie zusammen mit mehreren mittelständischen Unternehmen ein aktives Implantat, das den Augendruck effektiv und dauerhaft regulieren soll. Die Geuder AG koordiniert das Vorhaben. »Damit ersparen wir dem Patienten nicht nur belastende Folgeoperationen, sondern können das Sehvermögen über einen längeren Zeitraum erhalten und im besten Fall ein Erblinden komplett verhindern«, sagt Christoph Jenke, Projektleiter an der EMFT.

### Implantat wird auf dem Augapfel angebracht

Das Implantat besteht aus einem Mikropumpensystem, einer sensorbasierten Pumpensteuerung, einem integrierten Akku zur kontaktlosen Energieversorgung sowie einem Telemetriemodul zur Datenübertragung. Es lässt sich direkt auf dem Augapfel aufbringen. »Das Implantat soll der Patient natürlich nicht spüren und auch die Augenbewegung darf nicht eingeschränkt werden«, so Jenke. Die Systemkomponenten mussten daher miniaturisiert werden. Mit einer Größe von nur 7x7x1 Kubikmillimeter haben die Münchner Forscher eine winzige, biokompatible Silizium-Mikromembranpumpe mit einer Förderrate von maximal 30 Mikroliter pro Sekunde entwickelt. Je nach Krankheitsbild kann sie das Auge benetzen oder Kammerwasser abpumpen. Die Experten nutzen dabei die natürlichen Abflusswege im Auge, so dass es zu keinen Vernarbungen kommt. In regelmäßigen Überwachungszyklen kann der behandelnde Mediziner nach einer konventionellen Augendruckmessung ambulant die Flüssigkeitsmenge auf den gewünschten Wert einstellen. Langfristig soll das System mit einem implantierbaren Sensor kombiniert und automatisch geregelt werden.

Der neue Therapieansatz ist nicht nur schonender für den Patienten, sondern bietet weitere Vorteile: So lässt sich der Augendruck wesentlich exakter einstellen als bei medikamentösen Behandlungen oder Operationen. Bislang führt die Phthise unweigerlich zum Erblinden und meist muss das Auge darüber hinaus aus kosmetischen Gründen entfernt werden. »Da bei der Phthise die fehlende Augenwasserproduktion der ausschließliche Krankheitsauslöser ist, sind wir optimistisch, den Krankheitsverlauf stoppen und das Augenlicht dauerhaft erhalten zu können«, so Jenke. »Unser Implantat imitiert quasi die natürliche Kammerwasserproduktion eines gesunden Auges«.

Derzeit bauen die Partner einen Funktionsdemonstrator auf, der alle Qualitätsanforderungen bezüglich Platz, Energiemanagement, Pumpensteuerung und Mikrofluidik im Labormaßstab erfüllt. Anschließend stehen weitere Zuverlässigkeits- und Lebensdauer- tests an. Ein weiterer Arbeitspunkt ist die hermetisch dichte Verbindung des Mikropumpchips am Titangehäuse des Implantats.



Querschnitt des Auges mit Implantat. (© Fraunhofer EMFT) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)

## Verblichene Malereien sichtbar machen

FORSCHUNG KOMPAKT

07 | 2015 || Thema 2

Der Zahn der Zeit hat den Decken- und Wandmalereien im oberen Kreuzgang des Brandenburger Doms (Brandenburg an der Havel) stark zugesetzt – vieles lässt sich mit bloßem Auge nicht mehr ausmachen. Wo ehemals Frauen mit kunstvollen Kleidern und Hauben beisammen standen, sieht man heute oftmals nur noch Fragmente. Farbreste, aus denen auch bei noch so langer Betrachtung kein Motiv zu erkennen ist. Ein ganz anderes Bild jedoch fängt eine Hyperspektralkamera mit einer Software ein, die Forscher am Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg entwickelt haben: Sie schafft es, dass viele der verblichene Malereien wieder zum Vorschein kommen.

### Über 50 Farbkanäle erkennen »Unsichtbares«

Die Kamera »schaut« nicht nur das sichtbare Licht an, das die Malereien zurückwerfen – wie das Auge oder eine herkömmliche Kamera es tut – sondern auch die Wellenlängen, die jenseits dieses Bereichs im Infraroten liegen. Außerdem ist die Auflösung deutlich feiner. »Während der Mensch alle wahrgenommenen Farbtöne aus den Farben Rot, Grün und Blau zusammensetzt, verfügt die Kamera über 51 Farbkanäle«, erläutert Dr. Andreas Herzog, Wissenschaftler am IFF. »Sie kann daher Farbtöne voneinander unterscheiden, die für das menschliche Auge gleich wirken.« Dort, wo es beispielsweise nur Blau sieht, teilt das System das zurückgeworfene Licht in die minimal verschiedenen Farbtöne auf. Es erkennt somit Strukturen, die eigentlich nicht mehr zu sehen sind. Zudem lässt sich mithilfe dieser neuen Technologie feststellen, ob Bilder in mehreren Etappen gemalt oder bereits einmal restauriert wurden. Denn auch wenn die Farben für den Künstler gleich ausgesehen haben mögen: Es konnte kaum gelingen, sie gänzlich gleich zu mischen; die Kamera entdeckt die Unterschiede.

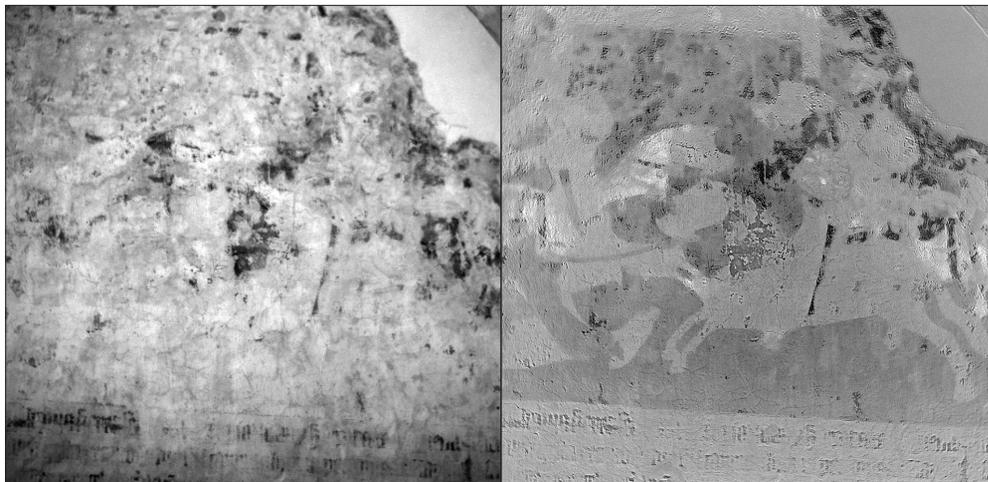
Zwar gab es auch bislang die Möglichkeit, die Kunstwerke teilweise wieder aufzuspüren: Strahlt man sie mit einer UV-Lampe an, regt man einige Substanzen in der Farbe, oft das Bindemittel, zum Fluoreszieren an. Hält man diese Fluoreszenz mit einer herkömmlichen Kamera fest, zeigen sich ebenfalls verborgene Strukturen. Das Manko: Das Verfahren ist sehr aufwändig und – das UV-Licht zieht die Gemälde in Mitleidenschaft. Nicht so bei der Hyperspektralkamera. Sie arbeitet mit einer normalen Lichtquelle, die die Kunstwerke weniger beeinflusst. Darüber hinaus lassen sich beide Verfahren kombinieren: So kann die Hyperspektralkamera auch aus dem Fluoreszenzlicht mehr herausholen. Denn sie sieht nicht nur das Licht an sich, sondern ermittelt vielmehr, wie sich die fluoreszierenden Farbstoffe zusammensetzen.

Das Kernstück der Entwicklung ist jedoch nicht die Kamera, sondern die speziell entwickelte Software. Sie erstellt aus den Daten, die bei einem Hyperspektralbild anfallen, rund hundert Bilder – auf denen zum Teil Strukturen wie gemalte Frauengestalten oder Pferde zum Vorschein kommen. Diese Bilder sehen die Kunstexperten

durch und können sie interpretieren. Welche Farbmischung kommt auf dem gewählten Ausschnitt am häufigsten vor? Dies errechnet der Algorithmus mit Hilfe von Statistiken und Normierungen. Den Anteil exakt dieser Farbkomponenten stellt er in einem separaten Bild dar. In einem zweiten Bild verfährt der Software-Algorithmus ebenso mit der Farbkomponente, die am zweithäufigsten vorkommt und so weiter. Um auch großflächige Malereien auf gekrümmten Wänden in einer hohen Auflösung abzubilden, arbeiten die Forscher mit den Vermessungstechnikern der bgis Kreative Ingenieure GmbH zusammen. Deren Software fügt die einzelnen errechneten Bilder zu einem Gesamtpanorama zusammen und gibt den Kunsthistorikern des Dom-Museums und des Landesamts für Denkmalpflege Brandenburg einen Überblick über größere Bildzusammenhänge.

### **Erster Testlauf im Brandenburger Dom**

Im Brandenburger Dom, der dieses Jahr sein 850-jähriges Jubiläum feiert, haben die Wissenschaftler des IFF ihre Technologie bereits erfolgreich getestet – im oberen Kreuzgang: Die Wandmalereien, die dort zu finden sind, wurden im 15. Jahrhundert von Hartmut Schedel detailliert beschrieben. Aber lange galten sie als verschollen. Vor einigen Jahren wurden diese kunsthistorisch bedeutenden Malereien wiederentdeckt und dann aufwändig restauriert. So gab der Kreuzgang sein Geheimnis preis. Und mit der Hyperspektralkamera Schritt für Schritt auch noch viele weitere Details.



**Oberer Kreuzgang des Brandenburgischen Doms: Wo bislang nur Farbreste zu erkennen waren (links), kommen nun Details der Wandmalereien wie Pferde zum Vorschein. Dank einer Hyperspektralkamera mit einer eigens entwickelten Software sind die Motive sichtbar (rechts).  
(© Fraunhofer IFF) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Kraftstoff und Chemikalien aus Stahlwerksabgasen

FORSCHUNG KOMPAKT

07 | 2015 || Thema 3

Die Abgasmengen, die in Stahlwerken entstehen, sind gigantisch: Mehrere Millionen Tonnen Kohlendioxid treten beispielsweise allein aus den Schloten der Duisburger Stahlwerke aus. Fraunhofer hat ein Verfahren entwickelt, mit dem aus diesen Abgasen Kraftstoffe und Spezialchemikalien gewonnen werden können. Die Forscher fermentieren die Gase mit Hilfe genetisch veränderten Bakterienstämmen zu Alkoholen und Aceton, setzen beide Stoffe katalytisch zu einem dieselartigen Zwischenprodukt um und stellen daraus Kerosin sowie Spezialchemikalien her. Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME in Aachen, für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen sowie für Chemische Technologie ICT in Pfinztal. Die Technologie ist während eines Fraunhofer-internen Projekts der Vorlaufforschung und in Einzelprojekten mit Industriepartnern entstanden. Aktuell funktioniert das patentierte Verfahren im Labormaßstab.

### Geschäftsmodell statt Problem

»Allein die Mengen an Kohlenstoff, welche in Form von Kohlendioxid aus den Duisburger Stahlwerken rauchen, würden aus unserer Sicht ausreichen, um den kompletten Kerosinbedarf einer großen Airline zu decken. Natürlich sind wir von dieser Vision noch ein Stück entfernt. Aber dass die Idee funktioniert und wirtschaftlich interessant sein könnte, haben wir im Labormaßstab gezeigt. Neben den Abgasen der Stahlherstellung können auch Synthesegas-ähnliche Gasgemische aus der Haus- und Industriemüll-Verbrennung für das entwickelte Verfahren genutzt werden«, so Stefan Jennewein vom IME, der das Projekt koordiniert.

Die Biochemiker am IME nutzen Synthesegas – ein Gemisch aus Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasserstoff – als Kohlenstoffquelle für die Fermentation. Mit Bakterienstämmen der Gattung Clostridium wandeln sie das Synthesegas entweder in kurzkettige Alkohole, wie Butanol und Hexanol, oder zu Aceton um. Das IME hat dafür neue genetische Verfahren zur effizienten Integration großer Gencluster im Clostridien-Genom entwickelt. Gleichzeitig bauten die Forscher ihre Synthesegas-Fermentationsanlage weiter aus und nutzten sie für Versuche mit der Stahl- und Chemieindustrie.

Die Chemiker um Axel Kraft am UMSICHT verdampfen die noch restwasserhaltigen Fermentationsprodukte und koppeln in einem kontinuierlichen katalytischen Prozess die Fermentationsmoleküle zu einem Zwischenprodukt, bestehend aus längeren Alkoholen und Ketonen. Dieses Zwischenprodukt erfüllt bereits die Schiffsdieselnorm und lässt sich durch Hydrieren, ähnlich wie Fette und Öle, in Dieselkraftstoff für Fahrzeuge und Kerosin für Flugzeuge umwandeln. Kristian Kowolik aus der Abteilung Umweltengineering am ICT gewinnt aus dem Zwischenprodukt im Anschluss daran Spezialchemikalien, die erdölbasierte Produkte schon jetzt direkt ersetzen können. Amine beispielsweise kommen in der Pharmaindustrie oder beim Herstellen von Tensiden und

Farbstoffen zum Einsatz. »Die von uns künstlich hergestellten Produkte können sowohl als Kraftstoffe als auch für Spezialchemikalien eingesetzt werden. Genau wie das bislang mit Erdöl als Rohstoffquelle funktioniert«, so Jennewein.

Im nächsten Schritt wollen die Wissenschaftler zeigen, dass ihre Technologie auch mit großen Volumen funktioniert. »In den nächsten eineinhalb Jahren wollen wir die Prozesse noch besser verstehen und optimieren. Unser Ziel ist es, die Kraftstoffe für Zertifizierungsprozesse anzumelden. Dort wird ihre Praxistauglichkeit von offizieller Seite bestätigt. Das dauert für Fahrzeugdiesel etwa ein und für Kerosin etwa drei Jahre«, sagt Jennewein.



**Fraunhofer stellt in seinen Fermentationsanlagen mit Synthesegas aus Stahlwerken Alkohol und Aceton her. Daraus lassen sich Kraftstoffe und Spezialchemikalien gewinnen.**

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

---

**Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME**

Forckenbeckstraße 6 | 52074 Aachen | [www.ime.fraunhofer.de](http://www.ime.fraunhofer.de)

**Presse:** Sabine Dzuck | Telefon +49 241 6085-13354 | [sabine.dzuck@ime.fraunhofer.de](mailto:sabine.dzuck@ime.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT**

Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen | [www.umsicht.fraunhofer.de](http://www.umsicht.fraunhofer.de)

**Presse:** Iris Kumpmann | Telefon +49 208 8598-1200 | [iris.kumpmann@umsicht.fraunhofer.de](mailto:iris.kumpmann@umsicht.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT**

Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7 | 76327 Pfinztal | [www.ict.fraunhofer.de](http://www.ict.fraunhofer.de)

**Presse:** Dr. Stefan Tröster | Telefon +49 721 4640-392 | [stefan.troester@ict.fraunhofer.de](mailto:stefan.troester@ict.fraunhofer.de)

## Neue Rechercheplattform unterstützt Journalisten

FORSCHUNG KOMPAKT

07 | 2015 || Thema 4

Eine entscheidende Krisensitzung im Schuldenstreit mit Griechenland ist zu Ende – jeden Moment werden die Teilnehmer vor die Presse treten. Hat das Land eine Liste mit Reformvorschlägen vorgelegt und wenn ja, wie lauten die zentralen Punkte? Haben sich führende Vertreter der deutschen Politik und Wirtschaft schon zu Wort gemeldet? Wie reagieren die Finanzmärkte? Und wie ist die Stimmung in der Bevölkerung? In Situationen wie dieser ist es nicht einfach, den Überblick zu behalten und keine Information zu verpassen. Eine fundierte Berichterstattung erfordert eine umfassende Recherche in unterschiedlichsten Quellen – von Pressekonferenzen über Ticker-Meldungen, Video-Streams bis hin zu Diskussionsbeiträgen in sozialen Netzwerken oder auf Twitter. Diese enorme Informationsflut ist ohne intelligente Datenanalysetechnologien kaum zu bewältigen. Zwar gibt es bereits Analysewerkzeuge, die Nachrichtenbestände nach semantischen Zusammenhängen durchsuchen und so Journalisten die Recherche erleichtern. »Dabei handelt es sich jedoch um Insellösungen, die auf bestimmte Formate zugeschnitten sind und damit nur Ausschnitte der kompletten Nachrichtenströme durchleuchten können«, erklärt Dr. Daniel Stein vom Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS.

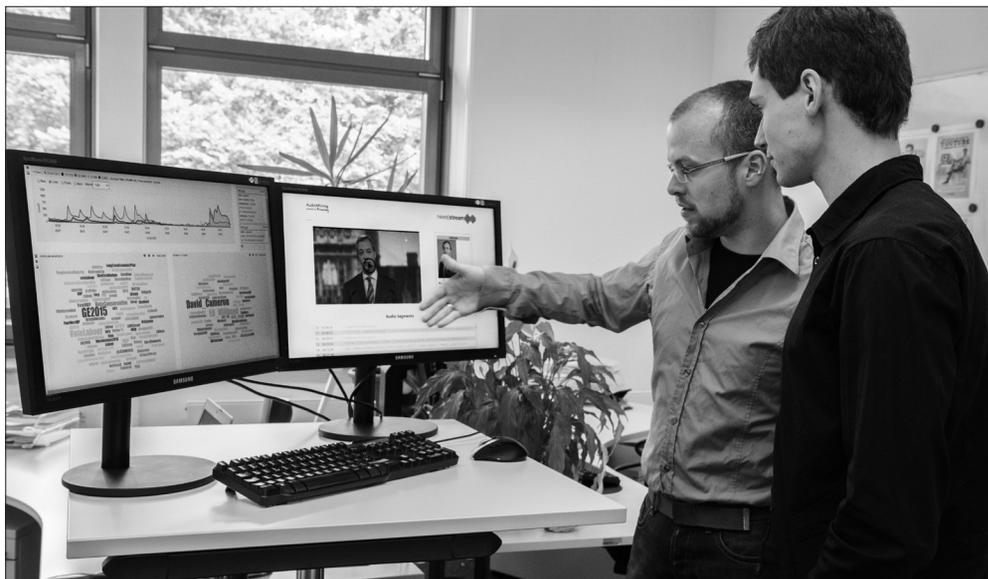
### BMBF-gefördertes Projekt »News-Stream 3.0«

Das Forschungsinstitut in St. Augustin arbeitet in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt »News-Stream 3.0« gemeinsam mit der Neofonie GmbH, der Deutschen Welle sowie der Deutschen Presseagentur dpa an neuartigen Analysewerkzeugen für Journalisten. »Unser Ziel ist eine Rechercheplattform, die auch heterogene, multimediale Datenströme schnell und effizient semantisch analysiert, bündelt und als kompakten Überblick einheitlich aufbereitet«, erklärt Stein. Das neue Analyseverfahren kann unterschiedlichste Formate wie Textnachrichten, Videos oder Audiodateien sekundenschnell scannen. »Wir integrieren dabei vorhandene Ansätze und produktreife Lösungen und fusionieren diese Technologien zu neuen Tools«, so Stein. Mit Hilfe der Technologie sollen sich Journalisten und Redakteure künftig schnell einen Überblick zu einem Thema verschaffen und die Rechercheergebnisse in »news cases« dokumentieren können. Dabei werden die Inhalte laufend aktualisiert, so dass der Nutzer jederzeit auf dem neuesten Wissensstand ist.

Die Wissenschaftler bringen im Projekt vor allem ihre Kompetenz auf dem Gebiet der Audioanalyse mit ein: Mit der IAIS-Technologie »Audio Mining« lassen sich gesprochene Wörter in Audiodateien und Videos erfassen und wie eine textbasierte Datei analysieren. Eine weitere Besonderheit ist die Sprechererkennung: Sie ermöglicht eine automatische Erkennung der Person, die gerade in einem Beitrag spricht. Diese Technologie basiert auf dem »i-Vektor-Paradigma«, bei dem jedem Tonsegment eine akustische Signatur zugeordnet wird. Dank ihrer Speicherkapazität sind i-Vektoren in der Lage, auch große, schnell einströmende und heterogene Audiodaten in kürzester Zeit

zu analysieren. In der News-Stream-Plattform soll die Sprechererkennung Redakteure unter anderem dabei unterstützen, keine Wortmeldung wichtiger Akteure zu verpassen: Sobald etwa die Bundeskanzlerin vor die Kameras tritt, um sich zu einem aktuellen Thema zu äußern, erscheint ein entsprechender Hinweis auf die Übertragung im Bildschirm. Redebeiträge lassen sich über diese audiobasierte Suche aus den Nachrichtenströmen eindeutig einzelnen Sprechern zuordnen und herausfiltern.

Seit Kurzem erproben Mitarbeiter der Deutschen Welle und der dpa erste Prototypen in ihrer täglichen Arbeit. »Dieses Anwenderfeedback ist für uns ein zentrales Instrument, um die Plattform schon während der Entwicklungsphase weiter zu verbessern und an den Anforderungen der späteren Nutzer auszurichten«, so Stein.



**Simultane Sprechererkennung und Twitter-Analyse, am Beispiel der britischen Unterhauswahlen 2015. (© Fraunhofer IAIS) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**

## Radar schützt vor Weltraummüll

FORSCHUNG KOMPAKT

07 | 2015 || Thema 5

Die »Verkehrssituation« im All ist angespannt: Neben unzähligen Satelliten umkreisen Weltraumtrümmer wie beispielsweise ausgebrannte Raketenstufen und Bruchstücke von explodierten Raumfahrtobjekten die Erde. Diese verwandeln den Orbit zunehmend in einen Schrottplatz. Wissenschaftler schätzen, dass inzwischen etwa 20.000 Objekte mit einer Größe von mehr als zehn Zentimetern und einem Tempo von durchschnittlich 25.000 Kilometern pro Stunde um die Erde rasen. Hinzu kommen 700.000 Objekte, die größer als ein Zentimeter sind. Durch ihre enorme Geschwindigkeit können diese Trümmerteilchen aktive Satelliten beschädigen oder zerstören. Besonders fatal: Weltraummüll vermehrt sich wie durch einen Schneeballeffekt selber. Stoßen zwei Partikel aufeinander, werden neue, kleinere Teilchen erzeugt. Ohne Gegenmaßnahmen nimmt der Schrott rapide zu und könnte Raumfahrt unmöglich machen.

Der Handlungsbedarf ist groß. Das Raumfahrtmanagement des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) konzipiert im Auftrag der Bundesregierung das deutsche Raumfahrtprogramm. Es hat das Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR in Wachtberg beauftragt, ein Radar zu entwickeln und zu bauen, das Objekte im erdnahen Weltraum überwacht und verfolgt. Denn dort ist die Kollisionsgefahr am größten – vor allem in einer Höhe von 800 Kilometern. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) fördert das Projekt GESTRA, kurz für German Experimental Space Surveillance and Tracking Radar, über eine Laufzeit von vier Jahren mit 25 Millionen Euro.

»Wir – das heißt unsere Gesellschaft, Wirtschaft und Politik – sind von weltraumgestützten Diensten zur Navigation, Kommunikation und Erdbeobachtung abhängig. Um die Sicherheit der Satelliten zu gewährleisten, müssen wir wissen, was im Weltraum passiert«, sagt Dr. Andreas Brenner, stellvertretender Institutsleiter und Abteilungsleiter am FHR. GESTRA soll die Bahndaten von Satelliten und Trümmern in einer Höhe zwischen 300 und 3000 Kilometern erfassen. Aufgabe des experimentellen Radars ist es unter anderem, vor Zusammenstößen zu warnen, aber auch bei Eintritt von Objekten in die Atmosphäre Alarm zu schlagen.

### Elektronisch schnell schwenkbare Antenne

Die FHR-Forscher sind erfahren im Aufbau von Radaranlagen: Mit TIRA (Tracking and Imaging Radar) betreiben sie bereits ein System, um Objekte im All aufzuspüren. »TIRA ist ein mechanisch schwenkbares System, mit dem man einzelne Objekte hochaufgelöst darstellen kann. Das neue Überwachungssystem hingegen ist eine elektronisch schwenkbare Antenne, die sich – da keine schweren Massen bewegt werden müssen – schnell schwenken lässt. Anders als TIRA kann sie sehr viele Objekte gleichzeitig beobachten. Sie spürt diese mit hoher Genauigkeit und Empfindlichkeit auf«, sagt Brenner.

Ein Team von zwanzig Forschern baut sowohl das Sende- als auch das Empfangssystem. Dabei handelt es sich jeweils um eine Phased-Array-Antenne als Sensor, die aus zahlreichen Einzelelementen besteht. Sie arbeitet im Frequenzbereich von 1,3 GHz. Dank Hochleistungsprozessoren kann diese Gruppenantenne in Sekundenbruchteilen von Satelliten und Weltraumtrümmern reflektierte Radarstrahlen aus mehreren Himmelsrichtungen zeitgleich empfangen. Sie ist in der Lage, simultan in mehrere Richtungen zu sehen und ein sehr großes Himmelsareal zu erfassen. »Im Trackingmodus können wir einzelne Objekte gezielt verfolgen. Die Funktion der digitalen Keulenbildung ermöglicht es rechnergestützt, die Strahlenbündel – Experten bezeichnen diese als Keule – eng zu stellen und somit den Fokus gezielt auf ein einzelnes Objekt zu richten und dieses zu verfolgen. Das kann man mit dem Lichtkegel einer Taschenlampe vergleichen. Andererseits lässt sich die Keule weit aufziehen, sodass ein breiteres Areal beobachtet und auf diese Weise beispielsweise mehrere Trümmerteile verfolgt werden können«, erläutert Brenner.

Sowohl die Sende- als auch die Empfangseinheit lassen sich vollständig einfahren. Der Vorteil: Auf diese Weise ist der 4x4x16 Kubikmeter große Container, der das Radar beherbergen soll, mobil und kann transportiert werden. Das von DLR und Luftwaffe gemeinsam geführte Weltraumlagezentrum in Uedem wird GESTRA, das an einem anderen Standort aufgebaut wird, ferngesteuert betreiben. Das Weltraumüberwachungssystem soll ab 2018 den Messbetrieb aufnehmen. Die Daten von GESTRA sollen Forschungseinrichtungen in Deutschland zur Verfügung gestellt werden und die Grundlage für die künftige Entwicklung der Weltraumüberwachung bilden.



Sowohl die Sende- als auch die Empfangsantenne lassen sich vollständig einfahren. (© Fraunhofer FHR) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)

## Metallmäntel optimieren chemische Reaktionen

FORSCHUNG KOMPAKT

07 | 2015 || Thema 6

Viele chemische Reaktionen und Wärmespeicher nutzen aufgeschüttete Füllkörper als Katalysator oder Adsorptionsmittel. Die Industrie setzt mehrere Millionen Tonnen dieser Funktionsmaterialien im Jahr ein, um ihre Grundstoffe herzustellen. Damit die Reaktionen wie gewünscht ablaufen, müssen die Füllkörper besonders wärmeleitfähig sein. Das Problem: Zwischen den nur wenigen Millimeter großen Körpern lässt sich die Wärme nicht optimal weiterleiten. Die Chemieunternehmen müssen daher zusätzliche wärmeleitende Strukturen in ihre Reaktoren einbauen. »Das ist aufwändig und teuer«, sagt Jörg Adler, Forscher am Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS in Dresden. Zusammen mit Kollegen der Fraunhofer-Institute für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz und für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart entwickelte Adler ein Konzept, das die Wärmeleitfähigkeit der aufgeschütteten Materialien um das Fünffache erhöht. Dafür haben die Wissenschaftler zylinderförmige Füllkörper mit Metall ummantelt: Die Metallhüllen der einzelnen Körper berühren sich und bilden so ein metallisches Gerüst über die gesamte Schüttung aus, in dem sich Wärme schneller und effizienter ausbreiten kann.

### Wirkungsgrad um das Fünffache erhöht

Den Effizienzsprung haben die Wissenschaftler im Labor mit einer acht Liter großen Schüttung aus Aluminium-ummantelten Zeolith-Füllkörpern bei einem Wärmespeicher nachgewiesen. Adler beschreibt die Vorteile: »Die Schüttung ist schneller gleichmäßig warm. Das Entladen und Beladen des Wärmespeichers geht deutlich schneller. Bei chemischen Reaktionen würde sich die Effizienz und damit die Produktgüte erhöhen.« Die Forscher gehen davon aus, dass der Effekt mit einem Metall, das noch besser Wärme leitet – zum Beispiel Kupfer, weiter ausgebaut werden kann. Die Schüttkörper aus dem Labor haben eine Länge von fünf Millimetern. Die sie ummantelnde Aluminiumschicht ist 0,25 Millimeter dick. Die Wissenschaftler stellen sie in einem eigens dafür entwickelten massentauglichen Verfahren her: Sie füllen lange Metallrohre mit dem Schüttmaterial, verdichten es, damit es nicht herausrutscht und zerschneiden die Rohre dann zu einzelnen, wenige Millimeter langen Zylindern.

»Die chemische Industrie nutzt Schüttkörper in großen Mengen und über längere Zeit hinweg. Idealerweise verbleiben sie mehrere Jahre in den Reaktoren. Ein Problem bei Transport und Anwendung ist pulverförmiger Abrieb: Dieser entsteht durch die Bewegungen der Schüttkörper gegeneinander. Die Metallhülle schützt die Schüttkörper vor Abrieb und erhöht so ihre Lebensdauer«, so Adler.

Mit Wasser getränkte Schüttkörper aus Zeolith trocknen bei Wärmezufuhr und nehmen die Wärme auf. Befeuchtet man sie, geben sie diese wieder ab. Dieser physikalische Effekt qualifiziert sie auch für den Einsatz in Wärmespeichern. »Die Effizienz dieses Prozesses hängt ebenfalls von der Wärmeleitfähigkeit des Zeolith ab. Oft müssen sehr

aufwändige Wärmetauscher-Konstruktionen installiert werden, die teuer sind und dem eigentlichen Wärmespeicher Volumen wegnehmen. Hier können die Metall-ummantelten Füllkörper Mehrwert schaffen. Im Labor haben wir die Zykluszeit des Wärmespeichers deutlich verkürzt«, sagt Adler.

Machbarkeit und Funktion der Ummantelung konnten im Labor gezeigt werden. Jetzt wollen die Forscher die nächsten Schritte Richtung industrielle Anwendung gehen. »Wir müssen Material und Herstellung noch weiter optimieren und nachweisen, in welchem Ausmaß genau der Nutzen der höheren Wärmeleitfähigkeit die zusätzlichen Kosten der Metall-Ummantelung übersteigt«, so Adler.

Aufgeschüttete Füllkörper aus Katalysatorstoffen oder Adsorptionsmitteln (Sorbentien) sind Massenware in der chemischen Industrie. Katalysatoren fördern chemische Reaktionen ohne dabei selbst aufgebraucht zu werden. Sorbentien nehmen bestimmte Produkte auf und speichern sie in sich. Die Füllkörper kommen beispielsweise zum Einsatz, um chemische Reaktionen zu optimieren oder sind Bestandteil von modernen Wärmespeichern. Dabei wird das Material in einem Reaktor mit einer Flüssigkeit oder einem Gas durchströmt, die an der Oberfläche der winzigen Körper eine chemische Reaktion auslösen.



**Schüttgut ist Massenware in der chemischen Industrie. Das Fraunhofer IKTS schützt die millimetergroßen Partikel jetzt mit einem Metallmantel. Das erhöht ihre Wärmeleitfähigkeit um das Fünffache. (© Fraunhofer IKTS) | Bild in Farbe und Druckqualität: [www.fraunhofer.de/presse](http://www.fraunhofer.de/presse)**