

FORSCHUNG KOMPAKT

09 | 2015 ||

1 Pulse für eine bessere Haltung

Um Wirbelsäulenverkrümmung bei Kindern und Jugendlichen besser behandeln zu können, setzt das EU-Projekt »StimulAIS« auf die Elektrostimulation von Muskeln. Fraunhofer-Wissenschaftler entwickelten dafür gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung den Prototypen eines Implantats.

2 Gassensoren warnen vor Schwelbränden

Rauchmelder sind allgegenwärtig. Dennoch geht die Zahl der Brandopfer jährlich in die Tausende. Brandgasmelder, die auf Kohlenstoffmonoxid und Stickoxide reagieren, entdecken Brände im Frühstadium. Durch ein neues Messprinzip von Fraunhofer-Forschern werden die teuren Sensoren nun kostengünstig und damit bereit für den Massenmarkt.

3 Bewässerung, Dünger und Energie aus Abwasser

Forscher adaptieren ihre bereits in Deutschland umgesetzte Idee für ein umfassendes Wassermanagement an die Bedingungen in asiatischen Städten: Für einen Küstenstreifen in der vietnamesischen Stadt Da Nang entwickeln sie ein Konzept zur Reduktion des Wasserverbrauchs, zur Abwasserreinigung und zur Gewinnung von Dünger.

4 Freiwillige Helfer erfolgreich einsetzen

Hilfsorganisationen müssen im Katastrophenfall viele Freiwillige steuern, die spontan bereit sind zu helfen. Im Projekt INKA haben Fraunhofer-Forscher unter anderem untersucht, wie sich in Zukunft Ehrenamtliche besser für den Katastrophenschutz gewinnen, halten und sinnvoll einsetzen lassen.

5 Effiziente Heizung für Elektroautos

Wer im Elektroauto nicht frieren möchte, muss Abstriche bei der Reichweite machen, denn die Heizung frisst einen beträchtlichen Teil des Stroms. Fraunhofer-Forscher zeigen auf der IAA den Demonstrator einer besonders energieeffizienten Heizung für Elektroautos: Eine beschichtete Folie, die eine flächige Wärmestrahlung erzeugt.

6 Permanentmagnete in einem Rutsch recyceln

Elektromotoren oder Windräder werden durch starke Permanentmagnete angetrieben. Die leistungsstärksten Exemplare basieren auf den Seltenen Erden Neodym und Dysprosium. Ein neues Verfahren von Fraunhofer-Forschern ermöglicht es künftig, das Werkstoff-Gemisch schnell und kostengünstig zu recyceln.

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 | Redaktion: Beate Koch, Britta Widmann, Tobias Steinhäuser, Janine van Ackeren, Tina Möbius, Chris Löwer, Tim Schröder | Abdruck honorarfrei, Belegexemplar erbeten. Alle Pressepublikationen und Newsletter im Internet auf: www.fraunhofer.de/presse. FORSCHUNG KOMPAKT erscheint in einer englischen Ausgabe als RESEARCH NEWS.

Pulse für eine bessere Haltung

»Setz dich gerade hin!« Diese Aufforderung kennt fast jedes Kind. Doch nicht immer ist es mit einer Erinnerung getan. Zwei von hundert Kindern und Jugendlichen zwischen 10 und 18 Jahren leiden an einer Verkrümmung der Wirbelsäule. Adoleszenten-skoliose heißt diese Wachstumsstörung, die eine bleibende Verformung des Rückens bewirkt. Die Deformationen sind deutlich sichtbar und werden von den Betroffenen oft als entstehend empfunden.

Die genauen Ursachen der Wirbelsäulenverkrümmung sind bei neun von zehn Patienten unbekannt oder, wie Mediziner sagen: idiopathisch. Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass die idiopathische Adoleszentskoliose, kurz AIS, auf eine Erkrankung des zentralen Nervensystems zurückgeht. »Nach dieser Theorie ist die Übertragung von den Nerven zu den zuständigen Muskeln gestört, und zwar nur auf einer Rückenseite. Während auf der gesunden Seite die Muskeln ziehen, fehlt auf der kranken Seite der Impuls zum Gegenzug. Also kommt es zu einer Verkrümmung und Verdrehung der Wirbelsäule«, erklärt Dr. Andreas Heinig vom Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden. Aufbauend auf dieser Theorie hat Heinigs Team zusammen mit Forschungs- und Industriepartnern aus Spanien und Frankreich einen neuartigen Ansatz zur Behandlung der Wirbelsäulenverkrümmung entwickelt. Es nutzt die Funktionelle Elektrostimulation: Dabei ersetzen gezielte elektrische Impulse jene Nervenreize, die infolge der Krankheit zu schwach oder gar nicht ausgeprägt sind. Sie sollen die tief liegenden Muskeln entlang der Wirbel anregen und so den Gegenzug aufbauen, der ein symmetrisches Wachstum ermöglicht. Innerhalb von nur zwei Jahren entwickelte das interdisziplinäre europäische Konsortium den Prototyp eines Implantats.

Das Implantat gibt in erster Linie Impulse ab, und zwar in einem Muster aus aktiven Phasen und Pausen, das der Arzt fortlaufend auf die individuellen Bedürfnisse der Patienten abstimmt. Das Kernstück wird in der Leistengegend eingepflanzt. Es enthält Leiterplatten, von denen acht millimeterdünne Stromkabel an ausgewählte Bereiche längs der Wirbelsäule führen. Dort stimulieren Elektroden die erschlafften Muskeln der vom Gehirn vernachlässigten Körperseite und messen zugleich deren Aktivität. Einige weitere Elektroden führen in die gesunde Körperseite und erfassen auch dort – quasi als Referenzwert – die Muskelaktivität. Diese unterschiedlichen Daten werden durch einen internen Regelmechanismus miteinander abgeglichen, sodass die Muskelstimulation laufend an den Behandlungsfortschritt angepasst werden kann.

Um die Rotatoren-Muskeln anzuregen, benötigt man 50 Pulse pro Sekunde – und zwar über längere Zeit: Ein typisches Trainingsprogramm sieht sechs bis acht Stunden täglich vor, vorzugsweise nachts oder während anderer Ruhezeiten. Dabei sollten die Muskeln in mehreren Schüben maximal zehn Sekunden lang stimuliert werden, unterbrochen von mindestens zehnminütigen Pausen.

Stimulations- und Pausenzeiten an Muskulatur anpassbar

Die im Implantat verwendete Batterie im Standardprogramm ist etwa neun Tage leistungsfähig, danach muss sie aufgeladen werden. Das dauert ungefähr 90 Minuten und geschieht drahtlos von außen, mittels induktiver Kopplung. Ebenfalls drahtlos werden die Daten vom Implantat zu einem externen Lesegerät überspielt – und vice versa. So lässt sich die im Körper gemessene Muskelaktivität nachvollziehen. Die Stimulations- und Pausenzeiten können für jeden AIS-Patienten laufend an den Zustand seiner Muskulatur angepasst werden. »Nach welchem System das geschehen soll, haben unsere Partner in Valencia ausgetüftelt. Sollte das Implantat eines Tages bei AIS-kranken Kindern zum Einsatz kommen, dann wird der behandelnde Arzt das Lesegerät bedienen«, sagt Andreas Heinig.

Dass die Technik prinzipiell funktioniert, konnten die Forscherinnen und Forscher in ersten Tests zeigen. Dort ließen sich die Daten in beide Richtungen übertragen. Auch die Aktivierung der Muskeln klappte. Um die feinen Elektroden exakt in der tiefliegenden Muskulatur nahe der Wirbelsäule zu positionieren, hat das am Konsortium beteiligte französische Unternehmen Synimed spezielle chirurgische Präzisionsinstrumente entwickelt.

Das Konzept der Funktionellen Elektrostimulation ist den gängigen Therapien überlegen, bei denen die Kinder ein Korsett tragen oder die Wirbelsäule operativ mit Metallplatten und Stiften versteift wird: Die minimal invasive Behandlung via Implantat verspricht nicht nur, das Schlimmste zu verhindern, sie eröffnet vielmehr die Möglichkeit, Missbildungen dauerhaft zu korrigieren. Ob sie sich in der Praxis bewährt, muss die Zukunft zeigen, betont Andreas Heinig: »Wir haben klar belegt, dass diese Form von Therapie technisch machbar ist. Jetzt muss in klinischen Studien der Beweis erbracht werden, dass sie medizinisch wirksam ist und eine Heilung oder zumindest Verbesserung der Skoliose bewirken kann.«



Das Implantat stimuliert mit elektrischen Reizen. Künftig soll der Impulsgeber in der Leistengegend der Patienten eingesetzt werden. Abgebildet ist der Prototyp. (© Fraunhofer IPMS) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Gassensoren warnen vor Schwelbränden

FORSCHUNG KOMPAKT

09 | 2015 || Thema 2

Die Sterne funkeln am Himmel, die Bewohner des Hauses schlummern in ihren Betten. Soweit nichts Besonderes, doch in dieser Nacht steht ihr Leben auf dem Spiel: Ein Kabel schwelt vor sich hin, giftiges Kohlenstoffmonoxid verbreitet sich unbemerkt im Raum. Die Rauchmelder allerdings geben keinen Alarm – sie reagieren nur auf Rauch, der bei einem Schwelbrand jedoch nicht immer entsteht. Kurzum: höchste Gefahr für Schlafende.

Kohlenstoffmonoxid zuverlässig erkannt

Gassensoren könnten die Bewohner rechtzeitig wecken und somit Leben retten. Etwa der Sensor, den Forscher am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg entwickeln: Er erkennt einen Brand nicht über den Rauch, sondern über das entstehende Kohlenstoffmonoxid. Auch bei Stickstoffdioxid, das etwas später im Brandverlauf entsteht, schlägt er Alarm. Kleinste Mengen der Gase reichen dabei aus. »Die Sensoren sind sehr empfindlich. Sie reagieren also schon sehr früh im Brandverlauf, schließlich zählt jede Sekunde«, erläutert Dr. Carolin Pannek, Wissenschaftlerin am IPM.

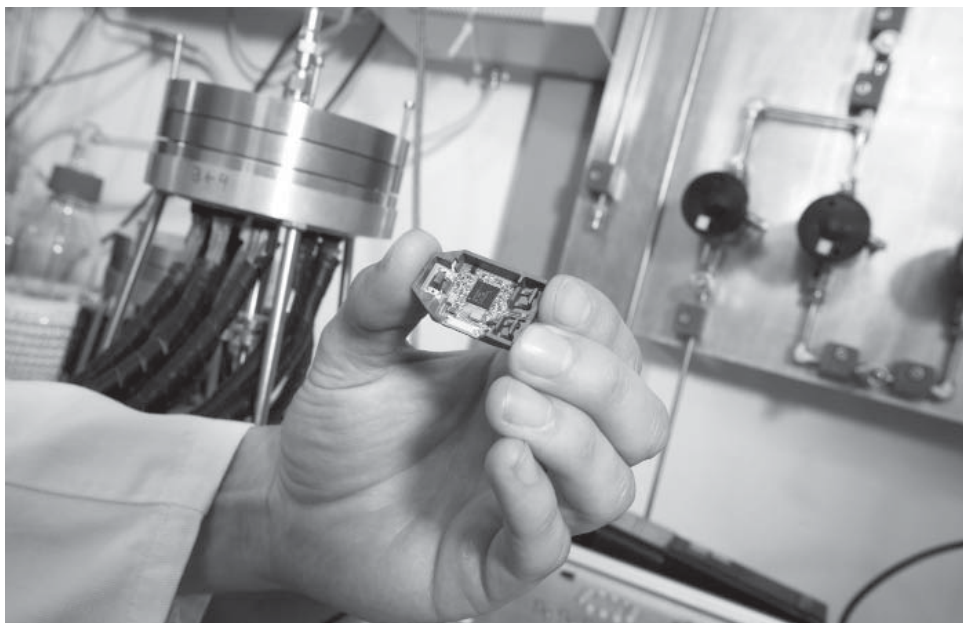
Zwar sind solche lebensrettenden Kohlenstoffmonoxid-Sensoren heute bereits erhältlich, für den Massenmarkt jedoch zu teuer. Darüber hinaus sind sie wartungsaufwändig und verbrauchen viel Strom. Handelsübliche, preisgünstige Halbleiter-Gassensoren können aber beispielsweise nicht zwischen verschiedenen Gasen unterscheiden. Nicht so der neuartige Sensor der IPM-Forscher: »Er reagiert gezielt auf Kohlenstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, bei allen anderen Gasen bleibt er ruhig. Mit einem Rolle-zu-Rolle-Verfahren können wir die Sensoren sehr günstig herstellen und somit für den Verbraucher erschwinglich machen«, bestätigt Pannek.

Das ist vor allem dem Farbstoff zu verdanken, dem Herzstück der Sensoren. So wie in jedes Schloss nur ein ganz bestimmter Schlüssel passt, reagiert jeder dieser Farbstoffe auf ein ganz spezielles Gas – im Sensor gibt es daher einen Farbstoff für Kohlenstoffmonoxid, einen weiteren für Stickstoffdioxid. Das Prinzip: Eine kleine LED strahlt blaues Licht in einen Wellenleiter, in dem das Licht auf einem Zickzackkurs bis zum anderen Ende läuft. Dort trifft es auf einen Detektor. Der Wellenleiter ist mit einem Polymer beschichtet, in das Farbstoffe gemischt sind. Ist die Luft im Raum unauffällig, ist der Farbstoff im Polymer lila – er nimmt nur wenig blaues Licht auf. Sprich: Es gelangt viel blaues Licht zum Detektor. Ist dagegen Kohlenstoffmonoxid in der Raumluft, ändert der Farbstoff seine Farbe: Er wird gelb. Der gelbe Farbstoff nimmt mehr blaues Licht auf – die Lichtmenge am Detektor sinkt. Wird dabei ein Grenzwert unterschritten, löst dies den Alarm aus. Um auch Stickstoffdioxid nachweisen zu können, integrieren die Forscher in den Sensor noch einen zweiten Wellenleiter mit einem anderen Farbstoff.

Kaum teurer als ein Rauchmelder

Die Forscher achten darauf, dass der Sensor sich im Massenverfahren möglichst kostengünstig herstellen lässt – schließlich möchte kaum jemand deutlich tiefer in die Tasche greifen müssen als für einen herkömmlichen Rauchmelder, auch wenn der Gassensor eine erheblich höhere Sicherheit bietet. »Der Sensor wird, fertigt man ihn in Massen, in einem ähnlichen Preisrahmen liegen wie Rauchmelder – und wesentlich günstiger sein als die wenigen am Markt verfügbaren Brandgasmelder«, ist sich Pannek sicher.

Für die Brandgas-Sensoren setzen die Wissenschaftler auf die gleichen Komponenten wie beim Rauchmelder, ergänzt um den Lichtwellenleiter. Eine Elektronik gibt die Schwelle an, ab der der Sensor Alarm schlagen soll. Für die Herstellung dieser Komponenten haben die Forscher gemeinsam mit einem Industriepartner ein Rolle-zu-Rolle-Verfahren entwickelt: Ähnlich wie beim Zeitungsdruck werden dabei 15 000 Messsysteme auf einer Endlosrolle gefertigt. Das Verfahren ist sowohl massentauglich als auch preiswert. Bis die Gassensoren in Wohn- und Schlafzimmern hängen werden, wird es sicherlich noch ein paar Jahre dauern.



Im Sensor des Fraunhofer IPM reagieren Farbstoffe auf Gase – und lösen so schon bei Schwelbränden Alarm aus. (© K.-U. Wudtke/Fraunhofer IPM) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Bewässerung, Dünger und Energie aus Abwasser

FORSCHUNG KOMPAKT

09 | 2015 || Thema 3

Die Verstädterung ist im vollen Gang. Besonders in Asien müssen Lösungen gefunden werden, wie die wachsende Bevölkerung ernährt, mit Wasser und Energie versorgt wird sowie Abfälle möglichst clever wiederverwertet werden können. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart haben jetzt in Vietnam ein von ihnen im Projekt DEUS 21 entwickeltes Konzept zur Abwasseraufbereitung angepasst, mit dem zugleich die Wasser-, Energie- und Nahrungsmittelversorgung unterstützt wird.

Unter Federführung des von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) durchgeführten Projekts »Integriertes Ressourcenmanagement in asiatischen Städten: der urbane Nexus« wird die innovative Infrastruktur nun in einem von rund 200 000 Menschen bewohnten Küstenstreifen der vietnamesischen Stadt Da Nang umgesetzt. Vorgesehen ist, ab Herbst 110 Grundstücke an ein neuartiges Abwasserentsorgungsnetz anzuschließen. Dort wohnen etwa 500 Menschen. Das Wasser fließt hier durch Vakuumleitungen. Diese haben deutlich kleinere Querschnitte als herkömmliche Rohre. Das Wasser wird mit Pumpen abgesaugt, ähnlich wie in Zügen und Flugzeugen.

Bislang versickern die Abwässer Da Nangs oft ungereinigt in undichten Gruben, womit nicht nur Strände kontaminiert werden können, sondern eine wertvolle Ressource ungenutzt bleibt, die die Fraunhofer-Forscher nun nutzbar machen. Sie bereiten das Abwasser künftig erstmalig gemeinsam mit Küchenabfällen aus Hotels auf, wobei Biogas entsteht, mit dem Hotelköche kochen können. Das gereinigte Wasser fließt in die städtische Landwirtschaft, so dass die Bauern weniger Grundwasser anzapfen müssen. Dieses droht aufgrund exzessiver Entnahme in Trockenzeiten zunehmend durch nachfließendes Meerwasser zu versalzen. Ein weiterer Vorteil: Die Nährstoffe im aufbereiteten Abwasser wirken als natürlicher Dünger. So werden die drängenden Themen Wasser-, Energie- und Ernährungsversorgung mit möglichst wenig Aufwand vernetzt. Die Forscher erzielen in jedem Bereich gute Ergebnisse. Beispiel Biogas: »Mit 45 Litern pro Einwohner und Tag lässt sich mit unserer Lösung etwa doppelt so viel Biogas produzieren als in herkömmlichen Kläranlagen in Deutschland«, sagt Gruppenleiter Dr. Marius Mohr vom IGB.

Selbst die Energie des Abwassers wird genutzt

Das Abwasser wird biologisch gereinigt. »Herzstück sind Anaerob-Bioreaktoren, in denen die organischen Bestandteile des Abwassers zu Biogas vergoren werden«, erklärt der Wassertechnologe. Die Bioreaktoren ließen sich auch mit einer Membranfiltration kombinieren. Alle größeren Partikel, auch die Bakterien, bleiben dann in den Bioreaktoren. Aus Kostengründen ist dies in Da Nang zunächst nicht vorgesehen.

Das Konzept DEUS 21 wurde entwickelt, um ein maximales Recycling des Abwassers und der darin enthaltenen Ressourcen zu gewährleisten. Das im Anaerob-Bioreaktor entstehende Biogas kann man außer zum Kochen auch für die Strom- und Wärmeversorgung sowie zum Antrieb von Fahrzeugen nutzen. Weil das Abwasser auch nach der Aufbereitung noch relativ warm ist, lässt sich aus ihm zusätzlich Wärmeenergie gewinnen, mit der in Regionen mit kälterem Klima über Nahwärmenetze Haushalte versorgt werden können. »Als weiteres Produkt der Abwasserreinigung lässt sich durch Fällung und Ionenaustausch ein Stickstoff-Phosphor-Dünger aus dem Abwasser zurückgewinnen«, erklärt Mohr.

Das System ist in vielen anderen Regionen einsetzbar, vor allem dort, wo es noch keine Kanalisation samt Kläranlage gibt. Mohr erläutert: »Außerdem eignet es sich auch für den Export in Wassermangel-Gebiete, weil man es speziell auf die Bedürfnisse in trockenen und halbtrockenen Regionen anpassen kann.«



Landwirtschaftliche Nutzflächen in der vietnamesischen Stadt Da Nang: Zukünftig können die Bewohner gereinigtes Abwasser nutzen, um die Beete zu bewässern. (© Fraunhofer IGB) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Freiwillige Helfer erfolgreich einsetzen

FORSCHUNG KOMPAKT

09 | 2015 || Thema 4

Das Elbehochwasser im Frühsommer 2013 zeigte einmal mehr, wie wichtig der Einsatz freiwilliger Helfer ist. Zu Tausenden waren sie aktiv, füllten Sandsäcke oder verteilten Lebensmittel. Die Bereitschaft der Bevölkerung, im Notfall zu unterstützen, ist nach wie vor groß. Doch hat sich dieses Engagement in den vergangenen Jahren gewandelt. Nach wie vor gibt es viele Menschen, die Mitglied einer freiwilligen Feuerwehr, des Technischen Hilfswerks oder eines Rettungsdienstes sind. Viele von ihnen aber sehen sich heute nicht mehr in der Lage, regelmäßig dabei zu sein – zum Beispiel wegen hoher Arbeitsbelastung oder weil die Zeit für die Familie zu knapp ist. Gleichzeitig sind heute viele Menschen bereit, im Notfall zu helfen, wollen aber kein festes Mitglied einer Hilfsorganisation sein.

Forscher vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart haben deshalb gemeinsam mit dem Deutschen Roten Kreuz als Konsortialführer, der Berliner Feuerwehr sowie den Universitäten Stuttgart und Greifswald und dem Bundesverband Bürgerschaftliches Engagement im Projekt »Professionelle Integration freiwilliger Helferinnen und Helfer in Krisenmanagement und Katastrophenschutz INKA« untersucht, wie sich auch künftig Ehrenamtliche gewinnen lassen. Dabei betrachteten sie sowohl die Situation der Ehrenamtlichen, die bereit sind, festes Mitglied in Organisationen zu werden, als auch die der Spontanhelfer, die im Katastrophenfall kurzfristig anpacken möchten.

In zahlreichen Workshops analysierten die Forscher die Situation in Behörden und Organisationen, die mit Sicherheitsaufgaben betraut sind. Vor Ort befragten sie Führungskräfte und ehrenamtliche Helfer. »Ein Wunsch vieler ehrenamtlicher Aktiver ist es, dass auf ihre Bedürfnisse mehr Rücksicht genommen wird. So übersteigt in vielen Fällen die Zahl der Einsätze, Ausbildungen oder Übungen das Zeitbudget«, sagt Dr. Wolf Engelbach, Abteilungsleiter am IAO. Die Studie zeigt auf, dass es zahlreiche Möglichkeiten gibt, um die Bedingungen für Ehrenamtliche zu verbessern. Jene, die während einer Katastrophe vor allem administrative Aufgaben haben, müssten beispielsweise nicht an allen technischen Geräten geschult werden. Wünschenswert wäre es auch, die Fähigkeiten der Ehrenamtlichen besser zu nutzen – technisches Know-how, Fremdsprachenkenntnisse oder eine pädagogische Ausbildung.

Wichtig ist, dass die Fachkräfte in Hilfsorganisationen nicht nur technisch, sondern auch in Mitarbeiterführung geschult werden. Alternativ könnten Aufgaben, beispielsweise die der Personalentwicklung, auf mehrere Schultern verteilt werden. Für Spontanhelfer könnten die Organisationen künftig Kurse anbieten, um potenzielle Unterstützer gezielt zu schulen, ohne dass diese gleich Mitglied werden. »Sinnvoll ist es auch, Datenbanken über interessierte Helfer anzulegen, um diese im Katastrophenfall direkt anzusprechen«, so Engelbach.

Leitfäden für die Hilfsorganisationen

Zu den Ergebnissen von INKA gehört ein Abschlussbuch mit wissenschaftlichen Analysen und Praxisbeiträgen sowie Leitfäden für die Arbeit in den Hilfsorganisationen. Diese enthalten Tipps, wie man Spontanhelfer einbindet und feste Ehrenamtliche gewinnt und hält. Die Leitfäden informieren zudem, wie Organisationen im Katastrophenfall Social Media für das Steuern von Freiwilligen nutzen können. So haben sie die Möglichkeit, über Facebook oder WhatsApp mit einzelnen Nachrichten zugleich ganze Gruppen zu informieren und gezielt für bestimmte Tätigkeiten einzuteilen. Darüber hinaus lassen sich über diese Kanäle Bilder und Videos von der Schadenslage versenden. Die Ergebnisse von INKA, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF gefördert wurde, werden am 23. September im Umweltforum Berlin vorgestellt.

Inzwischen gibt es mit KOKOS und DRIVER zwei Nachfolgeprojekte. In KOKOS, das ebenfalls das BMBF fördert, untersuchen die Forscher, wie sich Vereine, Chöre oder kirchliche Gruppen in Krisenfällen einbinden lassen. Im EU-Projekt DRIVER wiederum analysieren die Partner in Experimenten, wie die Zusammenarbeit von Spontanhelfern und Organisationen im Krisenmanagement effizient gestaltet werden kann.

Weitere Informationen zu INKA: www.inka-sicherheitsforschung.de



Bei der Hochwasserkatastrophe im Osten Deutschlands im Juni 2013 packten freiwillige und professionelle Helfer Seite an Seite mit an. (© Deutsches Rotes Kreuz, LV Brandenburg) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Effiziente Heizung für Elektroautos

FORSCHUNG KOMPAKT

09 | 2015 || Thema 5

Wer ein Elektroauto fährt, hat einen Grund mehr, den Sommer zu lieben: Im Winter sinkt die Reichweite der Fahrzeuge durch den zusätzlichen Energiebedarf der Heizung deutlich. Anders als bei konventionellen Pkw, wo Motorabwärme im Überfluss vorhanden ist, um das Fahrzeuginnere aufzuheizen, fällt bei Elektroautos so gut wie keine Abwärme an. Eine zusätzliche elektrische Heizung ist notwendig. Diese wird über die gleiche Batterie mit Strom versorgt, die auch den Motor beliefert. »Im ungünstigsten Fall kann man mit dem Auto dann nur noch die halbe Strecke fahren wie sonst«, sagt Serhat Sahakalkan, Projektleiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart.

Forscher des IPA haben eine Flächenheizung auf Folienbasis entwickelt, die in Elektroautos schnell für wohlige Wärme sorgt und dadurch – vor allem auf kurzen Fahrten – effektiver ist als bisherige Elektroheizungen. Das Heizkonzept basiert auf einer Folie, die mit leitfähigen Kohlenstoffnanoröhren (CNTs) beschichtet ist. Dazu sprühen die Wissenschaftler eine CNT-Dispersion hauchdünn auf. »Die Folie wird auf die innere Türverkleidung aufgeklebt und erzeugt dort im Bereich der Armlehne in kürzester Zeit eine angenehme Wärme«, erklärt Sahakalkan. Die Heizung funktioniert nach dem Joule'schen Gesetz: Fließt Strom durch die Folie, stößt er auf einen natürlichen Widerstand zwischen den einzelnen Nanopartikeln. Durch diese Zusammenstöße entsteht Wärme.

Hauchdünne Folie spart Energie und Kosten

Auch herkömmliche elektrische Widerstandsheizungen, wie sie bereits in Elektroautos zum Einsatz kommen, nutzen dieses Prinzip. Als leitfähiges Material kommt dabei in der Regel Kupferdraht zum Einsatz, der beispielsweise in Silikonmatten eingebettet wird. Die Lösung der Stuttgarter Forscher bietet jedoch einige Vorteile: Während heute verfügbare Kupferdrahtheizungen relativ sperrig sind und einigen Bauraum benötigen, besteht die Folienheizung aus einer nur wenige Mikrometer dicken Schicht aus leitfähigem Material. Sie lässt sich flexibel auf unterschiedlichste Oberflächen aufbringen und trägt mit ihrem geringen Gewicht dazu bei, Energie und Kosten zu sparen. Die CNTs selbst verfügen über eine geringe Wärmespeicherkapazität, wodurch die erzeugte Wärme unmittelbar an die Umgebung abgegeben wird. Im Gegensatz zur drahtbasierten Variante verteilt sich die Wärme dabei homogen über die gesamte Folienfläche, was den Wirkungsgrad deutlich erhöht. Schaltet der Fahrer die Heizung aus, kühlt das Material ebenso rasch wieder ab. »Diese schnellen Reaktionszeiten sind gerade für kurze Strecken wie Stadtfahrten ideal«, erläutert Sahakalkan. Die gewünschte Heizleistung lässt sich vom Nutzer stufenlos regeln. Selbst punktuelle Defekte beeinträchtigen die Funktionsfähigkeit nicht. Bei drahtbasierten Heizungen können dagegen schon winzige Brüche im Metall zum Ausfall führen.

Um die Folie gleichmäßig auf die gewölbte Türverkleidung aufzubringen, unterteilen die Forscher sie in kleine Module und kleben sie dann abschnittsweise auf die Verkleidung auf: »An den Wölbungen entstehen leicht Falten, was den Abstand der Elektroden zueinander verändert. Dann wäre keine homogene Wärmeverteilung mehr gewährleistet«, erklärt der Wissenschaftler. Längerfristig wollen die Stuttgarter Experten das Verfahren noch vereinfachen und die CNT-Dispersion direkt auf die entsprechenden Autobauteile aufsprühen. »Dies würde den Herstellungsprozess deutlich wirtschaftlicher machen – gerade auch im Vergleich zu drahtbasierten Lösungen«, sagt Sahakalkan. Einen ersten Demonstrator der Folienheizung stellen die Wissenschaftler im September auf der IAA in Frankfurt vor. Die Messe dauert vom 17. bis 27. September, die Pressetage finden am 15. und 16. September statt.



Um die Heizwirkung der Folien für Pkw zu analysieren, schlossen die Forscher sie an eine Spannungsquelle an und beobachteten sie mit einer Thermokamera. (© Fraunhofer IPA) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse

Permanentmagnete in einem Rutsch recyceln

FORSCHUNG KOMPAKT

09 | 2015 || Thema 6

Die Rotoren drehen sich surrend im Wind und versorgen die Netze mit Strom. Damit die Anlagen möglichst störungsfrei laufen und eine hohe Energieausbeute erzielen, stecken in der neusten Generation statt eines Getriebes immer öfter starke, tonnen-schwere Permanentmagnete. Auch in Autos leisten solche Magnete gute Dienste: Mit ihnen lassen sich die zahlreichen elektrischen Stellmotoren, die beispielsweise Scheiben-wischer antreiben, deutlich kleiner und leichter auslegen. Elektrische Stellmotoren oder auch Servomotoren befinden sich an vielen Stellen im Auto, überall dort, wo etwas gezielt bewegt und positioniert wird, sei es das Seitenfenster oder die Einstellung des Sitzes. Die leistungsstärksten Permanentmagnete basieren auf Neodym, Eisen und Bor. Auch Dysprosium ist oftmals enthalten. Das Problem: Während Eisen und Bor gut verfügbar sind, ist die Versorgung mit Neodym und Dysprosium kritisch. Denn diese Seltenen Erden werden unter schwierigen Bedingungen und mit viel Energieaufwand gewonnen. Sie sind daher vergleichsweise teuer, und ihre Gewinnung hinterlässt einen ökologischen Fußabdruck. Zudem stammen diese Elemente zu über 90 Prozent aus China. Knapp die Hälfte der weltweit verfügbaren Reserven liegt dort.

Aus alt mach neu

Forscher versuchen daher, Magnete zu recyceln. Bislang heißt das: Sie ziehen die einzelnen Seltenen Erden aus dem Magneten wieder heraus. Das ist jedoch sehr auf-wändig und kostenintensiv. Einen anderen Ansatz verfolgen Wissenschaftler der Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Alzenau und Hanau des Fraunhofer-Instituts für Silicatiforschung ISC. »Statt jede Seltene Erde einzeln wiederzugewinnen, recyceln wir den kompletten Werkstoff, also den gesamten Magneten – und das in wenigen Schritten«, erläutert Oliver Diehl, Wissenschaftler in der Projektgruppe IWKS. »Der Prozess ist deutlich einfacher und effizienter, denn die Zusammensetzung des Materials ist bereits wie gewünscht.«

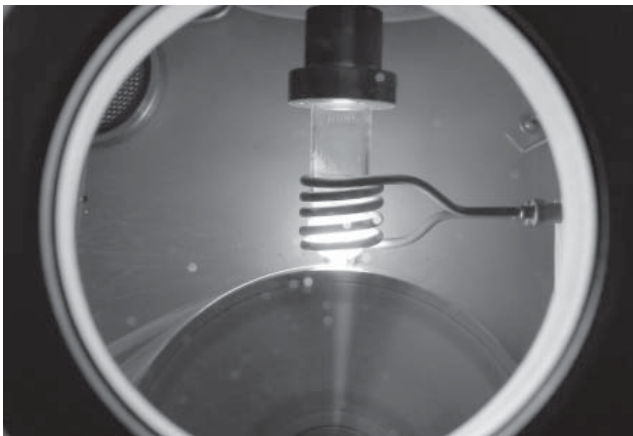
Die Wissenschaftler setzen dabei auf das Melt-Spinning-Verfahren – eine Methode, die sich für andere Legierungen bereits bewährt hat. Auf Deutsch heißt »Melt-Spinning« »Schmelz-Schleudern«. Bekannter ist das Verfahren als »Rascherstarrung«. Der Name ist dabei Programm: Die Forscher verflüssigen den Magneten in einem Schmelztiegel. Über eine Düse gelangt das flüssige, über 1000 Grad Celsius heiße Material auf ein wassergekühltes Kupferrad, das sich mit einer Geschwindigkeit von 10 bis 35 Metern pro Sekunde dreht. Sobald der Schmelztropfen das Kupfer berührt, gibt er seine Hitze innerhalb von Sekundenbruchteilen an das Metall ab und erstarrt. Die entstehenden Gebilde nennen die Forscher »Flakes«. Das Besondere ist die Struktur, die sich in den Flakes bildet. Ließe man die Schmelze auf übliche Weise erstarren, würden die Atome sich in Reih und Glied in einem Kristallgitter anordnen. Beim Melt-Spinning-Verfahren dagegen wird die Kristallisation vermieden: Es entsteht wahlweise eine amorphe Struktur, bei der die Atome vollkommen unregelmäßig angeordnet sind, oder eine

nanokristalline Struktur, bei der sich die Atome nur in nanometergroßen Bereichen in einer Kristallstruktur anordnen. Der Vorteil: Die Korngrößen – also die Bereiche gleicher Kristallstruktur – lassen sich gezielt variieren. Über sie kann man auch die Eigenschaften des Permanentmagneten verändern. In einem weiteren Schritt zermahlen die Forscher die Flakes zu einem Pulver, das sich weiterverarbeiten lässt. »Wir pressen es zu seiner endgültigen Form«, so Diehl.

Erster Magnet erfolgreich recycelt

Eine Demonstrationsanlage haben die Wissenschaftler bereits aufgebaut und konnten dort Magnete wiederverwerten. »Die Demoanlage kann bis zu einem halben Kilogramm Schmelze verarbeiten und liegt damit zwischen einer Labor- und einer Großanlage«, konkretisiert Diehl. Nun optimieren die Forscher die Eigenschaften der recycelten Magnete, indem sie das Melt-Spinning-Verfahren variieren – wie zum Beispiel die Geschwindigkeit des Kupferrades oder die Temperatur der Schmelze während des Prozesses der Rascherstarrung. Beides hat Einfluss auf die Abkühlrate und damit letztlich auf die Kristallstruktur des erstarrten Materials.

Bis dato lassen sich die Magnete jedoch nur schwer aus den Motoren entfernen. Die Wissenschaftler entwickeln daher mögliche Wege für eine Rücklaufkette von Altmotoren, ebenso wie für eine demontagegerechte Konstruktion: Wie ließen sich die Motoren alternativ aufbauen, so dass die Magnete später leicht ausgebaut werden können? Welche Kosten entstehen, ist momentan noch schwer zu beantworten: »Der zu erwartende finanzielle Vorteil bei der Wiederverwertung der Magnete hängt nicht nur vom Recyclingprozess ab, sondern auch von der Preisentwicklung der Seltenen Erden«, sagt Diehl. »Je höher die Rohstoffpreise für Seltene Erden sind, desto mehr lohnt es sich, auf die bereits vorhandenen Materialien zurückzugreifen.«



Beim Recyceln von Permanentmagneten setzen die Forscher auf den Melt-Spinning-Prozess. Dabei wird das Material in einem Tiegel mit Hilfe einer Induktionsspule aufgeschmolzen und anschließend auf ein Kupferrad gegossen.
(© Fraunhofer-Projektgruppe IWKS) | Bild in Farbe und Druckqualität: www.fraunhofer.de/presse