Schlaue Werkstoffe

Blitzschnell, flexibel und selbstständig passen sich »Smart Materials« an wechselnde Bedingungen an. Die Fraunhofer-Allianz Adaptronik will gemeinsam mit Industriepartnern noch mehr Schwung in die Entwicklung neuer Produkte bringen.

Text: Tim Schröder

Da kann der Motor noch so leise schnurren: Wenn ein Auto in voller Fahrt über einen rauen Straßenbelag saust, kann man drinnen kaum noch ein Wort verstehen – »Was hast du gesagt, Schatz?«. Vor allem bei einer längeren Autobahnfahrt ist der Lärm oft nervtötend. Fraunhofer-Forscher wollen gemeinsam mit der Industrie dem Auto das Dröhnen abgewöhnen, indem sie die Erschütterungen der Reifen, des Fahrwerks oder des Motors vom Rest des Autos entkoppeln. Sie greifen dafür zu Piezo-Keramiken, einem besonderen Material, das Erschütterungen in elektrische Energie und umgekehrt elektrische Energie in Bewegung umwandelt. Dadurch kann das Material Schwingungen entgegenwirken.

Piezo-Keramiken zählen zu den »Smart Materials«, zu Werkstoffen oder Bauteilen, die ihre Eigenschaften flink und flexibel der Situation anpassen. Schon seit einigen Jahren schwärmen Forscher geradezu von diesen »intelligenten« Werkstoffen. Von einigen Ausnahmen abgesehen, blieb der große Durchbruch bislang aber aus, denn ein »smartes« Material allein genügt nicht. Eine ganze Menge Know-how ist nötig:



An einem Auto testen Wissenschaftler Piezo-Lager, die zwischen dem Fahrgestell und einem darauf sitzenden Metallrahmen der Karosserie befestigt sind. © *Fraunhofer LBF*

Berechnungs- und Konstruktionsverfahren müssen angepasst, Bauteile und Elektronik entwickelt oder Sensoren und andere Komponenten geschickt miteinander verknüpft werden. Die besondere Herausforderung besteht darin, ein funktionstüchtiges, zuverlässiges Gesamtsystem zu entwickeln, das sich perfekt an die jeweilige Anwendung und Situation anpassen kann – ein »Adaptronisches System«.

Autos werden leise

Um gute Ideen schneller zum Praxiseinsatz zu bringen, hat die Fraunhofer-Gesellschaft das Wissen vieler Spezialisten aus verschiedenen Instituten in der Fraunhofer-Allianz Adaptronik (siehe Kasten) gebündelt. Darin entwickeln die Experten verschiedene adaptronische Systeme aus Piezo-Keramiken und anderen intelligenten Materialien bis hin zum Prototypen oder sogar Vorserien-Modell. »Je nach Projekt und Schwerpunkt arbeiten jeweils verschiedene Institute und Industriepartner zusammen«, sagt der Leiter der Allianz, Tobias Melz vom Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt.

Um den Lärm im Auto zu dämpfen, kooperieren die LBF-Forscher unter anderem mit Volkswagen. An einem VW-Passat testen sie Piezo-Lager, die zwischen dem Fahrgestell und einem darauf sitzenden Metallrahmen der Karosserie befestigt sind. Normalerweise werden dafür Gummielemente verwendet, doch die schlucken die störenden Schwingungen nicht optimal. Daher sind die Erschütterungen der Reifen als Lärm im Auto zu hören. Die Piezo-Lager hingegen werden exakt so angesteuert, dass sie sich den störenden Vibrationen entgegenstemmen. Damit neutralisieren sie die Erschütterungen quasi. Im Auto bleibt es ruhig. Die Piezo-Bauteile müssen extrem präzise und mit genau der erforderlichen Kraft arbeiten. Dafür haben die Forscher eine ausgefeilte Steuerungs- und Verstärkerelektronik ausgetüftelt. »Solche Systeme eignen sich auch sehr gut für andere Motoren und Maschinen sowie für Anwendungen, bei denen es auf höchste Präzision ankommt«, sagt Melz, »beispielsweise eine erschütterungsfreie Lagerung für Mikroskope oder laseroptische Systeme.«

Energie ernten

Gleich vier Institute der Fraunhofer-Allianz und mehrere Firmen beschäftigen sich derzeit im Verbundprojekt »PiezoEn« mit der zweiten Seite der Piezo-Technik: der Umwandlung mechanischer Energie in elektrische Energie. Verformt man eine Piezo-Keramik, entsteht eine elektrische Spannung, und genau die will man nutzen. Fachleute bezeichnen das als »Energy Harvesting« – »Energie-Ernten«. Derartige »Piezo-Harvester« tun im Kleinen das, was Solaranlagen und Windräder schon lange machen: Sie zapfen die Energiequellen der Natur an und liefern elektrischen Strom frei Haus – nur nutzen die Piezo-Harvester mechanische Schwingungsenergie. Sie arbeiten also auch bei Nacht und Windstille. Zwar ist die Energieausbeute einer Piezo-Keramik gering; für manche Anwendungen aber genügt das.

In PiezoEn arbeiten die Forscher an Sensoren zur Überwachung von Bauwerken, die rechtzeitig Schäden und Risse detektieren. Montiert man die Piezo-Keramiken geschickt im Bauwerk – etwa in einer Brücke –, können durch Autos oder Winde verursachte Bauwerkschwingungen die Harvester

Fraunhofer-Allianz Adaptronik

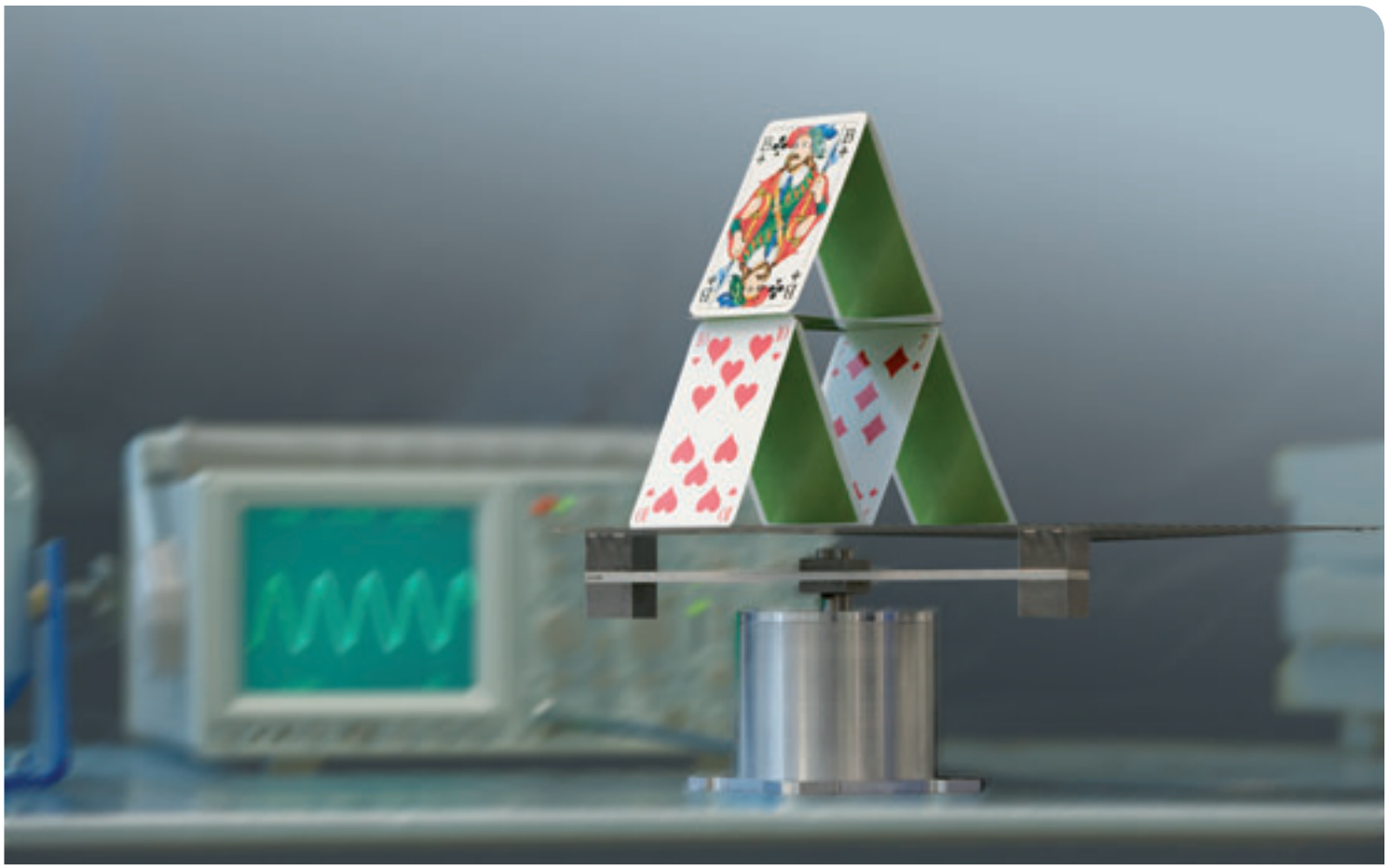
Strukturen, die aktiv auf Veränderungen reagieren, werden zunehmend wichtiger. Die adaptive Strukturtechnologie, kurz Adaptronik, gilt als eine der Schlüsseltechnologien für das 21. Jahrhundert. Sie ermöglicht es, leichte und gleichzeitig vibrations- und lärmarme sowie formstabile Bauteile zu konstruieren. In der Fraunhofer-Allianz Adaptronik arbeiten Experten aus 11 Fraunhofer-Instituten an der Entwicklung, Anwendung und Optimierung »Smart Materials« und darauf aufbauender Komponenten und Systemlösungen.

Auf der Hannover Messe (4. – 8. April 2011) stellt die Allianz gemeinsam mit weiteren Adaptronik-Partnern in der Halle 2 aktuelle Forschungsergebnisse vor – unter anderem die Sicherheitskupplung und den VW Passat.

Die beteiligten Institute:

- Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
- Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST
- Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM
- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
- Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC

www.adaptronik.fraunhofer.de



Probe aufs Exempel: Die Schwingungen werden zuverlässig gedämpft – das Kartenhaus stürzt nicht ein. © *Fraunhofer LBF*

mit Energie versorgen. Die wäre ausreichend, um ein kleines Funksignal an eine Leitstelle zu senden. Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen entwickelt dafür unter anderem besonders energieeffiziente winzige elektronische Steuerungen. Das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC in Würzburg steuert neue und für den Einsatzzweck optimierte Piezo-Keramiken bei. »Wir am LBF sorgen dafür, dass Harvester und Strukturschwingung optimal aufeinander abgestimmt sind«, sagt Melz. Werden das mechanische und das elektrische System falsch kombiniert oder die Harvester fehlerhaft montiert, mag die Bauwerksstruktur zwar schwingen: Der Harvester erntet aber trotzdem keine Energie.

Smart sind nicht allein die Piezo-Keramiken. Die Allianz beschäftigt sich auch mit »Magnetorheologischen Flüssigkeiten (MRF)«, die magnetische Partikel enthalten. Setzt man diese einem Magnetfeld aus, ordnen sich die Partikel kettenartig an, die Flüssigkeit wird zäh oder erstarrt. Man kann das Fließverhalten – die Viskosität – einer MRF präzise steuern, indem man das Magnetfeld verändert. Das macht die MRF zum idealen adaptronischen Werkzeug. Die Fraunhofer-Forscher überführen derzeit ein neues MRF-Prinzip – eine magnetorheologische Sicherheitskupplung – in ein marktreifes Produkt.

In einem Fahrzeug wird zudem getestet, wie zuverlässig die Kupplung ist. Das neue Kupplungsprinzip eignet sich für eine Vielzahl technischer Anwendungen, bei denen Motoren mit hohen Drehzahlen eingesetzt werden – zum Beispiel Bohr-, Fräs- oder Werkzeugmaschinen. Im Notfall trennt die Kupplung innerhalb von Millisekunden automatisch den Antriebstrang vom Bohr- oder Werkzeugkopf, etwa für den Fall, dass sich Kleidung verfangen sollte. Das Funktionsprinzip ist genial einfach: An der Kupplungsstelle umschließen sich Antriebswelle und Bohrkopf ähnlich dem Kopf und der Pfanne eines Gelenks. Der Spalt zwischen beiden ist mit Flüssigkeit gefüllt. Legt man ein Magnetfeld an, erstarrt die Flüssigkeit, sodass Antrieb und Kopf fest verbunden sind. Der Bohrer bewegt sich. Im Notfall schaltet sich das Magnetfeld ab, die MRF verflüssigt sich, Bohrkopf und Antrieb gleiten im Spalt aneinander vorbei. Der Bohrer steht. »In der Allianz haben wir inzwischen eine ganze Reihe verschiedener Kupplungstypen ausgearbeitet und getestet, die letztlich alle nach diesem Prinzip funktionieren«, sagt Melz.

Beispiele wie diese machen deutlich, dass die Anwendung der Smart Materials weiter fortschreitet. Experten erwarten, dass mit bei dem derzeitigen wirtschaftlichen Aufschwung, in den kommenden beiden Jahren weitere Produkte mit »smarten« Materialien auf den Markt kommen. Der Bedarf steigt – insbesondere in den Bereichen Leichtbau, Elektromobilität und Ressourcenschonung. Melz: »Die Technik ist soweit. Es wird an spannenden Lösungen gearbeitet – vom Maschinenbau bis zum Konsumgütermarkt.« ■