

The background image shows a modern building with a blue glass facade. In the foreground, there is a transparent, crystalline structure that appears to be made of a material with a grid-like pattern, possibly a smart material. The structure is partially covered by a dark, curved material on the right side.

Materialien mit Köpfchen

Viele Materialien verändern sich durch äussere Reize. Ist diese «Reaktion» nützlich, reproduzierbar und kontrollierbar, wird das Material als intelligent bezeichnet. Derartigen Materialien wird beträchtliches Potenzial nachgesagt. Um dieses zu nutzen, läuft in der Schweiz das Nationale Forschungsprogramm NFP 62 «Intelligente Materialien». Die Empa ist mit mehreren Projekten daran beteiligt.

TEXT: Beatrice Huber / BILDER: Empa



Zu den intelligenten Materialien zählen auch elektroaktive Polymere: Im Empa-Luftschiff «Blimp» dehnen sich diese (schwarze Flächen) durch An- und Abschalten einer elektrischen Spannung aus beziehungsweise ziehen sich wieder zusammen. Durch den entstehenden Schwanzflossenschlag bewegt sich das Luftschiff vorwärts.

Nähezu alle Materialien reagieren auf Reize von aussen und ändern ihre physikalischen, chemischen oder biologischen Eigenschaften. Dies kann zu Problemen führen wie bei Eisenbahnschienen, die sich bei extremer Hitze im Sommer stark ausdehnen und verbiegen. Oder aber ein entscheidender Vorteil sein – nämlich dann, wenn sich Materialien der Umgebung anpassen und dadurch ihre Funktion besser oder gar überhaupt erst erfüllen können. Fällt der Reiz weg, kehren die Materialien in ihren ursprünglichen Zustand zurück; die Reaktion auf die Ausseineinflüsse ist also reversibel. Ist sie zudem reproduzierbar – auf den gleichen Reiz folgt stets die gleiche Reaktion – und kontrollierbar, dann werden die Materialien als intelligent bezeichnet. Besonders attraktiv sind die Materialien, wenn der Reiz von aussen nur wenig Energie benötigt. Aus der Natur sind viele intelligente Systeme bekannt. Beispielsweise die Linse im Auge, die durch Muskeln mehr, weniger oder gar nicht verformt wird, je nachdem, wo der Fokus des Sehens liegen soll.

Materialien reagieren auf alle möglichen Reize

Der Reiz kann, wie bei der Linse, mechanisch sein, aber auch thermisch, elektrisch, magnetisch oder chemisch. So genannte Formgedächtnislegierungen (siehe «Verformbare Werkstoffe für mechanische Anwendungen») verformen sich durch Temperaturänderungen reversibel. Hydrogele, die Wirkstoffe auf einen äusseren Reiz kontrolliert freisetzen, sind für medizinische Anwendungen

Neue Katalysatoren für Erdgasfahrzeuge

Verknappung von Erdöl, Klimawandel und strenge Abgasvorschriften, kombiniert mit einer ständig wachsenden globalen Fahrzeugflotte, verlangen nach alternativen Treibstoffen. Dazu zählt Erdgas, das den Vorteil hat, weniger Stickstoffoxide und CO₂ zu erzeugen als Benzin und Diesel. Die Abgase von Erdgasfahrzeugen müssen jedoch speziell behandelt werden, um Spuren von nicht verbranntem Methan zu entfernen. Denn Methan ist ein starkes Treibhausgas. Bislang wurden Katalysatoren aus benzinbetriebenen Fahrzeugen an das Emissionsprofil von Erdgasfahrzeugen angepasst. Empa-Forschende wollen im Projekt «Palladium-Perowskite als Katalysatoren für Erdgasfahrzeuge» neuartige Katalysatoren entwickeln. Diese sollen mit weniger Edelmetall (beispielsweise Palladium) auskommen und eine grössere Langzeitstabilität aufweisen. Die Forschenden nutzen dazu perowskitartige Metalloxide, die auf die chemische Zusammensetzung ihrer Umgebung reagieren: In oxidierender Atmosphäre bauen sie Edelmetallatome in ihr Kristallgitter ein, in reduzierender Atmosphäre scheiden sie diese an ihrer Oberfläche aus.



interessant (siehe «Nanofasern als intelligente Wirkstoffspeicher»). Piezoelektrische Materialien erzeugen eine elektrische Spannung, wenn sie Druck oder Zug ausgesetzt sind, und werden deshalb beispielsweise als Sensoren eingesetzt. Zu den intelligenten Materialien zählen auch nachgiebige Systeme. Diese sind flexibel genug, um grosse Verformungen zuzulassen, gleichzeitig aber auch fest genug, um grosse Belastungen auszuhalten (siehe auch Artikel «Man gewinnt nicht jeden Tag einen Preis» auf Seite 20).

Nationales Forschungsprogramm mit starker Empa-Beteiligung

Um das Innovationspotenzial, das intelligenten Materialien nachgesagt wird, auch wirtschaftlich zu nutzen, hat der Bundesrat das Nationale Forschungsprogramm (NFP) 62 «Intelligente Materialien» ins Leben gerufen. In einem NFP bearbeiten Forschende aus verschiedenen Disziplinen und Institutionen Projekte, die zur Lösung wichtiger Gegenwartsprobleme beitragen sollen. Die Schwerpunkte bestimmt der Bundesrat; durchgeführt werden die NFP vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF).

Für das NFP 62 wurden aus den 79 eingereichten Projektskizzen 21 Projekte bewilligt und mit insgesamt 6,6 Millionen Franken finanziert. Die Empa war dabei sehr erfolgreich, denn sechs der 21 Projekte werden von Empa-Forschenden geleitet. Warum dieser Erfolg? Andrea Bergamini, der bereits seit längerem mit intelligenten Materialien arbeitet und eines der Empa-Projekte leitet (siehe «Verformbare Werkstoffe für mechanische Anwendungen»), sieht die an der Empa vorhandene Erfahrung mit derartigen Werkstoffen als einen Grund. Zudem: «Die Empa ist überschaubar, trotzdem gibt es hier zahlreiche Fachleute aus etlichen Disziplinen, mit denen eine Zusammenarbeit in fantastischen Projekten möglich ist.»

Beträchtliches Innovationspotenzial

Klassische Systeme wie Industrieroboter mit hydraulischem Antrieb oder Flugzeugflügel mit konventionellem Leitwerk funktionieren grundsätzlich gut. Mit der Zahl der Einzelteile wächst aber auch die Komplexität solcher Systeme. Das Potenzial intelligenter Materialien liegt unter anderem darin, dass bereits das Material die Funktionen von mehreren Einzelteilen übernehmen kann. Durch die reduzierte Komplexität werden die Systeme zuverlässiger.

Verformbare Werkstoffe für mechanische Anwendungen

Strukturen, die quasi auf Knopfdruck ihre Form verändern, sind in der Technik sehr gesucht: Eine starre Struktur wird zuerst kurz und gezielt erschlaft und dann in einer neuen Form wieder versteift. Solche Materialien – beispielsweise Nickel-Titan-Formgedächtnislegierungen – existieren bereits, jedoch verlieren sie ihre Steifigkeit nur durch Aufheizen, was viel Energie benötigt. Ein neuer Ansatz benutzt elektrostatische Kräfte, was energetisch günstiger ist. Diese Kräfte bewirken eine «Verklebung» zwischen dünnen Schichten aus dielektrischem Material. Werden die Kräfte ausgeschaltet, geht der Zusammenhalt wieder verloren.

Empa-Forschende wollen im Projekt «Neue Werkstoffe mit adaptiver Form und Steifigkeit» zusammen mit der ETH Zürich dielektrische Materialien untersuchen und optimieren, mit denen bereits bei geringer Energiezufuhr ein solider elektrostatischer Verbund zwischen den Schichten erzeugt wird. Mögliche Anwendungen finden sich etwa im Flugzeugbau: Ein Flügel bräuchte zum Steuern keine mechanischen Klappen mehr; er würde sich selbst dank elektrischer Impulse verformen. Auch Rotoren könnten sich der jeweiligen aerodynamischen Situation anpassen.

ger – es gibt weniger Teile, die versagen können – und besser integrierbar. Ausserdem sollte die Produktion einfacher werden und der Wartungsaufwand erheblich geringer.

Es werden gar Systeme machbar, die vorher unmöglich waren. Beispielsweise Luftschiffe, die mit «künstlichen Muskeln» geräuschlos und energieeffizient fliegen (siehe auch «Superelastische Werkzeuge für die Chirurgie» und EmpaNews 28). Elektroaktive Polymere, also die «künstlichen Muskeln», dehnen sich durch An- und Abschalten einer elektrischen Spannung aus beziehungsweise ziehen sich wieder zusammen. Im Fall des Empa-Luftschiffs «Blimp» entsteht so ein Schwanzflossenschlag, der für den Antrieb sorgt. Mit klassischen Materialien wäre ein solches Luftschiff schlicht zu schwer.

Erstmals Kooperation zwischen SNF und KTI

Das NFP 62 wartet ausserdem mit einem Novum auf: Als Kooperationspartner des SNF ist erstmals die Förderagentur für Innovation KTI mit dabei, die im Auftrag des Bundes den Wissens- und Technologietransfer zwischen Unternehmen und Hochschulen fördert und dazu beispielsweise anwendungsorientierte Forschungsprojekte oder den Aufbau von Start-ups unterstützt. Der Bundesrat hatte mit dem NFP 62 speziell die Schweizer Industrie im Fokus, denn intelligente Materialien könnten dieser künftig einen wichtigen Wettbewerbsvorteil verschaffen. «Der klare Fokus liegt in der originellen wissenschaftlichen Arbeit und technischen Entwicklung neuer Materialien und Systeme, die dem Anspruch «intelligent» genügen, umweltverträglich sind und über ein wirtschaftliches Umsetzungspotenzial verfügen», erläutert Louis Schlapbach, Präsident der Leitungsgruppe des NFP 62 und ehemaliger Direktor der Empa, das Ziel des NFP. «Ich erhoffe mir aber auch, dass junge Wissenschaftlerinnen und Ingenieure herangebildet werden, die mit breiter Kompetenz in diesem Gebiet und mit Enthusiasmus interdisziplinär arbeiten können.»

Noch werden vom NFP 62 keine direkt marktfähigen Produkte erwartet. Doch die Richtung ist klar. «Zu den Zielen gehört, dass mehrere Projekte, die in der ersten Phase vollständig durch den SNF finanziert sind, in einer zweiten Phase auf bestimmte Anwendungen ausgerichtet und in einer dritten Phase mit Industriepartnern als KTI-Projekt für die Praxis bis hin zur Prototypentwicklung



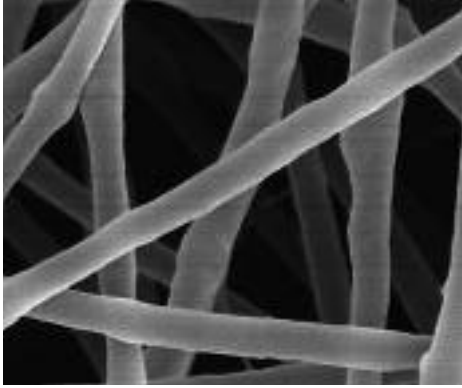
Superelastische Werkzeuge für die Chirurgie

Nachgiebige Systeme «können» grundsätzlich nicht mehr als konventionelle Instrumente. Da jedoch elastische Verformungen im Material genutzt werden, sind bewegliche Bauteile wie Lager und Gelenke überflüssig.

Für chirurgische Werkzeuge bieten diese Systeme grosse Vorteile: Die Sterilisation ist einfacher und effizienter, da nachgiebige Instrumente keine Spalten haben, in denen sich Bakterien ansiedeln können. Unbeabsichtigte Verletzungen sind seltener, weil die Instrumente keine Gelenke aufweisen, die Gewebe «zwicken» und beschädigen können. Und dank der monolithischen Natur – die Instrumente bestehen aus nur einem Stück – sind kaum manuelle Fertigungsschritte erforderlich, was eine kostengünstige Herstellung ermöglicht.

Empa-Forschende wollen im Projekt «Superelastische verformbare chirurgische Werkzeuge» innovative chirurgische Instrumente auf Basis nachgiebiger Systeme aus superelastischen Formgedächtnislegierungen entwickeln.





Nanofasern als intelligente Wirkstoffspeicher

Hydrogele können Wirkstoffe kontrolliert freisetzen und sind deshalb interessant für medizinische Anwendungen. Dabei sind solche, die auf Wärme oder Kälte reagieren, besonders attraktiv, da die Temperatur einfach und nicht invasiv verändert werden kann. Der Nachteil gängiger Hydrogele besteht jedoch in ihrer langen Ansprechzeit von Minuten bis zu Tagen.

Empa-Forschende wollen im Projekt «Nanofasern als intelligente Wirkstoffspeicher» zusammen mit dem Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz und der ETH Zürich neuartige Nanofasern entwickeln. Diese sollen aus zwei Komponenten mit einem intelligenten, mit Wirkstoffen beladenen Kern bestehen. Zudem ist der Einbau von Nanomagneten geplant, was ein präzises lokales Erwärmen durch den thermo-magnetischen Effekt ermöglichen würde. Die hergestellten Nanofasern lassen sich für therapeutische Zwecke in spezialisierte Textilien einbauen. Sie ermöglichen auch andere, nicht medizinische Anwendungen wie Bekleidung für Schutz oder Kühlung des Körpers.

Die Bilder zu den Projekten sollen diese illustrieren, stammen jedoch nicht von den Projekten selbst.

umgesetzt werden», sagt Louis Schlapbach. Eine interessante Ausgangslage, wie Andrea Bergamini findet: «Das NFP 62 ist für mich als Ingenieur sehr spannend, da diese Forschung sehr zielgerichtet ist und wir reale Rahmenbedingungen berücksichtigen müssen.» Bewährt sich das Modell, soll das NFP 62 zu einem Referenzmodell für die künftige Zusammenarbeit zwischen dem SNF und der KTI werden.

Die Projekte des NFP 62 sind in vier Module aufgeteilt: «Intelligente formadaptive Materialien für makroskopische Anwendungen», «Auf spezifische Anregungen reagierende Materialien für den mikroskopischen Bereich», «Materialien für intelligente Wirkstoffabgabe», «Erforschung grundlegend neuer intelligenter Materialien». Das vierte Modul konzentriert sich auf innovative Konzepte, deren Erfolg ungewiss ist, die potenziell aber viel auslösen können. Die Empa leitet Projekte in allen Modulen; drei Projekte im ersten Modul und je eines in den anderen drei Modulen. Die Projekte haben eine Laufzeit von zwölf bis 36 Monaten. Mit den ersten Resultaten ist also schon bald zu rechnen. //

Weitere Informationen: www.nfp62.ch



Flüssigkern-Fasern als Schock- und Stossdämpfer

Kunstfasern machen heute mehr als 70 Prozent der weltweiten Faserproduktion aus. Empa-Forschende wollen im Projekt «Synthetische Faser mit Flüssigkern für Dämpfungsanwendungen» zusammen mit der ETH Zürich Instabilitäten in Fasern aus Kunststoffgemischen untersuchen. Dazu besteht fast kein Grundlagenwissen. Das bessere Verständnis soll genutzt werden, um mit einem Schmelzspinprozess eine synthetische Faser mit flüssigem Kern herzustellen. Struktur und Material des Kerns ermöglichen dann, «von aussen» Fliessgeschwindigkeit, Zähigkeit und Reibungswiderstand zu steuern, was der Faser adaptive Eigenschaften verleiht.

Die Anwendungen hängen von den Eigenschaften der Faser im Detail ab: Wird der Kern beispielsweise mit einer Flüssigkeit gefüllt, die sich ab einer gewissen Fliessgeschwindigkeit versteift, kann eine solche Faser als adaptives Dämpfungsglied oder Energieabsorber eingesetzt werden. Mögliche Anwendungen sind Schallfilter, Strömungsfiler oder schockabsorbierende Kleider. Auch als Verstärkungsfasern für ultraleichte Verbundstoffe oder in schusssicheren Westen könnte die Faser Anwendung finden.



Bild: iStock



Neue Herstellungsverfahren für künstliche Muskeln

So genannte dielektrische Elastomer-Aktoren (DE-Aktoren) bestehen aus einem polymeren elektrischen Kondensator, der sich grossflächig verformt, wenn eine elektrische Spannung angelegt wird. Sie sind attraktiv als Aktoren mit integrierter Sensorfähigkeit oder mit muskelähnlichen Eigenschaften. Solche «künstliche Muskeln» können beispielsweise in Robotern oder in anziehbaren und/oder tragbaren Orthesen respektive Prothesen eingesetzt werden.

Empa-Forschende wollen im Projekt «Herstellungsverfahren von dielektrischen Elastomer-Aktoren» einen dünnen, flexiblen und mehrlagigen DE-Aktor entwickeln, der Kontraktionsbewegungen unter externer Zugkraft mit relativ niedriger Aktivierungsspannung erzeugt und deshalb als künstlicher Muskel eingesetzt werden kann. Der Schwerpunkt des Projekts liegt darin, ein Verfahren zu erarbeiten, mit dem DE-Aktoren mit hoher Robustheit und Zuverlässigkeit hergestellt werden können.

«Intelligente Materialien geben Ingenieuren neue Freiheitsgrade»

Intelligenten Materialien wird grosses Potenzial nachgesagt. Die EmpaNews sprach mit Edoardo Mazza, Leiter der Empa-Abteilung «Mechanics for Modelling and Simulation» und Mitinitiant des vor kurzem angelaufenen Nationalen Forschungsprogramms 62, über diese Materialien, aber auch über seine Forschung an der Empa und der ETH Zürich.

INTERVIEW: Beatrice Huber / BILD: Ruedi Keller



«Die Mechanik ist hochaktuell. Überall, wo Bewegung herrscht, wo Leben ist, dort ist Mechanik.»

Intelligente Materialien – wie würden Sie diese beschreiben?

Intelligente Materialien, wie zum Beispiel magnetorheologische Flüssigkeiten oder elektroaktive Polymere, sind anpassungsfähig. Das heisst, sie reagieren auf äussere Einflüsse und verändern ihre physikalischen und mechanischen Eigenschaften. Diese Effekte sollten nützlich, reproduzierbar und kontrollierbar sein. Provokativ gesagt: Wir nennen diese Materialien intelligent, wenn sie das machen, was wir wollen.

Welches Potenzial besitzen diese Materialien?

Intelligente Materialien geben dem Ingenieur neue Freiheitsgrade. So werden völlig neue Funktionen und Geräte möglich, oder bekannte und bewährte können besser und günstiger umgesetzt werden. Abgesehen von piezokeramischen Komponenten und Formgedächtnislegierungen sind erst wenige Produkte auf dem Markt, die auf adaptiven Materialien basieren. Nebst grundlegenden Forschungsarbeiten braucht es auch innovative und mutige Industriepartner. Nicht alle erforschten Materialsysteme werden ihre Versprechen einhalten. Auf dem Weg dahin ergeben sich spannende, tiefgreifende, interdisziplinäre Herausforderungen, mit denen Studierende und Doktorierende konfrontiert werden können. Dies ist eine hervorragende Gelegenheit für ihre Ausbildung. Diese neue Generation von Ingenieuren und Wissenschaftlern wird auf jeden Fall ein grosses Potenzial für unsere Gesellschaft darstellen.

Zum Nationalen Forschungsprogramm (NFP) 62, das Sie mitinitiiert haben: Sechs der 21 Projekte, die bewilligt wurden, leiten Empa-Forschende. Warum dieser Erfolg?

Die Empa hat das, was die Ausschreibung zum NFP verlangte: Umfassende Kenntnisse in Materialwissenschaft und Ingenieurwesen. Bereits seit mehr als zehn Jahren arbeiten Empa-Forschende mit intelligenten Materialien. Zudem setzt die Empa die Priorität bei der Verbindung zwischen Grundlagenforschung und Umsetzung in neue Produkte. Dies ist ganz im Geiste des NFP.

Das zeigt sich auch in einer Besonderheit des NFP 62: Erstmals ist die Förderagentur für Innovation KTI als Kooperationspartnerin dabei. Was bedeutet das für Sie als Ingenieur?

Die Anbindung an die KTI gibt den Projekten ein konkretes Ziel. Die Resultate sollen umgesetzt werden. Und das ist für mich als Ingenieur ein sehr gutes Signal. Der Schweizerische Nationalfonds und die KTI vertreten Kulturkreise, die sich vermehrt ergänzen, nicht widersprechen sollten.

Ihr Forschungsgebiet ist, wie der Name Ihrer Abteilung verrät, die Mechanik. Was fasziniert Sie an dieser eher «klassischen» Disziplin?

Manche sagen, dass die Mechanik die Mutter der Physik ist. Das ist zwar ehrenvoll, tönt aber vielleicht etwas verstaubt. Doch Mechanik ist natürlich hochaktuell. Sie beschreibt die kausalen Verbindungen zwischen Kräften und Bewegung oder Deformationen. Das heisst, überall, wo Bewegung herrscht, wo Leben ist, dort ist Mechanik. Das Verständnis der Mechanik ist für alle modernen Forschungsthemen essenziell – ob Nanosysteme, intelligente Materialien, Energietechnik oder Biotechnologie.

Sie sind seit längerem auch Professor an der ETH Zürich. Was bedeutet es für Sie, gleichzeitig an der ETH Zürich und an der Empa zu arbeiten?

Ich bin glücklich über diese besondere Gelegenheit, die mir geboten wurde. Es ist interessant für beide Institutionen zu arbeiten, aber, wie Sie sich denken können, auch nicht immer einfach. Die Empa hat exzellente erfahrene Fachleute und – in manchen Bereichen – eine sehr gute Infrastruktur. Zudem gibt sie mir die Möglichkeit, mit Spezialisten aus komplementären Disziplinen zusammenzuarbeiten. An der ETH Zürich habe ich grosse Freude an der Lehre, am Zusammenwirken mit Studierenden. Von der ETH schätze ich die Forschungsfreiheit und die Kultur des ständigen Lernens. Ich verstehe mich als Bindeglied, das die positiven Aspekte der einen Institution auch für die andere nutzbar machen möchte.

Wie ergänzen sich die beiden Institutionen?

Ich glaube nicht an eine Trennung der Missionen der verschiedenen akademischen Institutionen in der Schweiz. Ich sehe weitgehende Überlappungen in den Zielsetzungen betreffend Grundlagenforschung, Innovation, Technologietransfer sowie Ausbildung künftiger Führungskräfte. Jede Institution verfolgt diese Zielsetzungen natürlich anders, je nach interner Organisation, Infrastruktur und hauptsächlich je nach Menschen, die dort arbeiten. Die Zusammenarbeit zwischen den Institutionen erlaubt es, dass die Gesellschaft optimal von den Resultaten profitieren kann.

Sie sagten einmal, dass Sie wegen des «internationalen Flairs» zum Studieren nach Zürich gekommen seien. Haben Sie dieses Flair hier dann auch gefunden?

Zürich ist eine Weltstadt. Man spürt die Internationalität vor allem in einigen grossen Firmen und an den Forschungsstätten. Ich empfinde dies als wertvolle Bereicherung für die Forschung und auch für die Gesellschaft. Die Institutionen des ETH-Bereichs, also auch die Empa, sind der Exzellenz verpflichtet. Exzellenz kann man heute nur international, global beurteilen. Und die internationale Konkurrenz wird immer stärker; ich denke auch an die Exzellenzinitiative in Deutschland oder an grosse Forschungsprogramme im Fernost. Um unsere höchste Qualität der Forschung und Bildung zu halten, werden Kooperationen wie zwischen der Empa und der ETH Zürich zunehmend wichtig. //

Zur Person

Edoardo Mazza leitet seit 2006 die Empa-Abteilung «Mechanics for Modelling and Simulation» und ist gleichzeitig Professor für Mechanik an der ETH Zürich. Dort hatte er bereits Maschinenbau studiert und in Mechanik promoviert. Nach seiner Dissertation wechselte er in die Industrie und leitete bei Alstom eine Gruppe in der Entwicklungsabteilung «Dampfturbinen», bevor er 2001 als Assistenzprofessor an die ETH Zürich zurückkehrte. Seit 2006 ist Edoardo Mazza ausserordentlicher, seit 2010 ordentlicher Professor.

Licht im Dunkeln



Ob auf den Zifferblättern von Armbanduhren oder Notausgangstafeln – leuchtende Feststoffe haben seit langem einen festen Platz in unserer Gesellschaft. Empa-Forschende entwickeln eine neue Generation dieser Stoffe, die heller, länger und vor allem weisser leuchten sollten.

TEXT: Peter Merz / BILD: LumiNova

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurde das Leuchtpigment mit Radium vermengt, das dann von Tritium abgelöst wurde. Seit 1998 kommen leuchtende Feststoffe, «Solid State Lighting» genannt, ohne Radioaktivität aus, sie enthalten vielmehr so genannte nachleuchtende Pigmente.

Diese funktionieren stets nach demselben Prinzip: In das Kristallgitter eines Trägerstoffs wie Strontiumaluminat werden Atome einer zweiten Substanz eingebaut. Das Design solcher Pigmente wird in erster Linie theoretisch am Computer in einer Simulation verrichtet, auch an der Empa-Abteilung «Festkörperchemie und Katalyse» unter der Leitung von Anke Weidenkaff. «Die Entwicklung solcher Stoffe ist immer wieder eine Herausforderung. Man muss

sich bereits am Computer fragen, welche Atome man in welche Stoffe einbaut, damit der komplizierte physikalische Leuchtmechanismus funktioniert», sagt Anke Weidenkaff. Denn nur dann können die eingebauten Atome durch Lichteinwirkung in einen energetisch angeregten Zustand wechseln. Im Dunkeln, also ohne weitere Energiezufuhr, fallen die Atome dann in den Grundzustand zurück, wobei die dabei frei werdende Energie in Form von sichtbarem Licht abgegeben wird.

Heller, länger und vor allem weisser soll es leuchten

Die aktuell am besten nachleuchtenden Pigmente, patentiert unter dem Namen «Lumino-va», sind auf der Basis von Strontiumaluminat

aufgebaut. Patthalterin und Vorreiterin dieser Technologien war die Japanische Firma Nemoto, die nun indirekt als LumiNova AG (Schweiz), ein Jointventure mit der Schweizer Firma RC Tritec AG, Industriepartnerin des Projekts von Anke Weidenkaff ist.

Darin forscht sie seit Februar mit ihrem Team an einer neuen Generation nachleuchtender Pigmente. Die Forschenden wollen vor allem die Charakteristiken von Leuchtdauer und Lichtfarbe verbessern. «Diese Leuchtmittel sind ein ausgesprochen energierelevantes Thema. Vielleicht gibt es dank ihnen künftig sogar einmal eine komplett vom Strom unabhängige Raumbelichtung», visioniert Weidenkaff. Bis Ende Jahr rechnet das Empa-Team mit Ergebnissen. //

«Erste Hilfe» bei Lecks

TEXT: Martina Peter

Verhängnisvoll ist ein Loch im Schlauchboot nur, wenn die Luft derart schnell entweicht, dass das rettende Land nicht mehr erreicht wird. Weniger dramatisch, doch gleichwohl unangenehm ist es, auf einer löchrigen Luftmatratze eine Nacht zu verbringen. Doch selbst darauf liesse sich noch ungestört schlafen, wenn die Luft nur langsam genug ausströmte. Selbstreparierende Schichten aus porösem Material sollen in Zukunft dafür sorgen, dass Membranen von aufblasbaren Objekten nicht nur wasser- und luftdicht sind, sondern kleine Löcher sich auch selber stopfen können. Zumindest vorübergehend.

Die Idee hierfür stammt aus der Natur. Hier entdecken Bionik-Fachleute immer wieder verblüffende Konstruktionsprinzipien, aus denen Ingenieure dann zahlreiche technische Lösungen ableiten. So auch zur Selbstreparatur von Materialien: Der Selbstheilungsprozess der Pfeifenwinde (*Aristolochia macrophylla*), eine Liane in den Bergwäldern Nordamerikas, lieferte den Biologinnen der Universität Freiburg den entscheidenden Hinweis. Werden die verholzten Zellen des Festigungsgewebes, die den Pflanzen ihre Biegefestigkeit verleihen, verletzt, verarztet sich die Pflanze durch «erste Hilfe». Parenchym-Zellen des darunter liegenden Grundgewebes dehnen sich rasch aus und verschliessen die Wunde von innen. Erst in einer späteren Phase setzt die eigentliche Heilung ein, das ursprüngliche Gewebe wächst nach.

«Selbstheilende» aufblasbare Strukturen

Dieses Prinzip soll nun in einem vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Bionik-Projekt auf Werkstoffe – genauer auf Membranen – übertragen werden. Eine zusätzliche Schicht, die aufschäumt, wenn die Membran verletzt wird, soll wie das Vorbild aus der Natur «erste Hilfe» leisten und Löcher bis zur «richtigen» Reparatur verschliessen. Während sich Forschende der Universität Freiburg im Breisgau unter der Leitung von Olga Speck mit den

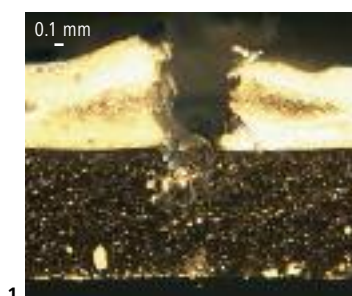
biologischen und chemischen Aspekten des Vorbilds Liane beschäftigen, arbeiten Rolf Luchsinger und Markus Rampf, Forscher am «Center for Synergetic Structures» der Empa, an der technischen Lösung für Polymer-Membranen. Luchsingers Hintergrund sind allerdings weder Schlauchboote noch Luftmatratzen, sondern tragende pneumatische Strukturen für den Leichtbau. Seine so genannten Tensairity-Balken dienen als Elemente für schnell aufgebaute, leichte Brücken und Dächer.

Ziel der Untersuchungen ist es zu verstehen, unter welchen Bedingungen sich ein Loch schliesst, wenn der Schaum auf der Membran sich nach einer Verletzung ausdehnt. Im Rahmen seiner Dissertation untersucht Rampf diesen Prozess mit Hilfe einer Versuchsanlage, die eine Membran pneumatisch unter Druck setzt und anschliessend mit einer Nadel punktieren kann. Einen ersten Zwischenerfolg haben die Empa-Forschenden bereits erzielt; ein Zweikomponentenschäum aus Polyurethan und Polyester dehnt sich unter Überdruck, wie er im Loch durch die austretende Luft herrscht, schlagartig aus.

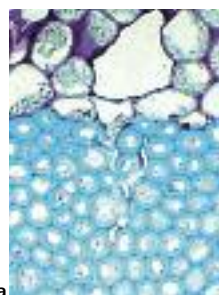
«Im Labor funktioniert», sagt Rolf Luchsinger, «wir erreichen hohe Reparaturfaktoren.» Was bedeutet: Wenn es bislang nötig war, eine Luftmatratze mit einem Volumen von 200 Litern alle fünf Minuten aufzupumpen, hält sie jetzt acht Stunden; der Druckabfall von 200 auf 50 Millibar zieht sich so lange hin, dass genug Zeit bleibt, um eine Nacht durchzuschlafen. «Wir wissen nun genug über den Schaum, um mit Herstellern von Membranen Gespräche über eine Umsetzung für den Markt zu führen», so Luchsinger über die nächsten Schritte. //

1
Die Membrane aus Polyvinylchlorid-Polyester (gelblich) wurde mit einer Nadel von 2,5 Millimeter durchstochen, worauf sich der Polyurethan-Schaum (braun) schlagartig ausdehnte. (Bild: Empa)

2
Zellreparatur in einer Pfeifenwinde (*Aristolochia macrophylla*). Parenchym-Zellen des Grundgewebes dehnen sich rasch aus, wenn die verholzten Zellen des Festigungsgewebes verletzt werden (a und b) und verholzen schliesslich in einer späteren Phase (c). (Bilder: Plant Biomechanics Group, Universität Freiburg i.Br.)



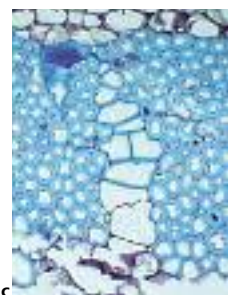
1



2a



2b



2c