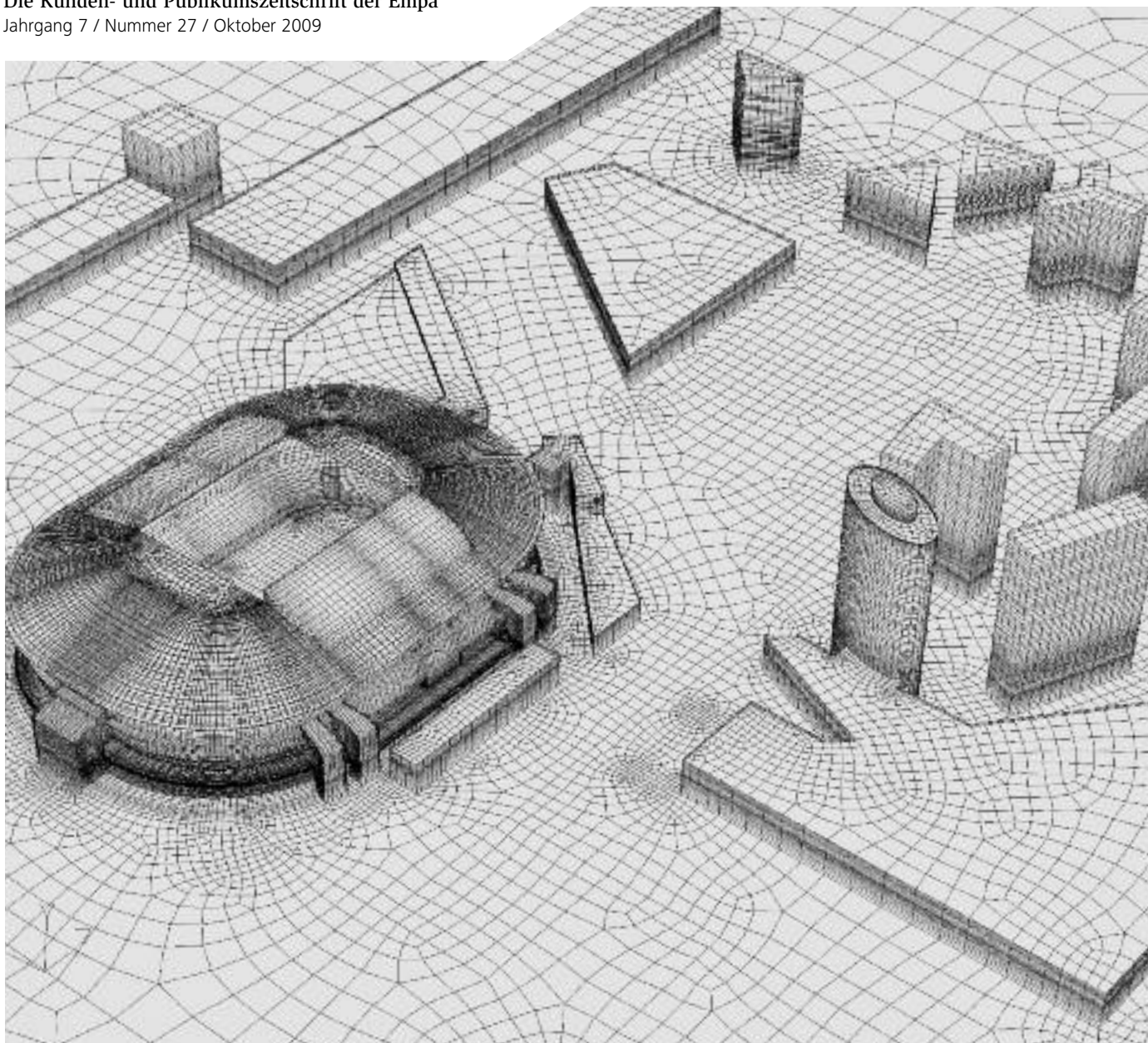


Empa **News**

Die Kunden- und Publikumszeitschrift der Empa
Jahrgang 7 / Nummer 27 / Oktober 2009



Mit «Urban Physics» zu besserem Stadtklima 04

EMPA 
Materials Science & Technology

Dioxinentgiftung
entschlüsselt 07

Stammzellen im Dienste
der Materialentwicklung 10

Herausforderungen anpacken
– mit Nano 26

Einsatzort: der menschliche Körper



Unsere Gesundheit und wie wir diese erhalten, fördern oder – wenn sein muss – wiederherstellen können, ist ein Thema, das vermutlich viele LeserInnen der EmpaNews nicht unmittelbar mit der Empa in Verbindung bringen. Doch bei genauerem Hinsehen erkennen sie: In der modernen Medizin sind häufig spezielle Materialien und Systeme gefragt, vom Ersatz «ausgefallener» Organe

oder von Gewebe – Gelenke, Knochen, Sehnen – bis hin zu eher klassischen medizinaltechnischen Anwendungen – wie etwa der neuartige Lattenrost für Pflegebetten des Empa-Spin-off «compliant concept» (S. 18). Es versteht sich von selbst, dass dafür profundes materialwissenschaftliches Know-how vonnöten ist.

Daneben haben die innovativen Technologien, die wir im aktuellen «Fokus» vorstellen, noch etwas gemeinsam: Die Teams, die sie entwickelt haben, sind hochgradig interdisziplinär. Zellbiologinnen und Toxikologen arbeiten Hand in Hand mit Biotechnologen, Nanowissenschaftlerinnen und Oberflächenphysikern, und diese wiederum mit Chemikern, Ingenieurinnen und Elektrotechnikern – und vielen anderen. Sonst würden sich derartige Projekte nicht realisieren lassen. Und gerade deswegen sind sie «typisch Empa».

Genau wie unser Bestreben, auch die Auswirkungen neuer Technologien zu berücksichtigen, etwa auf die Umwelt oder die Gesellschaft, beispielsweise bei den Themen Ressourcenverbrauch und Elektroschrott und auch bei der Nanotechnologie, die Lösungen für zahlreiche künftige Herausforderungen verspricht (S. 24 bis 27).

Michael Hagmann
Leiter Kommunikation



**Der Präsident & «The Lancet»
Dioxinentgiftung entschlüsselt 07**

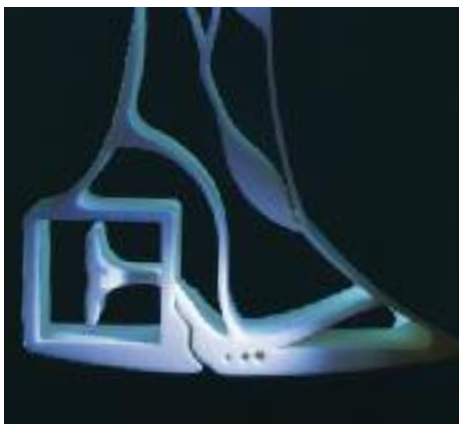


Titelbild

Strömungsanalyse um das Stadion Arena in Amsterdam: Untersucht wurden, wie angenehm der Wind auf dem ArenA Boulevard ist, die Windbelastung auf das bewegliche Dach, die Windbedingungen für Sportanlässe innerhalb des Stadions und das natürliche Ventilationspotenzial während eines Konzerts. (© J. Persoon, T. van Hooff, B. Blocken, J. Carmeliet und M. de Wit, 2008)



**Knochengewebe & Biosensoren
Stammzellen im Dienst der
Materialentwicklung 10**



**Smart Materials & Pflegebett
Ein «intelligentes Bett»
verhindert Wundliegen 18**



**Ideenmarktplatz & Dialogplattform
Herausforderungen anpacken –
mit Nano 26**

Impressum

Herausgeberin

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
www.empa.ch

Redaktion & Gestaltung
Abteilung Kommunikation

Kontakt

Telefon +41 44 823 47 33
Telefax +41 44 823 40 31
empanews@empa.ch
www.empa.ch/empanews

Erscheint viermal jährlich



ISSN 1661-173X

Forschung und Entwicklung
04 **«Blowin' in the Wind»**

Forschung und Entwicklung
07 **Tagebuch einer Dioxinvergiftung**

Fokus: Materialien für ein besseres Leben

10 **Stammzellen als Materialprüfer**

13 **Zellen auf den richtigen Weg schicken**

14 **Immunreaktion auf Nanomaterialien?**

16 **Anforderungsprofil für Nanotransporter**

17 **Die Zerreihsprobe bestehen**

18 **Wie man sich bettet ...**

Wissens- und Technologietransfer
20 **Ein Vorhang, der nie schlecht riecht**

Wissens- und Technologietransfer
22 **Mit Schwitzarm und «SAM» zur eigenen Firma**

Dienstleistungen
23 **Computersimulation spart Materialtests**

Im Dialog
24 **Aufruf zu neuem Wirtschaftssystem**

Im Dialog
25 **Besuche aus Peru und Russland**

Im Dialog
26 **NanoConvention 2009 – Dialogplattform zum Dritten**

28 **Veranstaltungen**

«Blowin' in the Wind»

Städte sind deutlich wärmer als ihr ländliches Umland. Durch die globale Erwärmung und die fortschreitende Urbanisierung wird sich dies weiterhin verstärken. Um unsere Städte vor Überhitzung zu bewahren, müssen die Wechselwirkungen zwischen Meteorologie und dem städtischen Klima genauer untersucht werden. Jan Carmeliet, seit Juni 2008 an der ETH Zürich und an der Empa tätig, will dies tun, um so mitzuhelfen, Komfort und Luftqualität und damit die Lebensqualität in den Städten zu erhöhen, bei gleichzeitiger Reduktion des Energieverbrauchs der Gebäude.

TEXT: Beatrice Huber, Simon Berginz

Jan Carmeliet und sein Bild «Under the cross» (Akryl auf Leinwand): Dies ist eine freie Interpretation des Werks «Descent from the Cross» des flämischen Malers Roger van der Weyden (ca. 1435, Museo Prado in Madrid) und zeigt die ohnmächtige Jungfrau Maria (in blau), den heiligen Johannes (in orange) und zwei Halbschwestern Marias. (Fotos: Andreas Rubin)

Professor zu sein ist normal im «Carmeliet-Clan». Jan Carmeliet verliess 2008 die Katholieke Universiteit im belgischen Leuven, um die Doppelposition als Professor für Bauphysik an der ETH Zürich und als Leiter der Empa-Abteilung «Bautechnologien» zu übernehmen. Es sind jedoch noch einige Carmeliet in seiner akademischen Heimat verblieben. Sowohl sein Bruder Peter als auch seine Schwester Geert haben eine Professur an der medizinischen Fakultät, folgen also den Fussstapfen ihres Vaters, Edward Carmeliet.

Statt die Medizinertradition weiter zu führen, studierte Jan Carmeliet Architektur-Ingenieurwissenschaften. «Ich tat dies, weil mir die Kombination von Kunst und Wissenschaft sehr zusagte», erklärt er. Nach dem Abschluss standen verschiedene Möglichkeiten offen. Nachdem er einen Monat bei einem Architekten gearbeitet hatte, wurde ihm klar, dass dies nichts für ihn war. Er hatte jedoch grosses Interesse an Bauphysik. Darum wurde er zum Architektur-Ingenieur-Wissenschaftler – eine Entscheidung, die er nicht bereut hat.

Insbesondere nicht nach seinem Wechsel in die Schweiz. Seine derzeitige Anstellung vereint das «Beste aus beiden Welten». «Einerseits legt die Empa einen starken Fokus auf angewandte Forschung und den Technologietransfer und verfügt zudem über erstklassige Forschungseinrichtungen – kurz: der ideale Ort, um unseren Windkanal zu bauen», so Carmeliet. Zudem könnten seine Forscher und DoktorandInnen vom ausgezeichneten Expertenwissen der Empa-Techniker profitieren. «Andererseits bietet mir meine Position an der ETH die Freiheit, «riskantere» Grundlagenforschung zu betreiben, was mir zusagt.» Jan Carmeliet kann dank seiner Doppelfunktion direkt mitverfolgen, wie seine Forschungsergebnisse zu Anwendungen in der Praxis für einige der heute dringendsten Probleme führen.

Obwohl Jan Carmeliet bereits seit Sommer 2008 in der Schweiz arbeitet, hatte er im vergangenen Jahr noch seine sechs in Leuven verbliebenen Doktoranden dort zu betreuen. Denn für Carmeliet gehört die Ausbildung von Studierenden nicht nur zu einer seiner wichtigsten Aufgaben, sie ist ihm auch eine Bereicherung. Deshalb brachte er auch bereits Bachelor- und Masterstudierende der ETH in seine Empa-Labors, um ihren Horizont zu erweitern und sie Baumaterialien «spüren» zu lassen. «Sie waren begeistert; die Mischung aus Kursen an der ETH und Praktika an der Empa war für sie sehr spannend.»

Forschungsschwerpunkt «Urban Physics»

In seiner neuen Position hat Jan Carmeliet schon ambitionierte Pläne. Der neue Forschungsschwerpunkt seiner Abteilung liegt auf dem Gebiet der «Urban Physics». Unsere Welt verstädtert zunehmend; heute lebt bereits die Hälfte der Weltbevölkerung in städtischen Gebieten, bis 2050 dürften es 70 Prozent sein. Carme-



liet ist daher überzeugt, dass «Urban Physics» zunehmend wichtiger wird. Ein Beispiel ist die Nachhaltigkeit von Städten. «Alle sprechen von nachhaltigen Städten und über die Ziele des Kyoto-Protokolls, obwohl immer noch riesige Lücken im Verständnis der zugrunde liegenden physikalischen Phänomene bestehen», bemerkt Carmeliet. So untersuchen etwa Meteorologen, wie sich das Wetter durch den zu erwartenden Klimawandel generell verändern wird; und Bauingenieure streben danach, einzelne Gebäude energieeffizienter zu machen. Doch

WIE all diese Veränderungen die Städte beeinflussen, sei zum grössten Teil noch «Terra incognita».

«Städte in der Schweiz und in anderen Ländern sind einige Grade wärmer als ihr ländliches Umland», erklärt Carmeliet. Wissenschaftler sprechen deshalb von «Heat Islands». Die globale Klimaerwärmung dazu genommen, wird schnell klar, dass der städtische Energieverbrauch für Kühlung kaum abnehmen wird – genauso wenig wie die steigenden Komfortbedürfnisse der Bewohner. Pro jedes Grad Celsius Erwärmung wird mit einem bis zu acht Prozent höheren Stromverbrauch für die Kühlung gerechnet. Zudem tendieren die urbanen Hitzeinseln dazu, sich auszudehnen und so das regionale Klima und die Windströmungsmuster zu verändern, was wiederum grossen Einfluss auf die Energiebedürfnisse ganzer Regionen hat.

Es ist also keineswegs einfach, eine ganze Stadt zu kühlen. Aktive Kühlungssysteme wie Klimaanlage sind ungeeignet, da sie Abwärme produzieren und so die Umgebung zusätzlich aufheizen. Mehr Erfolg versprechen kühlende Oberflächen, wie aktuelle Studien zeigen. Dazu zählen Grünflächen in Form von Parks oder begrünten Hausdächern, Bepflanzungen im Strassenraum, die durch Verdunstung und Beschattung kühlen, aber auch benetzbare Materialien oder helle Anstriche, die das Sonnenlicht reflektieren.

Alternativ kann der Wind genutzt werden, um kühlere Luft in die Stadt oder heisse hinaus zu transportieren. Unglücklicherweise stellt die dichte Bauweise der meisten Städte ein Hindernis für diese Windkühlung dar. «Es sind noch einige Anstrengungen nötig, damit die Prinzipien der «Urban Physics» in der Städtebauplanung bekannt und auch angewendet werden», sagt Carmeliet.

Neue Versuchsanlage zur Unterstützung

Um das Verhalten von Windströmungen in Städten besser zu verstehen und simulieren zu können – und dadurch die Wissenslücken zumindest teilweise zu schliessen –, wird in der Bauhalle der Empa zurzeit ein mehr als 25 Meter langer und bis zu vier Meter hoher Windkanal eingerichtet. Das Besondere an dieser Anlage ist die Messmethode namens PIV (Particle Image Velocimetry). Damit lassen sich schnelle Luftbewegungen präzise in Raum und Zeit

>>

bestimmen. Mikrometergrosse Partikel werden der Luft im Windkanal beigemischt und mit Laserimpulsen beleuchtet. Aus zwei aufgenommenen Bildern kann mit einer speziellen Software, die die Bilder erfasst, speichert und auswertet, das gesamte Strömungsmuster im Windkanal bestimmt werden.

«Im Moment führen wir noch Vorbereitungs- und Änderungsarbeiten in der Halle durch, damit der Windkanal eingebaut werden kann», so Jan Carmeliet zum Stand der Arbeiten. «Eine derartige Versuchsanlage benötigt einiges an Platz.» Die aus dem Windkanal gewonnenen Daten werden eingesetzt, um die Strömung von Luft und Schadstoffen in Strassenzügen und um Häuserblocks zu untersuchen. Zudem können damit bereits erstellte Computermodelle zur Strömungssimulation validiert werden, um mit diesen die Strömungscharakteristika im Detail analysieren zu können.

Neben Untersuchungen im Windkanal gehen Jan Carmeliet und sein Team weitere Forschungsfelder an. «Letztendlich wollen wir neue und verbesserte Materialien für innovative Bautechnologien entwickeln. Dazu beabsichtigen wir unter anderem, nanoporöses Material, beispielsweise Aerogele, in Baumaterialien einzusetzen, um so gute Isolationsmaterialien zu erhalten», erklärt Carmeliet. Ausserdem müsste die Schweiz, wie auch andere Länder, grössere Anstrengungen unternehmen, um alte Gebäude energieeffizienter zu machen, beispielsweise durch bessere Isolation und die Nutzung von Sonnenenergie.

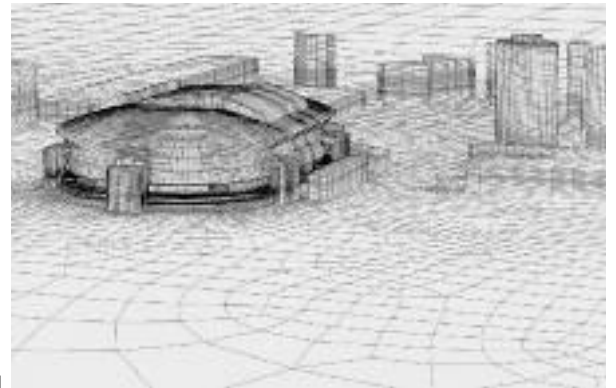
Doch nicht nur der nachhaltige Umgang mit wertvollen Ressourcen liegt Jan Carmeliet am Herzen. So sollen Vakuumverglasungen – bei denen im Scheibenzwischenraum der Luftdruck soweit gesenkt wird, bis der Wärmeverlust signifikant reduziert ist – und andere innovative Bautechnologien zu einer höheren Wohn- und damit Lebensqualität für die Bewohner führen.

Jan Carmeliet ist stets auf der Suche nach neuen Dingen, um ihnen auf den Grund zu gehen. Deshalb lädt er gerne akademische Gäste an die ETH oder Empa ein und besucht seinerseits andere Forschungsinstitute. Im Jahr 2007 verbrachte er seinen Sabbatical an der University of Illinois in Urbana-Champaign und im «Los Alamos National Laboratory», New Mexico. Sein Interesse an neuen Herausforderungen war auch der Grund für seinen Weggang aus Belgien. «Ich wollte etwas Neues und Herausforderndes», sagt er.

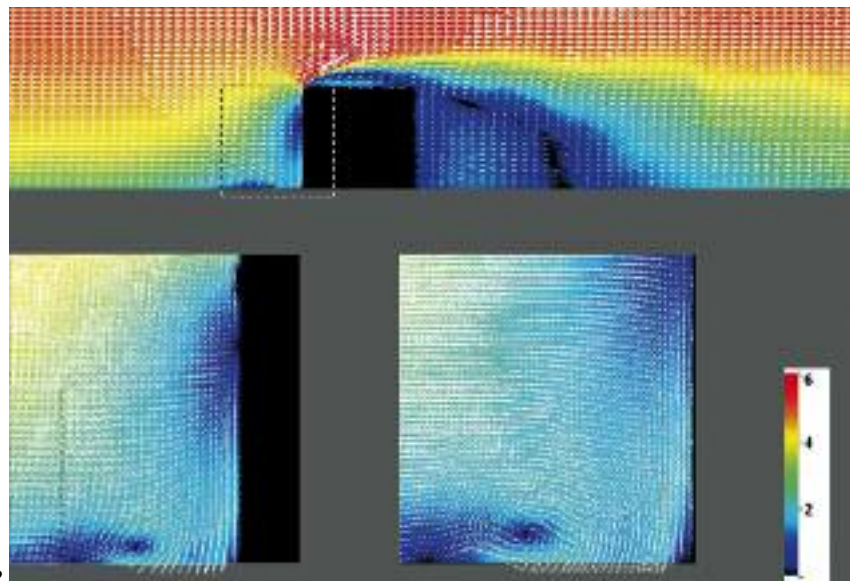
Malerei

Für seine neue Heimat findet Jan Carmeliet nur Lob, vor allem für die hohe Lebensqualität. «Im internationalen Massstab ist Zürich zwar klein, aber es bietet alle Vorzüge einer grossen Stadt», äussert er sich begeistert. Hier in Zürich will er nochmals einen Schritt vorwärts machen – nicht nur in wissenschaftlicher Hinsicht, sondern auch in seinem Hobby, der Malerei. «Für mich ist die Malerei eine Entdeckungsreise in die Welt der Farben, Formen und Kompositionen. Wenn ich male, verliere ich das Zeitgefühl», bekennt Carmeliet.

Kunst und Wissenschaft haben für Jan Carmeliet durchaus Gemeinsamkeiten. «Beim Malen habe ich eine Idee im Kopf. Dann bringe ich Farbe auf die Leinwand und während des Malens entdecke ich immer weitere Ideen und arbeite an diesen, bis sich das Bild herauskristallisiert.» Dieser Erkundungsprozess sei eben auch eines der Kennzeichen wissenschaftlicher Forschung. //



1



2

1 Strömungsanalyse um das Stadion ArenA in Amsterdam: Untersucht werden, wie angenehm der Wind auf dem ArenA Boulevard ist, die Windbelastung auf das bewegliche Dach, die Windbedingungen für Sportanlässe innerhalb der Arena und das natürliche Ventilationspotenzial während eines Konzerts. (© J. Persoon, T. van Hooff, B. Blocken, J. Carmeliet und M. de Wit, 2008)

2 Windgeschwindigkeitsmuster um ein kubisches Gebäude herum, gemessen durch eine hochauflösende PIV (Particle Image Velocimetry). Gut sichtbar ist ein stehender Wirbel vor dem Gebäude. Die Zoombilder (untere Bildhälfte) zeigen den stehenden Wirbel sowie sekundäre Wirbel. (© T. Defraeye und J. Carmeliet)

1
Aufnahme von 8. Juni 2006 in Amsterdam: Die Chlorakne im Gesicht Juschtschenkos ist auch knapp zwei Jahre nach seiner Vergiftung noch gut sichtbar. (Bildquelle: Muumi)

2
Aufnahme vom 15. Mai 2009 an der Universität Zürich: Dank der Behandlung am Universitätsspital Genf sind die Zeichen der Dioxinvergiftung aus dem Gesicht Viktor Juschtschenkos verschwunden. (Bildquelle: Jürg Vollmer / maiak.info)



Tagebuch einer Dioxinvergiftung

2004 erlitt der heutige Präsident der Ukraine, Viktor Juschtschenko, eine schwere Dioxinvergiftung. Empa-Forscher analysierten über einen längeren Zeitraum mehr als 100 Proben aus dem Körper des Politikers, unter anderem um erstmals die Entgiftungsmechanismen des menschlichen Körpers für das hochgiftige Dioxin zu entschlüsseln. Sie identifizierten dabei verschiedene Abbauprodukte. Ihre Resultate stellten sie kürzlich in der renommierten Fachzeitschrift «The Lancet» vor.

TEXT: Beatrice Huber

Viktor Juschtschenko ist seit bald fünf Jahren Präsident der Ukraine. Doch es hätte auch anders kommen können. Auf dem Höhepunkt des Wahlkampfes fiel der Politiker wegen einer mysteriösen Erkrankung aus. Die Ärzte tappten lange im Dunkeln. Spekulationen liefen heiss, Verschwörungstheorien und politische Intrigen hatten Hochkonjunktur. Schlussendlich wurde die Substanz identifiziert und eine Vergiftung bestätigt: Es handelte sich um reines TCDD, auch bekannt als Seveso-Dioxin (s. Kasten, S. 9). Die Konzentration im Blut Juschtschenkos lag über 50000-mal höher als im Bevölkerungsdurchschnitt. Auf die richtige Spur geführt hatte die berüchtigte Chlorakne, die sich nach einigen Wochen im Gesicht manifestierte. Wäre Juschtschenko kurz nach der Vergiftung gestorben, hätten

die Gerichtsmediziner die Ursache der «Erkrankung» vermutlich nie gefunden; auf Dioxin werden ungeklärte Todesfälle normalerweise nicht untersucht, zu exotisch ist die Substanz.

Empa-Experten gefragt

Nach seinem Zusammenbruch und ersten Untersuchungen in Wien (s. Chronologie, Seite 8) begab sich Juschtschenko ab Dezember 2004 in die Obhut der Genfer Universitätsklinik, wo er vom Dermatologen Jean-Hilaire Saurat und dessen Team betreut wurde. Juschtschenko stimmte ausserdem einer wissenschaftlichen Begleitung seiner Therapie zu. Daraufhin suchten die Genfer Ärzte Fachleute, die Dioxin zuverlässig analysieren konnten. «So kamen wir ins Spiel, wohl aufgrund unserer

langjährigen Erfahrung mit Dioxinen», erklärt Markus Zennegg das Engagement der Empa. Zennegg arbeitet in der Abteilung «Analytische Chemie» der Empa und führte den grössten Teil der Analysen durch.

Über drei Jahre entnahmen Ärzte in Genf und in der Ukraine Juschtschenko mehr als 100 Proben von Blut, Urin, Stuhl, Schweiß, Haut, Hautzysten und Fettgewebe. Die ersten Ergebnisse der Analysen zeigten überraschenderweise, dass nur rund 60 Prozent der aus dem Körper total eliminierten Menge TCDD sich mit Ausscheidungen über Stuhl, Urin oder Schweiß erklären liess. Wo war der Rest geblieben? Antwort: Er wird im Körper von Stoffwechsellzymen um- und abgebaut. «Wir konnten beim Menschen erstmals Dioxinabbauprodukte identifizieren und diese auch quantifizieren», fasst

Chronologie der Ereignisse

Im Herbst / Winter 2004 ist das ukrainische Volk zur Wahl eines neuen Präsidenten aufgerufen. Der bisherige Präsident Leonid Kutschma schlägt seinen Premierminister Viktor Janukowytsch als Kandidaten vor. Dieser gilt als pro-russisch. Aussichtsreichster Gegenkandidat ist Viktor Juschtschenko, Vorsitzender des pro-westlichen Oppositionsblocks «Unsere Ukraine». Der Wahlkampf wird von der «Erkrankung» Juschtschenkos überschattet. Die Chronologie der Ereignisse:

- 05.09.2004** Dinner von Viktor Juschtschenko mit dem ukrainischen Inlandsgeheimdienst in Kiew; in der Nacht erste Symptome (Bauch- und Kopfschmerzen, Erbrechen, ...).
- 06.09.2004** Verschlimmerung der Symptome, Einlieferung ins Spital.
- 10.09.2004** 1. Spitalaufenthalt im Wiener Rudolfinerhaus.
- 01.10.2004** Chlorakne im Gesicht;
2. Spitalaufenthalt im Wiener Rudolfinerhaus.
- 31.10.2004** 1. Wahlgang für das Präsidentenamt:
Juschtschenko 39,87 Prozent,
Janukowytsch 39,32 Prozent;
eine Stichwahl wird nötig.
- 21.11.2004** 1. Stichwahl: Opposition und internationale Wahlbeobachter sprechen von Unregelmässigkeiten;
Start von wochenlangen Massenprotesten.
- 23.11.2004** Erster Verdacht auf Dioxinvergiftung
(John Henry, St. Mary's Hospital, London).
- 24.11.2004** Offizielles Ergebnis der Stichwahl:
Janukowytsch 49,42 Prozent,
Juschtschenko 46,69 Prozent;
ukrainische Opposition, EU und USA anerkennen
das Ergebnis nicht, Russland dagegen schon.
- 03.12.2004** Oberstes Gericht der Ukraine erklärt 1. Stichwahl für ungültig und ordnet eine weitere Stichwahl an.
- 10.12.2004** Hohe Dioxinkonzentrationen im Blut nachgewiesen (Abraham Brouwer, BioDetection Systems, Amsterdam).
- 17.12.2004** Bestätigung durch zwei unabhängige Labors; nur reines TCDD gefunden.
- 26.12.2004** 2. Stichwahl: Juschtschenko 51,99 Prozent.
- 23.01.2005** Viktor Juschtschenko als neuer Präsident der Ukraine vereidigt.

>>

Zennegg die Resultate der Analysen zusammen, die das Empa-Team zusammen mit ihren Genfer Kollegen Anfang August in der Fachzeitschrift «The Lancet» veröffentlichten.

Konkret fanden die Empa-Experten zwei TCDD-Abbauprodukte. Diese waren dadurch entstanden, dass die Stoffwechsellenzyme an zwei unterschiedlichen Stellen des ursprünglichen TCDD-Moleküls eine so genannte Hydroxygruppe anbringen konnten. Durch diese Modifikation wird das Molekül wasserlöslich und kann deshalb wesentlich schneller als das unveränderte TCDD ausgeschieden werden. Als Hauptausscheidungsweg ermittelten die Forscher den Verdauungstrakt, was sich mit Erkenntnissen aus Tierversuchen

deckt. Im Weiteren fanden sie eine deutlich verkürzte Halbwertszeit des Gifts im menschlichen Körper von knapp 16 Monaten statt der bislang bekannten fünf bis zehn Jahre. Die extrem hohe Dosis hatte den Körper offenbar veranlasst, die Produktion der für den Dioxinabbau verantwortlichen Enzyme zu erhöhen.

Nachweis des Therapieerfolgs

Dass der «Fall Juschtschenko» es erstmals ermöglichte, den Dioxinabbau im menschlichen Körper über längere Zeit zu beobachten, erwies sich als regelrechter Glücksfall – sowohl für Analytiker und Mediziner als auch für Viktor Juschtschenko. «Mit Hilfe unserer Analysen konnten die Ärzte in Genf die Wirksamkeit ihrer Therapie



An der Empa wurden die Proben aufbereitet und mit Gaschromatografie und hochauflösender Massenspektrometrie analysiert. (Foto: Ruedi Keller)

Video-Podcast



Schauen Sie den Video-Podcast zur Analyse der Dioxinvergiftung unter www.empa.ch/EmpaTV-Dioxin

überprüfen», erwähnt Peter Schmid, der ebenfalls seitens der Empa an den Analysen beteiligt war. Und die Therapie war überaus erfolgreich. «Heute habe ich gemäss den Erkenntnissen der Klinik nur noch fünf Prozent der ursprünglichen Dosis Dioxin in meinem Organismus. Zu Beginn der Behandlung hatte man nicht damit gerechnet, dass es möglich sein würde, einen derart grossen Teil des Giftes zu extrahieren», zeigte sich Juschtschenko in einem Interview mit der «NZZ» entsprechend zufrieden.¹ //

¹ Interview mit Viktor Juschtschenko in der «NZZ» vom 16. Mai 2009: http://www.nzz.ch/nachrichten/international/ein_beitritt_zur_eu_oder_zur_nato_wird_durch_referendum_entschieden_1.2564467.html

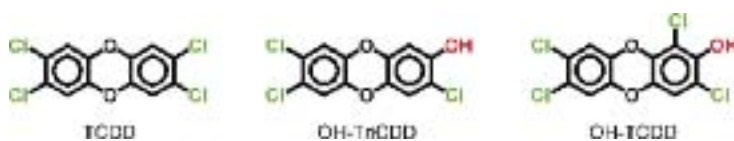


Dioxin – Berüchtigter Vertreter vom «dreckigen Dutzend»

Dioxine gelten als extrem giftige Umweltschadstoffe, die nur sehr langsam abgebaut werden. Sie entstehen als unerwünschte Nebenprodukte bei Verbrennungsprozessen, beispielsweise in der Kehrlichtverbrennung. Bewusst hergestellt werden Dioxine nur in Labors, die diese als Referenzsubstanzen für chemische Analysen benötigen. Die Dioxine bilden eine ganze Substanzgruppe; 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (kurz TCDD) ist der giftigste Vertreter. Dioxine gehören zum «dreckigen Dutzend», einer Gruppe langlebiger organischer Schadstoffe wie etwa Pestizide, deren Herstellung und Verwendung 2001 durch ein internationales Abkommen, die Stockholmer Konvention, verboten wurden. Im Blut von Viktor Juschtschenko wurde lediglich reines TCDD nachgewiesen, was eine absichtliche Vergiftung mit synthetisch hergestelltem Dioxin nahe legt.

Chemieunfall von Seveso und Agent Orange

Die Hintergründe und die extrem hohe Dosis machen den Fall Juschtschenko einzigartig. Der Politiker ist jedoch keineswegs das erste beziehungsweise einzige Dioxinopfer. Die Weltgesundheitsorganisation WHO kennt einige Vorfälle mit verunreinigten Lebensmitteln. Ursachen dafür waren meist Pflanzenschutzmittel mit Spuren von Dioxin oder verseuchte Böden. Zudem sind Dioxinvergiftungen nach Produktionsunfällen bekannt wie derjenige in einer Chemiefabrik im norditalienischen Seveso im Jahr 1976. Dabei verseuchte eine Chemikalienwolke, die grosse Mengen an TCDD enthielt, ein Gebiet von 15 Quadratkilometern, in dem rund 37 000 Menschen lebten. TCDD ist seither umgangssprachlich auch als Sevesogift bekannt. Die Sanierung und Aufarbeitung des Unfalls waren aufwändig und dauerten Jahre. Der Inhalt des Reaktorkessels, der beim Unfall explodiert war, wurde erst 1985 in Basel verbrannt. In Tests hatten Experten – auch der Empa – zuerst nachweisen müssen, dass beim Verbrennen kein Dioxin durch die Abluft entweichen konnte. Eine grossflächige Kontamination mit Dioxinen erfolgte ausserdem im Vietnamkrieg, als die US-Luftwaffe das stark mit Dioxin verunreinigte Entlaubungsmittel «Agent Orange» grossflächig einsetzte.



TCDD und seine beiden Abbauprodukte im menschlichen Körper: Stoffwechsellenzymen gelingt es, eine Hydroxygruppe (-OH) ans TCDD-Molekül anzubringen. Dadurch wird dieses wasserlöslich und kann so besser ausgeschieden werden.

Empa-Geige übertrifft Stradivari

Einen sensationellen Erfolg hat Empa-Forscher Francis Schwarze zu verzeichnen. Wie bereits angekündigt (siehe EmpaNews Nummer 24) trat die von ihm mitentwickelte pilzbehandelte Geige nun zum ersten Blindtest an und bestand diesen mit Bravour. Der britische Starviolinist Matthew Trusler spielte hinter einem Vorhang auf insgesamt fünf verschiedenen Geigen: seiner Stradivari aus dem Jahr 1711 sowie vier Instrumenten des Schweizer Geigenbaumeisters Michael Rhonheimer, zwei aus pilzbehandeltem Holz, zwei aus unbehandeltem. Eine Fachjury und das Publikum beurteilten anschliessend die Klangqualität der Geigen. Das Resultat war klar: 90 von 181 Stimmen aus dem Publikum wie auch die Fachjury setzen die pilzbehandelte Geige «Opus 58» auf Platz 1. Deren Bodenplatte war während neun Monaten mit dem Holz zersetzenden Pilz der Gattung *Xylaria longipes* behandelt worden. Die Stradivari erhielt nur 39 Stimmen. Gar 113 Personen aus dem Publikum (unter ihnen auch Francis Schwarze selber) hielten das pilzbehandelte Modell für die Stradivari.



Der Starviolinist Matthew Trusler beim Blindversuch
(Foto: Egmont Seiler)

Audio-Podcast



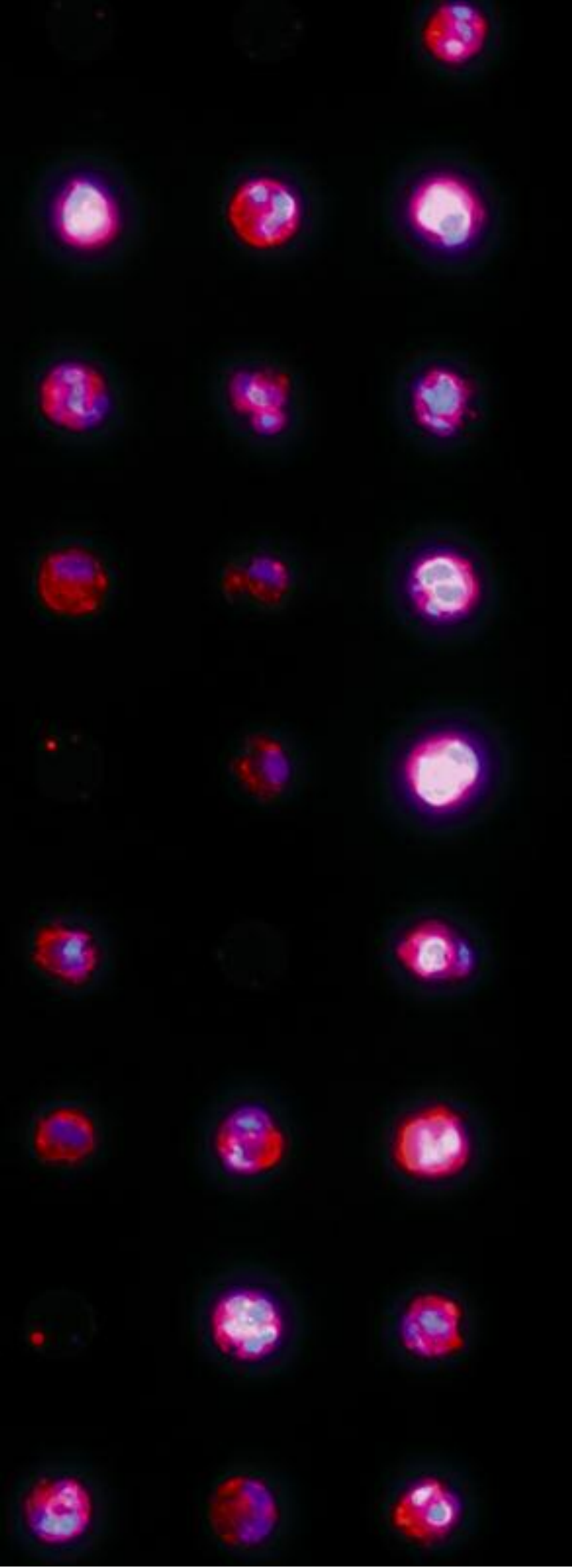
Hören Sie den Audio-Podcast zum Blindtest mit der pilzbehandelten Geige unter www.empa.ch/EmpaAudio-Stradivari

The background of the entire page is a microscopic image of cells. The cells are stained with a red dye, likely for cytoplasm or membranes, and a blue dye, likely for nuclei. They are arranged in a somewhat regular grid pattern against a dark background.

Stammzellen als Materialprüfer

Stammzellen haben die Fähigkeit, sich in zahlreiche unterschiedliche Zelltypen zu entwickeln. Welchen «Entwicklungspfad» sie einschlagen, hängt unter anderem stark vom Substrat ab, auf oder in dem sie sich befinden. Empa-ForscherInnen nutzen Stammzellen, um neue biokompatible Materialien – beispielsweise für Gelenkimplantate – zu entwickeln, zu testen und zu verbessern.

TEXT: Beatrice Huber

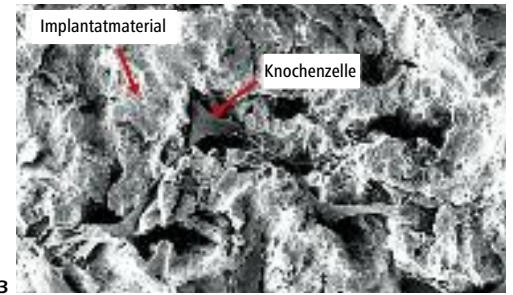
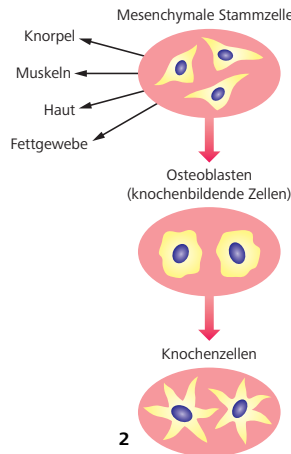
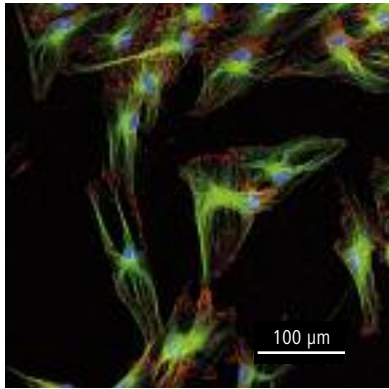


Biosensoren: Einzelne Stammzellen, die in Vertiefungen platziert sind, werden in ihrer Entwicklung beobachtet. Die unterschiedlichen Farben und deren Intensität lassen Rückschlüsse zu auf den Stand der Zelldifferenzierung. (Foto: Markus Rottmar)

Künstliche Gelenke sind heute Routine. Pro Jahr erhalten alleine in der Schweiz rund 20 000 Menschen ein neues Hüftgelenk. Mit dem Einsetzen ist es allerdings nicht getan. Implantate, die nicht zementiert werden, müssen nach der Operation mit dem Oberschenkelknochen verwachsen. Ob und wie gut dies gelingt, hängt stark von der Oberfläche des Implantats ab. «Forschungen an adulten Stammzellen haben gezeigt, dass sich die Zellen abhängig von der Oberfläche sehr unterschiedlich verhalten», meint Katharina Maniura von der Abteilung «Materials-Biology Interactions». Ihre Gruppe und diejenige ihres Kollegen Arie Bruinink befassen sich denn auch mit den vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Zellen und unterschiedlichen Materialien. Die zentrale Frage lautet: Wie müssen Materialien für medizinische Anwendungen beschaffen sein, damit sich die Stammzellen darauf «richtig» entwickeln, sich also in den gewünschten Zelltyp – etwa eine Knochenzelle – differenzieren? Denn nur dann kann – wie im Fall des künstlichen Hüftgelenks – das Implantat mit dem Knochen verwachsen und der/die PatientIn wieder beschwerdefrei gehen.

Den genauen Ablauf der Zelldifferenzierung verstehen

Eine Stammzelle entwickelt sich in zahlreichen komplexen Einzelschritten bis zur ausgereiften Zelle. Diese lassen sich in drei Phasen gruppieren: Migration, Proliferation und Differenzierung. Zuerst wandern Stammzellen aus dem Knochenmark – wo sich die meisten Stammzellen beim Erwachsenen befinden – dorthin, wo sie gebraucht werden. Dann vermehren sich diese Zellen, bevor sie sich in der letzten Phase zum gewünschten Zelltyp «umwandeln», das heisst differenzieren. Ob und wann welcher Einzelschritt erfolgt, wird sehr genau durch das Genom reguliert und ist auch durch äussere Faktoren beeinflussbar. Ein wichtiges Ziel der Empa-ForscherInnen ist es, die verschiedenen Ausseneinflüsse und die Reaktion der Zellen darauf zu verstehen. Arie Bruinink beschreibt dies in der Sprache der Mathematik: «Wir wollen die



Empa-ForscherInnen untersuchen, wie Materialien für medizinische Anwendungen beschaffen sein müssen, damit sich Stammzellen darauf in den gewünschten Zelltyp – etwa eine Knochenzelle – differenzieren. Denn nur so kann ein Implantat mit dem Knochen verwachsen.

- 1: Fluoreszenzaufnahme von Knochenzellen (grün: Mikrotubuli (Teil des Zytoskeletts), rot: Adhäsionsprotein Vinculin, blau: Zellkerne).
- 2: Schema der Zelldifferenzierung.
- 3: Eine Elektronenmikroskopaufnahme zeigt, wie Knochenzellen an einem Implantat haften. (Bilder: Empa)

>>

Algorithmen kennen, nach denen sich eine Stammzelle beispielsweise zu einer Knochenzelle entwickelt.» Die Oberfläche, auf der die Stammzellen leben, ist einer dieser äusseren Faktoren, der die Entwicklung beeinflusst. Woraus soll sie bestehen, wie soll sie strukturiert sein? Möglich wären Mikrometer-grosse hügelartige Formen oder auch Textilien. Das Team von Arie Bruinink untersucht den Einfluss solcher Strukturen auf Stammzellen.

Magnetische Implantate

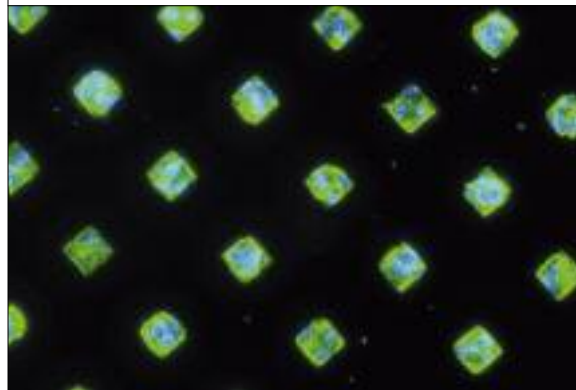
Magnetische Kräfte beeinflussen als äussere Faktoren möglicherweise ebenfalls die Zellentwicklung. Ob dies der Fall ist, untersucht Bruininks Gruppe im Rahmen des erst kürzlich angelaufenen Projekts «Magister». Dieses von der EU geförderte Projekt befasst sich mit Möglichkeiten, wie dem Patienten injizierte kleine Teilchen, beispielsweise magnetische Nanopartikel, mit Hilfe von externen Magneten zu «Implantaten» zusammenfinden. So liessen sich beispielsweise Knochendefekte während des Heilungsprozesses fixieren. Diese Nanopartikel dürfen jedoch weder toxisch auf die Stammzellen wirken (und generell auf das Gewebe) noch deren Entwicklung negativ beeinflussen.

Lebenden Zellen zuschauen

Die Arbeit mit adulten Stammzellen dient nicht nur der Verbesserung medizinischer Materialien, sondern auch dazu, geeignete Methoden zu finden, um die Materialien effektiv zu testen. Klassische zellbiologische Methoden liefern zwar aussagekräftige Resultate zu einem Merkmal des Zustands der Zellen, jedoch werden die Zellen dabei in der Regel getötet. Wie die Entwicklung der Zelle weiterginge, lässt sich also nicht mehr beobachten. Katharina Maniura und ihre MitarbeiterInnen arbeiten deshalb auch an Methoden, um lebende Zellen in Zellkultur über mehrere Stunden oder Tage in Echtzeit zu beobachten. «Dadurch erhalten wir exakte Informationen unter anderem über den Differenzierungsstatus sowohl der gesamten Zellkultur als auch einzelner Zellen», so Maniura.

Die Grundidee ist dabei recht einfach: Die ForscherInnen bauen den Zellen «Lampen» ein, die «angeknipst» werden, sobald ein bestimmtes Gen aktiv ist oder – anders gesagt – sich die Zelle in einem bestimmten Entwicklungszustand befindet. Dazu werden Gene, die die Information für fluoreszierende Proteine (also die Lampen) kodieren, zuvor in die Zellen eingeschleust. Erste Experimente sind viel versprechend. So konnte in Echtzeit beobachtet werden, wie sich im Laufe der Differenzierung die Zellarchitektur ändert. //

Anwendungsgebiet: Wirkstofftests



Ein weiteres mögliches Anwendungsgebiet für Stammzellen ist ihr Einsatz als so genannte Biosensoren. Will eine Pharmafirma beispielsweise ein neues Medikament entwickeln, das das Knochenwachstum fördert, sind eingehende Tests des Wirkstoffs vorgeschrieben. Bevor es hierfür zu Tierversuchen und später zu klinischen Versuchen am Menschen kommt, sind Tests mit Zellkultursystemen gängige Praxis. Dabei geht es unter anderem um Fragen der Toxizität des Wirkstoffs. Für solche Tests ist ein hoher Mengendurchsatz wichtig, das heisst, viele Tests sollen pro Zeiteinheit gemacht werden können, und ausserdem eine möglichst physiologische Zellumgebung.

«Als Modell für diese Tests stellen wir uns Polymersubstrate mit winzigen Vertiefungen vor, in die die Stammzellen – pro Vertiefung jeweils nur eine Zelle beziehungsweise eine kleine Anzahl von Zellen – platziert werden», erzählt Katharina Maniura. Die Vertiefungen sollten so ausgestaltet sein, dass sie der natürlichen Umgebung der Zellen möglichst genau entsprechen. Anschliessend folgen die zu testenden Wirkstoffe, und es wird beobachtet (auch in Echtzeit, siehe Haupttext), wie sich die Zellen verhalten, wie sie sich auf der Unterlage andocken, ob sie überleben und sich – für das Beispiel eines Knochenmedikaments – zu Knochenzellen entwickeln. Die Empa forscht an diesem Biosensoren zusammen mit der ETH Zürich und den AO Davos, finanziert vom Kompetenzzentrum CCMX Matlife. Das System soll sich einmal auch für schnelle Tests von sehr vielen Substanzen eignen, die nicht nur potenziell nützlich sind wie ein Knochenmedikament, sondern auch potenziell schädlich sein können.

Zellen auf den richtigen Weg schicken

Stammzellen sind spannende Forschungsobjekte. Sie lösen bei Ethikern und der Bevölkerung aber auch Bedenken aus, da embryonale Stammzellen aus «überschüssigen» menschlichen Embryonen gewonnen werden. Die Empa-Zellbiologin Katharina Maniura, die mit adulten Stammzellen arbeitet, über den Stand der Forschung.

INTERVIEW: Beatrice Huber / FOTO: Ruedi Keller

Frau Maniura, Sie arbeiten mit Stammzellen. Was ist so speziell an diesen Zellen?

Stammzellen besitzen die Fähigkeit, eine Entwicklung zu durchlaufen. Das heisst, aus ihnen können ganz unterschiedliche organspezifische Zelltypen entstehen. Somit haben sie die besten Voraussetzungen, sich zu Ersatzgewebe für Organe zu entwickeln, deren Gewebe sich nur schlecht oder gar nicht regenerieren kann. Dies macht sie für die Forschung interessant. «Unsere» Stammzellen – es handelt sich um Zellen von erwachsenen Menschen – können sich unter anderem zu Knochen-, Knorpel-, Muskel-, Haut- oder Fettzellen entwickeln. Im menschlichen Körper werden sie beispielsweise dann aktiv, wenn ein Knochenbruch heilen soll. Wir wollen verstehen, auf welchen Materialoberflächen sich diese Zellen am besten entwickeln und was genau sind die Faktoren, die diese Entwicklung beeinflussen.

Woher bekommen Sie Ihre Zellen?

Wir erhalten Knochenmarkproben vom Kantonsspital St. Gallen. Dieses Knochenmark wurde PatientInnen entfernt, um eine Hüftgelenkendoprothese einzupassen – es wird normalerweise entsorgt. Wir isolieren daraus so genannte mesenchymale Stammzellen. Die «Spenderpersonen» haben ihr Einverständnis gegeben, dass ihre Zellen für die Forschung genutzt werden dürfen. Die Zusammenarbeit mit dem Kantonsspital besteht schon seit einigen Jahren und funktioniert sehr gut.

Wodurch zeichnen sich diese Zellen aus?

Da die Zellen immer wieder von anderen Menschen stammen, sind sie von Probe zu Probe nicht identisch. Eine Wiederholung von Tests mit einer Mehrzahl von Patientenproben kann für die Bevölkerung relevante Ergebnisse gut abbilden. Die Personen sind nicht nur unterschiedlich alt und unterschiedlichen Geschlechts,



Die Empa-Zellbiologin Katharina Maniura.

«Für unsere Forschung sind adulte Stammzellen relevant.»

sondern haben auch unterschiedliche Lebensstile. Sie könnten zudem an bestimmten – auch genetischen – Krankheiten leiden. Dies stellt ein potentiell Infektionsrisiko dar, dem wir mit den nötigen Sicherheitsmassnahmen begegnen, wie dies beispielsweise auch ein Labor im Spital tun muss.

Dank der direkten Zusammenarbeit mit dem Kantonsspital und den idealen Knochenmarkproben können wir die Bedingungen, wie die Zellen kultiviert werden, genau bestimmen und beeinflussen. Dies war während der Etablierung der Arbeiten an der Empa zwar sehr aufwendig, hat sich aber aus meiner Sicht gelohnt. Bei kommerziell erhältlichen Stammzellen lassen sich die Bedingungen nicht nur nicht wählen, sondern sind oft sogar ein Geheimnis der anbietenden Firma und würden somit eine unkontrollierbare Komponente in unseren Versuchsabläufen darstellen.

Stammzellen, vor allem embryonale, rufen wegen ihres Ursprungs grosse ethische Bedenken hervor. Wie stehen Sie zu embryonalen Stammzellen?

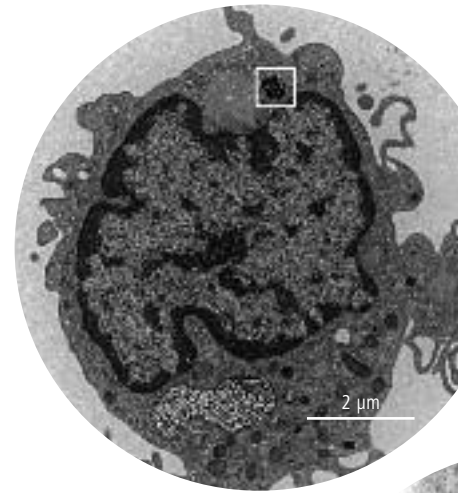
Wir beobachten die Forschung auf diesem Gebiet mit grossem Interesse, setzen aber bewusst adulte Stammzellen ein. Für unsere Forschung sind diese Zellen gerade deshalb relevant, weil adulte – und nicht embryonale – Stammzellen das Anwachsen beispielsweise eines Implantats vermitteln oder auch Chancen für zellbasierte Therapiekonzepte darstellen.

Verschiedene Forschungsgruppen weltweit suchen derzeit intensiv nach Wegen, wie Stammzellen mit embryonalem Charakter aus Zellen einer erwachsenen Person gezüchtet werden können, ohne dass dafür Embryonen eingesetzt werden müssen. Das würde die Stammzellenforschung ethisch deutlich «entlasten». Aber generell müssen neue mögliche Grenzen diskutiert werden: Wie weit möchte letztlich die Gesellschaft mit neuen Behandlungskonzepten gehen? //

Immunreaktion auf Nanomaterialien?

Wo Licht ist, ist auch Schatten. Dies gilt prinzipiell auch für die Nanotechnologie. Um den sicheren Einsatz dieser Technologie zu garantieren, sollten daher frühzeitig auch mögliche Risiken untersucht werden. Empa-Forscherinnen und -Forscher befassen sich im Rahmen des EU-Projekts «Nanommune» mit den Auswirkungen von freien Nanopartikeln aufs Immunsystem.

TEXT: Beatrice Huber / FOTOS: Empa



1

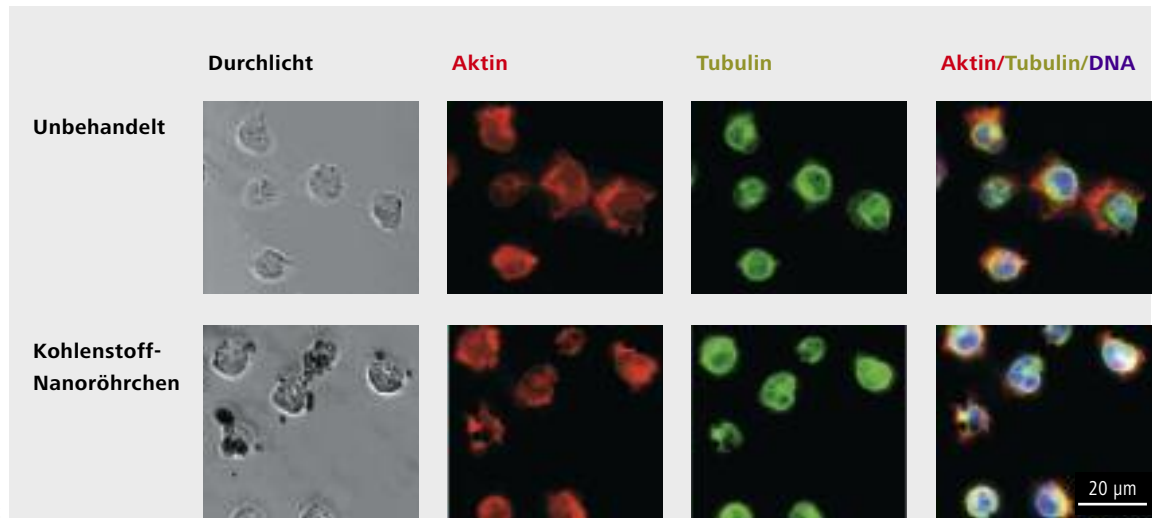
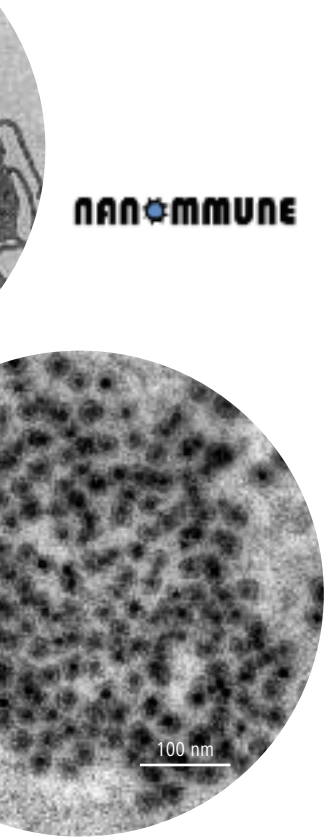
1
Die Aufnahme zeigt eine Fresszelle (Makrophage), die mit Core-Shell-Nanopartikeln, das heisst Nanopartikeln mit Eisenoxid-Kern und einer Hülle aus Siliziumdioxid, behandelt wurde. Um die Nanopartikel eindeutig zu identifizieren, wurde ein Bereich des Bildes vergrössert. Makrophagen gehören zu den Immunzellen, die für eine unspezifische Immunantwort zuständig sind.

2
Wirkung von Kohlenstoff-Nanoröhrchen auf das Zellskelett von T-Lymphozyten: Die Zellen wurden mit oder ohne Kohlenstoff-Nanoröhrchen in Kultur gehalten. Anschliessend wurden das Aktin- (rot) und Tubulin-Zellskelett (grün) sowie die DNA (blau) angefärbt. Die Nanoröhrchen zeigen keine Auswirkungen auf das Zellskelett. T-Lymphozyten gehören zu den Immunzellen, die für eine spezifische Immunantwort zuständig sind.

Der menschliche Körper besitzt ein hochspezialisiertes Immunsystem, um sich vor potenziell gefährlichen Mikroorganismen und fremden Substanzen zu schützen. «Es ist jedoch noch kaum bekannt, was die Auswirkungen von neuen, synthetisch hergestellten Nanomaterialien auf dieses Abwehrsystem sind», gibt Harald Krug, Leiter der Empa-Abteilung «Materials-Biology Interactions» zu bedenken. Werden diese als Fremdkörper erkannt und aus dem Organismus entfernt? Oder beeinflussen sie eventuell die Abwehr gegen andere Eindringlinge? «Im interdisziplinären und internationalen Forschungsprojekt «Nanommune» untersuchen wir nun diese und viele weitere Fragen», so Krug weiter.

In «Nanommune», das von der EU im 7. Forschungsrahmenprogramm finanziert wird, sind neben Forschungsgruppen aus Schweden, Deutschland, Finnland, Grossbritannien und der Schweiz auch erstmals Partner aus den USA eingebunden, was eine spezielle Herausforderung an das gesamte Konsortium darstellt. «So hatte die EU beispielsweise gar keine Vorstellung davon, wie die rechtlichen Beziehungen der Partner aussehen könnten, da die amerikanischen Partner kein EU-Recht anerkennen dürfen», erzählt Harald Krug.

Um ein ganzheitliches Bild zu gewinnen, wie synthetische Nanomaterialien auf das Immunsystem wirken, bearbeiten verschiedene Arbeitsgruppen des Konsortiums jeweils unterschiedliche Teilaspekte. Beteiligt sind Fachleute auf den Gebieten Materialwissenschaft, Zellbiologie, Toxikologie, Immunologie, aber beispielsweise auch Statistik. Die Empa untersucht nun die Auswirkungen von Nanopartikeln auf die verschiedenen Zelltypen des



2

Immunsystems. Bei der Forschung geht es um Fragen wie: Teilen sich die verschiedenen Zellen unseres Immunsystems bei Anwesenheit von Nanopartikeln immer noch normal? Oder kommt es häufiger zu programmiertem Zelltod, der Apoptose? Wie werden tote Zellen beseitigt? Was passiert in der Kommunikation zwischen den Zellen?

Zellen reagieren gelassen

«Die ersten Experimente haben gezeigt, dass die Apoptose durch die bisher untersuchten Materialien nicht ausgelöst wird», berichtet Harald Krug zum Stand der Forschung. Auch spezialisierte Immunzellen, so genannte dendritische Zellen, reagierten eher gelassen auf die Behandlung mit Nanopartikeln. «Es bleibt nun abzuwarten, ob es aus der Vielzahl der zu untersuchenden Materialien tatsächlich einige geben wird, die Reaktionen in Immunzellen auslösen.» Von Zinkoxid-Partikeln sind solche Reaktionen bereits bekannt. Dies ist allerdings nicht weiter verwunderlich, da Zink für Immunzellen ein spezielles Element darstellt. Zum einen ist es lebensnotwendig, das heisst, der Körper und im Besonderen die Immunzellen benötigen eine bestimmte Menge dieses Elementes pro Tag, um ihren Stoffhaushalt zu decken und so zu überleben. Zum anderen ist eine Überdosierung für die Zellen aber auch kritisch, und sie reagieren darauf oft mit dem Zelltod. Andere derartige Elemente, zum Beispiel Eisen oder Kupfer, zeigen ähnliche Wirkungen. Die Effekte, die durch die Zink-Nanopartikel ausgelöst werden, treten nicht bei normalen, sondern erst bei sehr hohen, unrealistischen Konzentrationen auf. Weitere Informationen:

www.nanommune.eu. //



Internationale Allianz für standardisierte Testverfahren

Aktuell publizierte Studien zu den biologischen Auswirkungen von Nanopartikeln führen zu teils widersprüchlichen Aussagen betreffend der potenziellen Gefahren, da meist eine ausreichende Charakterisierung der Nanopartikel fehlt, und sind deshalb unbrauchbar. Während der 2. Internationalen Konferenz zu Nanotoxikologie, 2008 in Zürich, wurde die IANH (International Alliance for Nano Environmental and Health Safety Harmonization) gegründet. Ziel der Allianz ist es, robuste Methoden und Standard-Arbeitsvorschriften für die Bestimmung der möglichen Gefährdung durch Nanopartikel zu etablieren. Namhafte Institute aus Europa, Nordamerika und Japan – darunter die Empa – führen unabhängig, das heisst durch eigene Mittel finanziert, Ringversuche durch. Die Partner stellen die Erkenntnisse über Publikationen, aber auch über verschiedene internationale Organisationen wie OECD oder ISO, einem möglichst breiten Publikum zur Verfügung. So sollen Unsicherheiten für Hersteller, Konsumenten und Behörden eliminiert und der Nanotechnologie Nachhaltigkeit verschafft werden.

Weitere Informationen: <http://nanoehsalliance.org/>



Anforderungsprofil für Nanotransporter

Foto: iStock

Neben anderen Bereichen flirtet auch die Medizin immer intensiver mit Nanopartikeln. Die Teilchen sollen beispielsweise als Transportvehikel Medikamente exakt zu denjenigen Organen, Geweben oder Zellen bringen, die den Wirkstoff benötigen. Die Aussichten dieser als «Drug Delivery» bekannten Idee sind verlockend, doch es gibt auch offene Fragen: Was passiert mit den Nanopartikeln, nachdem sie ihre «Ware» im Körper abgeliefert haben? Werden sie vom Körper abgebaut? Schaden sie dem Körper etwa mehr, als dass sie ihm nützen?

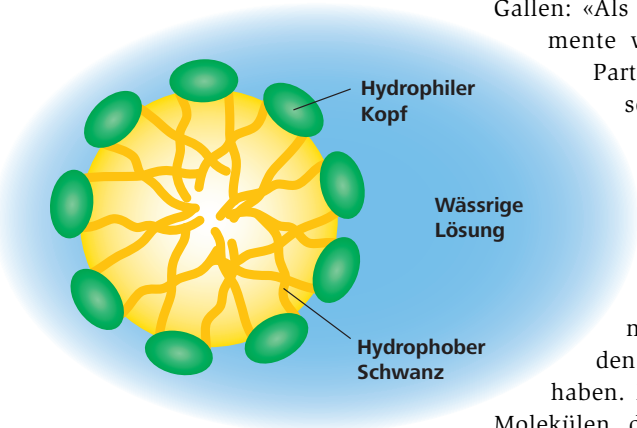
TEXT: Beatrice Huber, Simon Berginz / ILLUSTRATION: André Niederer

Nanopartikel sind keineswegs einfach nur heilbringende Wundermittel. So sieht es auch Peter Wick, Nanotoxikologe an der Empa in St. Gallen: «Als Transportmittel für Medikamente werden sich nur diejenigen Partikel durchsetzen, die auch resorbierbar sind – sprich: vom Körper abgebaut werden können – und keine unerwünschten Reaktionen provozieren.» Am liebsten wären Wick so genannte Mizellen, die sich auflösen, nachdem sie den Wirkstoff bei den betroffenen Zellen abgeladen haben. Mizellen sind Aggregate aus Molekülen, die sowohl hydrophile (wasserliebende) und hydrophobe (wasserabstossende) Teile besitzen und sich deshalb beispielsweise im Wasser spontan zusammenfinden. Von diesen «Soft-Nanopartikeln» verspricht sich Wick einiges. Oder

von (Bio)Polymeren. «Es gibt bereits so genannte Nanocontainer aus unterschiedlichen Polymeren mit einer Grösse von bis zu einem Mikrometer. Diese können ausgerüstet werden, um exakt den Zelltyp zu erkennen, den sie «therapieren» müssen, und sind ebenfalls abbaubar.»

Es gibt eine Ausnahme für den Einsatz von nicht abbaubaren Nanopartikeln aus Sicht des Nanotoxikologen: die Krebsbehandlung. «Einen Tumor erfolgreich bekämpfen zu können, ist grundsätzlich das höhere Ziel, als letztendlich alle Nanopartikel wieder aus dem Körper entfernt zu haben.»

Die Empa-Forscher um Wick sind nicht im eigentlichen Bereich «Drug Delivery» aktiv; sie erforschen vielmehr, wie das menschliche Immunsystem oder unsere Nervenzellen mit Nanopartikeln umgehen. Diese Erkenntnisse sind wichtig für die weitere Entwicklung von Nano-Transportern. Denn als solche sind nur Nanopartikel interessant, die als ungefährlich erkannt werden. //



So genannte Mizellen könnten Kandidaten als Transportmittel für Medikamente sein. Diese Aggregate sollen sich auflösen, nachdem sie den Wirkstoff bei den betroffenen Zellen abgeladen haben.

Die Zerreissprobe bestehen

Um gerissene Sehnen zu heilen, verwenden Chirurgen immer häufiger künstliche Materialien. Biologinnen, Ingenieure und Textilwissenschaftlerinnen der Empa entwickeln zurzeit eine Sehne aus Bikomponentenfasern, die vom Körper abgebaut wird, wenn sie ihre Funktion erfüllt hat.

TEXT: Martina Peter / ILLUSTRATION: André Niederer

Sehnen sind für Materialwissenschaftler ungeheuer aufschlussreich», sagt Manfred Zinn, Leiter des Empa-Forschungsprojekts «PHATendon», «denn sie leisten Enormes.» Eine Achillessehne beispielsweise kann das Zehnfache des Körpergewichts tragen. Um ihre Materialeigenschaften genau zu bestimmen, haben Zinn und seine Kollegen in der Literatur recherchiert, Medizinfachleute befragt und Achillessehnen von Schafen in Zugprüfstände eingespannt. «Dadurch konnten wir die mechanischen Parameter für neuartige künstliche Sehnen festlegen.»

Dank ausgezeichneter Biokompatibilität und optimierten Materialeigenschaften wie Festigkeit und Belastbarkeit soll diese Empa-Sehne als Platzhalter fungieren. Zudem soll sie auch das Zusammenwachsen der verletzten Sehne beschleunigen, indem sie als Andockstelle für körpereigene Zellen dient. Und als letztes soll die Empa-Sehne vom Körper in angemessener Zeit auch wieder abgebaut werden können.

Polymere von Bakterien erzeugt und zu Fasern gesponnen

Für den passenden Werkstoff sorgen Bakterien. In einem Bioreaktor züchten Zinn und sein Team aus der Abteilung «Biomaterialien» die Mikroorganismen, die natürliche Biopolyester (Polyhydroxyalkanoate, PHA) produzieren. Diese Biopolymere können, je nachdem welche Spezies von Bakterien verwendet und welche Fettsäuren ihnen verfüttert werden, ganz spezifische Eigenschaften aufweisen. Im Fall der künstlichen Sehnen muss das Material bioverträglich sein, Festigkeit und Elastizität besitzen und auch entsprechend verarbeitbar sein.

Die gereinigten und aufbereiteten Biopolymere werden in der Schmelzspinnanlage der Empa-Abteilung «Advanced

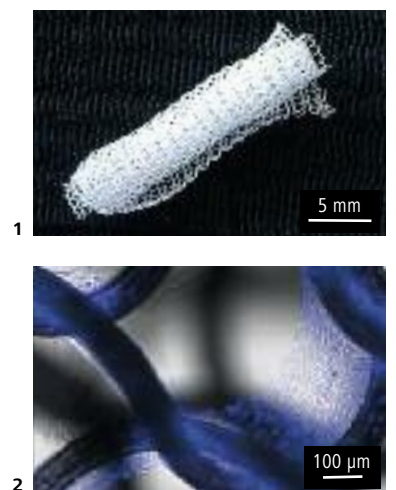
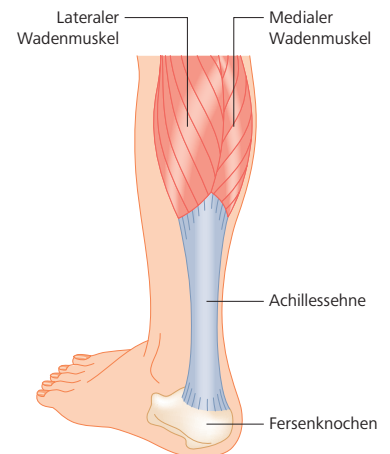
Fibers» zu Fasern gesponnen. «Unsere Methode erlaubt uns, Filamente aus mehreren Komponenten herzustellen», führt Faserspezialist Rudolf Hufenus aus. «So «verheiraten» wir verschiedene Biopolyester mit ganz unterschiedlichen Eigenschaften.» Daraus resultieren für mechanische Einsätze bereitstehende Fasern, die zudem von Gewebezellen besiedelt werden können.

Günstig verlaufene Tests in Biokompatibilität und Mechanik

Eine Biokompatibilitätsstudie *in vitro* mit menschlichen Zellen, so genannten Fibroblasten, hat Katharina Maniura von der Abteilung «Materials-Biology Interactions» durchgeführt. Sie wies nach, dass die Bikomponentenfasern keine negativen Auswirkungen auf die ursprünglich im Bindegewebe vorkommenden Zellen zeigen. Die Fibroblasten hafteten an den Fasern und wuchsen an ihnen entlang, um sie schliesslich nach ein paar Tagen gänzlich zu umhüllen.

Die zu Textildgewirken verarbeiteten Fasern wurden schliesslich in der Abteilung «Mechanical Systems Engineering» mechanischen Belastungstests unterzogen. In denselben Vorrichtungen, in denen die Achillessehnen von Schafen untersucht worden waren, wurden Stücke der Gewirke eingespannt und auf Elastizität, Dehnbarkeit und Reissfestigkeit getestet. Mit Erfolg: Sie konnten mit natürlichen Sehnen mithalten.

Als nächstes stehen Versuche *in vivo* an. Der Projektpartner AO Davos pflanzt Ratten die Biopolymersehnen ein; die Gewebereaktion wird dann von der Ludwig-Maximilians-Universität in München untersucht. «Wenn die Tests mit den Ratten positiv verlaufen, können wir die künstliche Sehne mit einem interessierten Industriepartner gezielt weiterentwickeln», ist Zinn optimistisch. //



1
Die Biopolymere werden in der Schmelzspinnanlage zu Fasern gesponnen und anschliessend zu Textilien gewirkt.

2
Biokompatibilitätsstudien zeigten, dass Fibroblasten auf den Bikomponentenfasern haften und sich darauf vermehren können.



Wie man sich bettet ...

Im Kampf gegen das im Volksmund als Wundliegen bekannte Problem haben Forscher des Empa-Spin-off «compliant concept» ein Pflegebett entwickelt, das die aufwändige Pflege von bettlägerigen Patienten deutlich vereinfachen und in Zukunft auch bezahlbar machen soll. Druckgeschwüre, oder Dekubitus, so der Fachausdruck, sind in allen Spitälern und Pflegeeinrichtungen ein Dauerthema, da sie grosse Schmerzen und einen enormen Pflegeaufwand verursachen.

TEXT: Daniel Ochs

Ein gesunder Mensch wechselt mehrmals pro Stunde seine Schlafposition. Dies ist ein unbewusster Schutzmechanismus. Bettlägerige Menschen hingegen sind aufgrund ihrer körperlichen Verfassung in der Regel dazu nicht mehr in der Lage. Wenn auf einer Körperstelle über einen längeren Zeitraum Druck durch das eigene Körpergewicht lastet, entsteht dadurch ein «Dekubitus», also ein Druckgeschwür. Das Blut kann in dieser Körperregion kaum mehr zirkulieren, das Gewebe wird nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt und stirbt schliesslich ab. Das Fatale: Druckgeschwüre sind schwer heilbar und äusserst schmerzhaft. Im schlimmsten Fall ist die Wunde so tief, dass Knochen oder innere Organe freiliegen, dann können sie sogar lebensbedrohend sein.

Um Wundliegen vorzubeugen, müssen beispielsweise PatientInnen in Pflegeheimen alle zwei bis drei Stunden in eine andere Lage gebracht werden. Doch das ständige Umbetten ist für das Pflegepersonal eine enorme körperliche Belastung und verursacht bei vielen Pflegenden Muskel-

1
Kaum merkliche, aber beständige Umlagerung: Der Proband lag absolut regungslos, während sich die Unterlage bewegte. (Foto: Empa)

2
Das «nachgiebige Bett» von «compliant concept» kommt mit weniger Einzelteilen als herkömmliche Pflegebetten und ohne wartungsaufwändige Mechanik aus. (Illustration: Empa)



2



«smart materials» – grosses Potenzial

Als «smart» oder zu Deutsch intelligent werden Materialien bezeichnet, die sich der Umgebung je nach Situation optimal anpassen können. Mit einem Reiz von aussen etwa ändern sie ihre physikalischen, chemischen oder biologischen Eigenschaften; sobald der Reiz wegfällt, kehren sie wieder in den ursprünglichen Zustand zurück. Nachgiebige Systeme (engl. compliant systems), wie sie beispielsweise für das Pflegebett verwendet werden (siehe Hauptartikel), gehören dazu, aber auch elektroaktive Polymere (EAP). Diese sind in der Lage, elektrische Energie direkt in mechanische Arbeit umzuwandeln, und werden daher oft als «künstliche» Muskeln bezeichnet.

Künstliche Muskeln für «schwimmende» Luftschiffe

EAP treiben sogar Luftschiffe an, so genannte Blimps. Die in der Abteilung «Mechanical Systems Engineering» entwickelten Gebilde schwimmen eher durch die Lüfte, als dass sie fliegen, denn sie ahmen den Flossenschlag einer Forelle nach. An der Hülle und den «Flossen» des Blimp befinden sich EAP-Aktuatoren. Durch An- und Abschalten einer elektrischen Spannung dehnen sich diese aus und ziehen sich wieder zusammen. So entsteht der Schwanzflossenschlag. Das Luftschiff bewegt sich geräuschlos und sanft

durch die Luft mit einer Geschwindigkeit von einem Meter pro Sekunde, das heisst im Schrittempo. Solche Blimps würden sich eignen, um Wildtiere zu beobachten oder Fernerkundungen durchzuführen.

Investition in «smart materials» lohnt sich

Das Thema «Intelligente Materialien und Systeme» hat Zukunft – darüber sind sich Wissenschaftler und Politikerinnen grundsätzlich einig. Doch viele Schweizer Unternehmen investieren in Zeiten der Krise nur zurückhaltend in Forschung und Entwicklung. Um dies zu ändern, lud die Förderagentur für Innovation KTI zusammen mit der Empa Mitte August zum nationalen Innovations-Briefing «Smart Materials». Das Interesse war riesig: 200 Gäste aus Industrie und Forschung kamen, um sich über das Nationale Forschungsprogramm «Intelligente Materialien» (NFP 62) zu informieren, dessen Projekte im Januar 2010 starten sollen. Das Besondere an dem vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) geförderten NFP 62: Erweisen sich die Projekte nach der Startphase als marktfähig, werden sie der KTI zur weiteren Förderung in einem Folgeprojekt mit Industriepartnern empfohlen. So soll sichergestellt werden, dass die Forschungsergebnisse auch tatsächlich ihren Weg in den Markt finden. //

schmerzen und Rückenprobleme. Um eine 70 Kilogramm schwere bettlägerige Person zu wenden, braucht es neben einer speziellen Technik auch sehr viel Kraft.

Mangel an ausgebildetem Pflegepersonal

Laut einer neuen Studie des Schweizerischen Gesundheitsobservatoriums (Obsan) und der Stiftung «Careum» fehlen im Jahr 2030 im Gesundheitswesen bis zu 190 000 Arbeitskräfte. Bereits jetzt mangelt es an Pflegepersonal. Oder anders ausgedrückt: Das vorhandene Personal muss sich um zu viele PatientInnen kümmern, was für Bettlägerige äusserst gravierende Folgen haben kann. Etwa in Form von Druckgeschwüren, die bereits in wenigen Stunden entstehen können.

Zwar existieren auf dem Markt bereits einige Hilfsmittel zur Prävention und Therapie, doch diese haben entscheidende Nachteile: Entweder sind sie sehr pflegeaufwändig und/oder sie beeinflussen die Wahrnehmung und das Körpergefühl negativ, was zu einer weiteren Desorientierung und Demobilisierung des Patienten führt.

Mit «smarten» Materialien dem Wundliegen vorbeugen

Der Empa-Spin-off «compliant concept» hat nun ein neuartiges Pflegebett entwickelt, das die Bewegung eines gesunden Menschen während des Schlafens imitiert und damit die Patientinnen und Patienten in Spitälern und Pflegeeinrichtungen vor dem Wundliegen bewahren soll. Ein ausgeklügeltes System, bestehend aus einem aktiven Lattenrost aus «intelligenten» Strukturen sowie aus einer speziellen Matratze, sorgt dafür, dass bettlägerige Personen nicht zu lange in derselben Position im Bett verharren, sondern kaum merklich, aber beständig umgelagert werden. Dadurch wird das Wundliegen verhindert. Zudem besteht so die Möglichkeit, die verbleibende Beweglichkeit zu fördern. Das von «compliant concept»-Forschern in Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik Rapperswil, privaten Firmen und mit finanzieller Unterstützung der Förderagentur für Innovation (KTI) entwickelte Bett dürfte den Pflegeaufwand beim Umbetten erheblich reduzieren. Das Pflegepersonal erhält somit mehr Zeit, sich anderen Aufgaben zu widmen und sich intensiver um die PatientInnen zu kümmern. //

Der Empa-Spin-off «compliant concept»

Der Empa-Spin-off «compliant concept» arbeitet mit einem interdisziplinären Team, dem unter anderem der emeritierte Medizinprofessor Walter O. Seiler angehört, an der Entwicklung eines neuen Pflegebetts. Für den Forschungs- und Entwicklungsteil sind die ehemaligen Forscher der Empa zuständig; die Hochschule für Technik Rapperswil, die Firmen Composites Busch SA und Festo AG stellen die Prototypen her. Das praktische Know-how liefert die OBA AG, eine Spezialistin für Matratzen in der Pflege. Im medizinischen Bereich wird die «compliant concept» von dem Schweizer Paraplegiker-Zentrum, dem Universitätsspital Basel sowie dem Alterszentrum «Im Geeren», Seuzach, beraten, im technischen Bereich von der Empa sowie der ETH Zürich.

Ein Vorhang, der nie schlecht riecht

Schlechte Gerüche wie Rauch einfach durch Heimtextilien, etwa Vorhänge, neutralisieren? Das kann bald schon Realität werden. Voraussetzung sind Titandioxid-Partikel in den Textilfasern, die – angeregt durch UV-Licht – geruchstragende Moleküle chemisch abbauen. Die Empa hat zusammen mit Industriepartnern im KTI-Projekt «Nanodor» solche photokatalytisch wirkenden Fasern entwickelt.

TEXT: Martina Peter / FOTOS: Empa

2

Heimtextilien sind massgeblich für ein angenehmes Raumklima verantwortlich. «In unseren Wohnungen hängen wir Vorhänge auf und legen Teppiche aus. Und unterwegs setzen wir uns im Auto, Bus oder Flugzeug gerne auf Sessel mit Stoffbezug», so der Chemiker Felix Reifler aus der Empa-Abteilung «Advanced Fibers».

Geruchstechnisch wäre eine Inneneinrichtung ohne Textilien jedoch vorteilhafter. Denn schlechte Gerüche können sich in Textilien festsetzen. Oft lassen sie sich erst durch gründliches Lüften vertreiben oder müssen mit Duftstoffen übertönt werden. Der Grund: Textilien fungieren als «Senke», das heisst sie adsorbieren flüchtige Substanzen aus der Umgebung. Die aufgenommenen Gerüche geben sie dann zeitlich verzögert wieder ab. «Da uns im Alltag Textilien wie Vorhänge, Möbelbezüge und Teppiche umgeben, sind sie ganz zentral verantwortlich für die Luftqualität in unseren Räumen», erklärt Faserspezialist Reifler.

Der Trick heisst Photokatalyse

Im KTI-Projekt «Nanodor» entwickelten Empa-Wissenschaftler zusammen mit Industriepartnern aus der Textil- und Kunststoffbranche eine PET-Faser, die Geruchsimmissionen gar nicht erst entstehen lassen: «Wir zerstören die Geruchsmoleküle, bevor sie von den Textilien wieder abgegeben werden», führt Reifler aus. Das Prinzip dahinter ist die Photokatalyse: Der Abbau der Geruchsmoleküle wird mit Hilfe von Licht stark beschleunigt. Die in die neu entwickelten PET-Fasern eingearbeiteten Titandioxid-Nanopartikel (TiO_2) erhalten durch das Tageslicht – durch dessen ultraviolette Anteil – die nötige Energie, um als Katalysatoren zu fungieren. In einer Reihe von chemischen Reaktionen zersetzt sich jedes Geruchsmolekül schrittweise auf der Faseroberfläche auf ganz spezifische Weise; im Idealfall bis hin zu den Endprodukten Kohlendioxid und Wasser. TiO_2 selbst wird dabei nicht verbraucht.

Die Nanopartikel werden im Schmelzspinnverfahren in die Fasern eingearbeitet. Diese Fasern besitzen Vorteile gegenüber oberflächlich beschichteten, bereits auf dem Markt erhältlichen Textilien. Durch Abrieb wird einfach die nächste Faserschicht freigelegt, in der sich ebenfalls TiO_2 -Partikel befinden. Deshalb eignen sich Textilien aus den neuen PET-Fasern auch für strapaziöse, längere Einsätze; sie können beliebig oft gewaschen werden. Albert Gunkel, CEO der Weberei Keller, die letzte Textilherstellerin im Zürcher Oberland und Industriepartnerin im «Nanodor»-Projekt, bestätigt: «Die Vorhänge in unserer Kantine, wo auch geraucht wird, wurden im vergangenen Jahr alle drei Monate gewaschen. Das Resultat war verblüffend: Die Luft riecht überhaupt nicht nach Rauch, sondern neutral.»



1
Die Textilproben werden Zigarettenrauch ausgesetzt.

2
Ein tiefgefrorener und wieder aufgetauter Meerhecht lässt die Textilien übel riechen.

3
Für die Tester ein Leichtes: Nanodor-Textilien zu identifizieren.

Wirksamkeit von Titandioxid erhöhen

Als Material bietet TiO_2 viele Vorteile: Es ist stabil, ungiftig, korrosionsbeständig, preisgünstig. Es wird bereits als photokatalytisch aktives Material zur Luft- und Wasserreinigung eingesetzt oder auch, um Bakterien zu eliminieren, und Glasflächen verleiht es selbstreinigende Eigenschaften.

Weniger vorteilhaft ist die Tatsache, dass reines TiO_2 lediglich auf UV-Licht reagiert. Der UV-Anteil im Tageslicht macht nur drei bis fünf Prozent aus. Das reicht zwar für Fenstervorhänge, doch zu Textilien hinter stark filternden Scheiben – etwa in Flugzeugen, Autos, Bussen oder der Bahn – dringt praktisch kein UV-Licht mehr durch und der photokatalytische Effekt bleibt aus. Und gerade die öffentlichen Verkehrsmittel wären wichtige potenzielle Einsatzgebiete.

«Daher wollen wir die photokatalytische Aktivität der Partikel erhöhen und auch das sichtbare Licht nutzen», sagt Giuseppino Fortunato, der das im August angelaufene Folgeprojekt leitet. Mit ihm zusammen machen sich Empa-WissenschaftlerInnen aus den Abteilungen «Hochleistungskeramik», «Festkörperchemie und Katalyse» und «Funktionspolymere» zur Lösung Gedanken. Einer ihrer Ansätze: Sie fügen den TiO_2 -Partikeln Fremdatome bei. Damit werden die Teilchen nicht nur durch UV-Licht aktiviert, sondern entfalten ihre katalytische Aktivität bereits bei sichtbarem Licht mit Wellenlängen oberhalb von 400 Nanometer. Auch TiO_2 -Gehalt, Dispersionsmethoden und Nachbehandlung der Fasern sind Gegenstand des jetzigen Projekts. Ausserdem soll untersucht werden, wie sich die Fasern beim Verarbeiten und in der Praxis verhalten. Beteiligt sind der Faserhersteller Tersuisse Multifils SA aus Emmenbrücke und die Christian Eschler AG, Hersteller von Funktionstextilien im ausserrhodischen Bühler, sowie wiederum die Weberei Keller, die bereits mit der Produktion von Nanodor-Textilien begonnen hat. //

Wie sich Gerüche «messen» lassen

Wie lässt sich messen, ob TiO_2 -haltige Nanodor-Textilien tatsächlich schlechte Gerüche vertreiben? Das Nanodor-Team musste auch hier Innovationsgeist beweisen. Es entwickelte verschiedene Methoden, um die photokatalytische Aktivität nicht nur von Partikeln, sondern auch von Fasern, Geweben und Gewirken quantitativ zu beurteilen.

Zum Einsatz kamen Textilproben, die mit einfachen organischen Verbindungen wie Nikotin, 3-Methyl-2-hexensäure («Schweissäure») oder Formaldehyd in Kontakt gebracht wurden. Im Labor wurden sie während einer bestimmten Zeit einer definierten Lichtquelle ausgesetzt. Die Forscher massen entweder die Menge an Kohlendioxid, die während dieser Zeit entstand, oder ermittelten, welcher Anteil der ursprünglich eingesetzten Menge an organischen Verbindungen nach der Belichtungszeit noch nicht zersetzt war. Beim Kontakt mit Nanodor-Geweben im Breitband-UV-Licht – so zeigte sich – wurden während der Belichtungszeit doppelt so viele Formaldehyd-Moleküle zersetzt wie beim Kontakt mit entsprechenden Geweben ohne TiO_2 .

Um festzustellen, ob Nanodor-Textilien Gerüche tatsächlich eliminieren können, wurden auch Riechtests durchgeführt, da die menschliche Nase empfindlicher als jedes Messgerät reagiert. Textile Proben verschiedener Provenienz – mit und ohne Titandioxidpartikel – lagen während 24 Stunden in einem Behälter mit einem zuerst tief gefrorenen und dann aufgetauten Meerhecht. Andere Proben wurden zwei Stunden lang Zigarettenrauch ausgesetzt. Die ProbandInnen konnten nach der Belichtung meistens genau riechen, bei welchen Proben es sich um Nanodor-Textilien handelte.

Mit Schwitzarm und «SAM» zur eigenen Firma

Der Empa-Spin-off Humanikin entwickelt für Firmen und Forschungsinstitutionen so genannte Manikins, die das menschliche Schwitzen bzw. die Thermoregulation möglichst realitätsnah imitieren. Und derart helfen, bessere funktionale Bekleidung für Sport oder extreme Arbeitseinsätze zu entwickeln.

TEXT: Simon Berginz / FOTO: Empa

Bereits seit einigen Jahren baut die Empa für den Eigengebrauch «Manikins», die beispielsweise zur Beurteilung von Bekleidung und Schutzausrüstung zum Einsatz kommen. Angefangen hatte die Imitation menschlicher Körperteile mit einem Hautmodell, später wurde daraus ein «Schwitzarm». Über die Jahre kamen dann immer grössere und anspruchsvollere Manikins hinzu, etwa ein Schwitztorso, um Schlafsackmaterialien zur beurteilen, oder auch der Schwitzkopf namens «Alex» für die Klimaprüfung in einem Helm.

Den bisherigen Höhepunkt der Entwicklungen bildet eine anatomisch geformte Puppe mit den Abmessungen eines Mannes: «SAM», das «Sweating Agile thermal Manikin», ist ein bewegliches und schwitzendes Ganzkörpermodell, mit dem sich Hitzeverlust, Schweißproduktion und Bewegungen des Menschen realistisch simulieren lassen.

Erstmals objektive Beurteilung möglich

Im «Manikin-Business» von Anfang an dabei war der gebürtige Brite Mark Richards. Ende der Neunzigerjahre kam er an die Empa, wo er mit der Entwicklung menschlicher Simulatoren begann. Die Manikins erlaubten es erstmals, Funktionsbekleidung unter Laborbedingungen reproduzierbar zu bewerten und zu vergleichen. Zuvor dienten die subjektiven Eindrücke von Probanden als Beurteilungsgrundlage, die jedoch weder neutral noch wissenschaftlich nachvollziehbar waren.

Die Manikins, allen voran SAM, waren ein Erfolg: Schon bald wollten Firmen und Forschungsinstitute nicht einfach nur die Analysen und Testergebnisse der Empa auf diesem Gebiet, sie interessierten sich vielmehr für die Simulatoren an sich, um eigene Tests an neu entwickelter Bekleidung durchführen zu können.

Von der Geschäftsidee zum Spin-off

Für eine Forschungsinstitution wie die Empa kam jedoch eine Art Serienproduktion der Manikins für Dritte nicht in Frage. Für Mark Richards hingegen schon; die Idee für einen Spin-off war geboren.

Im Januar 2009 verliess Richards die Empa, mietete beim «tebo» geeignete Räumlichkeiten und begann mit dem Aufbau seiner Firma, der Humanikin GmbH. Innerhalb eines Jahres wandelte er sich vom erfahrenen Wissenschaftler zum Jungunternehmer.

Ideen zum Bau von intelligenten thermischen Steuerungen hat Richards viele, einige davon sind bereits zum Patent angemeldet.

Eine Schwitzpuppe namens SAM



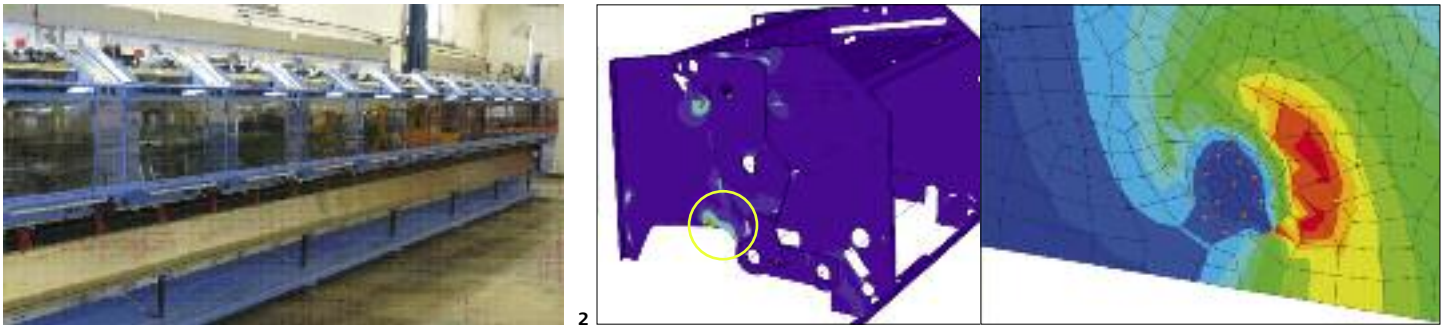
Das Ganzkörpermodell SAM wird auf 34 Grad Celsius aufgeheizt. Elektromotoren bringen ihn in Bewegung, wodurch Gehen im Schrittempo simuliert werden kann. Sein Schwitzen ist mit demjenigen eines Menschen vergleichbar – von leichtem Schwitzen im Ruhezustand bis zur Extremsituation, zum Beispiel in einem brennenden Haus. Neben Strom- und Steuerungsanschlüssen am Kopf befindet sich dort auch eine Wasserleitung, die das Wasser für den «künstlichen» Schweiß liefert.

Zum Beispiel soll SAM eine verbesserte Haut bekommen, damit die Wärmeabgabe genauer gemessen werden kann. Richards will Systeme entwickeln, die das lokale dynamische Schwitzverhalten und die Hauttemperatur besser imitieren. Dafür bekommt SAM auch ein anatomisch geformtes Gesicht sowie Hände und Füsse. So wird SAM noch «menschlicher»!

Abnehmer für «SAM, v2.0» sind neben der Empa auch andere Forschungsinstitutionen und Firmen aus der Textilindustrie. Die Humanikin GmbH will die Manikins allerdings nicht selber produzieren, sondern innovative Ideen entwickeln und mit Industriepartnern zusammenarbeiten, die die Manikins oder Komponenten dazu produzieren und verkaufen.

Bedarf besteht nicht nur für ganze Manikins – zur Prüfung und Beurteilung von Helmen genügt beispielsweise ein Kopfmodell. Geplant ist auch ein Mini-Computertomograph, der auf einer künstlichen Hautplatte mit Hilfe von Röntgenstrahlen die physikalischen Vorgänge in den Bekleidungsmaterialien genau untersucht. So lässt sich beobachten, was mit Körperschweiß und -wärme in der Kleidung passiert.

Gute Chancen rechnet sich Richards auch für den kürzlich eingereichten Antrag zum EU-Forschungsprojekt «Prospie» (Protective responsive outer shell for people in industrial environments) aus. Dieses will Arbeitskleidung mit einem integrierten thermischen Warnsystem entwickeln, wobei Humanikin für die passenden Sensoren und die Elektronik in der Bekleidung verantwortlich ist. In diesem Forschungsprojekt arbeitet Richards Firma in einem Konsortium mit 16 Partnern aus ganz Europa zusammen – inklusive der Empa. //



Computersimulation spart Materialtests

«Auftrag abgeschlossen!», hiess es kürzlich an der Empa. Und dies früher als geplant. Ingenieure sollten die Festigkeit eines Anlegergehäuses untersuchen, eine Komponente des neuen Sammelhefters eines Industriekunden. Dank Computersimulation und Finite-Element-Analyse gelang dies sogar ohne mechanische Prüfungen «am Objekt».

TEXT: Simon Berginz

1
Läuft wie geschmiert:
Die Anlegerstrasse eines
neu entwickelten
Sammelhefters der Firma
Müller Martini.
(Foto: Müller Martini)

2
Die mechanisch am
stärksten beanspruchte
Montagestelle des
Anlegergehäuses
(mit Kreis markiert).
Hierfür galt es, die
Belastungen mit
Hilfe der Finite-Element-
Methode genau
nachzurechnen.
(Illustration: Empa)

Die Schweissnähte werden so gering belastet, dass weiterführende Untersuchungen nicht erforderlich waren», so Projektleiter Roland Koller, der das neue Gerät der Müller Martini Druckverarbeitungs-systeme AG auf die Belastbarkeit der Schweissnähte überprüft hat. Die Zofinger Firma ist weltweit führend in der Herstellung hochkomplexer Druckweiterverarbeitungs-systeme. Etwa ein neuer Sammelhefter, dessen Anlegergehäuse die Bögen einer Broschüre stapelweise aufnimmt und einen Bogen via Sammelkette zum nächsten Anleger transportiert, der dann den folgenden Bogen hinzufügt. Sind alle Bögen beisammen, werden sie zur Broschüre geheftet und geschnitten.

Selbst Gutes kann verbessert werden

So gut ein Produkt auch sein mag, so wichtig ist es, dieses technologisch weiterzuentwickeln und zu optimieren. Beim Versuchsbetrieb des neuen Hefters traten beispielsweise Vibrationen auf. Deshalb wollte der Hersteller von der Empa wissen, ob dadurch mit der Zeit Ermüdungsrisse an den Schweissnähten des Anlegergehäuses entstehen könnten.

Bevor also das Gerät in die Serienfertigung ging, wurde die Neukonstruktion von Roland Koller und seinen Kollegen Gabor Piskoty und Luc Wullschleger genauestens unter die Lupe genommen. Das Team ermittelte am Computer die zu erwartenden Wellen- und Spannrollenlagerkräfte. Diese Kräfte wurden dann für die Finite-Element-Analyse verwendet, ein im Ingenieurwesen verbreitetes, modernes Simulationsverfahren, das in diesem Fall die im Anlegergehäuse auftretenden Beanspruchungen berechnet.

Zeit ist Geld

Nach der Analyse der Computerdaten war klar: Die Belastungen im Gehäuse sind derart gering, dass die bereits geplanten Vibrationsmessungen an einem echten Anleger sowie eine mechanische Untersuchung der Schweissverbindungen nicht mehr nötig waren. Besonders erfreulich für den Kunden: Durch den geringeren Aufwand wurden Kosten eingepast – und Müller Martini konnte termingerecht mit der Serienproduktion beginnen. //



1



2

Aufruf zu neuem Wirtschaftssystem



World Resources Forum 2009

September 16, 2009 • Davos Switzerland

Am 15. und 16. September trafen sich führende Fachleute aus aller Welt zum ersten «World Resources Forum» (WRF) zeitgleich in Davos und im japanischen Nagoya. Ziel war es, Wege aus der Übernutzung natürlicher Ressourcen zu finden. Heutzutage entnimmt die Menschheit pro Jahr der Erde rund 60 Milliarden Tonnen Rohstoffe. Das sind 50 Prozent mehr als vor 30 Jahren. Die Teilnehmenden am WRF sahen die Übernutzung der natürlichen Ressourcen denn auch als Hauptursache für wachsende Störungen und Destabilisierungen im Ökosystem, was sich unter anderem im Klimawandel spiegelt.

Zum Abschluss des WRF verabschiedeten die Teilnehmenden eine Deklaration mit Vorschlägen, wie nachhaltiger mit den natürlichen Ressourcen umgegangen werden kann. Einer der Kernpunkte: In internationalen Übereinkommen sollen weltweite Pro-Kopf-Ziele für die Ausbeutung und den Verbrauch natürlicher Ressourcen festgelegt werden. Das Hauptziel dieser Übereinkommen bestehe darin, die ökonomische Entwicklung und der Ressourcenverbrauch vollständig zu ent-

koppeln. Zudem soll mit politischen Massnahmen wie höheren Steuern der Ressourcenverbrauch massiv gesenkt, das heisst, die Ressourcenproduktivität drastisch erhöht werden. Im Weiteren verlangt die Deklaration, dass die Rahmenbedingungen für die Wirtschaft so neu gestaltet werden, dass sie die Knappheit der natürlichen Ressourcen berücksichtigen.

WRF – von der Empa mitorganisiert

Die Empa hatte das WRF federführend mitorganisiert. Um Interkontinentalflüge der Teilnehmenden – Hauptursache für die Umweltbelastungen wissenschaftlicher Kongresse – zu minimieren, fanden die Veranstaltungen sowohl in Europa als auch in Japan statt; via Videotechnologie waren beide Orte in «real time» miteinander verbunden, sodass die Teilnehmenden über sieben Zeitzonen direkt miteinander diskutieren konnten. Eine Ökobilanzstudie soll im Nachgang klären, wie viel der Umwelt tatsächlich erspart geblieben ist.

Die komplette Deklaration (in Englisch) kann unter www.worldresourcesforum.org abgerufen werden.

1
Videotechnologie spart Interkontinentalflüge: Das WRF fand zeitgleich in Davos und im Nagoya (Japan) statt. (Foto: Empa)

2
Eine geglückte Premiere: Dennis Meadows (rechts), Mitautor der «Club of Rome»-Studie «Die Grenzen des Wachstums», bedankt sich bei Xaver Edelman, Präsident des WRF und Direktionsmitglied der Empa, und dessen Team. (Foto: Empa)

Audio-Podcast



Hören Sie das Interview mit Xaver Edelman, Präsident des WRF und Mitglied der Empa-Direktion, unter

www.empa.ch/EmpaAudio-WRF

Wissenschaftsapéro: Erdöl aufgebraucht – und was dann?

Bereits zum 41. Mal lud die Empa Ende August zu einem Wissenschaftsapéro; aktuelles Thema diesmal: «Was kommt nach dem Öl?» Rund 140 Interessierte kamen und beteiligten sich an einer lebhaften Diskussion. Daniele Ganser, Historiker an der Universität Basel, zeigte eindrücklich, wie stark wir heute vom Erdöl abhängig sind. Die Schweiz alleine verbraucht täglich rund 38 Millionen Liter. Dabei hätten mehr als die Hälfte der erdölfördernden Länder ihren «Peak Oil», das heisst den Zeitpunkt der maximalen Fördermenge, bereits überschritten. Einzig die Länder im Nahen Osten seien noch in der Lage, die Fördermenge zu erhöhen. «Die Gefahr von kriegerischen Auseinandersetzungen um diese Ölfelder könnte in absehbarer Zukunft steigen, wenn es nicht gelingt, die Erdölabhängigkeit zu überwinden», meint Ganser.

Dies zu erreichen, ist eines der Ziele des Empa-Forschers Andreas Züttel. «Wasserstoff als Energieträger bietet die Möglichkeit, in naher Zukunft die Abhängigkeit von Öl, Gas und Kohle zu überwinden», ist er überzeugt. Technisch gesehen lassen sich Fahrzeuge bereits heute mit Wasserstoff betreiben. Bis zur Serienreife seien jedoch noch einige Hürden zu überwinden, gibt Züttel zu. So etwa das Problem der Wasserstoff-Speicherung, an dem der Forscher und sein Team intensiv arbeiten (siehe dazu EmpaNews Nummer 26).

Peruanischer Umweltminister an der Empa

Russische Delegation informiert sich über Technologietransfer

Im Juli gab es an der Empa Besuch aus der Russischen Föderation. Ranghohe Regierungsvertreter aus mehreren Teilrepubliken und Gebieten – auch aus Sibirien – waren für eine Woche in der Schweiz, um sich über mögliche wirtschaftliche Zusammenarbeiten zu informieren. So kam die Delegation auch an die Empa um sich über deren Tätigkeiten zu Wissens- und Technologietransfer ins Bild setzen zu lassen. Dabei stiessen vor allem die beiden Technologiezentren – tebo in St. Gallen und glaTec in Dübendorf – auf grosses Interesse. Die russische Delegation erhielt zudem – am Beispiel der Tensairity-Technologie (s. EmpaNews Nr. 26) – einen direkten Einblick in die Forschung und Entwicklung an der Empa. Einige Teilrepubliken und Gebiete der Russischen Föderation sind relativ unabhängig und pflegen Kontakte ins Ausland. So arbeitet beispielsweise die Standortförderung des Kantons Zürich, die den Besuch an der Empa organisiert hatte, bereits seit einigen Jahren am Aufbau möglicher wirtschaftlicher Kooperationen.



Die Gäste aus Russland liessen sich in die Prinzipien und Vorzüge der Tensairity-Technologie einführen. (Foto: Beat Geyer)

Am 21. August besuchte der peruanische Umweltminister Antonio Brack die Empa und liess sich dabei über neueste Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Bereich Ressourceneffizienz und Ökobilanzen informieren. Am gleichen Tag unterzeichnete Antonio Brack zudem ein Abkommen, das die Zusammenarbeit zwischen Peru und der Schweiz für eine umweltverträgliche und ressourcenschonende Beseitigung von Elektroschrott (e-Waste) festlegt. Ein Ziel ist es, die Freisetzung toxischer Substanzen, die durch unsachgemässe Behandlung von Batterien, Isoliermaterial oder Bildschirmen geschieht, zu minimieren und so die Gesundheit der Arbeiter sowie die Umwelt zu schützen. Zudem eröffnet das Recycling von Elektroschrott neue Geschäftsmöglichkeiten und schafft wertvolle Arbeitsplätze.



1

Breites Know-how über e-Waste-Recycling

Die Schweiz finanziert bereits seit 2003 internationale Wissenspartnerschaften mit China, Indien und Südafrika. Nun kommt Südamerika dazu. Die Empa verfügt dank verschiedener Forschungsprojekte sowie durch die technische Kontrolle der schweizerischen e-Waste-Recyclingbetriebe bereits über langjährige Erfahrung bei der Umsetzung umweltverträglicher Recyclingmassnahmen und ist für Leitung und Durchführung der Schweizer Projekte verantwortlich. «Die Knappheit und Endlichkeit vieler Stoffe wird der Gesellschaft gerade durch die Elektronik, die heutzutage einen Grossteil der chemischen Elemente einsetzt, deutlich gemacht und zwingt sie, sich auch mit ihren Abfällen zu befassen», so der Projektverantwortliche Heinz Böni, Leiter der Empa-Gruppe «sustec – sustainable technology cooperation».

Antonio Brack ist der erste Umweltminister Perus. Der promovierte Biologe mit deutschen und österreichischen Wurzeln hat unzählige Bücher und Artikel zu Biodiversität und nachhaltiger Entwicklung verfasst sowie eine Sendung im peruanischen Fernsehen geleitet. Peru ist sowohl flächen- als auch bevölkerungsmässig der drittgrösste Staat Südamerikas. Seine Geografie ist durch die Anden sowie die Nebel- und Regenwälder des Amazonas geprägt. //

1

Interessierter Gast: Der peruanische Botschafter Antonio Brack liess sich über neuste Projekte im Bereich Ressourceneffizienz und Ökobilanzen informieren. (Foto: Ruedi Keller)

2

Umweltverträgliche und ressourcenschonende Beseitigung von Elektroschrott eröffnet neue Geschäftsmöglichkeiten und schafft Arbeitsplätze. (Foto: Empa)



2

NanoConvention 2009 –



Ob Medizin, nachhaltige Energieversorgung oder Umweltschutz, ohne Nanotechnologie lassen sich die Herausforderungen der Zukunft nicht meistern. Parallel dazu gelte es aber auch, potenzielle Risiken – etwa von freien Nanopartikeln – unter die Lupe zu nehmen, so das Fazit der NanoConvention 2009.

TEXT: Beatrice Huber / FOTOS: Ruedi Keller

«Die Menschen sind fasziniert von <verborgener> Forschung.»

Wolfgang Heckl, Deutsches Museum München

Fast schon in «guter, alter Tradition» lud die Empa dieses Jahr bereits zum dritten Mal zur NanoConvention ein. Rund 170 Nano-Interessierte aus Forschung, Industrie, Verwaltung und dem Finanzsektor folgten dem Ruf und trafen sich am 6. Juli in Zürich. Ziel der NanoConvention sei es, eine

sichere und nachhaltige Nanotechnologie als Innovationsmotor für die Schweizer Wirtschaft und Gesellschaft zu etablieren. «Ausserdem hat uns die Vergangenheit gelehrt, dass neue Technologien

auch immer den Weg aus dem Elfenbeinturm auf die Strasse – also zu den Menschen – finden müssen», erklärte Hans Hug, Leiter des Empa-Forschungsprogramms «Nanotechnologie». Ein früher, offener und möglichst breiter Dialog über Chancen und Risiken sei daher notwendig.

Im Dialog ist Wolfgang Heckl, Generaldirektor des Deutschen Museums in München, schon seit längerem geübt. «Einerseits sind die Menschen fasziniert von

<verborgener> Forschung», so Heckl an der NanoConvention. Dies gelte ganz speziell auch für die Nanotechnologie, die sich ja im unsichtbar Kleinen abspiele. Andererseits seien viele aber auch durch «Informationssplitters» aus den Medien darüber beunruhigt, was Nanotechnologie angeblich alles anrichten könne. Um die Nanowissenschaften transparenter zu machen, richtete das Deutsche Museum, das grösste naturwissenschaftlich-technische Museum der Welt mit rund 1,5 Millionen BesucherInnen jährlich, ein gläsernes Nano-Labor ein. Ab November arbeiten Physikerinnen, Chemiker, Molekularbiologinnen und Materialforscher im neu erbauten «Zentrum Neue Technologien» unter realen Bedingungen – und bringen Besucherinnen und Besuchern Nanotechnologie näher. Heckl ist überzeugt, dass Glaubwürdigkeit und Vertrauen nur dann entstehen, wenn «die Menschen nicht nur die Nanoforschung, sondern auch die Forschenden im wahrsten Sinn des Wortes begreifen können.»

Nano schon heute im Einsatz

Die verschiedenen Beiträge zeigten, dass Nanotechnologie schon heute in vielen Bereichen wie IT/Elektronik, Medizin oder Energie- und Umwelttechnologie Einzug gehalten hat. Referenten aus Wissenschaft und

Dialogplattform zum Dritten



nanoconvention

6. Juli 2009 Swissôtel Zürich-Oerlikon



Industrie präsentierten Beispiele von nanotechnologischen Methoden für Diagnose und Behandlung bei Dickdarmkrebs beziehungsweise Hirntumoren. Ausserdem sollen Nanoschichten Solarzellen besser, das heisst effizienter, machen, und dank Membranen mit nanometergrossen Poren kann selbst Abwasser oder Salzwasser zu trinkbarem Wasser aufbereitet werden.

Wie die Gesellschaft mit neuen Technologien umgeht, welche ethischen und gesellschaftlichen Konsequenzen etwa die Nanotechnologie nach sich zieht, damit beschäftigt sich Alfred Nordmann, Philosoph an der TU Darmstadt. Er warnte vor einer allzu weit vorausschauenden, fast schon «futuristischen» oder «spekulativen» Ethik, die bereits sämtlichen möglichen und auch unmöglichen Anwendungen Rechnung trägt. «Anstatt alle vorstellbaren Anwendungen und deren Auswirkungen abzuwägen, sollten wir uns lieber mit Fragen beschäftigen, die schon heute Einfluss auf die Forschung in der Nanotechnologie haben», so Nordmann.

Standardisierte Verfahren sind gefragt

Bei aller Euphorie dürfen also Fragen zur Sicherheit nicht vergessen gehen. Für eine zufrieden stellende Sicherheitsforschung fehlten bislang allerdings standar-

disierte Verfahren, so die Einschätzung von Harald Krug, Leiter der Empa-Abteilung «Materials-Biology Interactions». «Jeder hat getestet, was und wie er wollte. Das erklärt die zum Teil höchst widersprüchlichen Ergebnisse.» Doch es tut sich einiges. So leitete Harald Krug das Projekt «NanoCare», das neben Untersuchungen darüber, wie gesundheitsrelevant gängige Nanopartikel sind, auch einheitliche Prüfmethoden erarbeitete.

Den Nano-Forschern geht also die Arbeit in nächster Zeit kaum aus. Dass sich der Aufwand lohnt, darüber herrschte an der NanoConvention Einstimmigkeit. Denn: «Nanotechnologie ist nicht DIE Lösung für die grossen Probleme der Zukunft, sicher aber eine davon», brachte es Péter Krüger von der Bayer MaterialScience AG in seinem Vortrag an der NanoConvention auf den Punkt.

Informationen zu den einzelnen Referaten und mehr zur NanoConvention gibt es auch im Internet: www.empa.ch/nanoconvention. //

«Nanotechnologie ist nicht DIE Lösung für die grossen Probleme der Zukunft, sicher aber eine davon.»

Péter Krüger, Bayer MaterialScience AG

Meinung

Ernst Ulrich von Weizsäcker



Prof. Dr. Ernst Ulrich von Weizsäcker
UNEP International Panel for
Sustainable Resource Management

“

Die Empa hat das inhaltliche Format, um eine so wichtige und zukunftsweisende Veranstaltung wie das ‘World Resources Forum’ überhaupt erst möglich zu machen.

”

Veranstaltungen

3. und 4. November 2009

Titan-Anwenderseminar

Für Interessierte aus Technik, Metallkunde und Ingenieurwissenschaften
Empa, Dübendorf

9. November 2009

Das Potenzial für erneuerbare Energien in der Schweiz

Technologie-Briefing im Rahmen der nationalen Tage der Technik 2009 vom 5. bis 15. November
Empa, Dübendorf

18. November 2009

Neue Schweizer Normen für Abdichtungen

Für Bauherren, Planerinnen, Unternehmer und Materialherstellerinnen
Empa, Dübendorf

24. November 2009

Empa-Kolloquium: How scientific is science?

Prof. Dr. Ernst Peter Fischer, Universität Konstanz (DE)
Empa, Dübendorf

1. Dezember 2009

Biomaterialien – heute und morgen

Für die polymerverarbeitende Industrie
Empa, Dübendorf

Details und weitere Veranstaltungen unter
www.empa-akademie.ch

Ihr Zugang zur Empa:

