

Jahresbericht 2002

Schwerpunkte
und
ausgewählte Projekte
aus dem Jahr 2002



Wir
forschen
und
prüfen
für
Sie

Impressum

Herausgeber

Eidgenössische Materialprüfungs-
und Forschungsanstalt

CH-8600 Dübendorf
CH-9014 St. Gallen
CH-3602 Thun

Redaktion

Rémy Nideröst
Martina Peter
Sabine Voser
Hans R. Moning, Dr. Hans R. Moning AG

Gestaltung/Layout

Dominik Meyer
Anton Koster
André Niederer

Druck

Stämpfli AG Bern

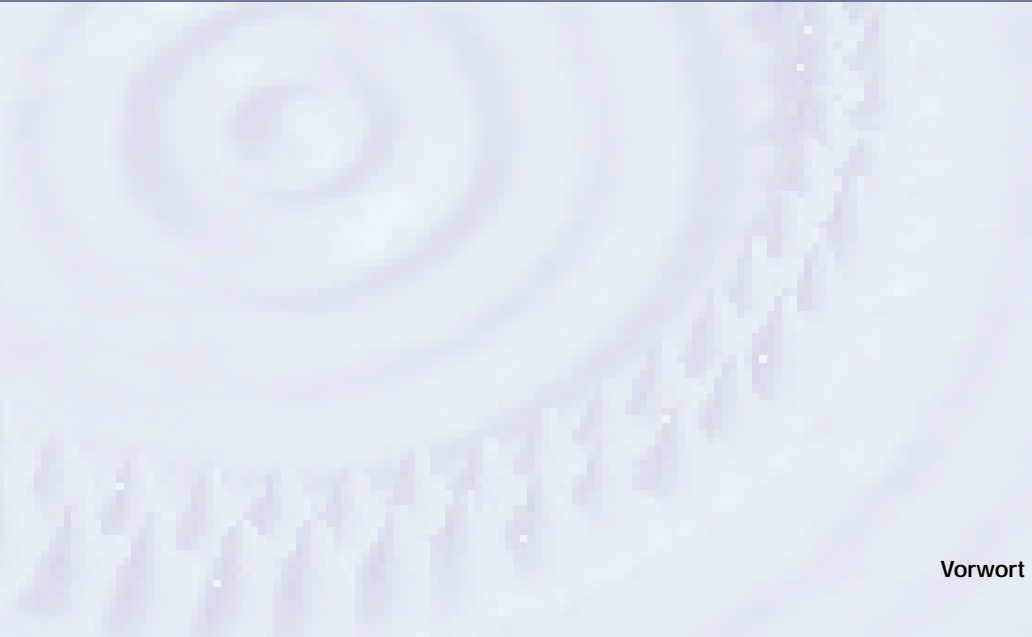
© Empa

ISSN 1424-2176 Jahresber.-EMPA



Empa

Jahresbericht 2002



Vorwort	4
Forschungsprogramme	7
Erfolgsstorys	15
Ausgewählte Projekte	25
Empa inside	41
Empa in Zahlen	47
Empa Organisation	53

Jahresbericht 2002

Schwerpunkte
und
ausgewählte Projekte
aus dem Jahr 2002

Relevantes Wissen generieren und umsetzen

Was erwarten Bürgerinnen und Bürger eines industrialisierten kleinen Landes mit hohem Lebensstandard von öffentlichen Institutionen des Bereichs Bildung/Forschung/Technologie?

- Wissensvermehrung, um Exzellenz im internationalen Umfeld zu erreichen und zu sichern,
- Innovation durch Transfer des Wissens, um erkannte Probleme zu lösen und neue nachhaltige Produkte zu entwickeln,



Louis Schlapbach

- Bildung/Ausbildung der nächsten Generation von LeaderInnen und EntscheidungsträgerInnen,
- Wissen, um die durch die Natur, durch den Menschen und durch unzureichendes Material verursachten Gefahren zu erkennen, zu vermindern und ihnen zu begegnen,
- Erarbeitung von Grundlagen für die Nachhaltigkeit von Mobilität, Kommunikation, Gesundheit, Energie und Ernährung

- Bereitstellung von neutraler Kompetenz, um Konflikte zu lösen

Die Schweiz verfügt über viele kleine, mittlere und grosse öffentliche Institutionen im Bereich von Bildung, Forschung und Technologie. Diese sind wenig vernetzt und über viele Departemente des Bundes verteilt. Die Empa übernimmt die Rolle einer nationalen Institution für nachhaltige Materialwissenschaft und -technologie. Wir holen das Grundlagenwissen im internationalen und nationalen Umfeld ab und entwickeln daraus

innovative, neue Lösungen. Als neutrale Institution bieten wir dank unserer Kompetenz, unseren erfahrenen SpezialistInnen und unserer modernen Ausrüstung internationalen und nationalen Herausforderungen Hand. Auf diese Weise sind wir nicht nur Partner von privaten technologieorientierten Unternehmen, wir arbeiten auch mit öffentlichen Ämtern ohne eigene Laboratorien zusammen und kooperieren mit Fachhochschulen, Universitäten, ETHZ und EPFL.

Während die Empa von der Zugehörigkeit zum ETH-Bereich profitiert, profitiert der ETH-Bereich seinerseits von der Kompetenz der Empa.

Der vorliegende Jahresbericht gibt Ihnen Einblick in einen Teil unserer Aktivitäten und Ergebnisse. Unsere neue Ausrichtung auf 60% angewandte Forschung und Entwicklung, 30% anspruchsvolle Dienstleistungen sowie 10% Lehre und Wissensmanagement wirkt: Wir haben mehr Doktorierende, mehr wissenschaftliche Mitarbeitende, mehr referierte Publikationen, mehr Drittmittel als im Vorjahr – und das alles ohne angehobenes Budget. Eindrücklichen Niederschlag findet unsere neue Ausrichtung auch in den Erfolgs-

stories, den Schwerpunktprogrammen wie Nanotechnologie oder adaptive Werkstoffsysteme und unseren Auszeichnungen. Fachlich detaillierte Darstellungen der Projekte mit Referenzen finden Sie in unserer englischen Publikation «Empa Activities 2002». Viel Spass bei der Lektüre.

Für die Direktion

Louis Schlapbach



Forschungs- Programme

Nanotechnologie
Adaptive Werkstoffsysteme
Technosphäre – Atmosphäre
Nachhaltigkeit in der Informationsgesellschaft
Schutz, Komfort und Gesundheit des menschlichen Körpers
Ecoinvent

Einblicke in die «Zwergenwelt»

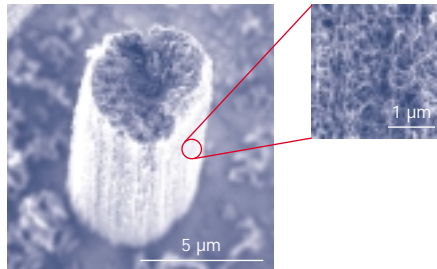
Die Empa hat im Jahr 2002 die Realisierung ihres hochgesteckten Ziels, ein nationales Kompetenzzentrum für Nanotechnologie zu errichten, mit Nachdruck vorangetrieben. Sichtbare Zeichen sind die Gründung einer nanotechnischen Abteilung und ein zügiger Ausbau der Infrastruktur.

Hinter der Nanotechnologie, welche oft als **die** Technologie des 21. Jahrhunderts bezeichnet wird, verbirgt sich die Kompetenz, Design und Engineering von Objekten im Nanometerbereich zu betreiben. Diese Kompetenz wird es uns in Zukunft ermöglichen, komplexe Strukturen aus Nanokomponenten (molekulare/supramolekulare Aggregate) massgeschneidert zusammenzubauen und damit neue Funktionalitäten zu erzeugen.

Nachhaltige Erfolge in Forschung und Entwicklung lassen sich am besten anhand des Engagements der Industrie messen. Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Nanotubes) für kalte Elektronenquellen scheinen hier von besonderem Interesse zu sein. Die anerkannte Stellung unserer Forschenden zur Nutzung der Elektronenemission einzelner Nanotubes und Nanotubes-Filmen hat bereits zu Kooperationen mit namhaften in- und ausländischen Firmen geführt, u.a. zur Entwicklung von neuen Röntgenröhren, Mikrowellenverstärkern und Flachbildschirmen.

Ähnliches gilt für die Entwicklung von Nanokompositen, d.h. speziellen Matrixwerkstof-

fen mit definiert eingebauten Fremtteilchen. Damit lassen sich z.B. innovative, funktionelle Oberflächenbeschichtungen realisieren, aber auch Grundwerkstoffe mit besonderen optischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften; dies unter Verwendung von Nanopulvern oder durch chemisch/physikalisch gesteuerte Bildung von Nanoclustern. Neu stehen uns zwei Pilotanlagen zur Verfügung für die Herstellung von Nanopulvern im Massstab kg/h. Eine arbeitet nach der Methode der Flamm synthese (oxidische Pulver), die andere nutzt die Plasmasynthese (nichtoxidische Pulver).



REM-Aufnahmen eines kompakten Elektrodenbündels aus unzähligen Nanotubes.

Nano-Abteilung am Standort Thun

Die neue Abteilung «nanotech@surfaces» wird ihre hervorragende Forschungsinfrastruktur vor allem in zwei Themenbereichen einsetzen.

- Molekulare Elektronik (Nutzung der Selbstorganisation von Molekülen zu supramolekularen Aggregaten als elektronische Elemente)
- Kohlenstoff-Nanoröhrchen-Technologie (Einsatz für kalte, miniaturisierte Elektronenquellen)

Die Zusammenarbeit mit führenden europäischen Forschungsinstituten, u.a. mit dem Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz oder mit dem CSEM in Neuenburg ist bereits etabliert. Eine generell stärkere Akzentuierung der Grundlagenforschung mit langfristigen Horizont wird mit der Beteiligung an Schweizer Forschungskompetenzzentren (National Centres of Competence in Research, NCCR) erreicht.

Auch die zweite neue Abteilung der Empa, «Funktionspolymere», wird sich nanotechnisch engagieren. Erste Projekte betreffen die Funktionalisierung von Nanoteilchen für den Einbau in polymere Matrices oder die gezielte Nutzbarmachung von Nanoclustern für Hochleistungs-Fotopapiere.

Kontakt: *Walter Muster*

E-mail: *walter.muster@empa.ch*

Potential in vielen Disziplinen

Adaptive Werkstoffsysteme sind in der Lage, wie biologische Systeme, während des Einsatzes auf Änderungen der Umgebungsbedingungen selbstständig zu reagieren und ihre Eigenschaften sinnvoll anzupassen. Das Programm fördert die Umsetzung von entsprechenden Erkenntnissen der Grundlagenforschung in die Praxis und steht der Industrie für anwendungsorientierte Forschung zur Seite.

Wissen aus den Bereichen Sensorik, Aktorik, Signalübertragung, Regeltechnik, multifunktionale Verbundwerkstoffe und Charakterisierung dieser Materialien wird benötigt, um adaptive Werkstoffsysteme zu entwickeln. Seit Beginn des Programmes hat die Empa einen umfassenden «Sachverstand» aufgebaut, der ihr erlaubt, zu diesem Thema auf internationalem Niveau zu forschen.

Sie bewegen sich!

Von der Empa hergestellte «Active Fiber Composites» (AFC), die auf piezoelektrischen Fasern in einer Polymermatrix basieren und für den Einsatz als Aktoren gedacht sind, «bewegen» sich seit dem Herbst 2002 perfekt nach den Programmbefehlen ihrer Entwickler. Gleiches lässt sich von elektroaktiven Polymersystemen (EAP) sagen. Beide Systeme funktionieren, zeigen aber bedeutende Unterschiede in ihren Eigenschaften. Mit den AFCs werden grosse Kräfte bei geringen Verformungen, mit den EAPs grosse Verformungen bei geringen Kräften ausgeübt.



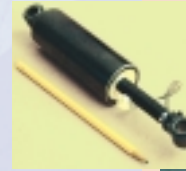
Typisches Beispiel einer Schrägseilbrücke: Erasmus-Brücke in Rotterdam.

Oben rechts sind die passiven viskosen Dämpfer abgebildet, die zur Minderung der Kabelschwingungen installiert wurden.

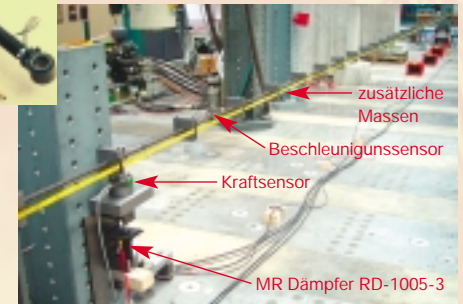
Das Jahresziel «Sie müssen sich bewegen!» wurde in beiden Fällen fast problemlos erreicht.

Gefragte Anwendungen

Bei der vibroakustischen Modellierung und Optimierung der Schalldämmung von Zweifachverglasungen leistete die Empa in den vergangenen Jahren Pionierarbeit. Jetzt gelang es, aktiv geregelte Systeme mit der Methode der finiten Elemente zu modellieren. Die Übereinstimmung der Modellrechnung und der Experimente ist beeindruckend.



MR Dämpfer RD-1005-3



Adaptive Dämpfung der Seilchwingungen mit sogenannten magnetorheologischen Dämpfer (MR-Dämpfer), Teststand an der Empa in Dübendorf.

Auch in der Bauphysik wird z.B. zur Regulierung des Wärme- und Feuchtehaushalts von Fassaden an adaptiven Systemen gearbeitet sowie in der Bauwerksdynamik betreffend schwingender Brückenseile und in der Werkstoffentwicklung (piezoelektrische Fasern, magnetoaktive Polymer Composites).

Research Triangle mit der ETH Zürich

Seit mehreren Jahren besteht eine enge Zusammenarbeit mit Prof. Manfred Morari vom Institut für Automatik der ETH Zürich. Neu etabliert wurde die Kooperation mit Prof. Paolo Ermanni vom Zentrum für Strukturtechnologien. Dieses Dreieck von Instituten mit sich ergänzenden Kompetenzen hat sich der «Active Control via Shunted Embedded Piezoelectric Fibres» angenommen, einer Thematik, die für die Zukunft sehr Erfolg versprechend ist.

*Kontakt: Prof. Urs Meier
E-mail: urs.meier@empa.ch*

Schadstoffquellen erkennen und beheben

Die durch den Menschen bedingten Stoffflüsse in die Atmosphäre führen zur Verschmutzung der atmosphärischen Grundschicht sowie zur Anreicherung treibhausaktiver Gase. Viele Schadstoffe gelangen über die Atmosphäre als Transportmedium in den Boden oder in die Gewässer. Mit dem Programm «Technosphäre-Atmosphäre» will die Empa die Schadstoffflüsse an der Nahtstelle zwischen Technosphäre und Atmosphäre charakterisieren und reduzieren.

Wie kommen POPs ins Felchenfilet?

Persistente organische Verbindungen (POP) sind giftige Verbindungen, die bei technischen Prozessen und aus Materialien emittiert werden. In der Natur extrem schwer abbaubar, werden sie via Atmosphäre über grosse Distanzen verfrachtet und sind selbst in der Arktis nachweisbar. Infolge ihrer Fettlöslichkeit reichern sie sich in der Nahrungskette an. In einer Untersuchung über die Anreicherung von polybromierten Diphenylethern (werden als Flammschutzmittel verwendet) in Felchen aus Schweizer Seen konnte die Empa zeigen,

dass die Konzentrationen umso grösser sind, je grösser die Oberfläche des Sees und je kleiner sein Volumen ist. Dies weist darauf hin, dass der Eintrag in die Gewässer über die Atmosphäre erfolgt.

Methangas für saubere Automobilantriebe

Könnten Benzin und Diesel durch methanbasierte Treibstoffe ersetzt werden, würde das den verkehrsbedingten CO₂-Ausstoss deutlich verringern. Im «Clean Engine Vehicle»-Projekt hat die Empa in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich einen Antrieb für Personenwagen auf Methangasbasis entwickelt. Dabei wurde gezeigt, dass sich – im Gegensatz zum Benzinantrieb – beim Methangasantrieb ein erhöhtes Verdichtungsverhältnis und eine Abgasturboaufladung gemeinsam realisieren lassen. Kombiniert mit einer technisch hochstehenden Motorsteuerung und einem motornahen Katalysator, lassen sich die Abgasemissionen sehr stark reduzieren. Damit wurden wichtige Voraussetzungen für die Umstellung auf Methan geschaffen.



Das Clean Engine Vehicle auf dem Rollenprüfstand.

Satellitenbasierte Schadstoffmessungen

Satellitengestützte Luftschadstoffmessungen können mit meteorologischen Modellen und bodennahen Messungen kombiniert werden, um ein umfassendes Bild über Emissionen, Verfrachtung und Verteilung von Luftschadstoffen zu erhalten. Die europäische Weltraumorganisation ESA entwickelt Anwendungen, welche die Satellitendaten für die Luftreinhaltung nutzbar machen. An der Empa wurden aufbereitete troposphärische Daten aus Satellitenmessungen (von der Universität Bremen) für Untersuchungen verwendet. Es konnte gezeigt werden, dass bei erhöhten Belastungen an alpinen und voralpinen Stationen der grenzüberschreitende Ferntransport gleich viel beitragen kann wie die Emissionen aus den schweizerischen Quellregionen.



Der Envisat-Satellit. (Bild: ESA)

Kontakt: Dr. Peter Hofer

E-mail: peter.hofer@empa.ch

ICT im Dienst von Umwelt und Gesellschaft

Das Forschungsprogramm «Nachhaltigkeit in der Informationsgesellschaft» (SIS, Sustainability in the Information Society) befasst sich mit Chancen und Risiken der digitalen Informations- und Kommunikationstechnologie (ICT) für das Ziel der nachhaltigen Entwicklung.

Zusammen mit dem Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung realisierte die Empa das Projekt «Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft – Risiken des pervasiven Computing für die Gesundheit und die Umwelt». Als Ergebnis wurden Massnahmen formuliert, welche die Risiken der Durchdringung des Alltags mit unsichtbarer Computertechnik minimieren sollen.

Zur Entwicklung von ICT-Anwendungen im Bereich nachwachsender Rohstoffe errichtete die Empa ein Labor für Geographische Informationssysteme (GIS) und Remote Sensing. Hier stehen Computerhardware, Software und vor allem das Know-how von Mitarbeitenden für Projekte zur Verfügung, in denen Satellitendaten ausgewertet und Umweltdaten visualisiert werden müssen.

Das KTI-Projekt «Informatiklösungen für das Schweizerische Transportgewerbe» hat dazu beigetragen, den Strassentransport durch den Einsatz von ICT zu optimieren: Viele Leerfahrten sind zu vermeiden, wenn die verfügbaren Informationen optimal ausgewertet werden. Das Projekt wurde mit den Fachhochschulen

Solothurn, Zentralschweiz und beider Basel sowie der Circon AG durchgeführt.

Weiterentwicklung von Methoden

Für die Bestimmung funktioneller Einheiten beim Life Cycle Assessment (LCA) von ICT-Produkten hat SIS einen neuen Lösungsansatz entwickelt. In einer gemeinsam mit der ETH Lausanne betreuten Dissertation wird diese Methode der ökologischen Lebens-



ICT fördert die Globalisierung und schafft damit sowohl Chancen als auch Risiken für das Ziel der nachhaltigen Entwicklung.

weganalyse am Beispiel der Mobiltelefonie eingesetzt. Ziel ist es, die Umweltbelastung durch den Gebrauch und die Entsorgung zukünftiger Mobiltelefone zu minimieren.

Schaffung von Datengrundlagen

SIS ist massgeblich am Projekt Ecoinvent beteiligt, das im vergangenen Jahr mit einer Testinstallation einen Meilenstein erreichte. Ziel ist der Aufbau einer gesamtschweizerischen Datenbank für Ökoinventare. Der Übergang in die Betriebsphase ist für 2003 geplant (siehe Bericht auf Seite 13).

Weitere Aktivitäten

Im 6. EU-Rahmenprogramm hat SIS ein «Network of Excellence» initiiert, das die europäische Forschung auf dem Gebiet der Umweltinformatik strukturieren und koordinieren soll. Ferner ist SIS über die ICT-Arbeitsgruppe der Schweizerischen Akademie für Technische Wissenschaften (SATW) an den Vorbereitungen zum Weltgipfel Informationsgesellschaft (WSIS) der UNO beteiligt. Dieser Gipfel findet im Dezember in Genf statt.

Die Themen des SIS-Programms fanden Eingang in die universitäre Ausbildung. Entsprechende interdisziplinäre Studienangebote gibt es an der Universität Basel (Mensch-Gesellschaft-Umwelt) und an der Webster University in Genf.

*Kontakt: Prof. Dr. Lorenz Hilty
E-mail: lorenz.hilty@empa.ch*

Der Mensch im Mittelpunkt

Den Menschen zu schützen, seine Gesundheit zu fördern und zu erhalten und die körperliche Leistungsfähigkeit zu steigern ist das Ziel des Forschungsprogramms. Diese Faktoren gewinnen immer mehr an Bedeutung aufgrund der stetig zunehmenden Lebenserwartung in den Industriestaaten.

Wie gefährlich ist ein Kleiderbrand?

Das Projekt «BREMA» gibt Antworten auf diese Frage. Es untersuchte anhand der anatomisch geformten und mit 120 Wärmesensoren bestückten Gliederpuppe «Henry», wie gross bei einem Kleiderbrand die für die Verbrennungsverletzungen entscheidende Wärmeübertragung auf die menschliche Haut ist. Unterschiedliche Parameter wie Umgebungsfuchte, Alterung und Vorbehandlung des Materials wurden in die Untersuchung einbezogen. Die Resultate zeigten, dass auch dünne, schnell abbrennende Gewebe aus Zellulosematerialien Verbrennungen auf der Haut verursachen können.

Eine Möglichkeit, die Brennbarkeit herabzusetzen, ist die Neuentwicklung oder Veränderung der Fasermaterialien. Eine weitere besteht in der Plasmabeschichtung von Fasern und Fäden. Die Empa hat zusammen mit dem Forschungszentrum Karlsruhe eine entsprechende Beschichtungsanlage gebaut. Mit ihr sind im Labormassstab bereits Fäden mit hoher elektrischer Leitfähigkeit und guter mechanischer Beständigkeit hergestellt wor-



Praxisnahe Messung der Auswirkungen von Kleiderbränden an der Puppe «Henry». Im Bild erleidet Henry einen gefürchteten «Surface Flash».

den für die Anwendung in antibakteriellen und antistatischen Textilien.

Neue Materialien für die Gesundheit

Bakteriell hergestellte Polymere sind wegen ihrer biologischen Verträglichkeit geeignete Ausgangsmaterialien für medizinische Anwendungen (siehe Beitrag auf Seite 32). Weitere Arbeiten beschäftigen sich mit dem Verhalten von lebenden Zellen (Teilung, Vermehrung, Spezialisierung, Vitalität) an der Grenzfläche

mit Materialien. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen dazu, Materialien zu entwickeln, welche die Wiederherstellung von erkranktem oder verletztem Gewebe optimal unterstützen.

Sicherheit und Komfort im täglichen Leben

In der Schweiz verlieren bei Sturzunfällen mehr Personen ihr Leben als bei Unfällen auf der Strasse. Die Empa erforscht daher das Sturzrisiko auf unterschiedlichen Bodenbelagsmaterialien. Dazu untersucht sie den Einfluss der mikroskopischen Oberflächenstruktur und der Grenzflächen zwischen flüssigen und festen Medien auf die Haftung beim Gehen. Sie betreibt aktive Unfallprävention, indem sie der Industrie hilft, ihre Produkte zu optimieren.

Das Übernachten im Freien oder im Zelt bringt uns näher zur Natur. Schlafsäcke isolieren aber nur nach oben und seitlich statt auch nach unten. Um die Isolation gegen Kälte im Liegebereich zu verbessern, hat die Empa zusammen mit einem Industriepartner eine spezielle Matte entwickelt. Mit ihrer konstanten Luft-Daunen-Füllung reduziert sie entscheidend Wärmeleitung und Konvektion. Sie schützt so perfekt vor selbst sehr kalten Temperaturen und ist zudem noch sehr leicht. Diese patentierte Entwicklung wurde mit dem «Outdoor-Award 2002» ausgezeichnet.

Kontakt: Markus Rüedi

E-mail: markus.ruedi@empa.ch

Bessere Ökobilanzen dank gesicherten Basisdaten

In den vergangenen Jahren wurden in der Schweiz für diverse Bereiche Ökoinventare zusammengestellt, die jedoch oft unterschiedlich erfasst und berechnet wurden. Mit dem Ziel, systematisch und durchgehend standardisierte, aktualisierte Ökobilanzdaten hoher Qualität bereit zu stellen, haben sich Institute des ETH-Bereichs gemeinsam mit Bundesämtern unter der Leitung der Empa zum Schweizer Zentrum für Ökoinventare zusammengeschlossen.

Im Rahmen des Projekts «Ecoinvent» werden zurzeit die Ökoinventare aus den Bereichen Energie, Transport, Entsorgung, Bauwesen, Chemie, Waschmittel, Papiere und Landwirtschaft, vollständig überarbeitet, einheitlich dokumentiert und – wo nötig – ergänzt. «Ecoinvent» soll ab Herbst 2003 als umfassende und harmonisierte Ökodatenbank für Anwender im In- und Ausland zur Verfügung stehen.

1996 haben die ETH Zürich und das Paul-Scherrer-Institut (PSI) Ökoinventare zur Energiebereitstellung erstellt (Ökoinventare von

Energiesystemen). Diese enthielt auch Angaben zu Entsorgungs- und Transportprozessen sowie zur Materialbereitstellung. Die Empa selber hat zahlreiche Arbeiten durchgeführt zur Ökobilanzierung von Baustoffen, Bauteilen und Baukonstruktionen sowie von Konsumgütern wie Verpackungen, Waschmitteln, Chemikalien, grafischen Papieren und Kommunikationstechnologien. Die FAL (Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau) hat verschiedene Ökobilanzstudien im Agrarsektor durchgeführt.

Zur Zusammenführung und Vereinheitlichung all dieser Datenbanken wurde mit der Unterstützung diverser Bundesämter das Projekt «Ecoinvent» gestartet, dessen Aufgabe es im Wesentlichen ist, eine öffentlich zugängliche Datenbank zu schaffen, in der Ökobilanzen einheitlich erfasst, berechnet und verwaltet sind.

Ecoinvent stellt jene qualitätsgesicherte ökologischen Basisdaten zur Verfügung, die zur ganzheitlichen Beurteilung z.B. von Investitionsentscheiden benötigt werden.



Swiss Centre for Life Cycle Inventories

Qualitätsgesicherte Datenbestände

Konsistente, harmonisierte sowie durchwegs aktuelle Ökobilanz-Datensätze erleichtern Ökobilanzstudien und erhöhen deren Glaubwürdigkeit und Akzeptanz. Mit den qualitätsgesicherten Datenbeständen von «Ecoinvent» und einem benutzerfreundlichen Zugriff auf die Datenbank wird die Voraussetzung geschaffen, um die Ökobilanz als belastbares Umweltanalyseinstrument zur Unterstützung einer «Integrierten Produktpolitik» (IPP) zu etablieren.

Ecoinvent wird eine der umfassendsten, öffentlich zugänglichen Umweltdatenbanken bereitstellen, deren Qualität intern wie extern evaluiert wurde. Es ist kein Zufall, dass sich auch das Ausland lebhaft für «Ecoinvent» interessiert, da sowohl die Schweiz als auch die EU ihre Bemühungen in Richtung einer Integrierten Produktpolitik verstärken, mit welcher ein höheres Bruttosozialprodukt bei gleichzeitig tieferer Umweltbeanspruchung angestrebt wird. Basis für alle solchen Anstrengungen sind Grundlagendaten, welche aktuell nachvollziehbar und vertrauenswürdig sind – wie jene der Datenbank «Ecoinvent». Unter www.ecoinvent.ch kann man sich anhand einiger Beispiel-Datensätze ein Bild von der Mächtigkeit dieser Datenbank machen.

Kontakt: Paul W. Gilgen
E-mail: paul.gilgen@empa.ch



Erfolgs- Storys

Umweltakustik
CFK im Bauwesen und auf anderen Gebieten
Hochleistungskeramik
Empa-Akademie

Fakten statt Krach um Lärm

Grundlagen und Technologien für erfolgreiche Lärmbekämpfung

Lärm ist in unserer Gesellschaft allgegenwärtig. Er beeinträchtigt die Lebensqualität und macht krank. Da die Toleranz bzw. die Intoleranz des Menschen gegenüber Lärm durch subjektive Faktoren geprägt ist, werden Diskussionen um ihn oft ohne Bezug zu objektiven Grundlagen geführt – vor allem dort, wo Lärm zum Politikum wird. Für eine sachliche Auseinandersetzung, aus der echte Problemlösungen resultieren, sind Fakten und Vertrauen in diese unerlässlich. Um dafür Voraussetzungen zu schaffen, engagiert sich die Empa in verschiedenen Projekten der Umweltakustik, mit nachweisbarem Erfolg.

Die Empa nimmt auf ausgewählten Gebieten der Akustik in Forschung, Prüfung, Wissensvermittlung und Beratung die führende Stellung in der Schweiz ein. Ausserdem ist sie für Lärmbekämpfung die technische Fachstelle des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und des Bundesamts für Betriebe der Luftwaffe (BABLW).

Beitrag zur Versachlichung der Fluglärmdebatte

Nach Schätzungen des BUWAL sind ungefähr 550'000 Personen in der Schweiz Lärmbelastungen durch Strassenverkehr ausgesetzt, die den Immissionsgrenzwert (IGW) überschreiten. Die Eisenbahn belastet rund 265'000 Personen mit über dem Grenzwert liegenden Lärmimmissionen und der zivile und militärische Flugverkehr schätzungsweise über 100'000. Obwohl erst im dritten Rang zu finden, steht der Fluglärm immer wieder in



den Schlagzeilen. Wegen der grossflächigen Verteilung ist er nicht zuverlässig messbar. Gemäss Lärmschutzverordnung sind deshalb seine Immissionen grundsätzlich durch Berechnungen zu ermitteln. Die Empa hat ein detailliertes und zuverlässiges Computerprogramm für die Berechnung der geografischen Verteilung der Fluglärmbelastung entwickelt, das «FLULA 2». Es gilt in internationalen Fachkreisen als Topmodell. Grundlage der Berechnungen sind Lärmmessungen, die die Empa auf dem Flughafen Kloten direkt an Flugzeugen sämtlicher gängiger Typen vorgenommen hat. Dieser weltweit einmalige Datenbestand ermöglicht realistische und genaue Voraussagen für die Lärmbelastung an jedem gewählten Ort. Mit ihrem fundierten und kompetenten Vorgehen gewinnt die Empa das Vertrauen der Bevölkerung und trägt zur Versachlichung der Diskussion bei. Die zuverlässigen Abklärungen von Fluglärmwirkungen in den Flughafenregionen Zürich, Genf und Basel gelten auch im Ausland als vorbildhaft. Wohl aus diesem Grunde wurde die Empa mit dem Ausarbeiten eines Gutachtens zum Lärm-Monitoring für den Flughafen Frank-

furt betraut. Weil verschiedene Flughafenbetreiber – wie Unique in Kloten – vom Lärm abhängige Landegebühren erheben, tragen fundierte Lärmmessungen mittel- bis langfristig wesentlich dazu bei, Einsatz und Entwicklung leiserer Flugzeugtypen zu fördern.

Komplexe Ausbreitung von Strassen- und Bahnlärm

Ihr Know-how hat die Empa auch in einem Projekt zur Bestimmung des Quellenlärms im Strassenverkehr umgesetzt. Erhebungen lassen einen bedenklichen Trend erkennen: Weil zunehmend schwerere Fahrzeuge mit breiteren Reifen in den Verkehr kommen, nimmt die Lärmabstrahlung ständig zu. Das Verfolgen dieser Entwicklung hat Priorität. An zweiter Stelle steht das Erfassen des Lärms auf dem Ausbreitungsweg. Die Schallausbreitung über grössere Distanzen wird stark von der Temperaturverteilung und dem Wind beeinflusst. Unter Umständen kann der Schall bei bestimmten Wetterlagen sogar Hindernisse übersteigen. Die Empa hat anspruchsvolle Methoden entwickelt, mit denen sich die Auswirkung verschiedener meteorologischer Bedingungen approximativ berechnen lässt. Sie eignen sich ebenfalls für eine zuverlässigere Bestimmung der vom Bahnverkehr ausgehenden Lärmbelastung.

Erfolgreicher Technologietransfer

Im Fokus einer langfristigen Lärmbekämpfungsstrategie stehen Massnahmen, die an der Quelle ansetzen. Im Idealfall soll Lärm gar



Messung der Emissionsrichtung einer Alouette III auf dem Flugplatz Turtmann.



nicht entstehen. Einen Erfolg kann die Empa bei Wärmepumpenlärm vorweisen. Im Rahmen eines mit der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) und mit Sulzer Innotec ausgeführten Projektes konnte die Industrie für das Problem sensibilisiert werden. Als Resultat sind heute leisere Geräte auf dem Markt. Im Hinblick auf die von «Energie Schweiz» anvisierte Installation von rund 120'000 Wärmepumpen bis ins Jahr 2010 ist dies als ein nicht zu unterschätzender Fortschritt zu werten.

Lärm mit Lärm bekämpfen

In der Lärmbekämpfung engagiert sich die Empa auch bei der Erforschung und Entwicklung aktiv geregelter Bauteil- und Werkstoffsysteme zur Schall- und Schwingungsunterdrückung. 1999 konnte ein aktiv geregeltes

Fenster mit verbesserter Schalldämmung vorgestellt werden. Das an einer Doppelverglasung erfolgreich realisierte Prinzip lässt sich auch auf andere Doppelwandstrukturen, zum Beispiel Trennwände in Bauten oder Wände von Fahr- und Flugzeugkabinen, übertragen. Die Umsetzung dieser Grundlagenarbeit in marktreife Produkte erfordert jedoch noch weitere Entwicklungsanstrengungen. Weiter soll in Zukunft an der Empa die Entstehung von Lärm an den Grenzflächen analysiert und schliesslich auf mikroskopischer Ebene Materialien entwickelt werden, welche den Lärm gar nicht erst entstehen lassen.

*Kontakt: Kurt Eggenschwiler
E-mail: kurt.eggenschwiler@empa.ch*

Spitzensport und Engineering

Ein Hightech-Kettenglied verbindet die Disziplinen

Als die Rennyacht Alinghi im America's Cup mit der neuseeländischen Yacht um die Wette fuhr, standen einige ihrer Crewmitglieder – wie bereits bei dem vorangegangenen Louis Vuitton Cup – in regelmässigem Kontakt mit Fachspezialisten der Empa. Aussicht auf den Sieg in diesem Duell, in dem es um viel Prestige und hohe Einsätze ging, hatte nur ein Team, das sich in jeder Beziehung bis ans Limit wagte. Dies galt nicht nur für den Skipper und seine Mannschaft, sondern auch für die Yacht-Designer und ihre Zulieferer.

Die Takelage moderner Rennyachten steht weniger im Rampenlicht als die Gestaltung des Rumpfes oder des Kiels. Die Optimierung ihrer Komponenten, besonders der Stage, hinsichtlich maximaler Zugfestigkeit und Bruchsicherheit bei minimaler Masse ist für Sieg oder Niederlage aber mindestens so entscheidend. Stage sind Zugelemente, mit denen der Mast einer Segelyacht abgespannt wird. Diejenigen der Alinghi waren bis 33 Meter lang. Konfrontiert mit schwer löslichen Festigkeitsproblemen bei der Konstruktion der Stage, wandten sich die mit dem Rigg-Design betrauten Fachleute von Alinghi an die Empa.

Für einen Transfer prädestinierte Technologie

Die Empa befasst sich seit längerer Zeit mit dem Einsatz von vorgespannten Schlaufenzugelementen aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) zur Verstärkung von Trag- und Bauwerken. Die Zugkräfte werden in der Regel über runde Bolzen in die Schlaufenzugelemente eingeleitet. Die anfänglich verwendeten Elemente waren aus aneinander haftenden CFK-Lagen als kompakte Laminate geformt. Versuche zeigten, dass sich bei dieser Konstruktionsweise die theoretische Zugfestigkeit des Werkstoffs bei Weitem nicht ausnützen liess. Auf der Basis von Berechnungen und Analysen entwickelte und paten-

tierte die Empa Schlaufenzugelemente, die aus mehreren übereinander liegenden sehr dünnen, nicht aneinander haftenden Schlaufenzugelementen aufgebaut sind. Unter Belastung können sich die einzelnen aufeinander gleitenden Lagen gegeneinander verschieben, wodurch innere Spannungen reduziert werden. Dadurch liess sich die Zugfestigkeit der Schlaufenzugelemente markant steigern, so dass heute die Werkstofffestigkeit deutlich besser ausgenützt werden kann.

Der Trimaran «TechnoMarine», welcher mit CARBO-LINK-Zugelementen ausgerüstet ist.



Entwicklung im Grenzbereich des Machbaren

Für die Alinghi wurden die Stage nach dem gleichen Konstruktionsprinzip entwickelt – jedoch nicht aus CFK, sondern aus dem Hochleistungsfaserwerkstoff PBO (Polyphenylenbenzoxazole), den eine herausragende Zugfestigkeit auszeichnet. Während des Renneinsatzes wurde – nicht zuletzt aufgrund einer minutiösen Konkurrenzbeobachtung – laufend an der Perfektionierung der Ausrüstung der Yacht weitergearbeitet. Auch die Spezialisten der Empa treiben ihre Entwicklungsarbeit permanent voran. Unter anderem



Hightech-Kettenglied aus CFK.

Einstieg der Empa in die internationale Rennyachtszene

Der Anstoss, die erfolgreich entwickelte Technologie und die umfassende Anwendungserfahrung auf die Konstruktion von Yacht-Takelagen zu übertragen, kam über persönliche Kontakte – wie bei vielen Technologietransfers. Daraus ergab sich der Einstieg der Empa in die Entwicklung von Stagen für Rennyachten im Rahmen des weltweit im Rampenlicht stehenden Alinghi-Projektes. Eine weitere Aufgabe war die Entwicklung von Stagen aus CFK für den «Trimaran TechnoMarine», mit dem der Schweizer Steve Ravussin 2002 das Einhandsegelrennen Route du Rhum bestritt. Grundsätzlich sind diese an der Empa konzipierten Hochleistungs-Stage lange, dünne und sehr leichte Schlaufenzuelemente – aufgebaut aus nicht aneinander haftenden dünnen CFK-Schlaufenlagen.

haben sie aerodynamischen Effekten den Kampf angesagt, die bei hohen Windgeschwindigkeiten die Stage zum Schwingen bringen. Dabei ziehen sie Lösungen wie zum Beispiel stromlinienförmige Verkleidungen in Betracht. Die Faszination, an der Entwicklungsfront der Werkstofftechnologie arbeiten, neue Ansätze sehr rasch umsetzen und in der Praxis erproben zu können, motiviert alle Beteiligten zu Höchstleistungen.

Spinoff für kommerzielle Verwertung

Das Engagement der Empa im Regatta-Spitzensport führte zur Gründung des Spinoff-Unternehmens CARBO-LINK Tendon Systems GmbH (www.carbo-link.com) durch ein aus der Empa herausgelöstes Team von Fachspezialisten. Die ab Anfang Mai 2003 operative Unternehmung wird das patentrechtlich geschützte Know-how und Verfahren auf dem Gebiet der Zugelemente aus faserverstärkten Werkstoffen kommerziell im Bauwesen, im Rennyachtbau und in weiteren Gebieten verwerten.

Kontakt: Dr. Andreas Winistöfer
E-mail: andreas.winistoerfer@empa.ch

Keramik: Ein Werkstoff mit Vergangenheit und Zukunft

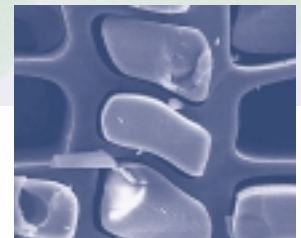
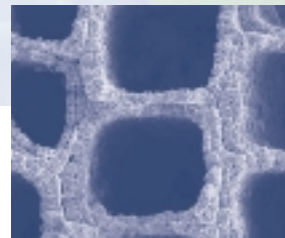
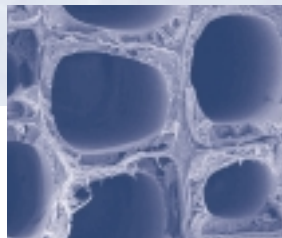
Erfolgreiche Entwicklung von keramischen Werkstoffen und Fertigungsverfahren

Keramische Materialien zählen zu den ältesten Werkstoffen. Die Zukunft ihrer technischen Nutzung hat jedoch eben erst richtig begonnen. In vielen Bereichen, in denen an der Lösung von Problemen unserer Zeit gearbeitet wird, setzen Forscherkreise und Ingenieurwelt auf die moderne Hochleistungskeramik. So unter anderem, wenn es um umweltfreundliche Energieversorgung geht, um Schadenminimierung bei Materialverschleiss oder auch um Versorgung mit gesundem Trinkwasser.

Stärken der Hochleistungskeramik sind hervorragende Härte, Resistenz gegen Verschleiss und Korrosion, geringes Gewicht, hohe Bioverträglichkeit und besondere elektrische Eigenschaften. Die technische Nutzung dieser Werkstoffklasse erfährt seit etwa 1970 eine anhaltende Entwicklung. Immer neue Werkstoffe werden geschaffen und neue Anwendungsbereiche erschlossen. Die 1992 gegründete Abteilung «Hochleistungskeramik» der Empa trägt – in Kooperation mit Hochschulen und Industriepartnern – massgeblich zur Entwicklung von innovativen Werkstoffen, Herstellungsverfahren und Anwendungen bei.

Leistungsstarke Brennstoffzellen kostengünstig fertigen

Durch direkte Umwandlung von chemischer Energie liefern Brennstoffzellen elektrische Energie und Wärme. Die Empa konzentriert



Werkstoffe aus keramisiertem Holz haben eine einstellbare Porosität und finden Anwendung als Filter, Katalysatorträger oder Hochtemperatur-Isolationen (links: Holzstruktur, Mitte: Siliciumcarbid aus Holz, rechts: pyrolysiertes Holz).

sich auf die vom Bundesamt für Energie geförderte Entwicklung von Hochtemperatur-Brennstoffzellen mit keramischen und metallischen Komponenten. Diese sollen, mit Erdgas betrieben, zum Beispiel in Einfamilienhäusern als umweltverträgliche dezentrale Strom- und Wärmequelle dienen.

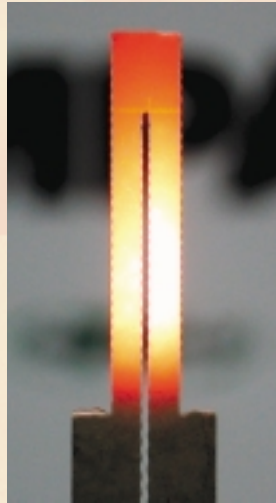
Mit einem neuartigen Aufbau aus metallischen und keramischen Schichten liess sich eine Brennstoffzelle realisieren, die bei +800 °C Betriebstemperatur die hervorragende Leistung von 430 mW/cm² abgibt. Parallel zur Entwicklung der Materialien wurde ein in-

novatives, kostengünstiges Fertigungsverfahren geschaffen. Dieses kombiniert Trockenpressen und Sprühpyrolyse, bei der erhitztes pulverisiertes Keramikmaterial im Vakuum auf das Substrat abgespritzt wird. Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich, der EPF Lausanne und dem Industriepartner der Empa durchgeführt. Es ist erfolgreich abgeschlossen, alle Grundlagen für die angewandte Entwicklung der Produktionsverfahren liegen vor.

Stärken von Stahl und Hochleistungskeramik vereint

Für Werkzeuge, Maschinen und Anlagen werden verschleiss- und korrosionsfeste Werkstoffe benötigt. Hochleistungskeramik an sich ist zwar verschleissfest, aber im Vergleich zu Metallen sehr spröde und damit bruchgefährdet. Als ideale Lösung bieten sich Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe an, so genannte Metall-Matrix-Komposite (MMC), welche die vorteilhaften Eigenschaften von Keramik und Metallen vereinigen. Damit befasst sich die Empa unter anderem im Rahmen ihres von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderten EUREKA-Projekts «Schadenstolerante Metall-Keramik-Kompositwerkstoffe» sowie in direkt finanzierten Industrieprojekten.

Unproblematisch ist die Herstellung von Kompositwerkstoffen aus Siliziumkarbid-Keramiken in Verbindung mit Metallen und Legierungen mit tiefem Schmelzpunkt wie Bronzen. Für verschiedene Anwendungsbereiche sind jedoch Eigenschaften erwünscht, die Stahl-Keramik-Komposite bieten können; sei dies besonders hohe Bruchfestigkeit oder – für Anwendungen im Pharma- und Nahrungsmittelbereich – Lebensmittelechtheit. Weil sich die im Verbund mit Metallen mit tiefem Schmelzpunkt bewährten Keramiken bei den hohen Schmelztemperaturen von Stahl zersetzen, galt es, für die Herstellung innovative Lösungen zu finden.

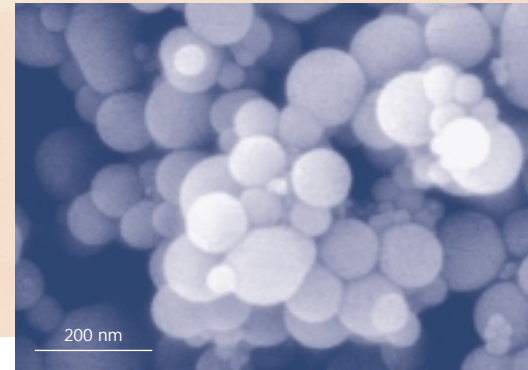


Glühzünder für gas-beheizte Systeme.

Ausgewählte Oxide wie Aluminiumoxid erwiesen sich als chemisch beständige keramische Komponenten für die Einlagerung in einer hochlegierten Stahl-Matrix. Durch eine anspruchsvolle Prozessführung lässt sich damit ein homogenes Gefüge erzielen, aus dem sich Bauteile mit Wandstärken bis zu einigen Zentimetern fertigen lassen. Mit der Anmeldung eines Patentes für geeignete Keramik-Metall-Komposite sowie für die Verfahren zu deren Herstellung und Gefügeoptimierung erreichte das Projekt Ende 2002 einen wichtigen Meilenstein.

Wettbewerbsvorteile durch Strangpressen von Keramikfiltern

Zusammen mit einem Schweizer Unternehmen entwickelte die Empa im Rahmen eines von der KTI geförderten Projekts ein neues,



Siliziumdioxid-Nanopartikel, die mit einer 5 nm dicken Platin-Sputterschicht belegt sind.

kostengünstiges Herstellungsverfahren für keramische Filterelemente zur Wasserentkeimung. Zuvor waren die röhrenförmigen Filterelemente aus Kieselgur im Giessverfahren gefertigt worden. Dieses gewährleistete eine hoch stehende Qualität bei hohen Produktionskosten, die sich als gravierender Nachteil im internationalen Konkurrenzumfeld erwiesen. Im Strangpressverfahren (Extrusion) lassen sich die Filterelemente heute zu rund 50% geringeren Kosten fertigen – ohne Nachbearbeitung und ohne geringste Abstriche am hohen Qualitätsstandard.

*Kontakt: Dr. Thomas Graule
E-mail: thomas.graule@empa.ch*

Plattform für Wissenstransfer und Diskussionsforum

Die Empa-Akademie im dritten Jahr ihres Bestehens

Die Empa-Akademie konnte die Zahl der Teilnehmenden an Tagungen, Kursen und Vorträgen auf fast 6000 Personen erhöhen, was eine Steigerung von 30% gegenüber dem Vorjahr bedeutet. Damit hat sie sich als Plattform für den Transfer von Know-how wie auch als Diskussionsforum gesellschaftlich relevanter Themen gut eingeführt.

Neben Kursen, Tagungen und Vorträgen fanden 2002 an der Empa-Akademie sechs Wissenschaftsapéros statt, für die sich im Schnitt 100 Besucherinnen und Besucher interessierten.

Treibstoffe und Fahrzeuge für die 2000-Watt-Gesellschaft

Der Verkehr mit seinem schnell zunehmenden Energieverbrauch ist mitverantwortlich für drohende Klimaveränderungen. Deshalb sind u.a. marktfähige Antriebskonzepte gesucht, die eine starke und nachhaltige Verminderung der Erdölabhängigkeit, der Treibhausgase und der Luftschadstoffe bewirken. Während ein Vertreter des Verkehrsclubs der Schweiz (VCS) ein intelligentes Mobilitätsmanagement forderte, bestehend aus der Kombination von Velo, öffentlichen Verkehrsmitteln, CarSharing und Privatwagen, stellte ein

Referent von BMW die Vision des Wasserstoff-Verbrennungsmotors vor. Der Empa-Fachmann berichtete seinerseits über Fortschritte auf dem Gebiet der verbrauchsarmen und niedrigstemittierenden erdgasbetriebenen Fahrzeuge.

Nanotechnologie – Kleinste Teilchen, grosse Wirkung

Da in der Nanowelt für viele Anwendungsgebiete interessante Lösungen schlummern, werden auf Hochtouren neue Technologien erforscht und Methoden entwickelt. So etwa eröffnen Kohlenstoffnanoröhrchen als Elektronenquellen neue Möglichkeiten – eine Entwicklung, an der die Empa arbeitet. Die Bühler AG stellte ein neu entwickeltes Zerkleinerungs- und Desagglomerationsverfahren vor, das z.B. die wirtschaftliche Herstellung von Farben mit Nanopigmenten



Informationstechnologie überbrückt Distanzen.

ermöglicht. Die Empa zeigte neuartige Materialkombinationen, die es durch ihre besondere Nanostruktur ermöglichen, Werkzeuge verschleissfester zu machen.

(R)evolutionieren adaptive Werkstoffsysteme die Technik?

Wie lässt sich die Schalldämmung von Fenstern noch verbessern? – Zum Beispiel durch den Einsatz von adaptiven Werkstoffsystemen. Diese reagieren selbstständig auf Änderungen der Umgebungsbedingungen und passen ihre Eigenschaften sinnvoll an. Eine erste Entwicklungsstufe wurde bei der Schall- und Schwingungsunterdrückung erreicht, wie der Referent der Empa zeigte. Ein aktives System überlagert und kompensiert störende Schall- und Schwingungswellen gezielt mit Gegenwellen. Das entsprechende Kompetenzzentrum der Empa unterstützt die Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis. Der Referent des Fraunhofer Instituts für Silikatforschung beleuchtete am Beispiel integrierter piezoelektrischer Sensor/Aktuator-Materialien die Herausforderungen, vor denen die Materialentwicklung und die Technik stehen.

Ohne Schweiss kein Preis – Neue Entwicklungen bei der Sport- und Freizeitbekleidung

Sport- und Freizeitbekleidung soll heute zunehmend «funktionell» sein. Gefordert ist eine Bekleidung, die hinsichtlich Feuchte- und Wärmetransport dem Verwendungszweck angepasste Eigenschaften aufweist. Das Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich zeigte, dass Kleidung und Schwitzen Faktoren sind, welche das Wohlbefinden des Menschen und seinen Energiehaushalt wesentlich mitbestimmen. Die

Entwicklung neuartiger Materialien mit veränderbaren Eigenschaften an der Empa soll helfen, die Leistungsfähigkeit und den Tragkomfort zu erhöhen sowie den gefürchteten Auskühleffekt nach einer sportlichen Aktivität zu minimieren.

Informationstechnologie – der Schlüssel zur Nachhaltigkeit?

Führt der Weg in die Informationsgesellschaft automatisch näher ans Ziel einer nachhaltigen Entwicklung? Der Strombedarf für Informations- und Kommunikationstechnik wird auch in Zukunft stark zunehmen – trotz des rasanten technischen Fortschritts, wie der Referent der ETH aufzeigte. In einem Streitgespräch beleuchteten zwei Empa-ReferentInnen das Pro und Contra der Informationstechnologie. Am Beispiel der Altelektronik wurde die Problematik einer nachhaltigen Bewirtschaftung aufgegriffen.



Die Anlässe der Empa-Akademie wurden 2002 von fast 6000 Teilnehmenden besucht.

Die Brücke der Zukunft

Prof. Dr. Dr. h.c. Christian Menn, Schweizer Brückenbauer von Weltruf, stellte fest, dass im Brückenbau seit längerem keine technologischen Innovationen mehr stattgefunden hätten, anders als im Auto- und Flugzeugbau oder in der Physik und Chemie. Mehr Forschung und Entwicklung, z.B. an zäheren Beschichtungen des Betonstahls und zur Versiegelung der Betonoberfläche, seien erforderlich. Die Empa präsentierte eine Fülle von Vorschlägen. Eine mögliche Zukunft sieht sie in intelligenten bzw. adaptiven Brückensystemen.

Kontakt: Dr. Anne Satir

E-mail: anne.satir@empa.ch

Was ist der Wissenschaftsapéro?

An den regelmässig stattfindenden Wissenschaftsapéros greift die Empa-Akademie fachlich und gesellschaftlich relevante Fragestellungen auf. Jeweils drei bis vier ReferentInnen aus Forschung, Politik und Wirtschaft präsentieren in ihren Vorträgen Ergebnisse und Ansichten zu dem behandelten Thema. Anschliessend stehen sie auch den nicht mit dem Fach vertrauten Gästen entweder in der Diskussionsrunde oder beim Apéro Rede und Antwort.



Ausgewählte Projekte

Hochleistungsmaterialien für die NEAT-Tunnel
Nanomechanik – Werkzeuge für die Nanowelt
JunFunori – technisch gereiftes Naturprodukt
Biopolymere – Bakterien als Plastiklieferanten
Wie Schadstoffe aufs Jungfraujoch kommen
Dopingnachweis im Spurenbereich
Umweltfreundliches Entsorgen von Elektronik

Hochleistungsmaterialien für die NEAT-Tunnel

Ausgangslage

Welches sind die besten Abdichtungs- und Drainagesysteme (ADS)?

Unter mächtigen Felsüberdeckungen, die sich bis 2'500 m hoch türmen, entsteht mit dem Gotthard-Basistunnel der längste Eisenbahntunnel der Welt. Nicht nur hier, auch am Lötschberg wurde Pionierarbeit in der Ab-



Abdichtungssystem: Dichtungsbahn mit Doppelkeilnahtverbunden und Drainagematerial.

dichtungstechnik für künftige Tunnelbauten geleistet. Da wie dort gilt: Unter den gewaltigen Gesteinsschichten herrschen ungünstige Bedingungen. Zusammen mit dem Druck und Gesteinstemperaturen bis 45°C kann das Bergwasser erhebliche Schäden an Tunnelkonstruktionen und bahntechnischen Anlagen verursachen. Die Tunnelbauer müssen deshalb neue Wege gehen, um das Wasser drucklos abzuleiten. Gesucht werden die besten Abdichtungs- und Drainagesysteme (ADS) aus Kunststoffen, die einen zweiseitigen Ausbau mit einer Spritzbetonaussenschale und einem innen liegenden Betontragwerk ermöglichen.

Projekt

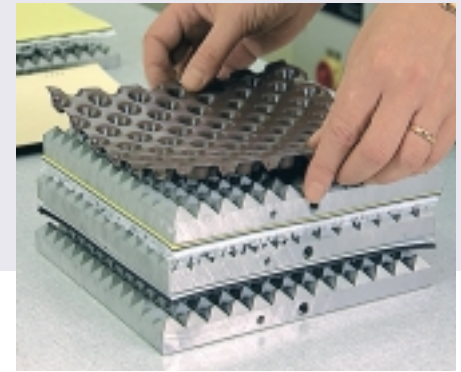
Simulation der Einbaubedingungen

Von den vorgesehenen Materialien wird eine Nutzungsdauer von 100 Jahren erwartet. Sichere Langzeiterfahrungen der heute verfügbaren Materialien, die eine zuverlässige Prognose ermöglichen würden, liegen allerdings nicht vor. Die Anforderungen mussten zuerst formuliert und Materialien evaluiert werden. Die Empa untersuchte daher im Auftrag der Bauherrschaften von AlpTransit verschiedene von der Industrie eingereichte ADS auf ihre Eignung. Um gleichsam die Alpen zu simulieren, wurden die Abdichtungssysteme in einem zwei Jahre dauernden Beständigkeitszyklus einer ganzen Reihe von Einflüssen ausgesetzt.

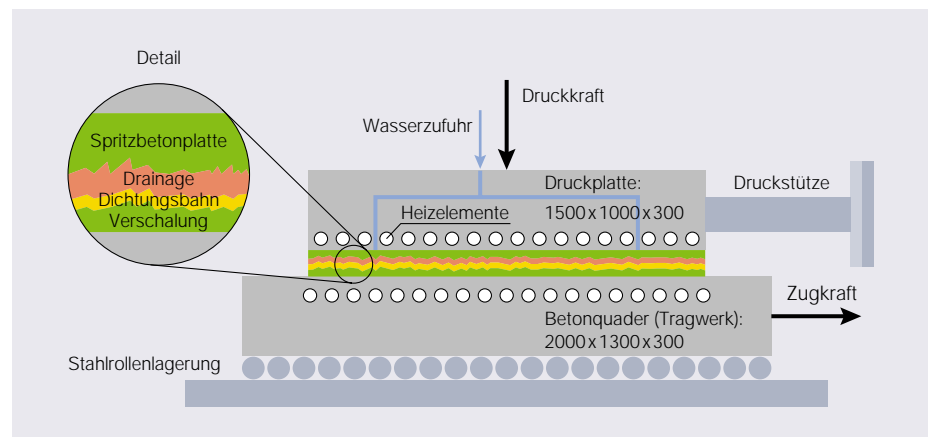
Ausführung/Ergebnisse

Materialtechnik unter Wasser und unter Druck

24 Monate lagerten ADS-Proben bei Temperaturen bis 70°C in alkalischem, saurem und sauerstoffreichem Wasser und wurden aerobem sowie anaerobem Mikroorganismenklima ausgesetzt. Für die Druckversuche ruhten



Abdichtungssystem zwischen glatten und geriffelten Druckplatten.



Prinzipaufbau der Druck-/Schubversuchsanlage für die Ermittlung der Drainageleistung.



*Tiefe Kerbe im Betontragwerk
wegen Falten der Dichtungsbahn.*

konnten, erhielt die Anlage Heizungsrohre und ein ausgeklügeltes Bewässerungssystem zur Messung der Drainageleistung.

Um die Eignung der Materialien beim Verlegen und beim Betonieren des Tragwerks unter Baustellenbedingungen abzuklären, wurden in einem Versuchsstollen Abdichtungssysteme verlegt, einbetoniert und wieder freigelegt. Aufgrund der Welligkeit und Rauigkeit des Spritzbetons und der Anzahl Befestigungspunkte, so zeigte sich, hatten sich in den Dichtungsbahnen Falten gebildet, wo sich wegen der hohen Beanspruchung später Risse hätten bilden können.



*Kontrolle der Schweissnähte vor dem
Betonieren.*

*Abbruch des Tragwerks zur Kontrolle des
Abdichtungssystems.*

die Abdichtungssysteme in alkalischem Wasser, eingespannt zwischen einer glatten und einer geriffelten Druckfläche. Bereits nach sechs Monaten zeigten sich an einzelnen Materialien erste Schwächen. Deshalb erwies sich eine zweite Versuchsreihe mit optimierten ADS nötig, in welcher dann die geeigneten Materialkombinationen ermittelt werden konnten.

Noch einen Schritt weiter gingen die Versuchsreihen, in welchen die ADS kombinierten Lateraldrücken mit horizontaler Schiebung und grossflächige Proben in einer raffinierten Versuchsanlage vertikalen und horizontalen mechanischen Kräften unterworfen wurden. Damit auch die hohen Gebirgstemperaturen und die Wassereinwirkung simuliert werden

Innovationen für die Planung und die Umsetzung im Tunnelbau ausgelöst

Während des Projektes griffen Industriepartner immer wieder Erkenntnisse und Forschungsergebnisse der Empa auf, um neue, robustere, temperatur- und oxidationsbeständige Materialsysteme mit höherer Gesamtdrucksteifigkeit und Alterungsbeständigkeit zu formulieren und zu produzieren. Im Verlauf des Projekts entstanden daher mannigfaltige Innovationen materialtechnischer und handwerklicher Art. Fortschritte wurden nicht nur in der Schweisstechnik erzielt, eingeführt wurde auch eine neue Befestigungstechnik der Bahnen mit flexiblem Klettverschluss anstatt fixen Rondellen. Genauso wurde das Faltenproblem gelöst: Die hohen Anforderungen an die Oberflächengeometrie des Spritzbetons führten zu einer neuen, dreidimensionalen Vermessungsmethode, die im Lötschbergtunnel flächendeckend angewendet wird.

Zusammen mit Prof. em. Hans Böhni von der ETH, den beiden Bauherrschaften von Alp-Transit und den Ingenieurgemeinschaften wurden für die Dauerhaftigkeit dieser Jahrhundertbauwerke neue Massstäbe gesetzt und Pionierarbeit geleistet. Die Ingenieure sind auf diese Weise für weitere grosse Tunnelbauprojekte im In- und Ausland bestens gerüstet. Zum Projekt ist das Video «Die NEAT-Lizenz» erhältlich.

Kontakt: Peter Flüeler

E-mail: peter.flueler@empa.ch

Ausgangslage

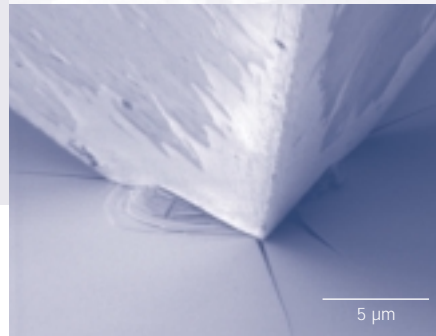
Mit Nano-Werkzeugen kleinste Materialien bearbeiten

Makroskopische Eigenschaften von Materialien werden mit klassischen Messmethoden bestimmt, die sich nicht einfach in die Mikro- und Nanowelt übertragen lassen. Die Ausprägungen physikalischer Phänomene wandeln sich, wenn der Massstab verändert wird. Lokal können z.B. als Folge von Kräften auf sehr kleine Flächen enorme Drücke und damit die Lebensdauer beschränkende Reibung und Abnützung entstehen. Um mit mikro-elektromechanischen Systemen (MEMS), Kompositmaterialien und dünnsten Beschichtungen zu arbeiten, braucht es genaue Kenntnisse Ihrer mechanischen Eigenschaften. Herkömmliche Zug- oder Biegeversuche können in diesen Dimensionen jedoch nicht mehr eingesetzt werden, da die gängigen Standardwerkzeuge und Analyseverfahren in der Nanowelt wenig tauglich sind. Es bereitet schon Mühe, die Proben überhaupt zu greifen und einzuspannen, geschweige denn, sie zu untersuchen und adäquat zu bearbeiten. Wer sich in der Welt der Mikro- oder sogar Nanomassstäbe sicher bewegen will, braucht dazu neue zuverlässige Werkzeuge.

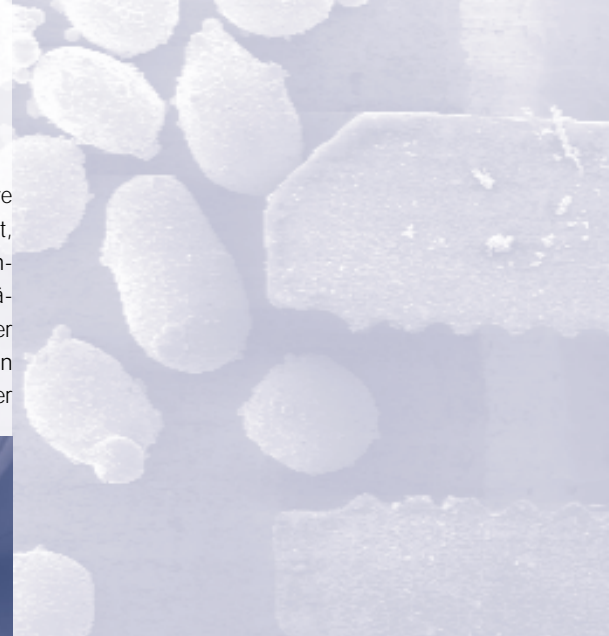
Idee

Analyse im Nanolabor – das Rasterelektronenmikroskop hilft

Schon seit einer Weile gibt es alternative Methoden für die Arbeit in der Nanowerkstatt, sie erlauben jedoch keine Aussagen über fundamentale Materialparameter, wie Bruchzähigkeit und Spannungs-Dehnungskurve der Materialien. Darum kommen Messmethoden wie die Nanoindentation zum Einsatz. Hier



werden Materialproben mit einer Diamantpyramide bei kontinuierlicher Messung von Kraft und Eindringtiefe eingedrückt (indentiert). Daraus lässt sich der Elastizitätsmodul bestimmen – sogar dann, wenn die Eindrücke so klein sind, dass sie unter einem Lichtmikroskop nicht mehr gesehen werden können. Damit auch das Verformungsvermögen des Untersuchungsobjektes bestimmt werden kann, wird die Indentation zusätzlich mit computergestützten, numerischen Verfahren (Finite-Elemente-Verfahren) ausgewertet. So lassen sich auch andere intrinsische Eigenschaften wie die Zug-Dehnungs-Kurve bestimmen.



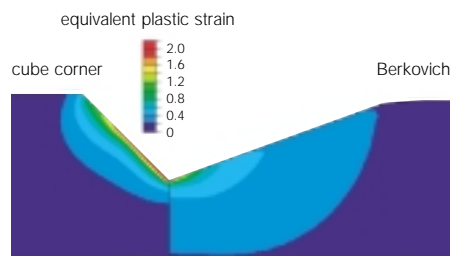
Diamantpyramiden hinterlassen Spuren auf der Oberfläche während einer Nanoindentation.

Aus der Beobachtung des Messvorgangs und seinen Ergebnissen können auch noch weitere Erkenntnisse über die Eigenschaften des Materials gewonnen werden. In ein Rasterelektronenmikroskop wird deswegen zurzeit ein steuerbarer miniaturisierter Nanoindenter eingebaut. Mittelfristiges Ziel ist es, sogar ein komplettes miniaturisiertes mechanisches Analyselabor in ein Rasterelektronenmikroskop zu integrieren. Die Handhabung von kleinen Proben innerhalb des Vakuums der Mikroskopkammer wird dann durch Werkzeuge für die Nanofabrik realisiert werden, welche die Proben transportieren und sie in mechanischen Versuchen gezielt belasten.

Hilfreiche Werkzeuge für die Nanofabrik und Algorithmen

In Kooperation mit zwei internationalen Werkzeugherstellern wurden Vorrichtungen gebaut, die eine Untersuchung des Biege-, Zug- und Durchdruckverhaltens von winzigen Materialproben unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM) erlaubt.

Im EU-Projekt ROBOSEM entstand mit europäischen Partnern aus Frankreich, Deutschland und der Schweiz ein Mikro-Roboter, der miniaturisierte Proben auf einer Plattform handzuhaben weiss. Und zusammen mit der Ecole des Mines de Paris und der ETH in Lausanne wurde ein Algorithmus entwickelt, mit dem sich die Kraft-Weg-Kurve der Nanoindentation in eine Dehnungs-Druck-Kurve konvertieren lässt. Die Ergebnisse auf der Nanoebene können so besser mit den Zugversuchen auf Makroebene verglichen werden.



Computersimulation des Verformungsfeldes um einen Nanohärteeindruck.

Perfekte Nano-Werkzeuge auf neuen Anwendungsgebieten einsetzen

Das grosse Potenzial der nanomechanischen Werkzeuge in Verbindung mit einem REM und unter Beizug der numerischen Simulation konnte in den Projekten eindrücklich belegt werden. So liess sich durch die Anwendung von verschiedenen geformten Indentern die Dehnungs-Zug-Kurve von MEMS-Teilen und Dünnschichten bereits erfolgreich bestimmen. Auch das Verformungsverhalten von neuen Stromüberleitungen aus Aluminium-Faserverbundwerkstoffen wurde auf diese Weise präzise untersucht.

Laufende Projekte beschäftigen sich gegenwärtig mit der Verwendung von weiteren Formen von Indentern: Der Einsatz verschieden geformter, vieleckiger Pyramiden soll erforscht werden. Weitere Umsetzungsideen betreffen den Einsatz von Nanoscratch-Werkzeugen. Werden unter einem Rasterkraftmikroskop mechanische Nanomuster auf Oberflächen



«Empa» – mit Nanowerkzeugen auf einen Haarquerschnitt eingraviert.

eingritz, so lassen sich auf diese Muster gezielt elektrochemisch Werkstoffe auftragen. Ein anderes Projekt im Rahmen der nationalen Nanotechnologieinitiative «Top Nano 21» befasst sich mit der Untersuchung der fundamentalen Modi der Rissausbreitung in Halbleiterkristallen mit Hilfe der Werkzeuge für die Nanofabrik im Rasterelektronenmikroskop.

Kontakt: Dr. Johann Michler
E-mail: johann.michler@empa.ch

JunFunori – technisch gereiftes Naturprodukt

Ausgangslage

Eine japanische Rotalge als Retterin von loser matter Malerei

Matte Malerei ist in allen Epochen und Kulturen anzutreffen – von der prähistorischen Höhlenmalerei bis zu den Kreidebeschriftungen von Joseph Beuys. Sie ist sehr empfindlich, da die Farbschichten durch Umwelteinflüsse, Nutzung und die Materialbeschaffenheit des Objektes zu pudern und zu kreiben beginnen können; zuweilen lösen sich auch ganze Schollen. Matte Malerei nachträglich zu festigen ist deshalb eine grosse Herausforderung an RestauratorInnen und KonservatorInnen. In den letzten Jahren hat Funori (Fu = Meer, No = Moos, Ri = Wohlgeruch), ein in Japan aus Rotalgen hergestellter Kleber, das Interesse der Fachleute geweckt. Um mögliche Risiken beim Einsatz von Funori als Konsolidierungsmittel abzuschätzen, musste das Material jedoch mit Hilfe künstlicher Alterung auf seine chemische und physikalische Stabilität hin untersucht und die Anfälligkeit auf Mikroorganismen wie Pilzbefall getestet werden.



Mit JunFunori gefestigte Tafel des «Landi»-Wandbildes von Hans Erni (1939), Schweizerisches Landesmuseum.

Projekt

Qualitätsschwankungen von Funori in den Griff bekommen

Das aus Rotalgen der Gattung *Gloiopeltis* gewonnene Konsolidierungsmittel wurde in einem interdisziplinären Grundlagenforschungsprojekt untersucht. Im Projekt, das die Empa zusammen mit dem Institut für Denkmalpflege der ETH Zürich und dem Zentrum für Konservierung des Schweizerischen Landesmuseum durchführte, liessen sich die guten Eigenschaften des Festigungsmittels bestätigen. Da es sich bei Funori um ein Naturprodukt handelt, unterliegt es allerdings Qualitätsschwankungen, die auf unterschiedliche Anbauggebiete und Verarbeitung zurückzuführen sind.



Gloiopeltis furcata wächst auf Felsen der Spritzwasserzone.

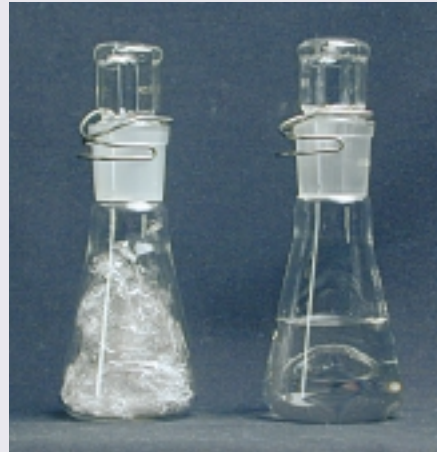
Um diesen Qualitätsschwankungen des traditionellen Naturproduktes Funori wirksam zu begegnen, wurde an der Empa in einem Folgeprojekt ein Reinigungsverfahren entwickelt und ein neues Festigungsmittel auf Algenbasis erzeugt.

Neues JunFunori unter Labor- und Museumsbedingungen erforschen

Das neue, farblose Produkt JunFunori (Jun = rein) zeigt gleich gute Eigenschaften wie Funori, klebt aber besser und ist wesentlich einfacher zu verarbeiten. Um die Langzeitstabilität zu erforschen, wurden Filme von Funori und JunFunori künstlich gealtert durch erhöhte UV-Belastung sowie gleichzeitige Temperatur- und Luftfeuchteschwankungen. Resultat: Bei beiden Produkten liessen sich keine Veränderungen feststellen, chemische und physikalische Eigenschaften blieben einwandfrei erhalten.

Erfreulicherweise wiesen die Filme auch ausgezeichnete optische Eigenschaften auf: Sie waren transparent und weder milchig oder vergilbt, noch gelblich oder ausgebleicht, sie blieben matt und begannen nicht zu glänzen, sie verhielten sich elastisch und nicht spröde, sie rissen nicht und splitterten nicht. Mit JunFunori gefestigte Pigmentschichten zeigten keine optischen Oberflächenveränderungen wie Schleier, Ränder oder Verdunklungen. Deshalb empfiehlt es sich bestens als Alternative zu gängigen Festigungsmitteln.

Da Modellversuche lediglich eine Annäherung an die Realität sind, wurde das neue Produkt an ausgewählten Objekten des Schweizerischen Landesmuseums und des Völkerkundemuseums der Universität Zürich auf seine Praxistauglichkeit hin untersucht. Weitere interessierte Fachleute erhielten kleine Proben von JunFunori samt Rezept, damit sie das



Festigungsmittellösung aus dem gereinigten Algenprodukt.

neue Empa-Produkt in ihrer Arbeit selber testen konnten. Die Rückmeldungen verliefen sehr positiv. Auch an verschiedenen Hochschulen wird das neue Konservierungsmittel ernst genommen, bereits sind Diplomarbeiten zur Konservierung mit Funori und JunFunori entstanden.

Weitere Einsatzgebiete für JunFunori erobern

Der Erfolg bewegte die ForscherInnen dazu, JunFunori als Schweizer Marke einzutragen. Weitere Projekte werden beantragt, damit das Verhalten von Funori noch besser verstanden wird. Die neuen Erkenntnisse wiederum fliessen dann in die Weiterentwicklung von JunFunori mit ein. Um der erwarteten Nachfrage nach dem Produkt nachzukommen, soll in Zusammenarbeit mit Industriepartnern JunFunori in die grosstechnische Produktion überführt werden. Denkbar ist auch, das neue Produkt nicht nur in der Restaurierung, sondern auch in anderen Bereichen einzusetzen, wie zum Beispiel in der Pharmazie, Kosmetik und Medizin.

岩浦布純

Kontakt: Françoise Michel
 Dr. Thomas Geiger
 E-mail: JunFunori@empa.ch

Biopolymere – Bakterien als Plastiklieferanten

Ausgangslage/Idee

«Biopolymere» mit Wunscheigenschaften

Wenn Mikroorganismen Nährstoffe mit geeignete Kohlenstoffsubstraten vorgesetzt bekommen und ihnen das Klima im Bioreaktor behagt, produzieren einige von ihnen «Bioplastik». Es entsteht eine Polymermasse mit grossen Vorteilen gegenüber synthetischen Werkstoffen aus Erdöl: Der umweltverträgliche, nachhaltige Biowerkstoff, der aus einem immer wieder nachwachsenden Rohstoff produziert werden kann, wird von Pilzen und Bakterien auch wieder abgebaut.

Ob die gewonnene Biopolymermasse spröde, elastisch oder klebrig wird, entscheidet sich aufgrund der Art der zugeführten Nährstoffe, der Mikroorganismen und der Wachstumsbedingungen im Bioreaktor. In gemeinsamen Forschungsprojekten mit der ETHZ und der Eawag werden an der Empa die geeigneten biotechnologischen Prozessbedingungen evaluiert und optimiert, um Biopolymere massgeschneidert herzustellen.

Kontrollierte Wachstumsbedingungen im Chemostat gewähren eine konstante, reproduzierbare Herstellung von Biopolymeren.

Projekt

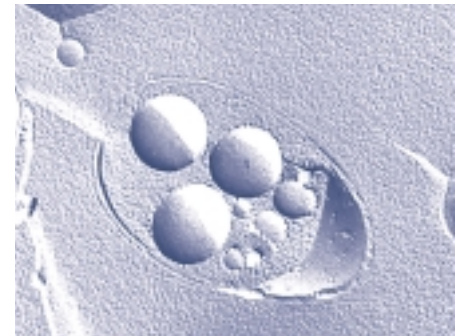
Die richtige Diät für die Bakterien bringt

Die kontinuierliche Kultivierung im Chemostat und die genaue Kenntnis um die Beeinflussbarkeit des Zellstoffwechsels ermöglicht es dem Team, zahlreiche neue Polyhydroxyalkanoate (PHA)-Rezepte für die Biosynthese mit Bakterienkulturen zu entwerfen.

Bis heute sind mehr als 90 Mikroorganismen bekannt, die im Zellinnern PHAs, einen natürlichen Polyester, als Kohlenstoff- und Energiespeicherstoff einlagern. Die in Form von Granula eingelagerten PHAs lassen sich mit organischen Lösungsmitteln aus den getrockneten Zellen herauslösen und durch Umfällen mit Methanol oder Ethanol aufarbeiten.



Am meisten PHA-Masse wird in den Zellen gebildet, wenn den Bakterien Kohlenstoffsubstrate, beispielsweise in der Form von Fettsäuren, im Überschuss angeboten werden und gleichzeitig das Stickstoffangebot das Wachstum limitiert. Die Verwendung von Kohlenstoffsubstratgemischen unter definierten Wachstumsbedingungen im Chemostat erlaubt die Steuerung des molekularen Aufbaus und somit auch der physikalischen und makroskopischen Eigenschaften des Produkts.



*Das Bakterium *Pseudomonas oleovorans* lagert im Zellinnern Polyhydroxyalkanoate («Bioplastik») ein.*

Biologische und chemische Erkenntnisse



Rohextrakte von Polyhydroxyalkanoat (PHA), vor (links) und nach der Reinigung (Mitte, rechts).

Die nach den eigenen Rezepten hergestellten Biopolymere werden nicht nur nach physikalischen, sondern auch nach biologischen und chemischen Gesichtspunkten beurteilt, um das Eigenschaftsprofil der unterschiedlichen PHA-Werkstoffe zu ermitteln. PHAs mit kurzer Seitenkette (scIPHA) sind Thermoplaste und können für medizinische Anwendungen und Wegwerfartikel (Labormaterial, Verpackungen) gebraucht werden. PHAs mit mittlerer Länge der Seitenkette (mcIPHA) sind flexibler als die spröden und steifen PHAs mit kurzer Seitenkette – sie eignen sich ebenfalls bestens für medizinische Anwendungen.

Biopolymer-Implantate mit Arznei-Füllung

Wegen der guten Abbaubarkeit und hohen Bioverträglichkeit ist die natürliche Polymermasse ein Werkstoff mit vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten in Industrie, Chemie, Pharmazie und nicht zuletzt in der Medizin. Vorstellbare Produkte aus Biopolymeren sind Wundfäden, Hautersatz, Implantate, künstliche Arterien, Venen und Herzklappen. Damit noch nicht genug: PHAs besitzen Eigenschaften, die sie befähigen, als Trägermaterial für andere Substanzen zu dienen. So könnten Medikamente künftig in Implantate eingelagert werden: Während der menschliche Körper das Implantat resorbiert, wird

über definierte Zeiteinheiten die Arznei freigesetzt. Grundlagen zu dieser speziellen Anwendung werden zurzeit im Reagenzglas an der Empa erforscht.

Aber auch in der Industrie kann man sich die Anwendung von PHAs vorstellen. Eine der Möglichkeiten ist der Einsatz von PHAs als Matrix für Zosteric Acid (ZA), einem Wirkstoff, der in Seegrass vorkommt und dort die Bildung von Biofilmen verhindert. Das Biopolymer mit der ZA-Säure könnte nun, wie die Empa ebenfalls erforscht, als Imprägnierung von Oberflächen gegen unerwünschte Biofilme verwendet werden.



Quervernetzung in ungesättigten PHA ermöglicht die Herstellung eines bioabbaubaren Gummis.

*Kontakt: Dr. Manfred Zinn
Dr. Roland Hany
Dr. Helene Felber
E-mail: manfred.zinn@empa.ch
roland.hany@empa.ch
helene.felber@empa.ch*

Wie Schadstoffe aufs Jungfraujoch kommen

Ausgangslage

**Halogenierte Treibhausgase:
Reglementiert und verboten,
aber immer noch vorhanden**

Die Protokolle von Kyoto und Montreal reglementieren eine Anzahl von halogenierten Kohlenwasserstoffen, die durch Absorbieren von Strahlung zum Treibhauseffekt beitragen. Nun gilt es zu untersuchen, wie die Vorschriften zu den halogenierten Treibhausgasen in Europa eingehalten werden. Chemische Analysen und meteorologische Modelle sind nötig, um Aufschluss über die Emissionen dieser Substanzen in die Atmosphäre zu gewinnen. Zudem werden Informationen darüber benötigt, welche Menge welcher halogenierten Ersatzstoffe anstelle der im Montrealprotokoll verbotenen Substanzen verwendet werden. Zurzeit steigen die Konzentrationen dieser Ersatzstoffe stark an. Es interessiert jedoch nicht nur, in welcher Konzentration diese Ersatzstoffe vorliegen, sondern auch, in welchen Regionen und Ländern Europas sie emittiert werden.

Projekt

**Messungen auf dem Dach von Europa
für Europa**

Auf dem Jungfraujoch (3580 m ü. M.) werden seit Januar 2000 die Konzentrationen von 23 halogenierten Treibhausgasen mit einem Gaschromatograph-Massenspektrometer (GCMS) kontinuierlich gemessen. Neben dem GCMS der Empa sind weitere drei (von weltweit nur fünf) dieser Systeme im europäischen Projekt SOGE (System for Observation of Halogenated Greenhouse Gases in Europe) im Einsatz. Sie befinden sich in Italien (Monte Cimone), Norwegen (Spitzbergen) und Irland (Mace Head). Gemeinsames Ziel ist es, die Emissionen der halogenierten Treibhausgase in Westeuropa zu modellieren. Die Schweizer Station auf dem Jungfraujoch bietet dank ihrem einzigartigen Standort hierzu beste Voraussetzungen. Ihre hochalpine Lage erlaubt es, Konzentrationen fast gänzlich unbeeinflusst von lokalen Einflüssen nachzuweisen. Im Herzen von Europa gelegen, befindet sich die Station zudem näher bei potentiellen Ursprungsherden als etwa Irland und Norwegen.

*Die hochalpine Forschungsstation
Jungfraujoch, 3580 m ü. M.*

Ausländische Projektpartner

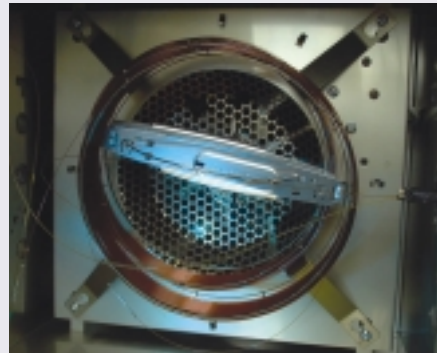
- Norwegian Institute for Air Research (Norwegen)
- University of Bristol (Grossbritannien)
- University of Urbino (Italien)
- University of Liège (Belgien)
- Alfred-Wegener-Institut, AWI (Deutschland)
- University of Oslo, Geophysics Department (Norwegen)



Problematische Ersatzstoffe lösen verbotene Substanzen ab

In den letzten drei Jahren konnte mit den Erhebungen gezeigt werden, dass sich die Konzentrationen von verschiedenen, im Montrealprotokoll verbotenen Substanzen stabilisiert haben. Bei ihren Ersatzstoffen wurde jedoch eine beträchtliche Zunahme der Konzentrationen festgestellt. Fluorkohlenwasserstoff HFKW-134a beispielsweise, das in Auto-Klimaanlagen und Kühlschränken verwendet wird, hat das untersagte Fluorchlorkohlenwasserstoff FCKW-12 abgelöst. HFKW-134a steigt momentan um ca. 20 Prozent jährlich an.

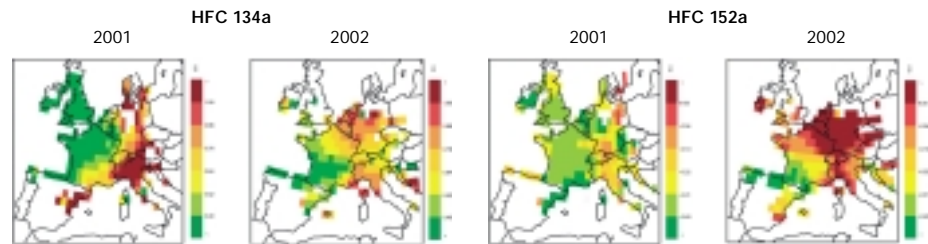
Um den Quellen auf die Spur zu kommen, werden die Daten vom Jungfraujoch mit den Angaben der anderen europäischen Partner verglichen und schliesslich mit meteorologischen Informationen kombiniert. Mit Trajektorien kann der Weg der Treibhausgase zurückverfolgt werden. Die Analyse von zurückliegenden Wetterlagen und -bewegungen, welche den Lauf der Treibhausgase bestimmt hatten, führt zum geographischen Ausgangsort der Stoffe, dem Herd der Verschmutzung. Im Fall von HFKW-134a konnte die Po-Ebene mit ihrer grossen Dichte an Industrien als ein wichtiger Ursprungsort in Europa ermittelt werden.



Gaschromatograph zur Analyse der halogenierten Treibhausgase.

Europäische Emissionsquellen von Treibhausgasen unter ständiger Beobachtung

Je mehr Daten aus Messungen vorhanden sind, desto finer wird das Netz zur Überwachung der halogenierten Treibhausgase in Europa. Genauer werden auch die Aussagen darüber, wie die Vorschriften in bestimmten Zeiträumen eingehalten werden. Die Empa skaliert mit ihren europäischen Partnern die Modelle derart, dass eine umfassende quantitative, präzise Zuordnung der halogenierten Treibhausgasen zu ihren Emissionsquellen in Europa möglich wird. Damit erhält der Gesetzgeber die notwendigen Informationen, um konsequent gegen nachweisliche Umweltverschmutzer vorgehen zu können.



Modellierte potentielle Emissionsgebiete der HFKWs 134a und 152a in Europa und ihre Entwicklung zwischen 2000 und 2002.

Kontakt: Dr. Stefan Reimann
E-mail: stefan.reimann@empa.ch

Dopingnachweis im Spurenbereich

Ausgangslage

Ein Schuldspruch muss abgestützt sein

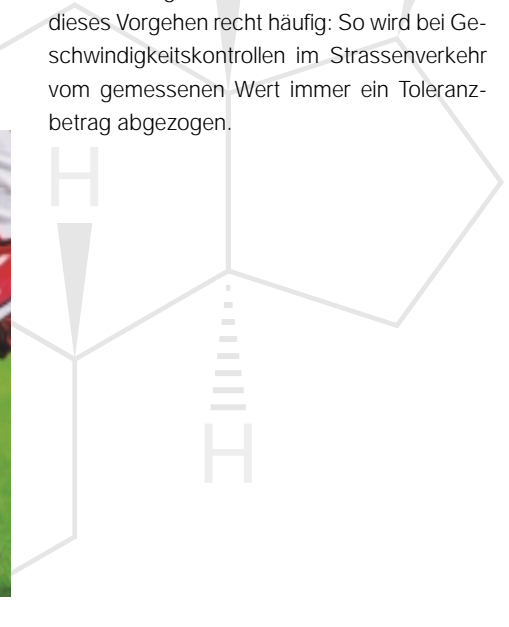
Im Jahr 2002 wurden zwei Spieler der holländischen Fussball-Nationalmannschaft des Dopings mit Nandrolon bezichtigt und gesperrt. Beide Angeklagten haben ihre Unschuld beteuert und letztlich die Analyseergebnisse angezweifelt. Daraufhin wurde vom holländischen Institut für Messwesen (NMI) ein unabhängiges Gutachten über die Aussagekraft der Labordaten erstellt. Dieses zeigte, dass die gefundenen Werte zwar über dem zulässigen Grenzwert von 2 ng/mL liegen, die Daten für eine eindeutige Verurteilung aber nicht genügend aussagekräftig sind. Ein zweites Gutachten der Empa kam zu demselben Ergebnis, und die Vertreter des NMI und der Empa mussten vor einem Ausschuss der FIFA ihre Gutachten erläutern. Wenig später wurden die Strafmasse in beiden Fällen gemindert. Zwischenzeitlich sind die beiden Profisportler wieder in Aktion.



Problematik

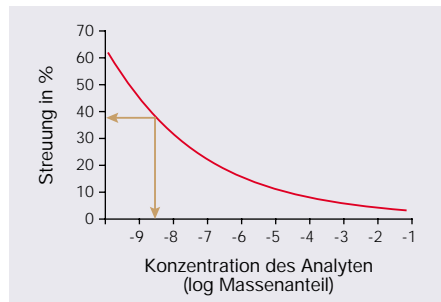
Wie zuverlässig sind chemische Analysen?

Entscheidungen in Dopingfällen basieren immer auf den Ergebnissen chemischer Analysen. Chemische Messungen sind aber naturgemäss nie perfekt. Wird dieselbe Probe mehrmals analysiert, resultieren immer Werte, die sich mehr oder weniger stark unterscheiden. Diesem Umstand wird durch die Angabe der Messunsicherheit Rechnung getragen. Gerade wenn es um die Einhaltung von Grenzwerten geht, ist es nicht ausreichend, nur einen Messwert mit dem Grenzwert zu vergleichen. Die Unsicherheit der Messung muss daher unbedingt mit berücksichtigt werden, wenn ein Urteil zu fällen ist. Je grösser die Tragweite eines Schuldspruches für den Angeklagten ist, umso zweifelsfreier sollte auch die analytische Aussage sein. In der Praxis findet man dieses Vorgehen recht häufig: So wird bei Geschwindigkeitskontrollen im Strassenverkehr vom gemessenen Wert immer ein Toleranzbetrag abgezogen.



Nichts Triviales: Chemische Spurenanalytik

Die Schwierigkeit chemischer Analysen wird oft unterschätzt. Dies gilt besonders für Messungen von sehr tiefen Stoffkonzentrationen, so genannten Spurenanalysen. Die zu bestimmende Substanz muss zuerst aus der Probe (Matrix) isoliert werden. Im Falle von Nandrolon geschieht dies mittels Festphasen-Extraktion. Zur Detektion der Substanz muss sie zudem in ein geeignetes Derivat überführt werden. Dies geschieht durch eine enzymatische Abspaltungs-Reaktion, gefolgt von einer chemischen Derivatisierung (Silylierung). Erst jetzt kann die Probe mittels gekoppelter Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) gemessen werden. Bei der Bestimmung von Nandrolon geschieht das alles mit nur wenigen Nanogramm. Schwankungen im zweistelligen Prozentbereich sind dabei normal, auch wenn die Analysen sehr sorgfältig durchgeführt werden.

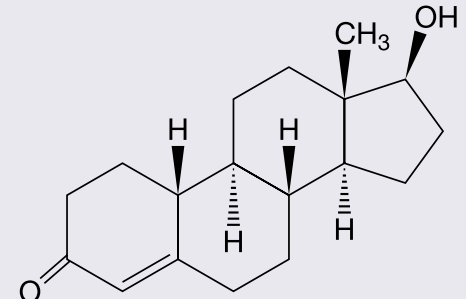


Die Näherung nach Horwitz zeigt: je tiefer die Konzentration des Analyten, desto grösser die Streuung von chemischen Analysen. Im Bereich von ng/mL (also -9 auf der Skala) sind zweistellige Unsicherheiten üblich.

Nandrolon ist überall

Einer der beiden Spieler wurde mit Nandrolon-Werten von 2,6 (A-Probe) resp. 2,3 ng/mL (B-Probe) verurteilt. Beide Werte liegen über dem Grenzwert von 2,0 ng/mL. Auf den ersten Blick scheint eine Verurteilung aufgrund der erhöhten Nandrolon-Werte gerechtfertigt. Dass die Werte der beiden Proben aber deutlich auseinander liegen, lässt auf eine grosse Messunsicherheit schliessen und detaillierte Untersuchungen der Ergebnisse haben das schliesslich auch gezeigt. Die Tatsache, dass die Gutachten der beiden metrologischen Institute zu hohen Messunsicherheiten kamen, deutet darauf hin, dass noch weitere Quellen der Unsicherheit vorhanden sind. Alles in allem bedeutet dies, dass eine eindeutige Überschreitung des Grenzwertes nicht nachgewiesen werden konnte.

Es gibt aber noch andere Aspekte, welche beim Thema Nandrolon-Doping zu berücksichtigen sind. So kann Nandrolon auf verschiedenen Wegen auch unbemerkt in den Körper gelangen. In den USA ist es in zahlreichen legal erhältlichen Präparaten zur Nahrungsergänzung zu finden. Deren Deklaration stimmt aber oft nicht mit dem Inhalt des Präparates überein. Eine Studie hat gezeigt, dass die Einnahme von solchen als «dopingfrei» deklarierten Präparaten zu Nandrolon-Werten im Urin von über 600 ng/mL führen kann. Nandrolon wird auch in der Rinderzucht verabreicht, so dass unter Umständen über den



Nandrolon

Verzehr von z.B. Spaghetti Bolognese Nandrolon in beachtlichen Mengen aufgenommen werden kann. Zudem produziert der Körper selbst bis zu 0,6 ng/mL Nandrolon, wobei diese Konzentration bei Extremleistungen um ein Mehrfaches ansteigen kann. Absichtliches Nandrolon-Doping führt oft zu Konzentrationen im Urin von einigen Tausend ng/mL. Solch hohe Konzentrationen lassen sich im Labor mit hoher Zuverlässigkeit messen. Wenn aber Sportler wie in den vorliegenden Fällen mit Werten von unter 10 ng/mL verurteilt werden, dann ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass sie zu Unrecht gesperrt werden. In Anbetracht solcher Erkenntnisse dürfte der IOC-Grenzwert für Nandrolon im Urin mit 2 ng/mL zu tief angesetzt worden sein.

Kontakt: Dr. Michael Weber

Dr. Matthias Rösslein

E-mail: michael.weber@empa.ch

matthias.roesslein@empa.ch

Umweltfreundliches Entsorgen von Elektronik

Ausgangslage

Berge von Elektronikmüll mit Millionen einwandfreier Komponenten...

Die Lebensdauer von Elektronik-Konsumgütern ist in der Regel bedeutend länger als deren Gebrauchszeit. Fernsehapparate werden im Durchschnitt alle sechs Jahre ersetzt, obwohl sie durchaus 15 Jahre im Einsatz stehen könnten. Funktioniert ein Elektrogerät nicht mehr wunschgemäß, wird es entsorgt, obwohl der Schaden oft nur auf eine einzige defekte Komponente zurückgeht. Deshalb türmt sich der Elektronikmüll mittlerweile zu Bergen von Millionen einwandfreier Komponenten. Um vorzubeugen, dass dabei wertvolle Rohstoffe vernichtet werden, müssen sich die Hersteller laut neuen schweizerischen und europäischen Gesetzen verpflichten, Altelektronik zurückzunehmen und sorgfältig zu entsorgen.



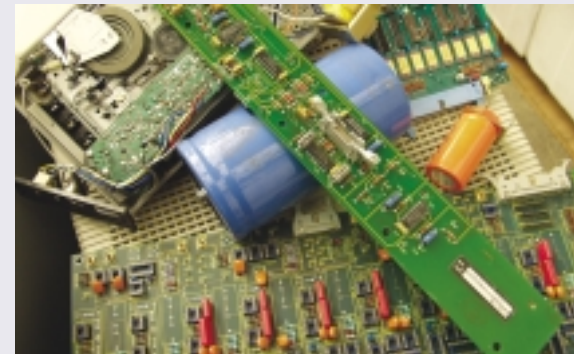
Diese Art der Entsorgung, bei der nur Material recycelt wird, ist hoffentlich bald Vergangenheit.

Projekt

Elektronik wieder verwerten, reparieren, recyceln oder upgraden?

Von den Methoden der umweltverträglichen Nachbehandlung steht das stoffliche Recycling heute im Vordergrund. Dies ist aber nicht nur aus ökologischer und ökonomischer Hinsicht keine optimale Lösung. Sinnvoller ist oft eine Kombination aus Reparatur, Wiederverwertung von Komponenten, Upgrading bestehender Geräte, Verwendung unbedenklicher Stoffe und Recycling. Erst die Verknüpfung der verschiedenen Aspekte gewährleistet eine nachhaltige Bewirtschaftung gebrauchter Elektronik.

Damit Hersteller bereit sind, Komponenten wieder zu verwenden, müssen verlässliche Angaben zu deren Funktionstüchtigkeit und erwarteter Lebensdauer gemacht werden.



Viele Platinen enthalten standardisierte Chips, z.B. Speicher, die sich zur Wiederverwertung in Low-Cost-Consumer-Anwendungen eignen.

Die Empa rief deshalb das Projekt «Care Electronics Materials and Ageing» ins Leben, in dem das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM), Berlin, die Universität für Bodenkultur (BOKU), Wien, sowie 14 Industriepartner mitarbeiteten. Die Partner aus Forschung und Praxis entwickelten Methoden zur Bestimmung der Verfügbarkeit von Geräten, schlugen Reparaturstrategien vor und definierten Kriterien für die Schätzung der verbleibenden Lebensdauer von Komponenten. Die möglichen Methoden zur Schätzung der Lebenszeit reichen dabei von einer einfachen visuellen Inspektion bis hin zu Verfahren, bei welchen die Temperaturen in der Leistungselektronik beziehungsweise der Leckstrom in Halbleitern gemessen werden.

Lillehammer Award für ökologisch sinnvolle Lösungen

Die entwickelten Werkzeuge, welche die Industrie beim Recycling und Wiederverwenden elektronischer Komponenten unterstützen, überzeugten die Jury der Forschungsinitiative Eureka. Deshalb wurde das Team im Juni 2002 im griechischen Thessaloniki mit dem Lillehammer Award ausgezeichnet, da – laut Begründung der Jury – dank dem Projekt wirtschaftlich interessante und ökologisch sinnvolle Lösungen realisiert werden können. Die Forschungsinitiative Eureka ist mit 31 Mitgliedstaaten ein fester Bestandteil europäischer und schweizerischer Forschungs- und Technologiepolitik.

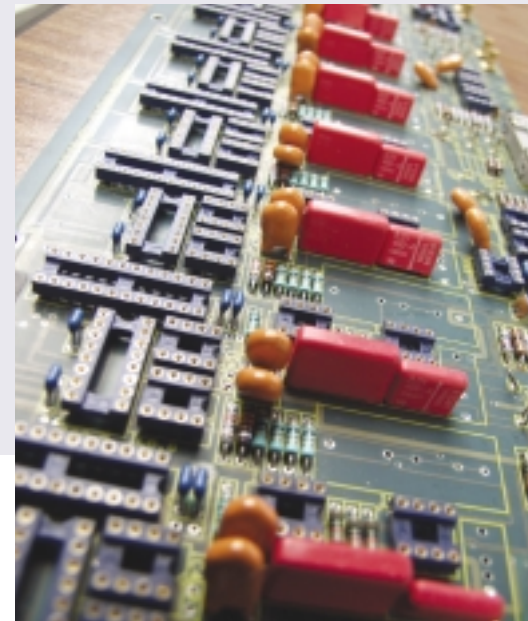


Praktische Indikatoren, unbedenkliche Stoffe und Öko-Design

Der Gewinn des Lillehammer-Preises ermutigt die Empa, ihre Forschung auf diesem Gebiet fortzusetzen. Bald soll es praktische Indikatoren für Bestandteile und Komponenten geben, die den Aufwand der technischen Analyse verringern. Die Indikatoren werden Aufschluss darüber geben, wie stark ein Gerät belastet wurde, und ob Teile davon wieder verwendet werden können.

Die Empa setzt sich auch für die Verwendung unbedenklicher Stoffe ein. Hierbei leitet sie ein europäisches Projekt, mit Partnern wie dem Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie (ISIT) in Itzehoe, zum Thema bleifreies Löten. Erforscht werden bleifreie Zinnbasislote, um zuverlässige Prozessparameter für neue Lötverfahren zu erarbeiten.

Unternehmen der Elektronikindustrie werden sich in Zukunft vermehrt mit Öko-Design-Konzepten auseinander zu setzen haben. Deshalb gilt es Designrichtlinien zu entwickeln, die Re-use (Wiederverwertung der einzelnen Komponenten und Baugruppen) sowie Refurbishment (Aufwertung eines bestehenden Gerätes mit neuen Komponenten) erleichtern.



Gesockelte ICs lassen sich ohne Entlötprozesse direkt entnehmen. Der Rest des Boards wird von Schadstoffen befreit und dem Materialrecycling zugeführt.

Kontakt: Dr. Urs Sennhauser
E-mail: urs.sennhauser@empa.ch



Empa inside

Wissensmanagement
Chancengleichheit
Mentoring
Sanität/Feuerwehr
Zum Tod von Theodor H. Erismann

Wissensaustausch im Netzwerk

Mit dem Ziel, das an der Empa vorhandene Wissen wertschöpfend nutzbar zu machen, wurde 1999 das Projekt «Wissensmanagement» eingeführt. Ihm zugrunde liegt die Vision von einer wissensorientierten Forschungsinstitution, in welcher die Mitarbeitenden ein aktives und lebendiges Netzwerk bilden.

Wissensmanagement an der Empa

Das Wissensmanagement zeigt auf, wie Informationen und an Personen gebundenes Wissen gesichert, weiterentwickelt und wertschöpfend genutzt werden können. Durch die vernetzte interdisziplinäre Zusammenarbeit werden Forschung, Dienstleistung und Lehre gestärkt, was die Wettbewerbsfähigkeit der Empa steigert.

In konkreten Umsetzungen wie den «Yellow Pages», «Communities of Practice» und Begegnungsanlässen verschiedener Art werden die Mitarbeitenden zum Wissensaustausch angeregt. Im Rahmen der Empa-Akademie sind es die vierteljährlichen Wissenschaftsapéros zu einem aktuellen Forschungsthema, bei denen sich Teilnehmende von extern und Mitarbeitende begegnen und vernetzen. Der erste «Forschungsmarktplatz» trug 2002 zur interdisziplinären Netzwerkbildung von Forschenden an der Empa bei und soll in Zukunft jährlich veranstaltet werden. Im gleichen Jahr wurde zudem ein Mentoring-Pilotprojekt initiiert und der neue Internet-/Intranetauftritt www.empa.ch realisiert. Grundsätze aus dem



Forschende finden dank Yellow Pages schneller geeignete AnsprechpartnerInnen.

Wissensmanagement fliessen in die Leistungsvereinbarung und ins Personalgespräch. Eine interdisziplinäre Projektgruppe hat das Ziel, bedarfsorientierte Massnahmen rasch sowie unkompliziert umzusetzen und damit das Wissensmanagement betriebsintern zu festigen. Sie setzt sich für ein geeignetes kulturelles Umfeld ein. In anderen Teilprojekten reflektiert sie den Umgang mit Wissen und arbeitet an einer Neuauflage der «Yellow-Pages» auf dem Internet/Intranet.



*Niklaus Kläntschi,
Präsident des SKMF.*

SKMF gegründet

Der Erfahrungsaustausch mit anderen Firmen und Institutionen unterstützt die Entwicklung eines praxisorientierten Wissensmanagements. Die Empa erachtet diesen Gesichtspunkt als wichtig und intensiviert den entsprechenden Austausch. Sie ist deshalb Gründungs- und aktives Mitglied im Lenkungsausschuss des Swiss Knowledge Management Forums (SKMF), einem aktiven Netzwerk aus Firmen, Organisationen, KMUs, Forschungsinstitutionen, Hoch- und Fachhochschulen und Einzelpersonen zum Thema Knowledge Management.

**Swiss
Knowledge
Management
Forum**

*Kontakt: Dr. Niklaus Kläntschi
E-mail: niklaus.klaentschi@empa.ch*

«Kristall»: Engagement zur Gleichstellung

Im Projekt «Kristall» setzen sich bereits seit zehn Jahren Frauen und Männern dafür ein, eine breite Abstützung des Chancengleichheits-Gedankens bei allen Empa-Mitarbeitenden zu erreichen.

«Kristall» engagiert sich für die Erhöhung des Frauenanteils im Allgemeinen und im Speziellen für Frauen in Kaderpositionen und erarbeitet Lösungen, welche die Vereinbarkeit von Familie und Beruf für Mütter und Väter verbessern.



Um Familie und Arbeit unter einen Hut zu bringen, braucht es Kinderkrippen.

Prix Egalité 2002

Nur knapp verpasste die Empa den Prix Egalité 2002, den Preis für Gleichstellung, der jährlich vom Kaufmännischen Verein Schweiz vergeben wird. Damit werden Unternehmen ausgezeichnet, die sich für besonderes Engage-

ment in Sachen Gleichstellung hervortun. Die Empa gehörte zu den 16 von 138 Betrieben, die in die Endrunde gelangten. Die Entscheidung fiel der Jury schwer, denn die Mitglieder waren beeindruckt vom langjährigen Engagement der Empa in Sachen Gleichstellung, insbesondere von der konkreten Förderung durch das Mentoring-Programm, der Arbeit an der Vernetzung von Frauen und von der Mitarbeit bei Veranstaltungen, die sich an Berufseinsteigerinnen richten. Dass der Empa von einer neutralen Stelle eine hohe Kompetenz in Sachen Gleichstellung zuerkannt wurde, soll Anlass zur Freude sein, aber auch aufmuntern, den eingeschlagenen Weg weiterzugehen.

Es gibt noch viel zu tun

Erfreulicherweise waren an der Empa im Jahr 2002 vier Abteilungsleiterinnen, eine ad-interim-Abteilungsleiterin und die Akademieleiterin in einer höheren Funktion tätig. Doch bleibt immer noch viel zu tun: Deshalb wurde mit vielfältigen Projekten die Chancengleichheit gefördert. So organisierte die Projektgruppe



*Informationsdossier
«Sexuelle Belästigung,
Mobbing und
Diskriminierung am
Arbeitsplatz».*

Die Gruppe «Kristall».



«Kristall» während des letzten Jahres Workshops zum Thema sexuelle Belästigung und erstellte Richtlinien zu deren Verhinderung. Umfragen unter Empa-Mitarbeitenden zu Vereinbarkeit von Beruf und Familie unterstützen die Personalabteilung bei der Erarbeitung alternativer Arbeitszeitmodelle, und mit dem Mentoring wurden in einem erfolgreichen einjährigen Pilotprojekt Nachwuchskräfte – sowohl junge Frauen wie Männer – gefördert. Mehr dazu unter www.empa.ch/kristall.

Kontakt: Dr. Anne Satir

E-mail: anne.satir@empa.ch

Mentoring – Karriereplanung für Nachwuchskräfte

In einer für den Forschungsbetrieb herausfordernden Zeit setzt die Empa auf die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und der Frauen und erprobte während eines Jahres in einem Pilotprojekt das Mentoring.

Mentoring leistet einen Beitrag zur beruflichen und persönlichen Weiterentwicklung von jüngeren MitarbeiterInnen und Nachwuchskräften und motiviert diese, anspruchsvollere, ihren Fähigkeiten entsprechende Aufgaben und/oder Führungspositionen zu übernehmen. Es dient aber auch der Potentialerkennung und -entwicklung von MitarbeiterInnen und unterstützt so Führungs- und Personalverantwortliche. Mit Mentoring soll der Transfer von persönlichem und betrieblichem Know-how über die Standorte in Dübendorf, St.Gallen und Thun hinaus garantiert werden – es unterstützt damit auch die Ziele des Wissensmanagements.

Chancengleichheit

Das Projekt wurde vom ETH-Rat im Rahmen des Bundesprogramms für Chancengleichheit im universitären Bereich unterstützt. Der Grundgedanke war, Frauen gezielt zu fördern. Die Empa entschied jedoch, das Programm im Sinne einer echten Chancengleichheit auch Männern zugänglich zu machen, mit dem Ziel mindestens 50% weibliche Mentees aufzu-

nehmen. Den Nachwuchskräften, Männern wie Frauen, wurde angeboten, sich über eine definierte Zeitspanne von erfahrenen Mitarbeitenden als deren Mentees betreuen zu lassen.

Zwölf Mentorinnen und Mentoren arbeiteten ein Jahr lang in one-to-one-Beziehungen mit ihren Mentees an individuellen Zielen. In vertraulichen Gesprächen boten die Mentorinnen den Mentees Hilfe zur Selbsthilfe und standen ihnen beim Erkennen ihres persönlichen Weges zur Seite. Sie halfen bei Problemen und bei schwierigen Entscheidungen (Coaching), unterstützten als TüröffnerInnen, vermittelten Kontakte innerhalb und ausserhalb der Organisation und zeigten, wie diese genutzt werden können (Networking). Schliesslich leisteten die MentorInnen auch konkret Hilfe, indem sie die Mentees beispielsweise bei beruflich wichtigen Personen einführten oder sie zu einem Vortrag oder einer Geschäftsbesprechung einluden (konkrete Hilfestellungen).

Sinnvoll für die Personalentwicklung

Alle Beteiligten erfuhren eine gelungene Umsetzung des Projektes. Der zeitliche und organisatorische Aufwand lohnt sich und die Bilanz bei persönlichen Zielen der Mentees wurde durchwegs als sehr gut erachtet. Diese schätzten den offerierten Freiraum ebenso



Junge Mitarbeitende begrüssen das Mentoring als Chance in ihrer Karriereplanung.

wie die vertrauensvollen Gespräche und die Möglichkeit, Abstand zum hektischen Alltag zu gewinnen. Aufgrund des Erfolges hat die Direktion entschieden, das Mentoring als Werkzeug der Personalentwicklung weiterzuführen.

Kontakt: Nese Cetinkaya

E-mail: nese.cetinkaya@empa.ch

Wohl behütet – auch am Arbeitsplatz

Grössere Betriebe wie die Empa sind verpflichtet, für die physische und psychische Sicherheit ihrer Mitarbeitenden durch eine Rettungsorganisation zu sorgen. Die Empa nimmt diese Verpflichtung ernst. Mit dem Rettungsdienst Empa/Eawag und der betriebseigenen Feuerwehr bietet sie den Mitarbeitenden aber weit mehr, als das Gesetz als Minimale fordert.

Kurz vor einer Tagung der Empa-Akademie wird der Hauptreferent noch verarztet. Er hat sich beim Einrichten erheblich am Fuss verletzt. Damit er seinen Vortrag trotzdem halten kann, versorgt der betriebliche Rettungsdienst der Empa und Eawag seinen Fuss. So ist der Anlass gerettet. Der Referent wird später, zwecks definitiver Abklärung, mit dem Ambulanzfahrzeug des betrieblichen Rettungsdienstes zum Arzt gefahren.

Ein paar Tage später rückt die Betriebsfeuerwehr aus – mit dem eigenen Fahrzeug, mit Blaulicht und Sirene. Mit Atemschutzgeräten ausgerüstet begeben sich Feuerwehrleute in einen Keller, wo Rauch die Sicht vernebelt. Bei Bauarbeiten war versehentlich Isolationsmaterial in Brand geraten. Die Bauarbeiter werden in Sicherheit gebracht und vom betrieblichen Rettungsdienst betreut. Die Feuerwehr löscht den Brand schnell.

Hoher Ausbildungsstand

Vorfälle wie diese passieren zum Glück nicht jeden Tag. Die meisten Einsätze sind leichter Natur oder dienen dem notwendigen

Training. Die acht Betriebs-sanitäter, die Betriebs-sanitäterin und der Leiter arbeiten an der Empa und der benachbarten Eawag. Sie treffen sich jeden Montag Mittag und einmal im Monat gegen Abend, um mehr zu lernen über das Verhalten bei Gefahrgut-Unfällen, bei Augen-Notfällen, über Anatomie, Notfall-Medikamente, Reanimation, Wundversorgung usw. und um das Gelernte zu repetieren und zu vertiefen.

Auch die 20 Feuerwehrleute treffen sich einmal pro Monat am Montag Abend. Hier gehts um Material-, Orts- und Gebäudekenntnis, Löschmitteleinsatz, Evakuierung, Alarmierung und um vieles mehr.

Die beiden Dienste üben auch oft gemeinsam. Denn im Ernstfall müssen sie gut, rasch und harmonisch zusammenarbeiten.

Aufgabenportefeuille immer grösser

Der Rettungsdienst ist längst nicht mehr nur Erstanlaufstelle bei Unfällen und Erkrankungen. Ganz im Sinn der Empa-Strategie wird das vorhandene Wissen in Kursen an Mitarbeitende und Externe transferiert. Das Semi-



Der Rettungsdienst und die Betriebsfeuerwehr im Einsatz.



nar «Betriebssanität hautnah» hat 2002 schon zum siebten Mal stattgefunden mit rund 40 teilnehmenden Betriebs-sanitäterInnen aus der ganzen Schweiz. Weiter werden CPR-Reanimationskurse und AED-Kurse angeboten. Neu wird das Programm «Gesundheitsförderung am Arbeitsplatz» zur aktiven Prävention anlaufen – damit die Arbeit nicht krank macht. Aber nicht nur am Standort Dübendorf können sich die gut 500 Mitarbeitenden sicher fühlen. In Thun übernimmt der Sanitätsdienst des Waffenplatzes die Rettung, die zwei dort ansässigen Empa-Abteilungen befinden sich auf dem Militärgelände. In St. Gallen gewährleistet eine kleine Sanitätsgruppe die erste Hilfe für die rund 200 Mitarbeitenden. Alle neu angestellten Personen werden zudem im Brandschutz instruiert.

Rettungsdienst Empa/Eawag

Kontakt: Renato Figi

E-mail: renato.figi@empa.ch

Betriebsfeuerwehr Empa/Eawag

Kontakt: Heinz Kühne

E-mail: heinz.kuehne@empa.ch

Im Dienst der Sicherheit



Am 8. August 2002 ist der frühere Direktionspräsident der Empa, Theodor H. Erismann, gestorben. Er bekleidete diese Funktion von 1969 bis 1988. An der ETH Zürich war er als dortiger ordentlicher Professor Gründungsmitglied des Departementes Werkstoffe.

Erismanns zentrales Forschungsgebiet waren die Instrumente für die moderne Materialforschung. Die aussergewöhnliche Vielfalt seiner Interessengebiete – von der Mathematik über den Eisenbahnsektor, den Prüfmaschinenbau, die technische Bruchmechanik, die Materialermüdung und die Geotribologie des Bergsturzes bis zu den Grenzbereichen zwischen Technik und Psychologie – dokumentieren seine über sechzig veröffentlichten Schriften. Er hat sich vehement für die Sicherheit von Mensch und Umwelt eingesetzt und sehr viel erreicht.



Empa in Zahlen

Personelles
Finanzielles
Bauliches
Wissenschaftlicher Output
Öffentlichkeitsarbeit

Personelles

Ende des Jahres 2002 zählte die Empa 809 Mitarbeitende, 38 mehr als im Vorjahr. Dies ist auf eine Zunahme beim wissenschaftlichen Personal zurückzuführen, insbesondere auf die praktische Verdoppelung der Anzahl Doktorierender (von 16 auf 30). Auf den Personalaufwand, der vor allem teuerungsbedingt leicht anstieg, hat sich dies praktisch nicht ausgewirkt. Umschichtungen im Personalbestand trugen nämlich zu Kostendämpfungen bei. Der Frauenanteil konnte von 24,4% im Vorjahr auf 25,1% im Jahr 2002 gesteigert werden,



wobei vier Kaderstellen von Frauen besetzt sind. Der Ausländeranteil ist um 6,2% gestiegen und beläuft sich nun auf 23,5%, was 183 Mitarbeitenden entspricht.

Während des Berichtsjahres absolvierten 70 (Vorjahr 49) Personen ihr Praktikum an der Empa. Zudem wurden 19 (17) Diplomandinnen und Diplomanden der ETHZ, von Universitäten und Fachhochschulen betreut. Das Lehrstellenangebot lag mit 29 Auszubildenden leicht unter dem Vorjahr (31).

Schwerpunkte im Personalbereich bildeten die Begleitung und Umsetzung von Personalmassnahmen im Zusammenhang mit der neuen strategischen Ausrichtung, die Umsetzung des neuen Personalrechts sowie Vorbereitungsarbeiten im Hinblick auf die Migration der Versicherten von der Personalkasse des Bundes zur «Publica» sowie die Einführung eines neuen Lohnsystems.

Personalbestand am 31. Dezember 2002

Kategorien	Anzahl Personen	
	2002	2001
ProfessorInnen	5	4
Wissenschaftliches Personal	328	293
Admin.-techn. Personal (inkl. Lehrlinge)	476	474
Total (inkl. Teilzeitmitarbeitende)	809	771

Ausgewählte Personalkategorien

Kategorien	Anzahl Personen	
	2002	2001
Doktorierende	30	16
DiplomandInnen	19	17
PraktikantInnen	70	49
Lehrlinge	29	31

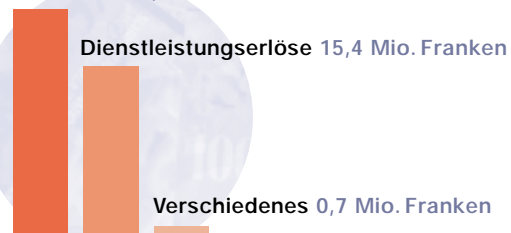
Finanzielles

Der *Gesamtertrag* belief sich für das Jahr 2002 auf 118,3 Mio. Franken. Dieser setzte sich zusammen aus dem Finanzierungsbeitrag des Bundes von 81,5 Mio. (89,3 Mio.) und den Einnahmen für Dienstleistungen und Drittmittel von total 36,8 Mio. Franken.

Die Erlöse aus Dienstleistungen (inkl. Verschiedenes) erreichten 16,1 Mio.; sie liegen somit rund 0,5 Mio. höher als im Vorjahr (15,6 Mio.).

Ertrag 36,8 Mio. Franken

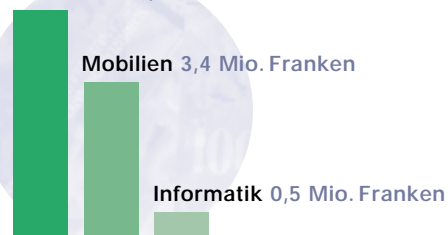
Drittmittel 20,7 Mio. Franken

**Aufwand 117,7 Mio. Franken**

Personalaufwand 85,3 Mio. Franken

**Investitionen 8,9 Mio. Franken**

Immobilien 5,0 Mio. Franken

**Erfolgsrechnung**

in Millionen Franken

2002

2001

Ertrag

Finanzierungsbeitrag Bund	81,5	89,3
Drittmittel	20,7	19,9
Dienstleistungserlöse	15,4	14,9
Verschiedenes	0,7	0,7
Total Ertrag	118,3	124,8

Aufwand

Personalaufwand	85,3	84,5
Materialaufwand	3,7	3,7
übriger Sachaufwand	25,1	28,1
Rückstellungen für laufende Projekte	3,6	3,9
Total Aufwand laufende Aktivitäten	117,7	120,3

Gesamtergebnis

0,6

4,5

Investitionen

Immobilien	5,0	5,3
Mobilien	3,4	8,7
Informatik	0,5	0,9
Total Investitionen	8,9	14,9

Zahlen und Fakten

In Anbetracht der konjunkturell angespannten Lage und des Umstandes, dass die Empa Dienstleistungen tendenziell abbaut, darf dies als gutes Ergebnis bezeichnet werden.

Die Eingänge bei den Drittmitteln lagen mit 20,7 Mio. im Vergleich zum Vorjahr um 0,8 Mio. höher. Rund 8,9 Mio. der zugeflossenen Drittmittel entfielen auf die wirtschaftsorientierte Forschung. Die restlichen Zugänge teilten sich wie folgt auf: 6,8 Mio. aus Ressortforschung, 2,8 Mio. von Institutionen der Forschungsförderung wie KTI und SNF und 2,2 Mio. aus europäischen Forschungsprogrammen. Die Erlöse Dritter von insgesamt 36,8 Mio. Franken deckten zu rund 31% den Gesamtaufwand.

Der *Gesamtaufwand* erreichte 117,7 Mio. (120,3 Mio.). Die grösste Position war dabei der Personalaufwand, der durch die Teuerung und den leichten Anstieg der Mitarbeitenden um 0,8 Mio. Franken auf 85,3 Mio. zunahm. Ferner entfielen 25,1 Mio. Franken auf übrigen Sachaufwand, 3,6 Mio. auf Rückstellungen für laufende Projekte sowie 3,7 Mio. auf Materialaufwand.

Die *Investitionen* in Bauten und apparative Einrichtungen beliefen sich auf 8,9 Mio. Franken (14,9 Mio.). Die baulichen Investitionen machten 5,0 Mio. Franken (5,3 Mio.) aus. Das Investitionsvolumen im Bereich der Mobilien reduzierte sich auf 3,4 Mio. Franken (8,7 Mio.). Dieser durch knappere Budgetmittel eingeleitete Trend zu sinkenden Investitionen in den



Maschinen- und Apparatepark gibt zu Besorgnis Anlass. Die Informatik-Investitionen beliefen sich auf 0,5 Mio. Franken (0,9 Mio.). *Gesamtergebnis:* Es erfolgte erstmals eine Darstellung der Erfolgsrechnung, die sämtliche Aufwendungen und Einnahmen sowohl von Dritten als auch vom Bund zeigt. Die Vorjahreswerte wurden entsprechend angepasst. Seit 1.1.2000 sind die Mobilien und Informatikgüter Eigentum der Empa und werden dementsprechend abgeschrieben. Dies führte dazu, dass sich das Ergebnis von 4,5 Mio. Franken um 3,9 Mio. auf 0,6 Mio. verringerte.

Bauliches

Da im Berichtsjahr keine grösseren Bauvorhaben anstanden, lagen die baulichen Aufwendungen (Investitionen und Unterhalt) mit 6,5 Mio. Franken auf durchschnittlichem Niveau. Für die nötige Sanierung des Labor- sowie des Verwaltungsgebäudes wurde die Bedürfnisabklärung erstellt. Die aus den 60er-Jahren stammenden Objekte müssen einer Gebäudehüllensanierung unterzogen werden. Bei dieser Gelegenheit sind auch gewisse betriebliche Optimierungen zu realisieren.

Die Empa hat sich auch an der Bedürfnisformulierung und den Projektvorbereitungen für einen Neubau der Eawag beteiligt. In diesem sind gemeinsame Nutzungen (Foyer mit Ausstellungsflächen, Bibliothek) sowie Empa-Räumlichkeiten mit Forschungs- und Demonstrationsmöglichkeiten (vor allem im Fassadenbereich) für den Bereich «Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen» vorgesehen. Im Hinblick auf diese Bauprojekte haben Empa und Eawag zusammen mit dem Stab ETH-Rat ein Arealkonzept sowie ein Immobilienportfolio erarbeitet. In mittel- bis längerfristigen Strategien werden zukünftige Nutzungen und der zu erwartende Sanierungsbedarf aufgezeigt.

Die Empa hat sich schliesslich – zusammen mit weiteren betroffenen Kreisen – an der Ausarbeitung des «Masterplans Giessen» beteiligt. Darin werden die Konsequenzen der zukünftigen Stadtbahn auf Nutzung und Erschliessung von Empa und Eawag sowie des südlich der Überlandstrasse liegenden Reservareals des Bundes dargestellt.



Wissenschaftlicher Output

Die Anzahl Publikationen ist innert Jahresfrist um 14% von 370 auf 423 gestiegen. Die im Science Citation Index Expanded (SCIE) erfassten Publikationen stiegen von 67 auf 90 Artikel; davon waren 67 SCI-Publikationen (Science Citation Index). Auch bei diesen Publikationen ist ein Anstieg zu verzeichnen, belieben sich die SCI-Publikationen im Durchschnitt der letzten Jahre doch auf ca. 40 Artikel.

Im dritten Jahr in Serie ist bei den Aktivitäten der «Empa-Akademie» ein hoher Zuwachs zu verzeichnen. Das Angebot an Veranstaltungen konnte von 71 auf 106 erhöht werden; parallel dazu stieg auch die Zahl der Teilnehmenden von ca. 4600 auf gut 6000 Personen. Rückläufig hingegen waren angemeldete Patente, Lizenzverträge sowie Spin-offs. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass die Empa nur partiell auf deren jährliche Menge Einfluss nehmen kann. Relativ starke Jahreschwankungen dürften den Normalfall darstellen. Für eine aussagekräftige Interpretation muss der Verlauf über einen längeren Zeithorizont betrachtet werden.

Wissenschaftlicher Output

	2002	2001
Publikationen		
• SCIE (davon 67 SCI)	90	67
• übrige	333	303
Total Publikationen	423	370
Angemeldete Patente	10	14
Lizenzverträge	2	6
Spin-offs/ Start-ups	1	4

Empa-Akademie

• Veranstaltungen	106	71
• Anzahl TeilnehmerInnen	6000	4600

Öffentlichkeitsarbeit

Themen aus Forschung und Entwicklung bildeten den Schwerpunkt der Öffentlichkeitsarbeit. Gezielt thematisiert die Empa Aktivitäten aus den fünf Forschungsdepartementen und bereitet sie für ein an Forschungsthemen interessiertes breites Publikum auf. Was in Fachkreisen bekannt ist, soll auch die Bevölkerung in allen drei Sprachregionen der Schweiz wissen: Die Empa ist weiterhin eine anerkannte neutrale Prüfinstitution. Schwerpunktmässig entwickelt sie sich zur Materialforschungs- und Technologieinstitution des ETH-Bereichs als ein unverzichtbarer Teil der schweizerischen Forschungslandschaft. Die Kontakte zur Forschungsgemeinschaft, zur Wirtschaft und zur Politik hat sie kontinuierlich ausgebaut. Sie beteiligte sich an verschiedenen Messen, so an der Materialica in München, an der Hannover Messe Industrie (Gemeinschaftsstand ETH-Bereich) und an der Intertech in Dornbirn. Sie war in zahlreichen Radio- und Fernsehsendungen präsent. Themen wie die Lärmmessung/Lärmbekämpfung, das Erdgasauto oder das Focused-Ion-Beam (FIB) – ein Rasterelektronenmikroskop, das über seine Mikroskopeigenschaften hinaus auch als «Reparaturwerkbank» für fehlerhaft konstruierte Mikrochips benutzt werden kann – wurden von den Medien gerne aufgegriffen. Grosse Beachtung fand ebenfalls der



an die Empa verliehene Lillehammer-Award für Konzepte zur Wiederverwertung schadhafter elektronischer Geräte. In mehr als 50 Fachführungen haben weit über 1000 Personen die Gelegenheit wahrgenommen, einen vertieften Einblick in die Tätigkeiten der Empa zu erlangen. Positive Aufnahme fand schliesslich auch der neue Internet-Auftritt.

Roland Knechtle



Empa Organisation

Leitung und Departemente
Organe der Empa

Leitung und Departemente

Prof. Dr. Louis Schlapbach
Direktor



Prof. Urs Meier
Stv. Direktor





Walter Muster

Moderne Materialien,
ihre Oberflächen und Grenzflächen



Dr. Peter Richner

Materialien und Systeme für
das Bau- und Ingenieurwesen



Markus Rüedi

Materialien und Systeme zum
Schutz und Wohlbefinden
des menschlichen Körpers



Dr. Xaver Edelmann

Informations-, Zuverlässigkeits- und
Simulationstechnik



Dr. Peter Hofer

Mobilität und Umwelt



Roland Knechtle

Logistik, Controlling und Marketing

Organe der Empa

ETH-Rat

Der ETH-Rat leitet den ETH-Bereich mit den beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen und den vier Forschungsanstalten PSI, WSL, Eawag und Empa.

Präsident: Francis Waldvogel, Prof. Dr. med., Genf

Delegierter und Vizepräsident: Stephan Bieri, Dr. oec. publ., Zürich

Mitglieder: Adriano Aguzzi, Prof. Dr. med., Zürich

Monica Duca Widmer, Dr., dipl. Ing. ETH, Manno

Beth Krasna, Dipl. Ing. ETH, Lausanne

Jacques Rognon, Dr. sc. nat., Corcelles

Heinrich Rohrer, Dr. sc. nat., Wollerau

Alois Sonnenmoser, Dipl. Ing. HTL, Baden

Beratende Kommission

Gremium führender Persönlichkeiten, das die Leitung der Empa bei grundlegenden Fragen berät.

Präsident: Peter Loew, Dr., Basel

Mitglieder: Peter Edelmann, Wetzikon

Thomas Hinderling, Dr., Neuchâtel

Markus Oldani, Dr., Baden

Max Oppliger, Dr., Zürich

Fiorenzo Scaroni, Dr., Manno

Walter Steinmann, Dr., Bern

Thomas von Waldkirch, Dr., Zürich

Industriekommission

Kommission mit 20 Mitgliedern aus den Bereichen Industrie, Dienstleistung, Technologie-Institutionen, Handel, Konsumenten/Konsumentinnen und Behörden der Schweiz und des Auslandes.

Präsident: Bernhard Bischoff, St. Gallen

Forschungskommission

Die Forschungskommission berät die Empa-Direktion u.a. in allgemeinen Forschungsfragen, bei der Wahl des F + E-Spektrums und bei der Evaluation von internen F + E-Projekten. Sie besteht – nebst Empa-Forschenden – aus den folgenden Forschern und Institutsleitern des In- und Auslandes:

Robert W. Cahn, Prof. Dr., University of Cambridge, Grossbritannien

Herbert H. Einstein, Prof. Dr., MIT, Cambridge, USA

Paolo Ermanni, Prof. Dr., ETH, Zürich

Walter Giger, Prof. Dr., Eawag, Dübendorf

Teruo Kishi, Prof. Dr., Präsident National Institute for Materials Science, Ibaraki, Japan

Karl Knop, Dr., Vizepräsident CSEM, Zürich

Erkki Leppävuori, Prof., Direktor VTT, Finnland

Jan-Anders Manson, Prof. Dr., EPF, Lausanne

Klaus Müllen, Prof. Dr., Direktor Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz, Deutschland

Jan G.M. Van Mier, Prof. Dr., ETH, Zürich

Der technisch-wissenschaftliche Bericht «EMPA Activities 2002» (in Englisch),
weitere Jahresberichte sowie
Informationsmaterial sind direkt erhältlich bei:

EMPA, Public Relations
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
Fax +41 (0)1 823 40 31
E-mail: susan.alder@empa.ch

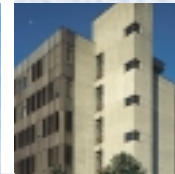
Eidgenössische Materialprüfungs-
und Forschungsanstalt

Laboratoire fédéral d'essai
des matériaux et de recherche

Swiss Federal Laboratories for
Materials Testing and Research

Laboratorio federale di
prova dei materiali e di ricerca

Institut federal da controlla da material
e da retschertgas



Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
Telefon +41 (0)1 823 55 11
Telefax +41 (0)1 821 62 44

Lerchenfeldstrasse 5
CH-9014 St. Gallen
Telefon +41 (0)71 274 74 74
Telefax +41 (0)71 274 74 99

Feuerwerkerstrasse 39
CH-3602 Thun
Telefon +41 (0)33 228 46 26
Telefax +41 (0)33 228 44 90

www.empa.ch

