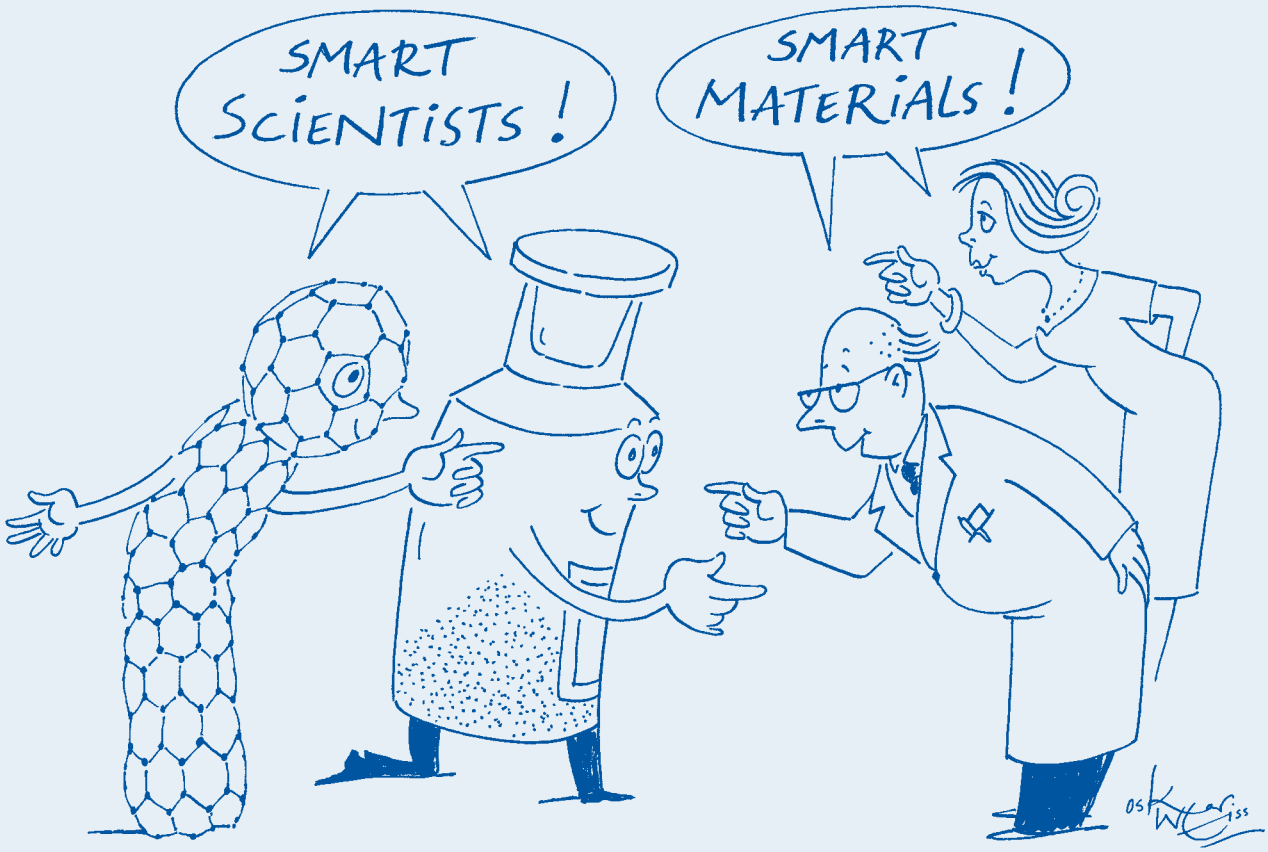


Intelligente Materialien

Porträt des Nationalen Forschungsprogramms NFP 62

Matériaux intelligents

Portrait du Programme national de recherche PNR 62

Smart Materials

Portrait of the National Research Programme NRP 62

FNSNF
Fonds national suisse
Schweizerischer Nationalfonds
Fondo nazionale svizzero
Swiss National Science Foundation

Intelligente Materialien
Porträt des Nationalen Forschungsprogramms NFP 62

Matériaux intelligents
Portrait du Programme national de recherche PNR 62

Smart Materials
Portrait of the National Research Programme NRP 62

8 **Editorial**

10 **Überblick | Aperçu | Overview**

Projekte | Projets | Projects

Modul I – Intelligente formadaptive Materialien für makroskopische Anwendungen
Module I – Matériaux intelligents à transformation de forme pour applications macroscopiques
Module I – Smart shape transformers for macroscopic use

22 Neue Werkstoffe mit adaptiver Form und Steifigkeit
Nouveaux matériaux à forme et rigidité adaptatives
New approaches to shape and stiffness changing materials
Dr. Andrea Bergamini

24 Superelastische verformbare chirurgische Werkzeuge
Instruments chirurgicaux superélastiques souples
Superelastic compliant surgery tools
Dr. Lucio Flavio Campanile

26 Mechanisch aktive, poröse Formgedächtnis-Knochenimplantate
Implants osseux poreux à mémoire de forme mécaniquement actifs
Porous shape-memory scaffolds as mechanically active bone implants
Prof. Michael de Wild

28 Herstellungsverfahren von dielektrischen Elastomer-Aktoren
Méthode de fabrication d'actionneurs élastomères diélectriques
Fabrication technology of smart dielectric elastomer transducers
Dr. Gabor Kovacs

30 Intelligente Verbundwerkstoffe mit magnetischen Formgedächtnislegierungen
Composites intelligents à alliage à mémoire de forme magnétique
Smart magnetic shape memory alloy composites
Prof. Jan-Anders Månson

Modul II – Auf spezifische Anregungen reagierende Materialien für den mikroskopischen Bereich
Module II – Matériaux intelligents à excitation spécifique pour applications microscopiques
Module II – Stimuli-responsive materials for the microscopic range

34 Einzelmolekülmechanik dendronisierter Polymere
Mécanique monomoléculaire de polymères dendronisés
Single-molecule mechanics of dendronized polymers
Prof. Michal Borkovec

36 Palladium-Perowskite als Katalysatoren für Erdgasfahrzeuge
Catalyseurs en pérovskites dopées au palladium pour les véhicules à gaz naturel
Palladium-doped perovskite catalysts for natural gas vehicles
Dr. Davide Ferri

38 Magnetische Elastomere für Aktuatoren
Actuateurs à base d'élastomères magnétiques
Magnetic elastomers for actuators
Prof. Raffaele Mezzenga

40 Bio-inspirierte mechanisch adaptive Nanokomposite
Nanocomposites biomimétiques mécaniquement adaptatifs
Bio-inspired mechanically adaptive nanocomposites
Prof. Christoph Weder

Modul III – Materialien für intelligente Wirkstoffabgabe
Module III – Vecteurs de médicaments intelligents
Module III – Smart drug delivery materials

44 Kontrolliertes Freisetzen von Medikamenten aus Nanocontainern
Libération contrôlée de médicaments à partir de nanovecteurs
Conditional triggered drug release from nanocontainers
Prof. Katharina M. Fromm

46 Intelligenter Medikamententransporter im Körper
Nanovecteurs intelligents pour acheminer des médicaments
Smart in-vivo drug delivery
Prof. Heinrich Hofmann

48 Intelligente synthetische Nanoorganellen zur Krebstherapie
Nano-organelles intelligentes pour le traitement des cancers
Intelligent synthetic nanosize organelles for cancer therapy
Prof. Patrick Hunziker

50 Selbsterhitzendes Hydrogel zur mechanisch stimulierten Wirkstoffabgabe
Hydrogel auto-chauffant pour une libération mécaniquement contrôlée de médicaments
Self-heating hydrogel for mechanically-controlled drug release
Prof. Dominique Pioletti

52 Nanofasern als intelligente Wirkstoffspeicher
Nano-fibres pour la libération contrôlée de substances thérapeutiques
Nanofibres for intelligent drug delivery
Dr. Ana-Maria Popa

54 Nanocontainer zur lokalen Wirkstoffabgabe zur Erweiterung verengter Herzkranzgefässe
Nano-containers pour l'administration de médicaments permettant la vasodilatation locale des vaisseaux coronariens rétrécis
Nanocontainers for local drug delivery to open heart vessels in case of heart attack
Dr. Till Saxer

56 Blutzuckermessung durch die Haut
Mesure de la glycémie à travers la peau
Blood sugar measurement through the skin
Prof. Martin Wolf

Modul IV – Erforschung grundlegend neuer intelligenter Materialien
Module IV – Recherche exploratoire de nouveaux matériaux intelligents
Module IV – Exploratory research for smart materials

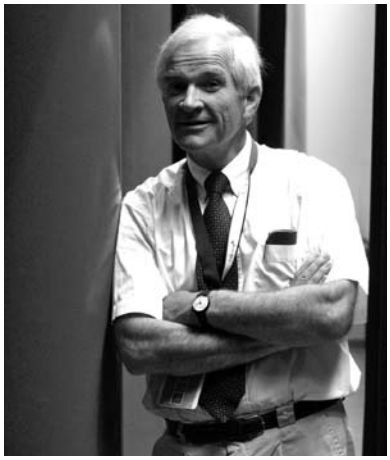
60 Funktionelle Materialien für Anwendungen in molekularer Elektronik
Matériaux organométalliques fonctionnels pour l'électronique moléculaire
Functional organic and organometallic materials for molecular electronic applications
Prof. Heinz Berke

62 Elektromechanische Umwandlung in bleifreien piezoelektrischen Materialien
Couplage électromécanique dans les matériaux piézoélectriques sans plomb
Electro-mechanical coupling in lead-free piezoelectric materials
Prof. Dragan Damjanovic

64 Synthetische Faser mit Flüssigkern für Dämpfungsanwendungen
Fibre synthétique amortissante à âme liquide
Synthetic fibre with fluid core for damping applications
Dr. Manfred Heuberger

66 Integrierte Nanopartikel für zukünftige Bauteile in Einzelelektronprozessen
Nanoparticules intégrées pour les composants de la future électronique monoélectron
Integrated nanoparticles for future single electron units
Prof. Marcel Mayor

68 Funktionelle biomimetische Oberflächen
Surfaces fonctionnelles biomimétiques
Functional biomimetic surfaces
Prof. Wolfgang Meier



Prof. em. Dr. Louis Schlapbach

Materialien gestalten unsere Zukunft

Materialien erfüllen wichtige Funktionen zur Deckung zentraler Bedürfnisse der Gesellschaft etwa bezüglich Gebäuden, Kommunikation, Mobilität und Transport, Gesundheit und Kultur – so ist zum Beispiel der Klang eines Musikinstrumentes weitgehend durch Materialien und deren Eigenschaften bestimmt. Die Herstellung der Materialien basiert auf Wissen, Rohstoffen und Energie, wobei im Sinne der Nachhaltigkeit auch Aspekte wie Lebensdauer, Wiederverwertung und Entsorgung eine wichtige Rolle spielen.

Intelligente Materialien und Systeme reagieren auf eine externe Anregung durch automatische Anpassung wichtiger Eigenschaften, um ihre spezifische Funktion zu erfüllen oder sogar besser zu erfüllen. Besonders attraktive intelligente Materialien benötigen dazu nur wenig extern zugeführte Energie. Nach Wegfall der Anregung kehren sie in den Ausgangszustand zurück. Die Natur ist begabt in der Entwicklung intelligenter Materialien mit vielfältigen Eigenschaften; die Anpassung unserer Sehfähigkeit an die Helligkeit ist eines von vielen Beispielen.

Der klare Fokus des Nationalen Forschungsprogramms «Intelligente Materialien» (NFP 62) liegt in der originellen wissenschaftlichen Arbeit und technischen Entwicklung neuer Materialien und Systeme, die dem Anspruch «intelligent» genügen, umweltverträglich sind und über ein wirtschaftliches Umsetzungspotenzial verfügen. Gefördert werden sowohl Projekte, bei denen bereits bei Beginn ein Umsetzungsszenario formuliert werden kann, wie auch exploratorische «high risk – high reward»-Projekte.

Das NFP 62 wendet sich an Forschende aus den Natur-, Ingenieur- und Lebenswissenschaften und spricht dabei Physik, Chemie, Biologie, Materialwissenschaften, Medizin, Umweltwissenschaften sowie das Maschinen-, Elektro- und Umweltingenieurwesen an. Es wird als Kooperationsprogramm zwischen dem Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und der Förderagentur für Innovation KTI durchgeführt.

Diese spezielle Förderung der Forschung auf dem Gebiet der intelligenten Materialien soll dazu beitragen, mit interdisziplinärer Arbeit Kompetenzgruppen von internationalem wissenschaftlichem Ruf zu etablieren. Noch werden keine direkt marktfähigen Produkte erwartet. Die intensive F&E-Phase schafft jedoch die Grundlagen für KTI-Folgeprojekte, in welchen nach dem Slogan «von der Forschung zum Produkt» in enger Zusammenarbeit mit neu gegründeten Kleinstunternehmen und der Industrie vielversprechende innovative Produkte entstehen. Diesen Prozess unterstützt das NFP 62 mit aktivem Wissens- und Technologietransfer (WTT).

So will das NFP 62 auch ein erfolgreiches Referenzmodell für die künftige Zusammenarbeit zwischen dem SNF und der KTI werden.

Prof. em. Dr. Louis Schlapbach
Präsident der Leitungsgruppe des NFP 62

Editorial

Des matériaux modèlent notre futur

Les matériaux remplissent une fonction importante pour la satisfaction de besoins essentiels de l'homme tels que l'habitat, la mobilité et les transports, la santé et même la culture – la sonorité d'un instrument de musique est, par exemple, largement déterminée par les propriétés de ses matériaux. La production des matériaux fait intervenir le savoir, les matières premières et l'énergie. Elle implique ainsi une relation avec leur durée de vie, leur recyclage et leur élimination.

Les matériaux et les systèmes intelligents sont capables de modifier leurs propriétés en réaction à une excitation extérieure pour assumer, voire même améliorer, une fonction définie. Pour cela, les matériaux intelligents les plus intéressants ne demandent qu'un faible apport d'énergie extérieure. Après suppression de l'excitation, ces matériaux retrouvent leur état initial. La nature se montre particulièrement douée dans le développement de matériaux intelligents d'une grande diversité; la faculté d'adaptation de l'œil aux variations de l'intensité lumineuse n'est là qu'un exemple parmi tant d'autres.

Le Programme national de recherche «Matériaux intelligents» (PNR 62) est clairement axé sur les travaux scientifiques originaux et le développement de nouveaux matériaux et systèmes qui répondent au critère d'intelligence, sont compatibles avec l'environnement et possèdent un potentiel commercial. Il soutient aussi bien des projets pour lesquels il est possible de formuler dès l'abord un scénario d'exploitation industrielle que des projets exploratoires «high risk – high reward».

Le PNR 62 s'adresse aux chercheurs des sciences physiques et naturelles, des sciences de l'ingénieur et des sciences de la vie, autrement dit des domaines de la physique, de la chimie, de la biologie, de la science des matériaux, de la médecine, des sciences de l'environnement ainsi que des domaines du génie mécanique, du génie électrique et du génie de l'environnement. Le PNR 62 est mené conjointement par le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS) et l'Agence pour la promotion de l'innovation CTI.

Cette promotion de la recherche sur les matériaux intelligents doit contribuer à établir des groupes de compétence interdisciplinaires de réputation internationale dans ce domaine. On n'attend pas de ce programme des produits directement commercialisables mais une phase de R&D intensive établissant les bases pour des projets CTI pouvant déboucher – conformément à la devise «de la recherche au produit» – sur des produits innovants et prometteurs, issus de la collaboration avec de nouvelles start-ups et l'industrie. Le PNR 62 soutient activement ce processus au moyen d'activités de transfert de connaissances et de technologie (TCT).

De plus, le PNR 62 devrait servir de modèle de référence pour la collaboration ultérieure entre le FNS et la CTI.

Prof. em. Dr. Louis Schlapbach
Président du Comité de direction PNR 62

Materials design our future

Materials satisfy functions of most important needs of humans such as buildings, communication, mobility and transport, health, and culture – the sound of a musical instrument, as an example, is basically defined by materials properties. The manufacturing of materials is based on knowledge, raw materials and energy and, thus, has to be connected to their lifetime, re-use and disposal.

Smart materials and systems react to external stimuli by automatically adapting their key properties for a continuing or even improved functionality. To realize this, the most attractive smart materials use very little external energy. They return to the initial state when the stimuli are turned off. Nature is particularly gifted in developing smart materials and systems, of which there is a great variability; the adaptation of our vision to the intensity of light is just one of numerous examples.

The National Research Programme "Smart Materials" (NRP 62) is clearly focussing on creative scientific work and technical development of new materials and systems which fulfil the criteria "smart", are sustainable and offer an economic potential for the transfer to industry. Projects with predictable application potential where already at the beginning a scenario for the industrial exploitation can be established as well as exploratory "high risk – high reward" projects are encouraged.

The NRP 62 simultaneously addresses researchers from natural and engineering sciences as well as from life sciences, i.e. physics, chemistry, materials science, biology, pharmaceutics, medicine, environmental science and engineering, mechanical engineering and electrical engineering. The NRP 62 is a notable and unique cooperative programme between the Swiss National Science Foundation (SNSF) and the Innovation Promotion Agency CTI.

This promotion of R&D in the field of smart materials and systems shall contribute to establish competence teams of high international scientific reputation and visibility in this interdisciplinary work. It is not to be expected that directly marketable products will result from NRP 62. However, the intense R&D phase will form the basis for the continuation of some of the investigated projects in ensuing CTI projects, in which – true to the motto "science to market" – highly promising innovative products will be developed in close collaborations with new "start-ups" and industrial partners. NRP 62 will actively support this process by means of Knowledge and Technology Transfer (KTT).

In addition, NRP 62 shall become a reference model for a successful collaboration between SNSF and CTI.

Prof. em. Dr. Louis Schlapbach
President of the NRP 62 Steering Committee

Neue Materialien mit hohem Innovationspotenzial – eine Kooperation zwischen SNF und KTI

Materialien und Materialkombinationen verfügen über spezifische Eigenschaften, verbunden mit ihrer Materialform (Volumen, Oberfläche und Grenzfläche, Film oder Membrane, Pulver, Kolloid und verschiedene andere kleine Strukturen). Eine wichtige, neue Entwicklung wurde ausgelöst durch die Entdeckung, dass Materialien spezielle und neue Eigenschaften durch Nanostrukturierung und Quantenphänomene erhalten. Jedoch sind diese charakteristischen physikalischen, chemischen, biologischen und technischen Eigenschaften von Materialien und Systemen oft empfindlich auf Änderungen der physikalischen, chemischen und biologischen Umgebung, d.h. sie verändern sich durch den Einfluss von äusseren Reizen. Diese Empfindlichkeit kann als störend empfunden werden (z.B. Ausdehnung und Verbiegen von Eisenbahnschienen während eines sehr heissen Sommers) oder als technisch nützlicher Vorteil (Ausdehnung und Biegung eines bimetallischen thermischen Schalters). Für viele traditionelle Anwendungen von Materialien war es eine Herausforderung, diese Abhängigkeit von externen Parametern zu überwinden oder zumindest zu begrenzen oder zu kompensieren. Auf der anderen Seite nutzen Sensoren und Messtechniken den Effekt der externen Parameter auf die Materialcharakteristiken, um ein Signal oder eine Reaktion hervorzurufen. Andere Gebiete, in welchen der Effekt der externen Parameter auf die Materialeigenschaften schon aktiv genutzt wird, schliessen die Anwendung von adaptiven Materialien oder Materialkombinationen als Auslöser, um die Selbstkontrolle eines Prozesses zu erreichen, ein. Warum sollte man nicht einen Schritt weiter gehen und Materialien erfinden mit einer sehr starken, ja radikalen Antwort spezifischer Materialeigenschaften auf stimulierende externe Parameter, welche dann genützt werden könnten, um intelligente Strukturen zu erzeugen, die fähig sind, sich automatisch an verändernde Umweltbedingungen anzupassen, und die sowohl wahrnehmende wie auch reagierende Fähigkeiten haben?

An dieser Stelle will das Nationale Forschungsprogramm «Intelligente Materialien» (NFP 62) eine wichtige Entwicklung initiieren. Das Innovationspotenzial von adaptiven Materialien ist sehr gross, im Speziellen, wenn adaptive Materialien mit anderen Materialien zu intelligenten Strukturen und Systemen von hoher spezifischer Funktion kombiniert werden. Im Beherrschen von Materialien mit neuartigen Eigenschaften und den intelligenten Kombinationen von solchen Materialien kann künftig für die Schweizer Industrie ein Vorteil liegen, der ihre globale Wettbewerbsfähigkeit stärkt. Dies gilt speziell für die Uhrenindustrie, für maschinelle und elektrische Geräte, Medizinaltechnik, Pharmazie, den Energiebereich und das Baugewerbe.

Die Ziele des NFP «Intelligente Materialien»
Das NFP 62 wird als Kooperationsprogramm zwischen dem Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und der Förderagentur für Innovation KTI durchgeführt. Dies ist neu und einzigartig. Die Projekte dieses Programms sollen sich also nicht nur durch wissenschaftliche Exzellenz, sondern auch durch ihr Potenzial für industrielle Anwendungen auszeichnen. Mit der sehr frühen

Nouveaux matériaux à haut potentiel d'innovation – une coopération entre le FNS et la CTI

Les matériaux et combinaisons de matériaux possèdent des propriétés spécifiques qui sont liées à leur morphologie telle que volume, surface/interface, film/membrane, poudre, colloïdes et différentes autres structures fines. La découverte des propriétés particulières que la nanostructuration ou des phénomènes quantiques confèrent aux matériaux est à l'origine d'un développement récent important. Cependant, ces propriétés physiques, chimiques, biologiques et techniques particulières des matériaux et systèmes sont souvent sensibles aux changements de l'environnement physique, chimique et biologique, autrement dit elles sont susceptibles de subir des modifications sous l'influence de stimulus extérieurs. Cette sensibilité peut avoir un effet perturbateur (par ex. dilatation et torsion des rails de chemin de fer durant un été caniculaire) mais aussi constituer un avantage technique utile (dilatation et flexion d'un commutateur thermique bimétal). Pour nombre d'applications traditionnelles des matériaux, le défi consiste à surmonter ou au moins à limiter ou compenser cette dépendance des propriétés de matériaux vis-à-vis des paramètres extérieurs. Par contre, les techniques de détection et de mesure utilisent l'action de paramètres extérieurs sur les caractéristiques des matériaux pour créer un signal de réponse. D'autres domaines, où l'effet des paramètres extérieurs sur les propriétés des matériaux est déjà utilisé, recourent à des matériaux ou à des combinaisons de matériaux adaptatifs comme actionneurs pour réaliser l'autocontrôle d'un processus. Pourquoi alors ne pas aller plus loin et inventer des matériaux capables d'une réponse importante, voire même radicale, de certaines de leurs propriétés spécifiques en réponse à la stimulation exercée par des paramètres extérieurs et qui pourraient s'utiliser pour créer des structures intelligentes capables de s'adapter automatiquement aux variations des conditions environnementales et possédant ainsi aussi bien des capacités de capteurs que d'actionneurs?

C'est ici que le Programme national de recherche «Matériaux intelligents» (PNR 62) entend initier un développement majeur. Le potentiel d'innovation des matériaux adaptatifs est considérable, en particulier lorsqu'ils sont associés à d'autres matériaux en des structures et systèmes intelligents à hautes fonctionnalités spécifiques. La maîtrise de matériaux aux propriétés nouvelles ainsi que de combinaisons intelligentes de tels matériaux peut procurer un avantage compétitif clé à l'industrie suisse, en particulier dans les secteurs de l'horlogerie, de l'équipement des machines, des appareils électriques, de la technique médicale et pharmaceutique, du secteur énergétique ainsi que de l'industrie de la construction, ce qui renforcerait ainsi leur compétitivité globale.

Buts du PNR «Matériaux intelligents»
Le PNR 62 est un programme de coopération entre le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS) et l'Agence pour la promotion de l'innovation CTI, ce qui est à la fois nouveau est unique. Il s'efforce non seulement de promouvoir l'excellence scientifique, mais aussi le succès de l'exploitation industrielle des matériaux intelligents et de leurs applications.

New materials with high innovation potential – a cooperation between SNSF und CTI

Materials and materials combinations reach their specific properties in the materials form of bulk, surface/interface, film/membrane, powder, colloids, and various other small structures. An important recent development has been the discovery that materials can reach particular and novel properties due nanostructuration and quantum phenomena. However, these characteristic physical, chemical, biological and engineering properties of materials and systems are frequently susceptible to changes of the physical, chemical and biological environment, i.e. they respond to external stimuli. This susceptibility may, on the one hand, appear as an annoying effect (e.g. dilatation and bending of railway tracks during a very hot summer), or as a technically useful advantage (dilatation and bending of a bimetal thermal switch). For many traditional applications of materials it has been a challenge to overcome or at least limit or compensate this dependence on the materials properties on external parameters. Sensors and measuring techniques, on the other hand, use the effect of external parameters on the materials characteristics to create a signal or response. Other areas where the effect of external parameters on materials properties are already actively used include the application of adaptive materials or materials combinations as actuators in order to reach an auto-control of a process. Why should one not go one step further and invent materials with a particularly strong, even radical response of some specific materials properties to stimulating external parameters that could then be used to create smart structures capable of automatically adapting to changing environmental conditions and possessing both sensing and actuation capabilities?

At this point the National Research Programme "Smart Materials" (NRP 62) intends to initiate a major development. The innovation potential of adaptive materials is clearly very large, in particular when adaptive materials are combined with other materials into smart structures and systems of highly specific functions. Mastering materials with novel properties and intelligent combinations of such materials can give a key competitive advantage to Swiss industry, in particular in industrial sectors such as watch, machine and electrical equipment, medical, pharmaceutical, energy and building technologies industry and, thus, strengthen their global competitiveness.

Objectives of the NRP "Smart Materials"
NRP 62 is a new and unique cooperation programme between the Swiss National Science Foundation (SNSF) and the Innovation Promotion Agency CTI. It not only strives for scientific excellence but also for success in the industrial exploitation of smart materials and their applications. Owing to a very early involvement of industrial partners, an interactive relationship between scientific insight and practical application will be achieved.

The main focus of NRP 62 is the fostering of creative scientific ideas for novel materials and transfer of the results for innovation. The programme aims at bundling competences and resources available at various research institutions. Future key

Einbindung von industriellen Partnern wird eine laufende Wechselwirkung zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und praktischer Umsetzung erreicht.

Der klare Fokus des NFP 62 liegt auf der Erarbeitung neuartiger, origineller wissenschaftlicher Projekte und der Realisierung von innovativen Umsetzungsideen. Das Programm zielt auf die Bündelung der an verschiedenen Forschungsstätten vorhandenen Kompetenzen und Ressourcen. Intelligente Materialien und die darauf basierenden intelligenten Strukturen werden sich in verschiedenen Sektoren der Schweizer Industrie als Schlüsseltechnologie erweisen. Untersuchungen zur Optimierung von Funktion und Kosten, Herstellungsprozessen und Zuverlässigkeit sollen helfen, dies zu belegen. Überdies werden die NFP 62-Projekte grundsätzlichen Aspekten des Gesundheits- und Umweltschutzes Rechnung tragen.

Projektauswahl
Die Ausschreibung des NFP 62 erfolgte am 3. November 2008. Bis zum 30. Januar 2009 wurden 79 Projektskizzen über einen Gesamtbetrag von CHF 34,5 Mio. eingereicht. Die Projektskizzen wurden durch rund 60 fachlich ausgewiesene, ausländische Expertinnen und Experten und die Mitglieder der Leitungsgruppe hinsichtlich der wissenschaftlichen Qualität und verschiedener Relevanzkriterien beurteilt. Gestützt auf die mehr als 200 schriftlichen Gutachten hat die Leitungsgruppe die Projekte eingehend evaluiert und 28 Projektleitende eingeladen, ein detailliertes Forschungsgesuch einzureichen. Die 28 Forschungsgesuche wurden wiederum durch internationale Expertinnen und Experten und durch die Mitglieder der Leitungsgruppe beurteilt. Auf Empfehlung der Leitungsgruppe hat der Nationale Forschungsrat letztlich 21 Projekte bewilligt, deren Finanzumfang sich auf CHF 6,6 Millionen beläuft. Die Forschungsprojekte haben eine Laufzeit von zwölf bis 36 Monaten. Die Leitungsgruppe wird im Laufe des Programms entscheiden, ob einzelne Projekte um weitere zwölf bis 24 Monate verlängert werden sollen.

Programmstruktur und Forschungsschwerpunkte
Die 21 Projekte organisieren sich innerhalb des NFP 62 in vier Modulen, die zum Teil überlappen und interagieren.

Intelligente formadaptive Materialien für makroskopische Anwendungen
Die Anpassung der Form aufgrund externer Kräfte ist eine Grundfunktion vieler mechanischer Werkzeuge. Mit Materialien dieses Moduls wird die Übertragung von Kräften unter dem Einfluss elektrischer oder magnetischer Felder oder durch Einsatz superelastischer Legierungen adaptiert.

Auf spezifische Anregungen reagierende Materialien für den mikroskopischen Bereich
Externe Felder, spezifische chemische Umgebung, Temperatur, Biegung oder andere Einflüsse verursachen mikroskopische Materialveränderungen und ermöglichen neue Funktionen im mikro- und im makroskopischen Bereich.

Materialien für intelligente Wirkstoffabgabe
Wirkstoffe und Medikamente werden in mikroskopischen Behältern verkapselt, deren Oberflächen so funktionalisiert sind, dass der menschliche Organismus die Behälter an den gewünschten Ort transportiert, wo schliesslich die Wirkstoffabgabe aufgrund eines externen Signals ausgelöst wird.

Grâce à une implication précoce de partenaires industriels, une relation interactive s'établira entre une idée scientifique et ses applications pratiques.

L'axe principal du PNR 62 est l'encouragement d'idées scientifiques originales et de leurs applications. Le programme entend lier les compétences et ressources disponibles dans plusieurs institutions de recherche en Suisse. La recherche fournira les technologies requises pour le développement de matériaux intelligents, et l'application de structures et systèmes intelligents, tous les deux dans des secteurs d'importance stratégique pour l'industrie suisse. Les implémentations de processus, la fiabilité des systèmes, ainsi que l'optimisation fonctionnelle et financière sont quelques aspects qui doivent être examinés à cette fin. En outre, les projets du PNR 62 devraient prendre en considération les aspects fondamentaux de la protection de la santé et de l'environnement.

Choix des projets
L'appel d'esquisses de projets du PNR 62 a été lancé le 3 novembre 2008. Jusqu'au 30 janvier 2009, 79 esquisses de projets, représentant un montant total de 34.5 millions CHF, ont été enregistrées. Ces esquisses de projets ont été examinées par une soixantaine d'experts étrangers qualifiés et les membres du Comité de direction quant à leur qualité scientifique et en fonction de différents autres critères de pertinence. Sur la base de plus de 200 rapports critiques, le Comité de direction a procédé à une évaluation approfondie des projets proposés et a invité 28 de leurs auteurs à soumettre une requête de recherche détaillée. Ces 28 requêtes de recherche ont été à nouveau évaluées par les experts internationaux et les membres du Comité de direction. Sur recommandation du Comité de direction, le Conseil national de la recherche a finalement approuvé 21 projets pour un montant de financement de 6.6 millions CHF. La durée de ces projets varie de douze à 36 mois. Le Comité de direction décidera en cours du programme d'une prolongation éventuelle de douze à 24 mois de certains projets.

Structure du programme et thèmes de recherche
Les 21 projets du PNR 62 sont répartis en quatre modules qui se recouvrent et interagissent partiellement entre eux.

Matériaux intelligents à transformation de forme pour applications macroscopiques
L'adaptation de leur forme sous l'action de forces extérieures est la fonction de base de nombreux outils mécaniques. Les matériaux de ce module utilisent des champs électriques ou magnétiques ou encore des alliages superélastiques pour moduler la transmission des forces.

Matériaux intelligents à excitation spécifique pour applications microscopiques
De champs externes, un environnement chimique spécifique, la température, des contraintes de déformation ou d'autres stimuli provoquent sur ces matériaux des modifications microstructurales qui leur confèrent de nouvelles fonctions dans le domaine microscopique.

Vecteurs de médicaments intelligents
L'encapsulation de substances actives et de médicaments dans des microvecteurs et la fonctionnalisation de la surface de ces derniers permet à l'organisme humain de les trans-

technologies for Swiss industry may be the result of these new smart materials and system studies. Process implementations, system's reliability, functional and cost optimisation are among the aspects to be investigated to this end. Furthermore, NRP 62-projects should meet fundamental aspects of health and environmental protection.

Project selection
The implementation plan of NRP 62 together with the call for pre-proposals was published on 3 November, 2008. Up to the deadline of 30 January, 2009, 79 pre-proposals were submitted with a total request of CHF 34.5 million. Their scientific quality was evaluated by about 60 foreign experts; furthermore, the Steering Committee assessed the relevance of the pre-proposals for goals of NRP 62. Based on the more than 200 international evaluation reports, the Steering Committee invited 28 principal investigators to submit full proposals. These 28 proposals were again evaluated by international experts, and assessed by the Steering Committee. Based on the recommendations of the Steering Committee, the National Research Council approved 21 out of the 28 full proposals with a total cost of CHF 6.6 million. Most of the research projects will last for 36 months. Based on an intermediate evaluation of the elaborated results achieved within the first 36 months, the Steering Committee will decide on a possible prolongation of the projects for up to 24 months.

Programme structure and main research topics
Inside NRP 62, the 21 approved projects are organised in four modules, which may overlap and strongly interact.

Smart shape transformers for macroscopic use
Shape adaptation by external forces is the basic function of many mechanical tools. Materials of this module will adapt the transmission of forces using electric or magnetic fields or superelastic alloys.

Stimuli-responsive materials for the microscopic range
External fields, specific chemical environment, temperature, deformation stress or other stimuli induce adaptations of materials properties and allow for new functions on the microscopic scale.

Smart drug delivery materials
Encapsulation of active agents and medicaments in microscopic containers, their functionalization of their surface enables the human body to transfer them to the appropriate site and, finally, to release the agent controlled by an external signal.

Exploratory research for smart materials
This fundamental research for new molecular-based materials may result in innovative concepts for future electronics, lead-free electromechanical transducers or fibres of adaptable flexibility. "High risk – high reward" research work characterizes these projects.

Programme schedule – cooperation programme between SNSF and CTI
The chronological sequence of NRP 62 consists of three funding periods. For periods one and two, the research projects will be funded by the SNSF with a total of CHF 9.5 million. For the first period of up to three years, projects have been selected primarily based on their scientific quality. For the second pe-

Erforschung grundlegend neuer intelligenter Materialien
Auf der Suche nach neuen Materialien stellen Moleküle die Basis dar. Grundlagen für innovative elektronische Materialien der Zukunft, bleifreie elektromechanische Wandler oder auch Fasern variabler Flexibilität werden erarbeitet. Der Erfolg dieser Grundlagenforschungsprojekte ist ungewiss, kann potenziell aber viel auslösen.

Programmablauf – Kooperationsprogramm von SNF und KTI
Der Ablauf des NFP 62 ist in drei Phasen gegliedert. Die SNF-Finanzierung erstreckt sich über zwei Phasen mit insgesamt CHF 9,5 Mio. – in einer ersten Phase (drei Jahre) werden Projekte unterstützt, die auf Grund ihrer hohen wissenschaftlichen Qualität ausgewählt worden sind. In der zweiten Phase, die höchstens zwei Jahre dauern wird, wird der SNF nur noch diejenigen Projekte weiter fördern, die über ein hohes Potenzial für praktische Anwendung verfügen und gute Chancen haben, in ein durch die KTI finanziertes Kooperationsprojekt mit der Industrie übergeführt zu werden. In der dritten Phase werden die verbleibenden anwendungsorientierten Projekte nach den Regeln der KTI weitergeführt und durch die KTI und entsprechende Industriepartner finanziert. Die Überführung eines NFP-62-Projekts in ein KTI-Projekt mit Industriepartner kann grundsätzlich in jeder Phase des NFP erfolgen, falls der Projektfortschritt dies erlaubt.

28. November 2007
Der Bundesrat beauftragt den SNF mit der Durchführung des NFP 62
17. Oktober 2008
Genehmigung des Ausführungsplans durch den Vorsteher des Eidgenössischen Departments des Innern (EDI)
3. November 2008
Veröffentlichung des Ausführungsplans und Ausschreibung für die Eingabe von Projekten
30. Januar 2009
Einreichung der Projektskizzen
17. August 2009
Einreichung der Forschungsgesuche
8. Dezember 2009
Bewilligung der 21 Forschungsprojekte durch den Nationalen Forschungsrat
Frühjahr 2010
Beginn der ersten Forschungsphase
Kick-off-Meeting: 22./23. April 2010
Frühjahr 2013
Ende der ersten Phase
Mitte 2015
Ende der SNF-Finanzierung im NFP 62

Organisation
Die Gesamtverantwortung für die Nationalen Forschungsprogramme trägt innerhalb des Schweizerischen Nationalfonds die Abteilung IV (Orientierte Forschung). Für jedes NFP konstituiert der Nationale Forschungsrat eine Leitungsgruppe, deren Mitglieder für die jeweiligen Programme hauptsächlich aufgrund ihrer wissenschaftlichen Kompetenz und ihrer Erfahrung mit anwendungsorientierter Forschung ernannt werden.

Die Leitungsgruppe ist verantwortlich für die Durchführung des NFP. Sie ist über die ganze Programmdauer hinweg vornehm-

porter vers l'organe ou les tissus cibles où la substance active est libérée sous l'action d'un signal externe.

Recherche exploratoire de nouveaux matériaux intelligents
Cette recherche de nouveaux matériaux moléculaires fonctionnels pourrait mener à des concepts innovateurs pour une électronique du futur, pour la réalisation de transducteurs électromécaniques exempts de plomb, ou encore des fibres à flexibilité variable. Le succès de ce genre de recherches est incertain, mais leurs résultats sont potentiellement très prometteurs.

Déroulement du programme – programme de coopération entre le FNS et la CTI
Le déroulement du PNR 62 est structuré en trois étapes. Le financement assuré par le FNS se déroulera en deux phases avec un budget global de 9.5 millions CHF. Dans la première phase, qui s'étendra sur trois ans, les projets seront sélectionnés principalement selon leur qualité scientifique. Dans la deuxième phase, limitée à deux ans, le FNS ne soutiendra plus que les projets à haut potentiel d'application pratique et qui pourront devenir des projets de coopération industrielle financés par la CTI. Dans la troisième phase, les projets restants orientés vers une application devront se convertir en des projets CTI qui seront financés par cette dernière et des entreprises industrielles suivant les règles de la CTI. La transformation d'un projet PNR 62 en un projet de collaboration industrielle financé par la CTI peut avoir lieu à tout moment si les progrès du projet le permettent.

28 novembre 2007
Le Conseil fédéral charge le FNS de mettre à exécution le PNR 62
17 octobre 2008
Approbation du plan d'exécution par le Département fédéral de l'intérieur (DFI)
3 novembre 2008
Publication du plan d'exécution et mise au concours publique du PNR 62
30 Janvier 2009
Soumission des esquisses de projet
17 août 2009
Soumission des requêtes
8 décembre 2009
Approbation des 21 projets de recherche par le Conseil de la recherche
Printemps 2010
Début des travaux de recherche
Kick-off meeting les 22/23 avril 2010
Printemps 2013
Fin de la première phase
Mi 2015
Fin du financement du PNR 62 par le FNS

Organisation
La Division IV (recherche orientée) du Fonds national suisse de la recherche scientifique assume la responsabilité globale pour les Programmes nationaux de recherche (PNR). Le Conseil de la recherche constitue pour chaque PNR un Comité de direction dont les membres sont nommés avant tout sur la base de leurs compétences scientifiques et de leur expérience dans la recherche appliquée.

riod of up to another two years, only those projects with a high potential for practical application and for follow-up industrial collaboration projects, funded by CTI will receive continued support within NRP 62. For the third period, the successful application-oriented projects will continue, funded by CTI and industrial companies according to the rules of CTI. The transfer of an NRP 62-project to an industrial collaboration project funded by CTI can take place at any period of NRP 62 on condition of appropriate advancement.

28 November, 2007
The Federal Council mandates the SNSF with the implementation of the NRP 62
17 October, 2008
Approval of the implementation plan by the Federal Department of Home Affairs
3 November, 2008
Announcement of the implementation plan and call for pre-proposals
30 January, 2009
Submission of pre-proposals
17 August, 2009
Submission of full proposals
8 December, 2009
Approval of 21 research projects by the National Research Council
Spring 2010
Start of the first research period
Kick-off meeting on 22/23 April, 2010
Spring 2013
End of the first period
Mid 2015
End of SNSF-funding within NRP 62

Organisation
Responsibility for National Research Programmes lies with the Swiss National Science Foundation's Division IV (Targeted Research). For each NRP, the National Research Council sets up a Steering Committee whose members are chosen because of their scientific expertise and their experience in applied research.

The Steering Committee is responsible for the implementation of the NRP and plays an active and strategic role during the entire programme. As a body, it determines the programme's specific profile and ensures continuity and coherence. The members of the NRP 62 Steering Committee come from a variety of scientific fields and different nations. Their profiles ensure that all domains relevant to the topics of the programme in material science, research and development are covered.

The main tasks of the Steering Committee are:
→ project selection for the Research Council
→ organisation of the scientific coordination
→ project monitoring
→ enforcing National Science Foundation quality standards and targets
→ evaluating the progress and final reports of the projects
→ compiling the synthesis report and the programme's final reports for its initiator (the Federal Council in this instance)

lich strategisch tätig. Sie verleiht dem Programm sein spezifisches Profil und bietet Gewähr für die nötige Kontinuität und Kohärenz. Die Mitglieder der Leitungsgruppe des NFP 62 kommen aus verschiedenen Disziplinen und Nationen. Sie decken unterschiedliche Teilgebiete der Materialwissenschaften und der Forschung und Entwicklung in den relevanten Bereichen ab.

Die Hauptaufgaben der Leitungsgruppe sind:
→ Projektauswahl zuhanden des Forschungsrates
→ Organisation der wissenschaftlichen Koordination
→ Projektbegleitung
→ Überwachung der Nationalfonds-Qualitätsstandards und der Zielkonformität
→ Bewertung der Zwischen- und Schlussberichte der Projekte
→ Erarbeitung der Syntheseberichte und Programmschlussberichte zuhanden der Auftraggeber (letztlich der Bundesrat)

Mitglieder der Leitungsgruppe

Prof. em. Dr. Louis Schlapbach, Präsident
Ehem. Direktor EMPA und Prof. für Physik ETH,
Teilzeit-Engagement am NIMS, Tsukuba, Japan

Prof. Dr. Martina Hirayama
Förderagentur für Innovation KTI, Bern, und Institute of Materials and Process Engineering (IMPE),
School of Engineering (SoE),
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW),
Winterthur

Dr. Annick Loiseau
Laboratoire d'études des microstructures (LEM),
Office National d'Etudes et Recherches Aérospatiales (ONERA),
Châtillon, France

Prof. Dr. Rolf Mülhaupt
Institut für Makromolekulare Chemie,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

Prof. Dr. Peter Seitz
CSEM SA, Division Nanomedicine, Landquart, und
Institute for Microengineering, EPFL STI IMT-NE, Neuchâtel

Dr. Hansruedi Zeller
Birr

Le Comité de direction est responsable de l'exécution du PNR. Il assume surtout un rôle stratégique durant le programme. Il détermine le profil spécifique du programme de recherche et en garantit la continuité et la cohérence. Les membres du Comité de direction du PNR 62 sont de nationalités diverses et sont issus de différentes disciplines. Leurs compétences recouvrent différents domaines de la science des matériaux et de la recherche et du développement dans ces domaines.

Les principales tâches du Comité de direction sont:

→ la sélection des projets à l'attention du Conseil de la recherche
→ l'organisation de la coordination scientifique
→ l'accompagnement des projets
→ la surveillance du respect des normes de qualité et des buts définis par le Fonds national suisse de la recherche scientifique
→ l'évaluation des rapports intermédiaires et des rapports finaux
→ l'élaboration des rapports de synthèse et de conclusion à l'attention du mandataire (soit finalement le Conseil fédéral)

Membres du Comité de direction

Prof. em. Dr. Louis Schlapbach, Président
Ancien directeur de l'EMPA, et prof. de physique ETH,
Engagement à temps partiel au NIMS, Tsukuba, Japon

Prof. Dr. Martina Hirayama
Agence pour la promotion de l'innovation CTI, Berne, et
Institute of Materials and Process Engineering (IMPE)
School of Engineering (SoE),
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW),
Winterthur

Dr. Annick Loiseau
Laboratoire d'études des microstructures (LEM)
Office National d'Etudes et Recherches Aérospatiales (ONERA)
Châtillon, France

Prof. Dr. Rolf Mülhaupt
Institut für Makromolekulare Chemie
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

Prof. Dr. Peter Seitz
CSEM SA, Division Nano-médecine, Landquart, et
Institute for Microengineering, EPFL STI IMT-NE, Neuchâtel

Dr. Hansruedi Zeller
Birr

Members of the Steering Committee

Prof. em. Dr. Louis Schlapbach, President
Former Director EMPA, and Prof. of Physics ETH,
Part-time engagement at NIMS, Tsukuba, Japan

Prof. Dr. Martina Hirayama
Innovation Promotion Agency CTI, Berne, and
Institute of Materials and Process Engineering (IMPE)
School of Engineering (SoE),
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Winterthur

Dr. Annick Loiseau
Laboratoire d'études des microstructures (LEM)
Office National d'Etudes et Recherches Aérospatiales (ONERA)
Châtillon, France

Prof. Dr. Rolf Mülhaupt
Institut für Makromolekulare Chemie
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

Prof. Dr. Peter Seitz
CSEM SA, Division Nanomedicine, Landquart, and
Institute for Microengineering, EPFL STI IMT-NE, Neuchâtel

Dr. Hansruedi Zeller
Birr

Delegierter der Abteilung IV des Forschungsrats
Prof. Dr. Peter Schurtenberger
Department of Physics, University of Fribourg, Fribourg

Programmkoordinator
Dr. Stefan Husi
Schweizerischer Nationalfonds (SNF), Bern

Leiter Wissens- und Technologietransfer
Dr. Niklaus Bühler
Marly

Kontakt
Prof. em. Dr. Louis Schlapbach
Präsident der Leitungsgruppe
Tel +41 79 337 33 60
louis.schlapbach@me.com

Dr. Stefan Husi
Programmkoordinator
Schweizerischer Nationalfonds
Wildhainweg 3
CH-3001 Bern
Tel +41 31 308 22 22
shusi@snf.ch

Dr. Niklaus Bühler
Leiter Wissens- und Technologietransfer
Route du Pâquier 8
1723 Marly
Tel +41 79 304 00 42
niklaus.buehler@sl.ethz.ch

Weitere Informationen: www.nfp62.ch

Was ist ein Nationales Forschungsprogramm?

Im Rahmen eines Nationalen Forschungsprogramms (NFP) werden Forschungsprojekte durchgeführt, die einen Beitrag zur Lösung wichtiger Gegenwartsprobleme leisten. Die Fragestellung und Schwerpunkte eines NFP bestimmt der Bundesrat. Für die Durchführung aller NFP verantwortlich ist der Schweizerische Nationalfonds. In einem Nationalen Forschungsprogramm sollen in verschiedenen Disziplinen und Institutionen koordinierte und auf ein gemeinsames Ziel ausgerichtete Forschungsprojekte durchgeführt werden:
- deren wissenschaftliche Erforschung von gesamtschweizerischer Bedeutung ist;
- die weder ausschliesslich der Grundlagenforschung, der Forschung der Verwaltung noch der industrienahen Forschung zugeordnet werden können;
- deren Erforschung innerhalb von fünf Jahren Ergebnisse erwarten lässt, die für die Praxis verwertbar sind.

Délégué de la division IV du Conseil de la recherche
Prof. Dr. Peter Schurtenberger
Département de physique, Université de Fribourg, Fribourg

Coordinateur du programme
Dr. Stefan Husi
Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS), Berne

Chargé du transfert de connaissances et de technologie
Dr. Niklaus Bühler
Marly

Contact
Prof. em. Dr. Louis Schlapbach
Président du Comité de direction
Tel +41 79 337 33 60
louis.schlapbach@me.com

Dr. Stefan Husi
Coordinateur du programme
Fonds national suisse de la recherche scientifique
Wildhainweg 3
CH-3001 Bern
Tel +41 31 308 22 22
shusi@snf.ch

Dr. Niklaus Bühler
Chargé du transfert de connaissances et de technologie
Route du Pâquier 8
1723 Marly
Tel +41 79 304 00 42
niklaus.buehler@sl.ethz.ch

Informations supplémentaires: www.pnr62.ch

Qu'est-ce qu'un Programme national de recherche?

Un Programme national de recherche (PNR) est un cadre servant à réaliser des projets de recherche qui contribuent à résoudre d'importants problèmes actuels. C'est le Conseil fédéral qui détermine l'objet et les priorités d'un PNR, tandis que le Fonds national suisse est responsable de l'organisation de tous les PNR. Un Programme national de recherche doit inciter à exécuter des projets de recherche coordonnés entre diverses disciplines et institutions et orientés vers un objectif commun:
- dont l'étude scientifique est importante sur le plan national;
- qui ne ressortissent pas exclusivement à la recherche fondamentale pure, à la recherche de l'administration ou à la recherche proche de l'industrie;
- dont l'étude approfondie est censée aboutir en l'espace de cinq ans environ à des résultats susceptibles d'être mis en valeur dans la pratique.

Delegate of the National Research Council
Prof. Dr. Peter Schurtenberger
Department of Physics, University of Fribourg, Fribourg

Programme Coordinator
Dr. Stefan Husi
Swiss National Science Foundation (SNSF), Berne

Head of Knowledge and Technology Transfer
Dr. Niklaus Bühler
Marly

Contact
Prof. em. Dr. Louis Schlapbach
President of the Steering Committee
Tel +41 79 337 33 60
louis.schlapbach@me.com

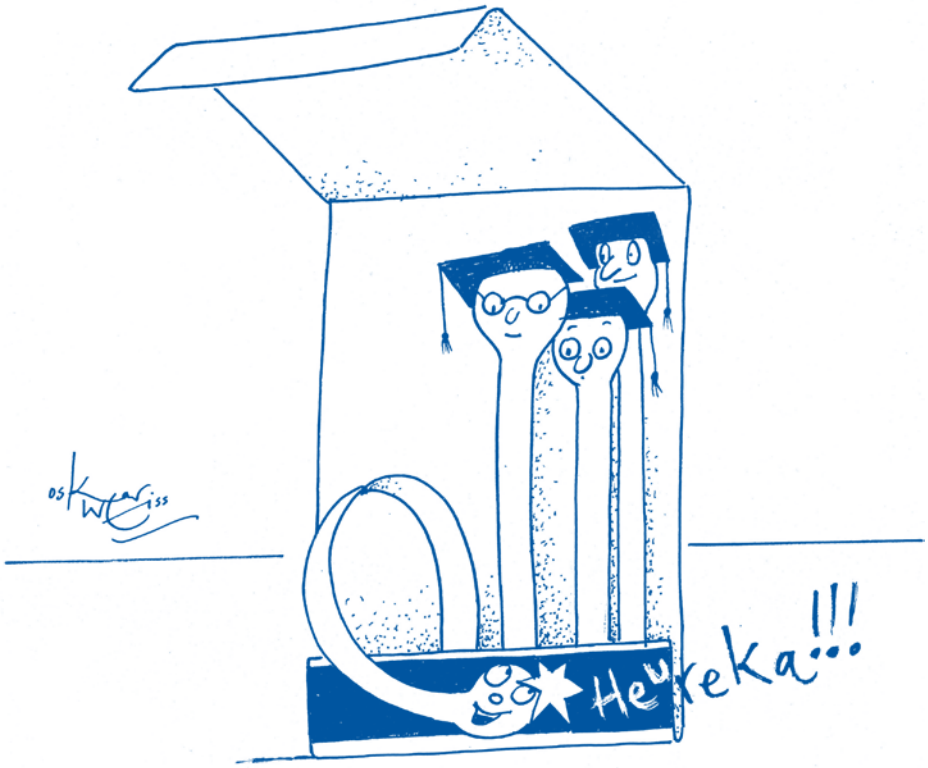
Dr. Stefan Husi
Programme Coordinator
Swiss National Science Foundation
Wildhainweg 3
CH-3001 Berne
Tel +41 31 308 22 22
shusi@snf.ch

Dr. Niklaus Bühler
Head of Knowledge and Technology Transfer
Route du Pâquier 8
1723 Marly
Tel +41 79 304 00 42
niklaus.buehler@sl.ethz.ch

Further information: www.nrp62.ch

What is a National Research Programme?

A National Research Programme (NRP) is a programme for carrying out research projects that help to solve important current problems. The Swiss Federal Council determines the issues and focal areas to be addressed by each NRP.
The Swiss National Science Foundation is responsible for implementing all NRPs. The aim of an NPR is to bring together different disciplines and institutions to carry out research projects focusing on a common goal.
These projects must have the following characteristics:
- their scientific research is of national importance for Switzerland;
- they do not involve solely basic research, research on administration or industrial research;
- within five years, the research will produce results that can be used in practical applications.


Heureka!!!

Modul / Module I

Intelligente formadaptive Materialien für makroskopische Anwendungen

Die Anpassung der Form aufgrund externer Kräfte ist eine Grundfunktion vieler mechanischer Werkzeuge. Mit Materialien dieses Moduls wird die Übertragung von Kräften unter dem Einfluss elektrischer oder magnetischer Felder oder durch Einsatz superelastischer Legierungen adaptiert.

Matériaux intelligents à transformation de forme pour applications macroscopiques

L'adaptation de leur forme sous l'action de forces extérieures est la fonction de base de nombreux outils mécaniques. Les matériaux de ce module utilisent des champs électriques ou magnétiques ou encore des alliages superélastiques pour moduler la transmission des forces.

Smart shape transformers for macroscopic use

Shape adaptation by external forces is the basic function of many mechanical tools. Materials of this module will adapt the transmission of forces using electric or magnetic fields or superelastic alloys.

Neue Werkstoffe mit adaptiver Form und Steifigkeit

Dr. Andrea Bergamini
Eidg. Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt (EMPA)
Mechanics for Modelling and Simulation
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Tel 044 823 44 24
andrea.bergamini@empa.ch

Dr. Stephan Busato
Institut für Mechanische Systeme
ETH Zürich
sbusato@ethz.ch

Strukturen, die quasi auf Knopfdruck ihre Form ändern können, sind in der Technik sehr gesucht. Bisher lässt sich diese Formänderung durch Aufheizen eines Werkstücks erreichen. Ein neuer Ansatz benutzt elektrostatische Kräfte, welche eine Schichtstruktur versteifen beziehungsweise erschlaffen lassen.

Hintergrund In der Entwicklung von Strukturen, die ihre Form und Steifigkeit ändern können, muss folgendes Problem gelöst werden: Wie kann man eine starre Struktur kurz und gezielt erschlaffen lassen und sie in einer neuen Form wieder versteifen und dies mit geringem Energieaufwand? Materialien mit variablen mechanischen Eigenschaften existieren zwar (zum Beispiel Nickel-Titan-Formgedächtnislegierungen oder spezielle Polymere); sie verlieren ihre Steifigkeit allerdings nur durch Aufheizen und erstarren dann wieder beim Abkühlen. Die Energiebilanz dieser Eigenschaftsänderung ist daher wenig attraktiv. Mittels eines elektrostatischen Felds kann man eine Art «Verklebung» zwischen dünnen Schichten erzeugen, die aus geeigneten dielektrischen Materialien aufgebaut sind. Schaltet man das Feld aus, geht der Zusammenhalt zwischen den Schichten verloren, der Verbundstoff wird flexibel und kann in eine neue Form gebracht werden. Diese Form wird durch Einschalten des Felds wieder verfestigt. Ein solcher Verfestigungs- und Erschlaffungsprozess ist energetisch günstiger als die erwähnten thermischen Methoden.

Ziel Das Hauptziel des Projekts liegt in der Selektion und Optimierung von geeigneten dielektrischen Werkstoffen und ihren Oberflächen, um mit geringer elektrischer Energie einen soliden elektrostatischen Verbund zwischen den Schichten zu erzeugen.

Bedeutung Die Entwicklung von Strukturen mit variabler Form und Biegesteifigkeit ist von praktischem Interesse zum Beispiel in der Aerodynamik und Aeronautik. Allgemein betrachtet wird in diesem Projekt die Entwicklung von sogenannten «intelligenten» Strukturen mittels konventioneller Werkstoffe in Kombination mit variablen elektrischen Feldern angegangen. Dieser Ansatz bietet neue, interessante Möglichkeiten, um das Spektrum von multifunktionellen Werkstoffen zu ergänzen.

Anwendung Mit Materialien adaptiver Form und Steifigkeit kann man Flugzeugflügel bauen, die keine mechanischen Klappen zum Steuern mehr brauchen; der Flügel selbst verformt sich dank elektrischer Impulse. Auch Rotoren können der jeweiligen aerodynamischen Situation angepasst werden, und Oberflächen sind fähig, auftretenden Vibrationen aktiv entgegenzuwirken.

Title: Dielectric materials for variable stiffness skins in shape adaptation applications

Grant: CHF 198 914.–
Duration: 36 months

Module I

Nouveaux matériaux à forme et rigidité adaptatives

Les structures pouvant changer de forme «à la demande» sont très recherchées pour des applications techniques. Jusqu'ici, sur les matériaux à mémoire de formes classiques, ces changements s'obtenaient par un chauffage, fort consommateur d'énergie. Une nouvelle approche utilise les forces électrostatiques pour rigidifier ou détendre une structure multicouche.

Arrière-plan Le développement de structures à forme et rigidité variables pose un problème épineux: comment faire se relâcher une structure rigide de manière momentanée et ciblée, pour ensuite la faire se rigidifier à nouveau dans une autre forme? Il existe certes déjà des matériaux dotés de propriétés mécaniques adaptatives (alliages de nickel-titane ou polymères à mémoire de forme par exemple) mais ces matériaux ne perdent leur rigidité que s'ils sont soumis à un chauffage et ne se solidifient que par un refroidissement ultérieur. Le bilan énergétique de ces opérations est donc peu satisfaisant. L'utilisation de champs électrostatiques permet en quelque sorte de «coller» entre elles de minces couches constituées de matériaux diélectriques appropriés. Hors tension, la cohésion entre les couches disparaît, le matériau composite s'assouplit et peut être déformé. Cette nouvelle forme peut être «gelée» en réactivant le champ. Ce procédé de détente/rigidification est plus économe du point de vue énergétique que les méthodes thermiques évoquées plus haut.

But Le but principal du projet est de sélectionner et d'optimiser des matériaux diélectriques appropriés ainsi que les propriétés de leurs surfaces, ceci pour permettre de créer des liaisons électrostatiques solides entre les couches avec une faible consommation de courant.

Portée Le développement de structures de forme et de rigidité à la flexion variables présente un grand intérêt en aérodynamique et pour l'aéronautique. D'une manière générale, ce projet vise à développer des structures dites «intelligentes» avec des matériaux conventionnels, en combinaison avec des champs électriques variables. Cette approche possède un potentiel important pour élargir l'éventail des fonctions des matériaux adaptatifs.

Application Les matériaux à forme et rigidité adaptatives peuvent s'utiliser pour la construction d'ailes d'avion dépourvues de volets et de clapets, dont la forme se modifie sous l'action d'impulsions électriques. Ou aussi pour des rotors d'hélicoptères qui s'adaptent aux différentes situations aérodynamiques et dont la surface inhibe activement les vibrations.

New approaches to shape and stiffness changing materials

Structures that can change their shape or stiffness on command find many interesting technical applications. The classical approach is based on heating a material in order to change its shape, which is very energy-consuming. A new approach utilizes electrostatics to stiffen and relax a multi-layer structure.

Background Any development of structures which can change shape is facing the same challenge: how to change from a high stiffness first shape to a soft state and new shape and back to high stiffness of the new shape and this with a minimum of energetic expense per shape change. Materials that can change their mechanical properties "on command" are known (e.g. nickel-titanium shape memory alloys or specific polymers). Here, the shape change is only induced by heating or cooling the material. However, the energy balance sheet for such shape and stiffness change is not satisfactory. An electrostatic field is used to reversibly couple the interfaces of a multi-layer structure, so that a reversible lamination (field switched on) and delamination (field switched off) can be achieved in such a structure. This approach is energetically much less demanding than the thermal processes mentioned above.

Aim The main focus in this project will be on the selection and optimization of suitable insulating (dielectric) layer materials and surfaces to obtain an optimal coupling of the structures with a minimum of electrical energy consumed.

Significance The development of structures with variable shape and bending stiffness is of great practical interest in aerodynamics and aeronautics. Generally spoken, this project addresses the possibility to develop "smart structures" by combining conventional (i.e. "not smart") materials with a variable electric field. This approach offers interesting new opportunities to complement the spectrum of functions offered by multi-functional materials.

Application Shape and stiffness adaptive materials can be used to build aircraft wings whose geometry can be varied dynamically. Such wings will no longer need mechanical flaps for steering: the wing will change its shape guided by electrical pulses. Thanks to such materials, also rotors can better adapt to aerodynamic changes, and surfaces are enabled to actively absorb vibrations.

Superelastische verformbare chirurgische Werkzeuge

Dr. Lucio Flavio Campanile
Eidg. Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt (EMPA)
Mechanics for Modelling and Simulation
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Tel 044 823 57 03
flavio.campanile@empa.ch

Durch gekoppelte Nutzung der neuen Technologien nachgiebiger Systeme und superelastischer Formgedächtnislegierungen wird eine innovative Klasse chirurgischer Instrumente entwickelt.

Hintergrund Nachgiebige Systeme stellen eine innovative Klasse mechanischer Systeme dar. Sie bilden im Wesentlichen das Verhalten konventioneller Mechanismen ab, wobei auf bewegliche Bauteile wie Lager und Gelenke verzichtet werden kann, weil elastische Verformungen im Material genutzt werden. Ein bekannter Vertreter nachgiebiger Systeme ist die Pinzette, die ihre mechanische Aufgabe (das Greifen von Objekten) dadurch erfüllt, dass sich deren zwei Hälften im Wurzelbereich elastisch verbiegen. Das nachgiebige Prinzip bietet zahlreiche Vorteile für chirurgische Werkzeuge, darunter preisgünstige Herstellung, vereinfachte Wartung und verbesserte Bedingungen für die Sterilisation. Damit dieses Prinzip auf eine grosse Klasse von Instrumenten erweitert werden kann, werden spezielle Werkstoffe benötigt, die zugleich hoch dehnbar und fest sind.

Ziel Das Ziel ist die Entwicklung von innovativen chirurgischen Instrumenten auf Basis nachgiebiger Systeme aus superelastischen Formgedächtnislegierungen. Sie zeichnen sich durch einfache Handhabung, effektivere Sterilisierbarkeit und geringeres Verletzungsrisiko aus.

Bedeutung Die Tragweite der Projektergebnisse ist mehrfacher Natur. Ein wichtiger Punkt ist die Effizienzsteigerung in der Sterilisation. Nachgiebige Instrumente sind naturgemäss spaltfrei und bieten deshalb erschwerte Bedingungen für die Ansiedlung von Bakterien. Auch die Gefahr unbeabsichtigter Verletzungen reduziert sich. Eine sogenannte Repositionszange zum Beispiel, die ähnlich einer Nagelschere aufgebaut ist, kann im Gelenkbereich das Gewebe «zwicken» und beschädigen. Ist das Gerät nach dem nachgiebigen Prinzip ausgeführt, wird eine solche Art von Verletzung ausgeschlossen. Nachgiebige Systeme bieten ausserdem ein wesentlich erweitertes Funktionalitätsspektrum: Komplexe Greif- und Bewegungsvorgänge werden möglich wie auch beispielsweise die Integration einer Rückstellungs- oder einer Kraftbegrenzungsfunktion. Dank der monolithischen Natur der Instrumente sind kaum manuelle Fertigungsschritte erforderlich, was eine kostengünstige Herstellung ermöglicht.

Anwendung Nach erfolgreicher Bearbeitung des Projekts werden weitere Schritte in Richtung Kommerzialisierung unternommen, in enger Zusammenarbeit mit einem weltweit bedeutenden Entwickler und Hersteller chirurgischer Instrumente.

Title: Superelastic compliant surgery tools

Grant: CHF 107 016.–
Duration: 12 months

Module I

Instruments chirurgicaux superélastiques souples

Ce projet propose de développer une nouvelle catégorie d'instruments chirurgicaux associant les deux technologies émergentes que sont les systèmes souples et les alliages superélastiques à mémoire de forme.

Arrière-plan Les systèmes souples représentent une nouvelle catégorie de systèmes mécaniques. Ils reproduisent pour l'essentiel le comportement des mécanismes conventionnels mais en utilisant les propriétés de déformation élastique de la matière, supprimant ainsi les paliers et les articulations. L'exemple de système souple sans doute le plus connu est la pincette, qui remplit sa fonction mécanique (la préhension d'objets) grâce à la déformation de ses deux tiges dans leur partie supérieure.

But Le principe des systèmes souples présente de nombreux avantages pour les instruments chirurgicaux, notamment par une réduction des coûts de production, la facilité d'entretien et l'amélioration des procédures de stérilisation. L'extension de ce principe à une large catégorie d'instruments chirurgicaux nécessite toutefois des matériaux particuliers, à la fois très souples et résistants, un profil d'exigences que remplissent les alliages à mémoire de forme superélastiques.

Portée Les résultats obtenus peuvent déboucher sur des applications multiples. L'un des points importants est l'amélioration des processus de stérilisation. Comme les instruments souples sont par principe dépourvus de fentes et d'interstices, les bactéries ont plus de mal à s'y déposer. Le risque de blessure involontaire est également diminué. La pince de réduction chirurgicale en est un exemple car cet instrument, en forme de ciseaux à ongles, risque de pincer et de léser les tissus voisins dans ses articulations. Le même instrument conçu selon le principe du système souple exclut par contre ce type de blessures. Les systèmes souples ouvrent encore de vastes perspectives quant à leurs fonctionnalités, parmi lesquelles on citera: les mouvements complexes de déplacement et de préhension et l'intégration de fonctions de réinitialisation ou de limitation d'effort. S'agissant d'instruments de facture simple, d'une seule pièce, leur production n'exige pas d'intervention manuelle, ce qui permet d'en réduire les coûts.

Application Après achèvement du projet, des démarches seront entreprises pour la commercialisation des instruments développés, cela en étroite collaboration avec un des plus grands producteurs d'instruments chirurgicaux mondiaux.

Superelastic compliant surgery tools

The project deals with an innovative class of surgery tools based on the conjunction of two emerging technologies: compliant systems and superelastic Shape Memory Alloys.

Background Compliant systems are a novel class of mechanical systems which essentially reproduce the behaviour of conventional mechanisms by exploiting elastic deformations in the material instead of relying on sliding parts, like linear or revolute joints. Perhaps the most popular compliant system is represented by tweezers, which perform their task (gripping objects) by elastically bending the two sticks which constitute the halves of the tweezers in their root region. The compliant principle presents large advantages for surgical instruments, including inexpensive manufacturing, easier maintenance as well as improved sterilization procedures. In order to extend this principle to a larger class of instruments, special materials are needed which join a large level of allowable strain with high mechanical strength.

Aim The aim is the development of innovative surgery tools based on compliant systems made of superelastic shape memory alloys. They are characterized by simple handling, effective sterilisability and low risk for injuries/lesions.

Significance The outcomes of the project will have a manifold impact. A key point is the increased efficiency in the sterilisation process. Compliant instruments are naturally gap-free and, hence, render the settlement of bacteria more difficult. The danger of accidental lesions is reduced, too. So-called reposition pliers, for instance, if designed similarly to nail scissors can present a risk of catching and pinching tissue in the neighbourhood of the hinge. In the case of a compliant version of the instrument, this kind of injury can be excluded. Furthermore, compliant systems possess a substantially extended spectrum of functionality: Complex gripping and motion procedures can be realised, as well as, for instance, the integration of a restoring spring or a force limitation. Finally, a strong impact is expected on the Swiss economy as a high-salary country. Due to their inherent monolithic nature, manufacturing of compliant parts hardly requires manual operation steps and, hence, allows a cost efficient manufacturing.

Application Upon successful completion of the project, further steps will be taken towards a development of marketable products in close cooperation with one of the largest developers and producers of surgical tools worldwide.

Mechanisch aktive, poröse Formgedächtnis-Knochenimplantate

Im Zentrum steht die Herstellung und In-vitro Untersuchung medizinischer Implantate auf Basis poröser Formgedächtnislegierungen, welche mit dem umliegenden Gewebe wechselwirken.

Prof. Michael de Wild
Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)
Hochschule für Life Sciences
Institut für Medizinal- & Analysetechnologie
Gründenstrasse 40
4132 Muttenz
Tel 061 467 46 95
michael.dewild@fhnw.ch

Prof. Ivan Martin
Institut für Chirurgische Forschung
und Spitalmanagement
Universitätsspital Basel
imartin@uhbs.ch

Prof. Bert Müller
Institut für Werkstoffwissenschaft,
Technologie und Propädeutik
Universitätsspital Basel
bert.mueller@unibas.ch

Prof. Uwe Pieles
Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)
Hochschule für Life Sciences
Institut für Chemie und Bioanalytik
uwe.pieles@fhnw.ch

Hintergrund Metallische Formgedächtnisstrukturen werden als Knochenimplantate aufgebaut. Der verwendete Herstellungsprozess erlaubt die Herstellung von komplexen Formen metallischer Strukturen gemäss einem virtuellen Modell. Die Wechselwirkung der Strukturen mit Zellen wird in einem Bioreaktor untersucht.

Ziel Das Projekt beabsichtigt, durch Verwendung spezifischer Strukturen Implantate herzustellen, die eine bessere Leistung im Gewebe zeigen.

Bedeutung Das Verhalten dieser Strukturen eröffnet unbekannte Perspektiven und Möglichkeiten für eine angepasste Biofunktionalität. Das Novum dieser Technologie liegt darin, Implantate mit vordefinierten physikalischen und mechanischen Eigenschaften zu produzieren. Mechanische Festigkeit und physikalisches Verhalten lassen sich für den jeweiligen Zweck optimieren. Insbesondere könnten Implantate aus einer Formgedächtnislegierung zu einer optimierten Wechselwirkung mit Knochen führen.

Anwendung Poröse Formgedächtnisstrukturen werden für ihren Einsatz als Implantatmaterial entwickelt. Die Interaktion von Implantaten in knöcherner Umgebung und ihre biologischen Eigenschaften können durch Verwendung dieser neuartigen Strukturen und die damit hervorgerufenen Wechselwirkung mit den Zellen verbessert werden.

Title: Porous shape-memory scaffolds as mechanically active bone implants

Grant: CHF 347 107.–
Duration: 36 months

Module I

Implants osseux poreux à mémoire de forme mécaniquement actifs

Ce projet propose de produire et d'étudier in-vitro des implants médicaux constitués d'alliages poreux à mémoire de forme, capables d'interagir avec les tissus environnants.

Arrière-plan Des structures à mémoire de forme seront produites pour implantation. Le procédé utilisé permet d'obtenir des structures complexes à partir d'un modèle virtuel. Parallèlement, on déterminera dans un bioréacteur l'influence de cette interaction avec les cellules osseuses.

But Le projet vise à produire, à partir de structures spécifiques, des implants qui se solidarisent mieux à l'os et qui interagissent mieux avec le système biologique.

Portée Le comportement des structures ouvre de nouvelles perspectives en ce qui concerne l'adaptation de la bio-fonctionnalité. Cette technologie innove en produisant des implants aux propriétés physiques et mécaniques prédéfinies. Leur comportement et leur résistance peuvent être optimisés suivant leur fonction. Les implants constitués d'alliages à mémoire de forme devraient en particulier permettre d'optimiser les interactions osseuses.

Application Des structures poreuses à mémoire de forme seront utilisées pour réaliser des implants. Ces structures d'un type nouveau, qui possèdent une interaction avec le tissu osseux, permettront d'améliorer les performances des implants ainsi que leur interaction avec l'os.

Porous shape-memory scaffolds as mechanically active bone implants

The project aims at realizing smart medical implants that interact with the surrounding bone tissue. Porous structures of shape-memory alloys (SMA) will be created and tested in-vitro.

Background We will fabricate shape-memory alloy structures as bone scaffolds. The applied method allows the production of complex-shaped metallic structures based on a virtual model. The interactions of the structures with the bone will be investigated within a bioreactor model system.

Aim It is the goal to identify optimized structures in order to specifically enhance osteoprogenitor cell function and reach a superior performance in bone tissue.

Significance The behaviour of the porous structures opens unknown perspectives and adaptations of the biofunctionality. The novelty of this technology lies in the fact that implantable structures can be produced with predefined physical and mechanical properties. Their strength and physical characteristics can be optimized for specific functions in the body. In particular, the porous SMA structures can be associated with a better performance in bony tissue.

Application The aim is the investigation of porous shape-memory structures as future implantable biomaterial with improved bone-tissue performance.

Herstellungsverfahren von dielektrischen Elastomer-Aktoren

Dr. Gabor Kovacs
Eidg. Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt (EMPA)
Mechanical System Engineering
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Tel 044 823 40 63
gabor.kovacs@empa.ch

Dr. Jörg Patscheider
Eidg. Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt (EMPA)
Laboratory for Nanoscale Materials Science
joerg.patscheider@empa.ch

Der dielektrische Elastomer-Aktor (DE-Aktor), ein elektroaktives Polymersystem, besteht aus einem polymeren elektrischen Kondensator, welcher sich bei Anlegen einer elektrischen Spannung grossflächig verformt.
Im Projekt wird ein effizientes Herstellungsverfahren für sehr dünne, flexible und mehrlagige DE-Folien für den Einsatz als künstlicher Muskel entwickelt.

Hintergrund Intelligente Materialien, welche sowohl Grösse als auch Form durch externe Anregung verändern können, stossen auf grosses Interesse in Technik und Anwendung. Neben den klassischen Ansätzen haben sich namentlich dielektrische Elastomer-Aktoren wegen ihrer effizienten, grossflächigen Verformungseigenschaften besonders hervorgetan. Sie sind besonders attraktiv als Aktoren mit muskelähnlichen mechanischen Eigenschaften sowie mit integrierter Sensorfähigkeit, welche auf elektrische Stimulation mit bedeutender Änderung von Grösse und/oder Form reagieren.

Ziel Die Entwicklung eines dünnen, flexiblen DE-Aktors in gestapelter Konfiguration, welcher Kontraktionsbewegungen unter externer Zugkraft mit relativ niedriger Aktivierungsspannung (<600V) erzeugen kann, steht im Zentrum des Projekts. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Erarbeiten eines Herstellungsverfahrens von DE-Aktoren mit hoher Robustheit und Zuverlässigkeit.

Bedeutung Das wissenschaftlich-technische Ziel ist eine Methodenlehre für die Herstellung, das Verarbeitungsverfahren und die dazugehörige Prozess-Überwachung einer grossen Anzahl (>1000) von dünnen (<20 µm) Aktorschichten in gestapelter Bauweise mit konstant hoher Qualität. Zur Qualität zählt insbesondere die elektrische Durchschlagsfestigkeit. Der neue Herstellungsprozess wird wesentlich zur praktischen Implementierung der berührungsfreien Beschichtung von Elektrodenmaterial auf der Oberfläche beitragen, also von weichen Elastomeren in einer dünnen, vielschichtigen Konfiguration. Dank umfangreicher Qualitätsprüfung und Charakterisierung des Mikrogefüges der dielektrischen Schichten werden quantitative Voraussagen sowie spezifische Präventionsmassnahmen des elektrischen Versagens der Aktoren ermöglicht.

Anwendung Elektroaktive Polymer-Aktoren sind vielversprechende Kandidaten für das ambitionierte Ziel der Entwicklung von «künstlichen Muskeln», d.h. weiche Aktorsysteme für den Einsatz in Dienstleistungsrobotern sowie in anziehbaren und/oder tragbaren Orthesen respektive Prothesen. Diese Aktoren sind als nachgiebige und preisgünstige Stellglieder auch in der Autoindustrie und im Maschinenbau als lärmfreier Antrieb geeignet. Im Speziellen sind sie als massgeschneiderte Aktorsysteme für den Antrieb taktiler Bildschirme oder prothetischer Körperglieder sowie für Roboterarme und Finger von Interesse.

Title: Fabrication of smart dielectric elastomer actuators for muscle-like actuation applications

Grant: CHF 110 966.–
Duration: 12 months

Module I

Méthode de fabrication d'actionneurs élastomères diélectriques

Les actionneurs élastomères diélectriques (DE) sont des condensateurs électriques souples en polymères capables de larges changements de taille et de forme sous l'action d'une tension électrique. Ce projet développe un procédé de fabrication de films multicouches souples en vue de leur utilisation comme muscles artificiels.

Arrière-plan Les matériaux intelligents, capables de modifier leur forme et leur taille par excitation externe, sont d'un intérêt particulier sur le plan technologique et de leurs applications potentielles. Par rapport aux approches classiques, les actionneurs élastomères se distinguent par leur capacité de déformation large et efficace et leur souplesse. Ces matériaux intelligents sont particulièrement intéressants comme actionneurs possédant des propriétés mécaniques semblables à celles du muscle, et leur capacité de réagir à un stimulus électrique par un changement significatif de la taille et/ou de la forme.

But Ce projet se propose de développer un actuateur en élastomère diélectrique à bas voltage (<600 V) intégrant une fonction de capteur qui soit capable de produire des mouvements de contraction en réaction à une force de traction externe. Un accent particulier sera mis sur le développement d'un procédé continu de fabrication de DE en films minces de robustesse et de fiabilité élevées.

Portée La portée scientifique et technologique du projet réside dans le développement de méthodes de production, d'assemblage et de contrôle des processus pour la réalisation d'actuateurs, formés par empilement d'un grand nombre de couches (> 1000) de films DE minces (< 20 mm), de qualité élevée et constante, en particulier pour ce qui est de leur résistance au claquage. Ce nouveau procédé de production contribuera de manière significative à l'extension de l'exploitation de la technologie des polymères électroactifs grâce à l'application en continu d'électrodes en matériau souple dans des structures multicouches. Un contrôle de qualité étendu et la caractérisation microstructurale des couches DE permettra d'émettre des pronostics quantitatifs et la prise de mesures spécifiques contre le claquage électrique.

Application Les actionneurs polymères sont des candidats prometteurs pour cet objectif ambitieux qu'est la réalisation de «muscles artificiels», soit de systèmes d'actionneurs souples pour une implémentation dans des robots ainsi que dans des orthèses ou des prothèses. Souples, peu coûteux et silencieux, leur utilisation comme éléments d'actionnement est aussi envisageable dans l'industrie automobile, en construction mécanique ou encore comme interface tactile homme-machine.

Fabrication technology of smart dielectric elastomer transducers

Dielectric elastomer (DE) transducers are essentially electro-active polymeric compliant capacitors generating large deformations when a voltage is applied to the electrodes. The aim of the project is to develop an efficient manufacturing process for multilayer systems based on very thin, flexible and multilayer films for use as articficial muscles.

Background Smart materials capable of changing their size and shape in response to external stimuli are of large interest in technology and for numerous applications. As an alternative to conventional approaches, dielectric elastomer transducers, a subgroup of electro-active polymers (EAP), are of particular importance because of their effective, large-area deformation properties with high compliance. They are especially attractive as actuators with muscle-like mechanical properties, capable of noise-free response to electrical stimuli with significant change of their size and/or shape.

Aim The goal of the project is to develop a low-voltage actuator in stacked configuration with integrated sensor capability which can produce contraction motion under external tension force. The focus is on the elaboration of a continuous manufacturing process of actuators, with high robustness and reliability, composed of DE multilayered films.

Significance The scientific and engineering objective is to develop methodologies for manufacturing, handling, assembling, and monitoring a large number (> 1000) of thin (< 20 µm), coated DE sheets in stacked configuration with constant high quality including high resistance towards electric breakdown. The novel manufacturing process will contribute significantly to the exploitation of EAP technology through continuous application of compliant electrode material in multilayer configurations. Based on comprehensive quality control and microstructural characterisation of the DE systems, quantitative prediction and specific prevention of electrical failure will enable the determination of the range of safe operation and the failure assessment.

Application EAP actuators are very promising candidates for the ambitious aim of developing soft actuator systems, for "artificial muscles" for humanoid service robots and wearable and/or portable orthotics and prosthetics. Obviously, similar applications are possible in other disciplines, such as compliant and low cost devices in the automotive industry, noise-free actuation systems for mechanical engineering or tactile human machine interfaces using personalized DE actuators.

Intelligente Verbundwerkstoffe mit magnetischen Formgedächtnislegierungen

Prof. Jan-Anders Månson
Laboratoire de technologie
des composites et polymères
EPF Lausanne
Station 12
1015 Lausanne
Tel 021 693 42 81
jan-anders.manson@epfl.ch

Prof. Véronique Michaud
Laboratoire de technologie
des composites et polymères
EPF Lausanne
veronique.michaud@epfl.ch

Das Projekt möchte neue Verbundwerkstoffe auf Polymerbasis mit integrierten metallischen Drähten aus magnetischen Formgedächtnislegierungen entwickeln sowie deren Potenzial zur Dämpfung von Vibrationen von Strukturteilen erforschen.

Hintergrund Thermische Formgedächtnislegierungen (z. B. NiTi) erfahren einige Prozente Dehnungsänderung beim Erwärmen über die Transformationstemperatur; der langsame Wärmeaustausch limitiert die Aktivierungsfrequenz auf 1 Hz. Mit magnetischen Formgedächtnislegierungen (mFGL) sollten Frequenzen bis 1 kHz möglich werden, weil die Deformation unter dem Einfluss eines externen Magnetfeldes nahezu isotherm erfolgt durch Grenzflächenverschiebungen im Metalldraht.

Ziel Hauptziele sind: (a) Herstellung polymerbasierter Verbundwerkstoffe mit integrierten NiMnGa-Drähten und Nachweis von deren Potenzial zur Vibrationsdämpfung und Formänderung, (b) Entwicklung eines Fabrikationsprozesses für diese Verbundwerkstoffe unter Berücksichtigung der Polymerverarbeitung, (c) Dehnungsmessung beim Aktivieren des mFGL-Verbundes mit eingebetteten fiberoptischen Sensoren, (d) Analyse des Einflusses der Matrix und des Drahtes auf Dämpfungsvermögen und Aktivierung.

Bedeutung Das Gebiet der Verbundwerkstoffe mit mFGL ist absolut neu, dennoch besteht das Potenzial für industrielle Anwendungen innerhalb weniger Jahre. Bisher wurden – mangels Verfügbarkeit von Drähten aus mFGL – konzeptuelle Arbeiten sowie einfache Tests durchgeführt. Die Zusammenarbeit mit zwei Pioniergruppen von NiMnGa-Drähten eröffnet neue Möglichkeiten für schnelle Aktivierung mit grosser Deformation.

Anwendung Dämpfung von Vibrationen und Lärm ist ein wichtiges Thema in der Luft- und Raumfahrt genauso wie für Automobil- und Sporttechnologien. Zuerst liegt der Fokus auf der Dämpfung grosser Amplituden niederfrequenter Oszillationen. Die neuen Verbundwerkstoffe werden es erlauben, den Lärm auch bei höheren Frequenzen aktiv zu reduzieren, aus der induzierten Dehnung Energie zu gewinnen sowie einfache Ventile oder Aktuatoren herzustellen, welche nicht durch klassische thermische Formgedächtnislegierungen oder piezoelektrische Materialien realisiert werden können.

Title: Smart magnetic alloy composites

Grant: CHF 313 586.–
Duration: 36 months

Module I

Composites intelligents à alliage à mémoire de forme magnétique

La recherche proposée vise à développer de nouveaux matériaux composites à matrice polymère, contenant des fibres d'alliage à mémoire de forme magnétique (MSMA), et à explorer leur potentiel en termes d'amortissement et de déformation alternée à haute fréquence d'activation pour des pièces structurelles.

Arrière-plan Les alliages à mémoire de formes thermiques (comme le NiTi) peuvent recouvrir une déformation de quelques % quand ils sont chauffés au-dessus de leur température de transformation; leur fréquence d'activation est limitée par les échanges thermiques (1 Hz). Les alliages à mémoire de formes magnétiques permettent d'atteindre une fréquence d'activation bien plus haute (jusqu'à 1 kHz) à température constante. La déformation est induite par le mouvement des interfaces mobiles des grains du métal, sous l'influence d'un champ magnétique externe.

But Le projet est centré sur l'intégration de fils MSMA en NiMnGa dans un composite. Les réponses en déformation et vibration seront évaluées à l'aide de capteurs fibres optiques. Les buts principaux sont: (a) la production et démonstration de nouveaux composites intégrant des fils de MSMA, et l'évaluation de leur potentiel en terme d'amortissement et déformation alternée, (b) la mise en œuvre des composites pour ces matériaux, tenant compte des propriétés viscoélastiques de la résine et du cycle de production, (c) les mesures d'activation de ces composites avec des fibres optiques, (d) l'analyse du rôle de la matrice et des fils sur l'amortissement et l'amplitude d'activation.

Portée Le domaine des composites intégrant des MSMA est émergent; cette recherche présente un potentiel d'application industrielle à l'horizon de quelques années. Jusqu'à présent, les chercheurs ont seulement proposé des concepts et tests préliminaires, car les fils de NiMnGa n'étaient pas disponibles. La collaboration avec deux groupes américains – pionniers dans la fabrication de fils MSMA – va ouvrir un nouveau domaine de développement pour des matériaux à activation rapide et large amplitude de déformation.

Application L'amortissement de vibration et du bruit est un problème clé pour les technologies de l'espace, de l'aéronautique, de l'automobile et du sport. L'amortissement d'oscillations à basse fréquence et large amplitude sera tout d'abord considéré. A haute fréquence nous visons des applications pour la réduction active de bruit, de récupération d'énergie à partir de déformations induites, et de simples valves et actuateurs qui pourraient couvrir des domaines de fonctionnement au-delà des solutions actives actuelles (piézoélectriques ou alliage à mémoire de forme thermique).

Smart magnetic shape memory alloy composites

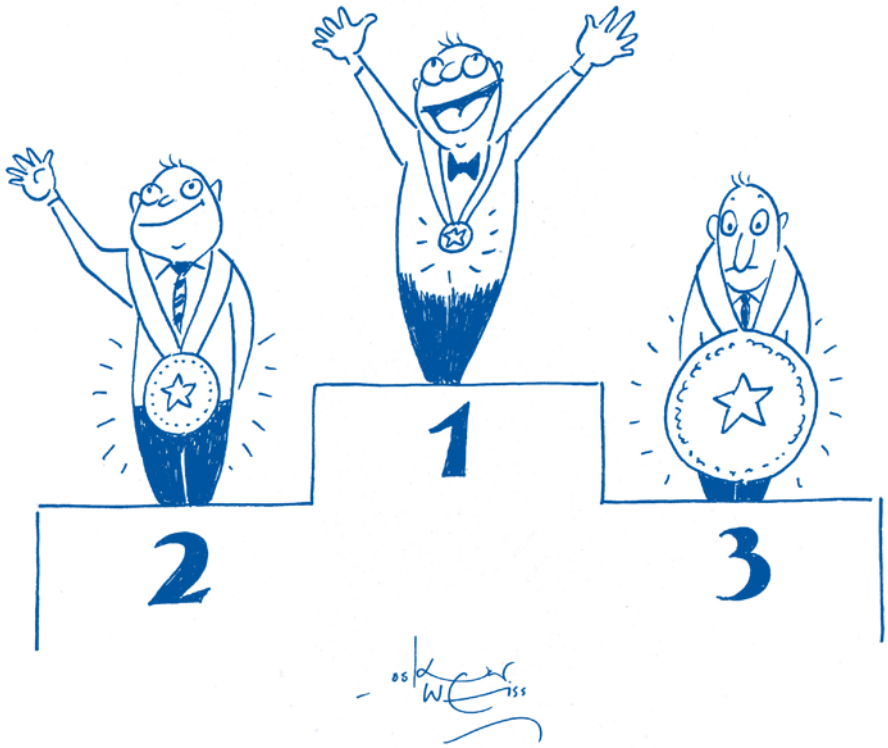
The envisaged research aims to develop new polymer composite materials, containing thin embedded metallic wires made of Magnetic Shape Memory Alloys (MSMA), and to explore their potential to provide damping as well as alternating deformation at high frequency in structural parts.

Background Thermal shape memory alloy wires (such as NiTi) may exhibit a few % deformation recovery when heated above their transformation temperature, but the activation frequency is limited by thermal exchange (1 Hz). With MSMAs, a much higher activation frequency (up to 1 kHz) is within reach because deformation is induced almost isothermally in an external magnetic field through movement of the mobile interfaces in the metal.

Aim Focus will be on production and integration of MSMA wires of NiMnGa into a host composite. The strain and vibration response of the composites will be evaluated with optical sensors. The main goals are: (a) production and demonstration of composites with embedded MSMA wires, and assessment of their potential in terms of damping and shape change. (b) processing approach to the manufacturing of MSMA composites, taking into account resin properties and process cycle, (c) measurements of activation strain in MSMA composites using embedded fibre optic sensors, (d) analysis of the role of matrix and wire properties on the damping and actuation magnitude.

Significance The field of MSMA composites is only emerging; this research is exploratory, albeit with a potential for industrial applications within few years. So far, researchers have only made conceptual work and some preliminary tests because the NiMnGa wires were not readily available. Collaboration with two groups who recently pioneered this development will open a new area of development for fast activation and large deformation.

Application Damping of vibration and noise reduction is a key issue in air and space, automotive and sports technologies. The initial focus will be on the damping of large amplitude and low frequency oscillations. Later on, our materials shall allow higher frequency applications, such as active noise reduction, energy harvesting from induced strain, and simple valves or actuators which cannot be covered by thermal SMA or piezoelectric materials alone.


1
2
3

Modul / Module II

Auf spezifische Anregungen reagierende Materialien für den mikroskopischen Bereich

Externe Felder, spezifische chemische Umgebung, Temperatur, Biegung oder andere Einflüsse verursachen mikroskopische Materialveränderungen und ermöglichen neue Funktionen im mikroskopischen Bereich.

Matériaux intelligents à excitation spécifique pour applications microscopiques

De champs externes, un environnement chimique spécifique, la température, des contraintes de déformation ou d'autres stimuli provoquent sur ces matériaux des modifications microstructurales qui leur confèrent de nouvelles fonctions dans le domaine microscopique.

Stimuli-responsive materials for the microscopic range

External fields, specific chemical environment, temperature, deformation stress or other stimuli induce adaptations of materials properties and allow for new functions on the microscopic scale.

Einzelmolekülmechanik dendronisierter Polymere

Dieses Projekt untersucht mit dem Rasterkraftmikroskop die mechanischen Eigenschaften einzelner, regelmässig verzweigter – sogenannt dendronisierter – Polymere. Diese könnten als Bausteine in Einzelmolekülventilen verwendet werden.

Prof. Michal Borkovec
Département de chimie minérale
analytique et appliquée
Université de Genève
30, quai Ernest Ansermet
1211 Genève 4
Tel 022 379 64 05
michal.borkovec@unige.ch

Prof. Dieter Schlüter
Institut für Polymere
ETH Zürich
dieter.schlueter@mat.ethz.ch

Hintergrund Zur Nanotechnologie gehört die Miniaturisierung. Um funktionale Strukturen auf der Nanometerskala herzustellen, benötigt man sehr kleine Bausteine. Solche Bausteine können einzelne Polymerketten sein, die man beispielsweise verwendet, um mikroskopische Ventile zu schliessen und zu öffnen, oder um molekulare Motoren anzutreiben. Es sind jedoch kaum Polymere bekannt, deren mechanische Eigenschaften systematisch modifiziert werden können. Dendronisierte Polymere erinnern an lineare Polymere, weisen aber stark verzweigte und sperrige Seitenketten auf, die Dendrone genannt werden. Diese Dendrone sind entlang der Kette dicht gepackt, so dass die Polymere auf vielfältige äussere Veränderungen stark reagieren.

Ziel Dieses Projekt hat zum Ziel, regelmässig verzweigte – sogenannt dendronisierte – Polymere zu untersuchen, von denen man erwartet, dass ihre elastischen Eigenschaften durch externe Parameter, wie beispielsweise die Temperatur oder die Zusammensetzung der Lösung, gesteuert werden könnten.

Bedeutung Dendronisierte Polymere werden mit entsprechenden funktionellen Gruppen nach neuen, aber erprobten Verfahren synthetisiert und die mechanischen Eigenschaften der einzelnen Polymere mit dem Rasterkraftmikroskop (AFM) untersucht. Der besondere Vorteil der dendronisierten Polymere ist die Verfügbarkeit von verschiedenen «Generationen», was zu unterschiedlichen Durchmessern und Steifigkeiten führt. Auf diese Weise wird es möglich sein, eine systematische Beziehung zwischen den mechanischen Eigenschaften und ihrer chemischen Struktur herzustellen. Es wird ein grosser Entwicklungsschritt in der Nanotechnologie erhofft.

Anwendung Die im Projekt angestrebten neuen Bausteine können zu neuartigen Anwendungen führen, zum Beispiel zur Verwendung von dendronisierten Polymeren als Einzelmolekülbausteine in mikroskopischen Ventilen oder molekularen Motoren.

Title: Single-molecule mechanics of dendronized polymers

Grant: CHF 357 774.–
Duration: 36 months

Module II

Mécanique monomoléculaire de polymères dendronisés

Ce projet investigue à l'aide du microscope à force atomique les propriétés mécaniques de polymères isolés régulièrement ramifiés – dits dendronisés – qui pourraient s'utiliser comme composants de valves monomoléculaires.

Arrière-plan La miniaturisation fait partie intrinsèque de la nanotechnologie. Pour produire des structures fonctionnelles à l'échelle du nanomètre, il faut disposer de composants de très petite taille. Des chaînes de polymères isolées pourraient fournir de tels composants, utilisables par exemple pour actionner des valves microscopiques ou des moteurs moléculaires. On ne connaît toutefois guère de polymères dont les propriétés mécaniques puissent être systématiquement modifiées. Les polymères dendronisés ressemblent à des polymères linéaires, mais ils présentent des chaînes latérales volumineuses et ramifiées que l'on appelle dendrons. Ces dendrons sont disposés de manière dense le long de la chaîne de sorte que ces polymères réagissent fortement aux modifications de paramètres externes variés.

But Ce projet a pour but d'étudier des polymères régulièrement ramifiés – dits dendronisés – dont on attend que les propriétés élastiques puissent être contrôlées au moyen de paramètres externes tels que, par exemple, la température ou la composition de la solution dans laquelle ils sont immergés.

Portée Des polymères dendronisés avec des groupes fonctionnels correspondants seront synthétisés à l'aide de procédés nouveaux mais cependant éprouvés, puis les propriétés mécaniques de ces polymères seront étudiées à l'aide du microscope à force atomique (AFM). L'avantage particulier des polymères dendronisés réside dans la variabilité des dendrons qui permet d'obtenir des polymères de diamètre et de rigidité variés. De cette façon, il sera possible d'établir une relation systématique entre les propriétés mécaniques et la structure chimique de ces polymères. Cette nouvelle approche devrait permettre de franchir une nouvelle étape dans le développement de la nanotechnologie.

Application Les nouveaux composants que ce projet se propose de développer peuvent conduire à de nouvelles applications des polymères dendronisés dans des microvalves et des moteurs moléculaires.

Single-molecule mechanics of dendronized polymers

This project investigates the mechanical properties of individual dendronized (i.e. repeatedly and regularly branched) polymers with atomic force microscopy (AFM). Such polymers might represent ideal building blocks for single molecule valves.

Background Miniaturization is a vital goal of nanotechnology. In order to build functional structures on the nanometer scale, very small building blocks are needed. Interesting building blocks are individual polymer chains, which could be used to open or close microscopic valves or drive molecular motors. However, hardly any polymers are known of which the mechanical properties can be tuned systematically. Dendronized polymers are similar to simple, linear polymers, but they have very branched and bulky side-chains, which are called dendrons. These dendrons are densely packed along the chain, making the polymer strongly responsive to a variety of external parameters.

Aim The aim of this project is to explore dendronized (i.e. repeatedly and regularly branched) polymers, where one expects that their elastic properties could be substantially modified through external parameters, such as temperature or solution composition.

Significance In this project, the dendronized polymers with appropriate functional groups will be synthesized according to novel, but tried and verified methods. The mechanical properties of individual dendronized polymers will be studied by atomic force microscopy (AFM). The particular advantage of dendronized polymers is their availability in different dendron "generations", leading to different cross-sectional diameters and stiffness. In this fashion, it will be possible to systematically elaborate relations between their mechanical properties and their chemical structure. We expect a significant development step in nanotechnology through this novel approach.

Application The building blocks designed and synthesized in this project will allow to pursue novel applications of dendronized polymers as single molecule elements, e.g. in actuators or molecular motors.

Palladium-Perowskite als Katalysatoren für Erdgasfahrzeuge

Es sollen alternative Katalysatoren mit niedrigem Edelmetallgehalt (z.B. Palladium) für die Abgasnachbehandlung von Erdgasfahrzeugen entwickelt werden. Dies soll durch neue Erkenntnisse aus der Kombination innovativer Syntheseverfahren mit katalytischen und spektroskopischen Analysen bei realistischen Bedingungen ermöglicht werden.

Dr. Davide Ferri
Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)
Festkörperchemie und Katalyse
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Tel 044 823 46 09
davide.ferri@empa.ch

Dr. Panayotis Dimopoulos
Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)
Verbrennungsmotoren
panayotis.dimopoulos@empa.ch

Dr. Andre Heel
Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)
Hochleistungskeramik
andre.heel@empa.ch

Prof. Anke Weidenkaff
Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)
Festkörperchemie und Katalyse
anke.weidenkaff@empa.ch

Hintergrund Die CO_2-Problematik, die Verknappung von Erdölvorkommen und eine stetige Zunahme von Fahrzeugen sowie die strengen Abgasvorschriften erfordern die Erschliessung alternativer Brennstoffe. Erdgas mit einem Methangehalt von über 90 Prozent ist ein alternativer Treibstoff, welcher die Vorteile bietet, weniger Stickstoffoxide und CO_2 zu emittieren als Benzin oder Diesel, zudem können auf einfache Weise beliebige Mengen an Biogas beigemischt werden. Die Erdgasnutzung erfordert jedoch eine spezielle katalytische Abgasnachbehandlung, um Spuren nicht verbrannten Methans aus dem Abgas zu entfernen.

Ziel Das Projekt zielt auf die Entwicklung neuartiger Autoabgaskatalysatoren mit gleichzeitig verringertem Edelmetallgehalt (z.B. Palladium) und grösserer Langzeitstabilität. Die katalytische Wirksamkeit ausgewählter Materialien soll hierbei durch die Analyse der Struktur, der chemischen Zusammensetzung und der Reaktivität unter Oxidations-Reduktions-Zyklen, wie sie für Autoabgaskatalysatoren typisch sind, verfolgt werden. Die von Perowskit-artigen Metalloxiden bekannte Eigenschaft, Edelmetallatome in oxidierender Atmosphäre in ihr Kristallgitter einzubauen bzw. in reduzierender Atmosphäre an ihrer Oberfläche auszuscheiden, soll hierbei in besonderer Weise zu Nutze gemacht werden.

Bedeutung Die gegenwärtige Entwicklung geeigneter Katalysatoren zur Senkung schädlicher Abgase in Erdgasfahrzeugen beschränkt sich auf die Anpassung existierender Katalysatoren aus benzinbetriebenen Fahrzeugen an das Emissionsprofil von Erdgasfahrzeugen. Mit diesem Projekt wird ein neues Konzept für Autoabgaskatalysatoren bereitgestellt, welches auf Ergebnissen kombinierter Analyse katalytischer Leistung und Materialverhaltens unter realitätsnahen Bedingungen basiert.

Anwendung Ausgewählte Materialien aus Laborversuchen sollen in einem realen, mit Erdgas betriebenen Motor geprüft werden, um deren Eigenschaften und hoffentlich Überlegenheit über gegenwärtige Katalysatorformulierungen zu evaluieren, um in Folgearbeiten verbesserte Katalysatoren mit geringem Edelmetallgehalt herstellen zu können. Bei steigendem Aufkommen von Erdgas- und Biogasfahrzeugen (Autos, Bussen, Nutzfahrzeugen) kommt dieser Katalysatorenentwicklung besondere Bedeutung zu.

Title: Nanoscale perovskite-supported catalysts for the exhaust after treatment of natural gas vehicles with very low precious metal content

Grant: CHF 322 888.–
Duration: 36 months

Module II

Catalyseurs en pérovskites dopées au palladium pour les véhicules à gaz naturel

Ce projet propose de développer de nouveaux catalyseurs à faible teneur en palladium pour le post-traitement des gaz d'échappement des véhicules à gaz naturel. Ce développement associera des procédés de synthèse novateurs à des tests catalytiques et à des mesures spectroscopiques menés en conditions réelles.

Arrière-plan La raréfaction des ressources pétrolières et l'augmentation du nombre des véhicules rendent de plus en plus nécessaire le recours à des carburants de remplacement. Le gaz naturel (avec une teneur en méthane dépassant les 90%) peut constituer une alternative qui présente encore l'avantage d'émettre moins d'oxydes d'azote et de CO_2 que l'essence ou le diesel. On peut en outre le mélanger facilement à du biogaz. Son utilisation nécessite toutefois un post-traitement catalytique pour éliminer les traces de méthane non consumé des gaz d'échappement.

But Ce projet vise à développer des pots d'échappement catalytiques novateurs et mieux adaptés aux moteurs à gaz, avec une teneur en métaux précieux réduite (palladium) et une meilleure stabilité à long terme. Il s'agira d'étudier l'efficacité catalytique de certains matériaux par l'analyse de leur structure et de leurs performances durant les cycles d'oxydation-réduction typiques des pots d'échappements catalytiques. Dans ce but, on exploitera en particulier la propriété que présentent les oxydes métalliques à structure pérovskite d'incorporer dans leur réseau cristallin des atomes de métal noble en atmosphère oxydée, et de les libérer en surface en atmosphère réductrice.

Portée Actuellement, le développement de catalyseurs capables de réduire les émissions de polluants des gaz d'échappement des véhicules à gaz se limite à modifier ceux destinés aux véhicules à essence pour les adapter au type d'émissions des moteurs à gaz naturel. Ce projet vise à développer un nouveau concept en vue de la production de pots d'échappement catalytiques sur la base de tests catalytiques et de mesures spectroscopiques menés en conditions réelles.

Application Des matériaux choisis en fonction d'expériences de laboratoire doivent être testés en conditions réelles sur un moteur à gaz naturel afin de vérifier leurs propriétés et leur possible supériorité sur les modèles de catalyseurs existant actuellement, de manière à pouvoir produire des catalyseurs plus performants.

Palladium-doped perovskite catalysts for natural gas vehicles

Alternative low noble metal-content (e.g. palladium) catalysts will be developed for the after treatment of the exhaust of natural gas fuelled vehicles. Material development will be pursued by combining innovative synthesis procedures with catalytic and spectroscopic analyses under close-to-real operation conditions.

Background The CO_2 risk, scarce oil resources and the increasing number of vehicles as well as the resulting increasingly stringent emission regulations demand for the development of alternative fuels. Natural gas, which contains more than 90% methane, is an alternative fuel with less NOx and CO_2 emissions compared to gasoline or diesel; furthermore, it offers the possibility to be blended easily with any amount of biogas. However, a catalytic converter is needed to remove remaining traces of methane from the exhaust.

Aim The project aims at developing suitable automotive catalysts with novel formulation, reduced precious metal (e.g. palladium) content and increased long-term stability. The catalytic behaviour of selected materials will be pursued by analysing their structure, chemical state and reactivity under the cyclic reducing-oxidizing conditions typical of automotive catalysts. The intrinsic property of perovskite metal oxides to allow precious metal atoms to enter the crystal lattice and exit to the surface under oxidizing and reducing conditions, respectively, is exploited.

Significance The current industrial development of suitable exhaust catalysts for the abatement of pollutant gases from natural gas vehicles is limited to the adaptation of present gasoline vehicle catalysts to natural gas operation. This project will provide a novel concept for the design of alternative automotive catalysts based on the results of combined analysis of catalytic and spectroscopic tests under conditions relevant to operation.

Application The selected materials from laboratory tests will be lined on monoliths and tested in a real exhaust to evaluate the competitiveness with present formulations. The results should initiate follow-up work for the production of new effective natural gas vehicle catalysts with low noble metal contents. Due to the increasing interest for the use of natural gas and biogas as alternative fuels for passenger vehicles, city busses and utility vehicles, specific attention must be paid to the development of catalysts for the abatement of methane from the exhaust of natural gas vehicles.

Magnetische Elastomere für Aktuatoren

Gelingt es, ein weiches, gummiartiges synthetisches Material herzustellen, das sich wie ein künstlicher Muskel zusammenzieht und dehnt? Das ist die Idee dieses Projekts: ein reversibel verformbares Material mit magnetischen Partikeln zu versehen, so dass ein Aktuator oder Schalter entsteht, der sich in einem externen Magnetfeld verformt.

Prof. Raffaele Mezzenga
Institut für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften
ETH Zürich
Schmelzbergstrasse 9
8092 Zürich
Tel 044 632 91 40
raffaele.mezzenga@agrl.ethz.ch

Dr. Hervé Dietsch
Adolphe Merkle Institute
Université de Fribourg
herve.dietsch@unifr.ch

Dr. Antoni Sánchez-Ferrer
Institut für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften
ETH Zürich
antonisa@ethz.ch

Hintergrund «Intelligente Materialien», die auf externe Anregung (Stimuli) ihre Form oder andere Eigenschaften anpassen, gehören zu einer sich sehr schnell entwickelnden Technologie mit vielen Anwendungen in diversen Gebieten, von der Medizintechnologie bis zur Elektronik. Als externe Stimuli kommen zum Beispiel Temperatur, elektrische oder magnetische Felder, Ionenkonzentration, Änderungen des pH-Wertes, Zusammensetzung eines Lösungsmittels oder Licht in Frage. Physikalische Eigenschaften wie Verformung, mechanische Spannung oder auch die Reaktionszeit lassen sich damit beeinflussen.

Ziel In diesem Projekt steht die Erarbeitung von Materialien für den Einsatz als Aktuatoren und ähnliche Geräte im Vordergrund, die auf verschiedene Stimuli reagieren: Temperatur, Magnetfeld und mechanische Spannung. Eine filmartige Matrix aus flüssigkristallinem Polymer, die sich leicht verformen lässt, wird mit elliptischen superparamagnetischen Partikeln durchsetzt. Ihre makroskopische Form kann, temperaturabhängig, durch ein externes Magnetfeld angepasst werden.

Bedeutung Die wissenschaftliche Neuheit besteht in der Einbettung von anisotropen superparamagnetischen Nanopartikeln in flüssigkristalline Polymere; die Partikel werden unter dem Einfluss des Magnetfeldes oder durch mechanische Spannung orientiert. Die Verbindung der beiden Materialien und die resultierende physikalisch-chemische Wechselwirkung führen zu verschiedenartigen Antwortfunktionen des Hybridmaterials auf externe Anregungen.

Anwendung Generell werden heute intelligente Materialien zum Beispiel in Sensoren, Schaltern, Ventilen und Aktuatoren in verschiedenen Technologiefeldern wie Transducers, Dissipatoren, Antriebsmechanismen, Microrobotics, Microfluidics und in mikroelektromechanischen Systemen eingesetzt. Das im Projekt zu entwickelnde Hybridmaterial stellt eine neue Klasse von Formgedächtnis-Polymeren dar, die auf Temperatur, mechanische Spannung und Magnetfelder in einstellbarer Art reagieren.

Title: Magneto-responsive polymer nanocomposite actuators

Grant: CHF 335 855.–
Duration: 36 months

Module II

Actuateurs à base d'élastomères magnétiques

Imaginer un élastomère qui se contracte ou s'étend comme un muscle artificiel constitue le but principal de ce projet, qui consiste en la combinaison d'un système élastomèrique déformable dans lequel sont intégrées des particules magnétiques pour l'obtention d'actuateurs «mous» ou d'interrupteurs se déformant en réponse à l'exposition à un champ magnétique externe.

Arrière-plan Les matériaux intelligents répondent à un ou plusieurs stimuli externes, avec pour résultat un changement de leur forme ou de leur taille ou d'autres caractéristiques. Cette nouvelle classe de matériaux se développe rapidement, avec diverses applications possibles dans de nombreux domaines tels que la médecine et l'électronique. Leur structure réagit à des stimuli externes tels qu'un changement de température, l'application d'un champ électrique ou magnétique, un changement de la concentration ionique ou du pH, la composition d'un solvant, l'exposition à la lumière etc. En conséquence, les propriétés physiques de ces matériaux composites, telles que la réponse à une contrainte ou une déformation et le temps de réponse lui-même, sont modifiées.

But Ce projet de recherche a pour but le développement d'un matériau répondant à plusieurs stimuli: champ magnétique, température et contrainte mécanique, avec une application potentielle en tant qu'actuateur. En utilisant des polymères liquides cristallins en tant que matrice dans laquelle sont intégrées des nanoparticules superparamagnétiques ellipsoïdales, le film composite obtenu peut changer sa taille et sa forme en modulant température et champ magnétique de manière indépendante. Le matériau hybride obtenu pourrait alors être intégré dans des micro-objets pour la réalisation d'actuateurs répondant rapidement à des stimuli externes.

Portée La nouveauté scientifique de ce projet est la combinaison de nanoparticules superparamagnétiques anisotropiques avec des polymères liquides cristallins ayant la capacité de s'orienter sous l'influence d'un champ magnétique externe ou d'une contrainte mécanique, respectivement. Le couplage de ces effets sera également contrôlé par le type d'interactions physico-chimiques entre les nanoparticules et la matrice polymère.

Application D'un point de vue général, les senseurs, valves, interrupteurs et actuateurs basés sur des matériaux intelligents ont des applications dans des domaines divers tels que les capteurs, les dissipateurs, les moteurs, la microrobotique, la microfluidique et la microélectromécanique. Le système hybride décrit dans le présent projet consiste en une nouvelle classe de matériau à mémoire de forme qui répond de manière prédéfinie à la température, à une contrainte mécanique et à un champ magnétique externe.

Magnetic elastomers for actuators

Could anyone imagine a soft material like a rubber which contracts or expands like an artificial muscle? This is the main idea behind the present project: the combination of a reversibly deformable material with integrated magnetic particles as a soft actuator or switcher which can be deformed by means of an external magnetic field.

Background "Smart materials" that respond to external stimuli resulting in a change in shape or other characteristics are a fast developing new technology, with possible applications in diverse fields, ranging from medicine to electronics. They have been developed to respond to external stimuli, such as temperature, electric or magnetic fields, ion concentration, changes in pH, solvent composition, light etc., by modulating some of their physical properties including stress, strain and time response.

Aim The present research project aims at designing magneto-responsive materials for possible use as actuators and similar devices which respond to temperature, magnetic field and mechanical constraints. By using a film-type polymer liquid-crystalline matrix capable to change its shape and embedded magnetic particles the macroscopic dimensions of an ensemble of films can be efficiently tuned by an ON-OFF temperature in conjunction with an external magnetic field. This fundamental requirement will allow integration of the resulting hybrid materials in microdevices for the realization of stimuli-enabled actuators with fast response.

Significance The real scientific novelty arises by the combination of anisotropic superparamagnetic nanoparticles embedded in liquid-crystalline polymers, capable to orient upon magnetic or mechanical stresses, respectively. The coupling of these two effects is also depending on the physical/chemical interactions between the polymeric matrix and the inorganic nanoparticles, which can lead to different responses depending on the hybrid material chosen design.

Application In general, sensors, valves, switchers and actuators based on smart materials nowadays find applications in endless and very diverse fields, such as transducers, dissipators, motors, engines, microrobotics, microfluidics and microelectromechanical systems. The hybrid materials described constitute a new class of memory shape polymers which can respond to temperature, mechanical stress and to magnetic field in a tuneable way.

Bio-inspirierte mechanisch adaptive Nanokomposite

Prof. Christoph Weder
Adolphe Merkle Institute
Université de Fribourg
Rte de l'Ancienne Papeterie
1723 Marly
Tel 026 300 94 65
christoph.weder@unifr.ch

Dieses Projekt verfolgt die Entwicklung intelligenter Polymersysteme, welche ihre mechanischen Eigenschaften auf Kommando ändern. Diese Materialien verändern sich in vorprogrammierter reversibler und selektiver Weise, wenn sie einem chemischen, optischen oder elektrischen Stimulus ausgesetzt werden, und ermöglichen verschiedene neue Anwendungen.

Hintergrund Die Struktur und Funktionseigenschaften der in diesem Projekt verwendeten neuen Werkstoffe imitieren die Haut von Seegurken. Diese Lebewesen haben die faszinierende Fähigkeit, die Steifigkeit ihrer Haut schnell und reversibel zu ändern, wenn sie berührt werden. Dieses adaptive mechanische Verhalten erreichen sie durch eine auf einem Nanokomposit beruhende Architektur, bei der steife Kollagenfibrillen eine weiche Matrix verstärken. Die Steifigkeit dieses Gewebes wird durch die Stärke der Wechselwirkungen (und damit der Kraftübertragung) zwischen benachbarten Kollagenfibrillen reguliert. Vor kurzem konnten erste künstliche Werkstoffe hergestellt werden, welche diese Architektur erfolgreich nachahmen und ähnliche Eigenschaften zeigen wie das biologische Modell.

Ziel Das Projekt baut auf den bereits gewonnenen Erkenntnissen und Erfahrungen auf und wendet das der Seegurke nachgeahmte Designprinzip auf breiterer Basis an. Es ist beabsichtigt, durch die Übertragung dieses Prinzips eine neue Klasse von intelligenten Materialien zu entwickeln, welche auf verschiedene Reize – chemische, elektrische, optische – stets selektiv mit einer vorprogrammierten Änderung ihrer mechanischen Eigenschaften reagieren.

Bedeutung Die geplanten systematischen Studien werden zu einem besseren Verständnis der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen dieser neuartigen Nanokomposite führen. Dieses Wissen kann genutzt werden, um neue intelligente Materialien für verschiedene spezialisierte Anwendungen zu entwickeln.

Anwendung Die hier vorgeschlagenen chemisch schaltbaren Werkstoffe werden zum Beispiel als adaptive Autoreifen, welche auf nasser Strasse weich werden und dadurch eine bessere Bodenhaftung gewährleisten, in Betracht gezogen; sie haben auch ein Potenzial als biomedizinische Materialien in der Wiederherstellungschirurgie oder als adaptive Substrate für Mikroelektroden im Gehirn. Elektrisch schaltbare Nanokomposite eignen sich zum Beispiel für künstliche Muskeln, aktive Dämpfungssysteme oder anpassungsfähige Schutzkleidung.

Title: Bio-inspired mechanically responsive polymer nanocomposites

Grant: CHF 387 725.–
Duration: 36 months

Module II

Nanocomposites biomimétiques mécaniquement adaptatifs

Ce projet vise à développer des systèmes polymères intelligents capables de modifier leurs propriétés mécaniques sur commande. Ces matériaux se transforment de manière sélective et réversible lorsqu'ils sont soumis à un stimulus chimique, optique ou électrique, ce qui leur confère un potentiel intéressant pour de nombreuses applications technologiques.

Arrière-plan La structure et les propriétés fonctionnelles des nouveaux matériaux visés dans ce projet imitent la peau des concombres de mer. Ces êtres vivants ont la capacité fascinante de changer rapidement et de manière réversible la rigidité de leur peau lorsqu'ils sont touchés. Ce comportement mécanique adaptatif leur est possible grâce à une architecture basée sur des matériaux nanocomposites formés d'une matrice malléable renforcée de fibrilles de collagène. La rigidité de cet organisme est régulée par contrôle des interactions moléculaires, et ainsi aussi de la transmission des forces, entre fibrilles de collagènes adjacentes. Il a été récemment possible de produire les premiers matériaux artificiels imitant avec succès cette architecture et présentant des propriétés identiques à celles du modèle biologique.

But Le projet se construit sur les connaissances et expériences déjà acquises et utilise sur une base plus large le principe d'un design emprunté au concombre de mer. Il est envisagé de développer, sur la base de ce principe, une nouvelle classe de matériaux intelligents qui réagissent sélectivement à différents stimuli – chimiques, électriques ou optiques – par un changement ciblé de leurs propriétés mécaniques.

Portée Les études systématiques prévues conduiront à une meilleure compréhension des relations entre la structure et les propriétés de ces nanocomposites. Ces connaissances seront utilisées pour le développement de nouveaux matériaux intelligents destinés à différentes applications spécifiques.

Application Parmi les matériaux adaptatifs proposés ici, ceux répondant à une stimulation chimique pourraient par exemple servir de substrat pour des microélectrodes implantables dans le cerveau ou de matériau biomédical en chirurgie reconstructive, ou encore pour réaliser des pneumatiques de voitures qui deviennent plus mous sur route mouillée, améliorant ainsi la traction. Ceux répondant à un stimulus électrique pourraient s'utiliser pour produire des muscles artificiels, des amortisseurs actifs de vibrations ou encore des vêtements de protection adaptatifs et pour de nombreuses autres applications électromécaniques.

Bio-inspired mechanically adaptive nanocomposites

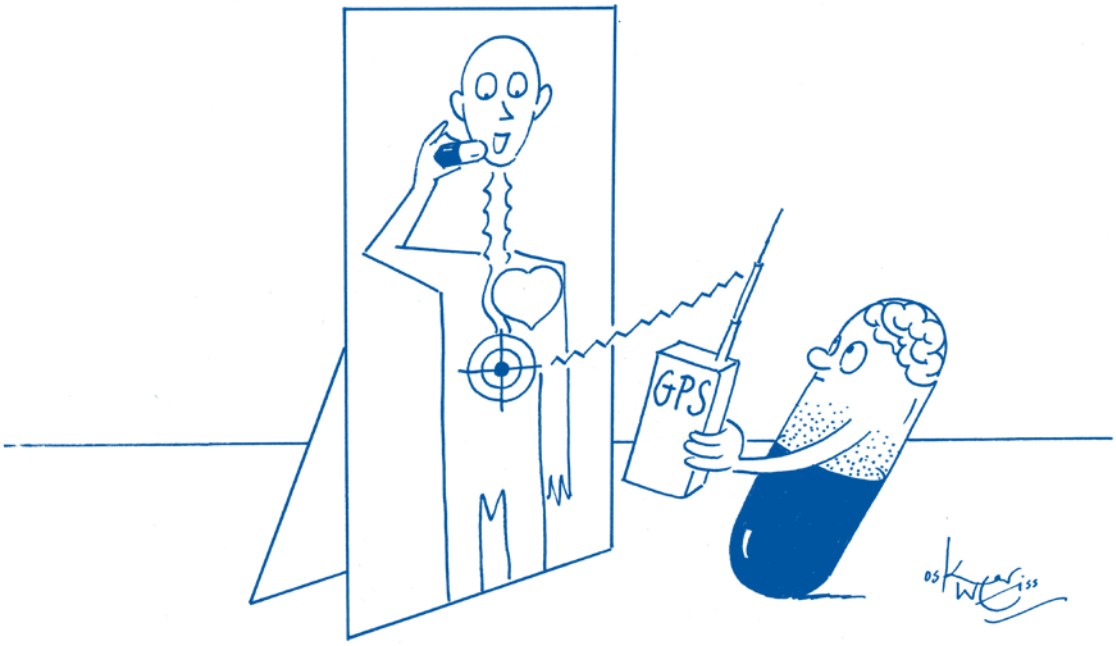
This project seeks to develop smart polymers which change their mechanical properties on command. These materials morph upon exposure to a pre-defined stimulus in a highly selective and reversible manner and are attractive for many technologically relevant applications.

Background The structure and function of the targeted materials mimic the skin of sea cucumbers. These creatures have the fascinating ability to rapidly and reversibly alter the stiffness of their skin when touched. This adaptive mechanical behaviour is achieved through a nanocomposite architecture in which stiff collagen fibres reinforce a soft matrix. The stiffness of the tissue is regulated by controlling the molecular interactions, and therewith the transfer of force, among adjacent collagen fibrils. We recently created first artificial materials which mimic this architecture and whose morphing mechanical characteristics are very similar to those of the biological model.

Aim This project seeks to capitalize on these initial findings and will broadly exploit the new design approach. It is envisioned to adapt the new design concept to create a range of "smart" materials that respond to different stimuli – chemical, electrical, optical – in pre-programmed, selective ways, always by a change of their mechanical properties.

Significance Systematic studies will lead to a better understanding of the structure-property relationships in these nanocomposites. This knowledge will be used to synthesize new "smart" materials for several specific applications.

Application For example, the targeted chemically responsive materials will be useful as adaptive substrates for microelectrodes in the brain, biomedical materials for reconstructive surgery, and self-regulating automotive tires which soften on wet roads and provide increased traction. The proposed electro-responsive nanocomposites are useful in artificial muscle systems, active vibration dampening systems, adaptive protective clothing, and many other electromechanical applications.


GPS

Modul / Module III

Materialien für intelligente Wirkstoffabgabe

Wirkstoffe und Medikamente werden in mikroskopischen Behältern verkapselt, deren Oberflächen so funktionalisiert sind, dass der menschliche Organismus die Behälter an den gewünschten Ort transportiert, wo schliesslich die Wirkstoffabgabe aufgrund eines externen Signals ausgelöst wird.

Vecteurs de médicaments intelligents

L'encapsulation de substances actives et de médicaments dans des microvecteurs et la fonctionnalisation de la surface de ces derniers permet à l'organisme humain de les transporter vers l'organe ou les tissus cibles où la substance active est libérée sous l'action d'un signal externe.

Smart drug delivery materials

Encapsulation of active agents and medicaments in microscopic containers, their functionalization of their surface enables the human body to transfer them to the appropriate site and, finally, to release the agent controlled by an external signal.

Kontrolliertes Freisetzen von Medikamenten aus Nanocontainern

Prof. Katharina M. Fromm
Département de Chimie
Université de Fribourg
Chemin du Musée 9
1700 Fribourg
Tel 026 300 87 32
katharina.fromm@unifr.ch

Prof. Christian Bochet
Département de Chimie
Université de Fribourg
christian.bochet@unifr.ch

Nanokapseln, welche bakterizide Stoffe enthalten, sollen auf Implantatoberflächen mit Biosensoren gekoppelt werden. Damit soll erreicht werden, dass nur bei Anwesenheit von Bakterien die Freisetzung des Wirkstoffs aus den Nanocontainern ausgelöst wird.

Hintergrund Die Medizintechnologie verfügt heute über eine grosse und stets wachsende Anzahl von Implantaten, die einer zunehmenden Zahl von Patienten eingesetzt werden. Mit dieser Zunahme von Implantaten in sehr verschiedenen Bereichen steigt jedoch auch die Gefahr von postoperativen Infektionen mit entsprechenden Kostenfolgen. Hinzu kommt die erhöhte Resistenz von Bakterien gegenüber Antibiotika.

Ziel Zielsetzung ist die Entwicklung neuartiger Implantatbeschichtungen mit bakterizider Wirkung. Dazu gehört einerseits die Herstellung von geeigneten Nanocontainern, anderseits die Entwicklung von Biosensoren, die auf Bakterien ansprechen. Dank der Koppelung der mit Wirkstoff beladenen Nanokapseln mit solchen Biosensoren sollen diese Beschichtungen Antibiotika nur in Gegenwart von Bakterien freisetzen.

Bedeutung Mit den projektierten neuartigen Beschichtungen von Implantaten kann nicht nur das Risiko von postoperativen Infektionen erheblich vermindert, sondern auch der Antibiotikaresistenz von Bakterien vorgebeugt werden. Beide Aspekte sind im Hinblick auf die Gesundheitskosten von grosser Relevanz.

Anwendung Ein erstes Anwendungsfeld haben mit Wirkstoffen beladene und mit Biosensoren gekoppelte Nanokapseln in der Beschichtung von medizinischen Implantaten in der Chirurgie. Ferner eröffnen sich Applikationen in der Nahrungsmitteltechnologie und im Bereich Hygiene und Körperpflege.

Title: Conditional triggered drug release

Grant: CHF 369 996.–
Duration: 36 months

Module III

Libération contrôlée de médicaments à partir de nanovecteurs

Des nanovecteurs chargés de substances bactéricides seront couplés à des biocapteurs situés à la surface d'implants, de manière à ce que la substance active ne soit libérée qu'en présence de bactéries.

Arrière-plan La technologie médicale dispose aujourd'hui d'un nombre important et sans cesse croissant d'implants qui sont posés à toujours plus de patients. Cette multiplication de l'utilisation des implants, dans des domaines très variés, s'accompagne d'une augmentation des infections postopératoires et, parallèlement, d'un alourdissement des coûts de la santé. S'ajoute à cela le fait que la résistance des bactéries aux antibiotiques ne cesse de progresser.

But Le but principal de ce projet est la mise au point d'un nouveau revêtement d'implant à effet bactéricide. Pour ce faire, il faut d'une part produire les nanovecteurs adéquats et d'autre part développer les biocapteurs sensibles aux bactéries. Grâce au couplage des nanovecteurs chargés d'antibiotique avec les biocapteurs, le revêtement ne libère l'antibiotique qu'en présence de bactéries.

Portée Le nouveau revêtement d'implant qu'il s'agit de mettre au point réduira non seulement de manière considérable les risques d'infections postopératoires, mais il empêchera aussi le développement de la résistance des bactéries aux antibiotiques. Deux points d'une importance majeure pour les coûts de la santé.

Application Le premier champ d'application des nanovecteurs chargés de substances actives couplés à des biocapteurs est le revêtement des implants chirurgicaux. Mis à part cet usage médical, d'autres applications sont envisageables, par exemple en technologie alimentaire ou dans le domaine de l'hygiène et des soins corporels.

Conditional triggered drug release from nanocontainers

Nanocontainers loaded with antibacterial compounds are to be coupled on implant surfaces with biosensors in such a way that the nanocontainers can release antibiotics only in the presence of bacteria.

Background Today's medicinal technology offers a wide and still increasing variety of implants that are required by a growing number of patients. As more and more implants are used in various branches of medicine, also the number of postoperative infections increases with corresponding financial consequences. In addition, there exists a growing resistance of bacteria towards antibiotics.

Aim The main target is the development of novel implant coatings with antibacterial function. One part of the research consists of the synthesis of suitable nanocontainers loaded with antibiotics. A second part is devoted to the development of bacteria sensors. As a straightforward approach the drug containing nanocapsules are coupled with biosensors. The novel coatings will release the antibacterial drug only upon bacterial presence.

Significance The novel coatings of implants to be developed will not only significantly reduce the risk of postoperative infections but will also prevent bacterial resistance toward antibiotics. Both aspects are relevant with regard to health costs.

Application A first direct application of the drug loaded nanocontainers coupled with bacteria sensors is the coating of medical implants for various surgical techniques. Apart from surgical implants, the novel materials could be used in other sectors such as food technology, hygiene or human care.

Intelligenter Medikamententransporter im Körper

Nanocontainer sollen Medikamente dank spezifischer Oberflächenaffinität zu Zellen oder Organen bringen. Mit superparamagnetischen Nanopartikeln in der Containerhülle lassen sich die Systeme von aussen verfolgen und durch ein magnetisches Wechselfeld erwärmen, was das Medikament dann freisetzt.

Prof. Heinrich Hofmann
Laboratoire de Technologie des Poudres
EPF Lausanne
1015 Lausanne
Tel 021 693 36 07
heinrich.hofmann@epfl.ch

Prof. Alke Fink-Petri
Group Alke Fink
Département de Chimie
Université de Fribourg
alke.fink@unifr.ch

Dr. Xavier Montet
Service de Radiologie
Hôpitaux Universitaires de Genève
xavier.montet@hcuge.ch

Prof. Horst Vogel
Laboratoire de Chimie Physique
des Polymères et Membranes
EPF Lausanne
horst.vogel@epfl.ch

Hintergrund Wirkstoffe (z.B. gegen Krebs) müssen gezielt an ihren Wirkungsort gebracht und dort kontrolliert freigesetzt werden, wenn man die Nachteile der klassischen Verabreichung, wie etwa den unspezifischen Angriff auf gesunde Körperteile mit entsprechenden Nebenwirkungen und schlechter Wirksamkeit, verringern will. Die Einkapselung der Medikamente, deren Verfolgung im Körper, die gezielte Adsorption der Kapseln an bestimmten Zellen und die kontrollierte Abgabe der Medikamente sind bis heute erst ansatzweise gelöst.

Ziel Das Projekt zielt auf die Entwicklung von doppelwandigen Nanocontainern, sogenannten Vesikeln, deren äussere Oberfläche einer Zellmembran gleicht. Sie sollen dank ihrer Oberflächenfunktionen an spezifische Zellen (z.B. Krebszellen) andocken beziehungsweise mit der Zellmembran verschmelzen können. Superparamagnetische Eisenoxidnanopartikel in der Aussenhaut dieser Vesikel ermöglichen es, einerseits ihren Weg im Körper durch übliche medizinische Bildgebungsverfahren (wie Magnetresonanz) zu verfolgen und andererseits die Medikamentenfreigabe von ausserhalb des Körpers zu initiieren. Dazu heizt ein magnetisches Wechselfeld die Eisenoxidnanopartikel auf, was die Vesikelwände durchlässig macht und das Medikament aus dem Innern austreten lässt.

Bedeutung Die Stärke des Projekts liegt vor allem im Zusammenspiel von chemischen, materialwissenschaftlichen, biologischen und medizinischen Disziplinen: von der Nanopartikelsynthese, der Bestimmung der magnetischen Eigenschaften dieser Partikel, der Herstellung von zellähnlichen Membranen bis zu medizinischen Bildgebungsverfahren, der Wechselwirkung von Nanopartikeln mit Zellen und dem Einsatz von magnetischen Wechselfeldern an lebenden Organismen. Das Projekt führt junge Forschende an die interdisziplinäre Forschung heran.

Anwendung Das vorgeschlagene System hat ein hohes wirtschaftliches Potenzial, da es Nebenwirkungen stark verringern und die Wirksamkeit der Medikamente erhöhen kann. Eine effiziente Krebstherapie ist die wichtigste Anwendung dieses Ansatzes, aber auch Diagnoseverfahren und die Behandlung von Arthritis können von diesem neuartigen System profitieren.

Title: Smart vesicles for drug delivery

Grant: CHF 295 218.–
Duration: 36 months

Module III

Nanovecteurs intelligents pour acheminer des médicaments

Grâce à l'affinité spécifique de leur surface, ces nanovecteurs sont capables d'acheminer des médicaments jusqu'aux cellules ou à l'organe visés. Des nanoparticules superparamagnétiques, incorporées à la paroi du vecteur, permettent de les diriger depuis l'extérieur, puis de les chauffer par l'application d'un champ magnétique alternatif afin de libérer le médicament.

Arrière-plan Les substances actives contre des maladies comme le cancer doivent être amenées à leur site d'action pour y être libérées de manière contrôlée. Contrairement aux méthodes d'administration classiques, le procédé des nanovecteurs agit de manière ciblée, sans affecter les cellules saines, évitant ainsi les effets secondaires ou indésirables. Mais les techniques d'encapsulation des médicaments, l'absorption ciblée des nanovecteurs et le dispositif de suivi et de libération contrôlée dans l'organisme n'ont pas encore atteint le niveau exigé.

But Le projet vise à développer des nanovecteurs à double feuillet, appelés vésicules, dont la surface externe imite celle d'une membrane cellulaire. Grâce à la fonctionnalité de cette surface, ces vésicules vont accoster spécifiquement les cellules cibles (cellules cancéreuses par ex.) et fusionner avec leur membrane. Des particules d'oxyde de fer superparamagnétiques, incluses dans le feuillet externe de la vésicule, permettront de suivre sa trajectoire dans l'organisme par des procédés courants d'imagerie médicale tels que la résonance magnétique et de déclencher la libération du médicament depuis l'extérieur. A cet effet, les particules d'oxyde de fer seront chauffées par application d'un champ magnétique alternatif, de manière à rendre poreuse la paroi de la vésicule et à libérer la substance active.

Portée La force du projet réside dans son interdisciplinarité, associant les sciences des matériaux, la biologie et la médecine: synthèse des nanoparticules, propriétés magnétiques des nanoparticules, production de membranes imitant les membranes cellulaires, imagerie médicale, interaction entre nanoparticules et cellules, et application de champs magnétiques alternatifs à l'organisme vivant. Ce projet permet aussi à de jeunes chercheurs de se familiariser avec la recherche interdisciplinaire.

Application Le système proposé présente un potentiel économique certain car il permet d'augmenter l'efficacité des médicaments tout en réduisant leurs effets secondaires. Il trouvera sa principale application dans l'amélioration du traitement des cancers, mais les méthodes de diagnostic et le traitement de l'arthrite pourraient aussi en bénéficier.

Smart in-vivo drug delivery

Nanocontainers will transport drugs to cells and organs thanks to specific surface affinities. Superparamagnetic nanoparticles embedded in the system allow external monitoring of their position. Inductive heating with an external magnetic field triggers the delivery of the enclosed drug at the right place.

Background Efficient drugs for treating severe diseases, such as cancer, have to be brought to their targets and delivered by an external trigger. Drug carrier systems compete favourably with classical drug administration due to reduced unspecific attacks of the body, less side effects and higher drug availability. Today, technologies for encapsulation of drugs, the targeted adsorption to cells, the controlled release of the drug and the on-line monitoring in the body are still insufficient.

Aim The goal of this project is to develop double-walled nanocontainers, so-called vesicles, whose outer wall is mimicking cell membranes. Equipped with functionalized surface features for targeting selectively particular mammalian cells (e.g. cancer cells) these vesicles shall dock the cells or even merge with the cell membranes. Superparamagnetic iron oxide nanoparticles buried in the vesicle hull will, on the one hand, allow tracking of the system in the body by standard medical imaging procedures, such as magnetic resonance. On the other hand, external triggering of the drug delivery function is also possible: an external magnetic field will inductively heat up the superparamagnetic iron oxide nanoparticles, thus increasing the permeability of the vesicles wall and allowing a controlled drug release.

Significance The strength of this project lies in the harvesting of knowledge from the fields of chemistry, material science, biology and medical technology: from particle synthesis and coating, magnetic properties of nano-sized particles, fabrication of membranes mimicking cells, to medical imaging, drug targeting, and use of magnetic alternate fields for medical treatment on living organisms. In addition, the project will teach students how to tackle interdisciplinary problems and will produce highly qualified people for industry and academia.

Application The proposed system has a great economic potential as it will reduce side-effects and enhance the efficiency of drugs. Main application target is a more efficient treatment of cancer, as well as applications in diagnostics and in the treatment of inflammatory joint diseases.

Intelligente synthetische Nanoorganellen zur Krebstherapie

Prof. Patrick Hunziker
Nanomedicine Research Group
Klinik für Intensivmedizin
Universitätsspital Basel
Petersgraben 4
4031 Basel
Tel 061 265 55 81
hunzikerp@uhbs.ch

Dr. Kurt Bättig
PhotoDrugs c/o Ilford
kurt.baettig@ilford.com

Prof. Daniel Constam
EPF Lausanne
daniel.constam@epfl.ch

Prof. Wolfgang Meier
Physikalische Chemie
Departement Chemie
Universität Basel
wolfgang.meier@unibas.ch

Schon in der Nanodimension wird die Komplexität des Lebens und von Krankheitsprozessen sichtbar. Können diese Einsichten für die Medizin genutzt werden, indem Nanoobjekte mit komplexer Funktion (synthetische Organellen) gezielt zur Therapie schwerer Erkrankungen entwickelt und angewandt werden?

Hintergrund Die Nanowissenschaften haben gezeigt, dass grundlegende biologische Abläufe auf Prozessen in der Nanoskala beruhen und damit auch viele Krankheiten ihre Wurzel in der Nanowelt haben. Im Kontrast zu den komplexen funktionalen natürlichen Nanoobjekten der lebenden Zelle sind heutige technische Nanopartikel sehr simpel in Struktur und Funktion.

Ziel Das Ziel des Projektes ist deshalb, im Hinblick auf die medizinische Anwendung (die Therapie von Krebserkrankungen) Nanoobjekte von zunehmender Komplexität und Funktionalität zu entwickeln und an Zellkultur- und an Krebsmodellen im Gesamtorganismus auf ihre Wirksamkeit zu testen. Derartige künstliche Organellen können trotz ihrer Kleinheit (Nanometerskala) an- und abschaltbare Funktionen von biologischer Relevanz entfalten, wie erste Prototypen schon zeigen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden polymerchemische, biochemische, analytische und biomedizinische Methoden kombiniert.

Bedeutung Aus wissenschaftlicher Sicht sind das Design und die Herstellung so kleiner funktionaler und reversibel aktivierbarer Objekte eine spannende Herausforderung: Welche Komplexität kann in ein so kleines Objekt überhaupt eingebaut werden? Können die erwarteten therapeutischen Vorteile derartiger Objekte, nämlich Selektivität bezüglich erkrankten Organs, Wirkungsverstärkung bei gleichzeitiger Reduktion von Nebenwirkungen, und An-/Abschaltbarkeit experimentell bestätigt werden? Wie verhalten sich derartige Objekte im Gesamtorganismus?

Anwendung Das primäre Ziel des Projektes ist die Entwicklung derartiger künstlicher Organellen für die Krebstherapie. Darüber hinaus hat die Entwicklung von nanometergrossen Objekten mit komplexer, reversibler Funktionalität das Potenzial zu einer Plattformtechnologie der Zukunft. Es wird erwartet, über die Medizin hinaus wichtige Einsichten bezüglich Möglichkeiten, Herausforderungen, Synthesemethoden und optimale Anwendungsarten derartiger komplexer Nanosysteme zu erhalten.

Title: Intelligent synthetic nanosize organelles as novel therapy for cancer

Grant: CHF 500 000.–
Duration: 36 months

Module III

Nano-organelles intelligentes pour le traitement des cancers

L'étude des phénomènes vitaux et des processus pathologiques en révèle toute la complexité, et ce dès l'échelle nanométrique. Ces connaissances sont-elles utilisables en médecine pour le développement de nano-objets aux fonctions complexes (organelles synthétiques) destinés au traitement ciblé de maladies graves telles que les cancers?

Arrière-plan Les nanosciences ont démontré que les processus biologiques fondamentaux reposent sur des phénomènes nanométriques. Ainsi, nombre de maladies trouvent aussi leur origine dans des processus pathologiques se déroulant à cette échelle. Contrairement aux nano-objets complexes et multifonctionnels naturellement présents dans les cellules vivantes, les nanoparticules techniques actuelles sont très simples dans leur structure et leurs fonctionnalités.

But Ce projet se propose de développer des nano-objets toujours plus complexes, aux fonctionnalités toujours plus développées pour des applications médicales (en particulier pour le traitement du cancer) et de tester leur efficacité sur des cultures cellulaires et sur l'organisme entier à l'aide de modèles de cancer. Malgré leur petite taille (échelle nanométrique) ces organelles de synthèse sont capables de développer des fonctions biologiques activables et désactivables, comme l'ont déjà montré les premiers prototypes. Pour parvenir à ce but, le projet associera les méthodes de la chimie des polymères, de la biomédecine mais aussi de la chimie analytique et de la biochimie.

Portée Du point de vue scientifique, le défi de concevoir et de produire de si petits objets, aux fonctionnalités activables et désactivables, présente un grand intérêt. Jusqu'à quel point peut-on augmenter la complexité d'objets si petits? Peut-on confirmer par l'expérience les avantages thérapeutiques attendus de ces objets – à savoir le ciblage de l'organe malade, l'augmentation de l'efficacité et la réduction parallèle des effets secondaires des médicaments ainsi que la propriété d'activation/désactivation? Comment se comportent ces objets dans l'organisme?

Application Le but premier du projet est de développer des organelles de synthèse pour le traitement du cancer. De plus, le développement de tels nano-objets, aux fonctionnalités complexes et réversibles, pourrait déboucher sur une plateforme technologique d'avenir. Au-delà des applications médicales, ce projet offre la possibilité de comprendre le potentiel, les enjeux, les méthodes de synthèses et l'utilisation optimale de nanosystèmes d'une telle complexité.

Intelligent synthetic nanosize organelles for cancer therapy

Complexity of life and of disease processes is clearly discernible even in the nanoscale. Can these insights be used to inspire a new class of novel, synthetic nano-size objects with complex functionality (synthetic organelles) useful for the therapy of severe diseases like cancer?

Background The nanosciences have shown that fundamental biological events are based on processes in the nanoscale, in health as well as in disease. In comparison to the complex, functional natural nano-objects of the living cell, today's technical nanoparticles are very simple in structure and function.

Aim The goal of this project is, therefore, to design and synthesize artificial nanosize objects of increasing complexity and functionality suited as novel medical applications (therapies for cancer), and to test such synthetic organelles in cell culture and cancer models in the intact organism. Despite their small size (nanometer scale), first prototypes of such synthetic organelles are already showing the capability to deploy switchable functionality of biological relevance. To achieve the goals of the project, polymer chemistry, biochemistry, analytic and biomedical methods are used in concert.

Significance Scientifically, the design and the production of functional and reversibly activatable synthetic nanoscale objects is a challenge: how much complexity can be implemented at such a small scale? Can the expected advantages of such objects, namely selectivity for the diseased organs, effectiveness enhancement together with side effect reduction, and switchability, be confirmed experimentally? What is the behaviour of such objects in the intact organism?

Application The primary goal of the project is the development of intelligent nanoscale organelles for cancer therapy. Beyond this application, there exists the potential for nanoscale objects with complex, reversible functionality to become a future platform technology. Therefore, it is expected to gain, beyond the medical application, important insights into the potential, the challenges, necessary synthesis methods and optimal applications of such complex nanosystems.

Selbsterhitzendes Hydrogel zur mechanisch stimulierten Wirkstoffabgabe

Prof. Dominique Pioletti
Laboratoire de biomécanique
en orthopédie
EPF Lausanne
Station 15
1015 Lausanne
Tel 021 693 83 41
dominique.pioletti@epfl.ch

Prof. Harm-Anton Klok
Laboratoire des polymères
EPF Lausanne
harm-anton.klok@epfl.ch

Aufgrund seines ausgeprägten viskoelastischen Verhaltens erhitzt sich ein Hydrogel bei mechanischer Beanspruchung. Diese Wärmeenergie geht üblicherweise ungenutzt durch Dissipation verloren. Das zentrale Ziel dieses Projektes ist die therapeutische Nutzung der Erwärmung eines Hydrogels, um die lokale Freisetzung eines eingebrachten pharmazeutischen Wirkstoffs zu induzieren und/oder zu beschleunigen.

Hintergrund Verschiedene Studien berichten über einen synergistischen Effekt zwischen mechanischer Beanspruchung im Gewebe und der Abgabe eines lokal wirkenden Medikaments. Offensichtlich muss ein Medikament, um einen gewünschten biologischen Effekt zu erzielen, eine Prozesskaskade auslösen, welche mit der Bindung des Wirkstoffs an einen spezifischen Zellrezeptor beginnt. Um die therapeutische Wirksamkeit eines Medikaments zu maximieren, wäre es von Vorteil, den Wirkstoff erst dann freizusetzen, nachdem eine mechanische Beanspruchung während einer bestimmten Zeit stattgefunden hat. Damit wäre sichergestellt, dass die entsprechenden Rezeptoren auf den zu behandelnden Zellen aktiviert sind.

Ziel In einem neuen Konzept soll die gezielte lokale Temperaturerhöhung in Folge der Energiedissipation eines viskoelastischen Materials die Wirkstoffabgabe stimulieren. Damit kann die Wirkstoffabgabe von einem vordefinierten mechanischen Beanspruchungsverlauf im Gewebe abhängig gemacht werden.

Bedeutung Die gezielte Nutzung der Temperaturerhöhung als Folge von visköser Dissipation ist ein neues Konzept zur lokalen Wirkstoffabgabe, das noch nie untersucht oder eingesetzt wurde. Die Verwendung eines mechanischen Stimulus (über interne Dissipation) als steuernden Parameter der Wirkstoffabgabe eröffnet neue Möglichkeiten bei der Behandlung von mechanisch beanspruchtem Körpergewebe.

Anwendung Zwei spezielle Gewebetypen im muskuloskelettalen System würden ganz besonderen Nutzen aus einer lokalen Wirkstoffbehandlung ziehen: der Knieknorpel und der Gallertkern (Nucleus pulposus) in der Bandscheibe. Tatsächlich sind die heutigen Heilmethoden für diese beiden Gewebetypen stark eingeschränkt. Aus diesem Grund wäre die lokale Wirkstoffabgabe von Zellwachstumsfaktoren ein entscheidender therapeutischer Fortschritt.

Title: Self-heating hydrogel for mechanically-controlled drug release

Grant: CHF 369 940.–
Duration: 36 months

Module III

Hydrogel auto-chauffant pour une libération mécaniquement contrôlée de médicaments

En raison du comportement viscoélastique des hydrogels, le travail mécanique qu'ils effectuent génère de la chaleur, qui est habituellement perdue par dissipation. L'objectif de ce projet est d'utiliser la chaleur perdue par dissipation pour augmenter la température d'un hydrogel et déclencher localement et / ou accélérer la libération d'un médicament qui y est incorporé.

Arrière-plan Plusieurs études ont décrit qu'un effet synergique existe entre l'application de contraintes mécaniques à l'organisme et la libération localisée de médicaments. Il est clair que pour induire une réponse biologique, le médicament doit activer une cascade d'événements qui commence par la liaison spécifique à un récepteur cellulaire. Afin de maximiser l'efficacité biologique d'un médicament, il serait avantageux de ne le libérer qu'une fois qu'une stimulation mécanique de durée déterminée ait été appliquée, cette stimulation mécanique permettant également d'activer le récepteur correspondant sur les cellules ciblées.

But En contrôlant l'augmentation de la température locale provoquée par la dissipation de chaleur au sein d'un matériau viscoélastique, un nouveau système permettant la libération d'un médicament uniquement après qu'une stimulation mécanique prédéfinie ait eu lieu va être développé.

Portée L'exploitation de l'augmentation de température générée par la dissipation de chaleur au sein d'un matériau viscoélastique pour induire la libération d'un médicament est un nouveau concept encore inexploré. L'utilisation de ce stimulus original (dissipation interne de chaleur) comme variable environnementale ouvre de nouvelles possibilités dans le traitement des tissus soumis à des contraintes mécaniques.

Application Deux tissus du système musculo-squelettique en particulier pourraient bénéficier d'une approche de libération locale d'un médicament. Il s'agit du cartilage du genou et du nucleus pulposus dans le disque intervertébral. En effet, ces deux tissus ont par eux-mêmes un potentiel de guérison très limité. L'induction d'un processus de guérison par la libération localisée d'un médicament serait une avancée thérapeutique décisive.

Self-heating hydrogel for mechanically-controlled drug release

Due to their strong viscoelastic behaviour, mechanical work carried out by a hydrogel generates heat, which is usually lost by dissipation. The primary objective of this project is to utilise the "lost" dissipation resulting in a temperature increase to locally trigger and/or accelerate the release of a drug incorporated in a hydrogel.

Background Several studies have reported that a synergetic effect exists between mechanical loading and the delivery of a drug. Obviously, to induce a biological response, the drug needs to activate a cascade of events, which starts by the binding of the drug to a specific cell receptor. In order to maximize the biological efficiency of the drug, it would be advantageous to release it only after a mechanical stimulation of a certain duration has been applied in order to have their corresponding receptor activated on the targeted cells.

Aim By controlling the local temperature increase due to the dissipation of a viscoelastic material, a new delivery system will be developed allowing to release the drug after a pre-defined mechanical stimulation.

Significance Exploiting the temperature increase generated by internal viscous dissipation to induce local drug delivery is a new concept, which has never been explored. The use of this original mechanical stimulus (internal dissipation) as an environmental variable opens new possibilities in treating loaded body tissues.

Application Two tissues of the musculo-skeletal system in particular would benefit from a local drug delivery approach: the knee cartilage and the nucleus pulposus in the spinal disk. Indeed, in these two tissues, the native healing aspect is very limited. To induce a healing process, local drug delivery of cell-growth factors is a decisive therapeutic progress.

Nanofasern als intelligente Wirkstoffspeicher

Dr. Ana-Maria Popa
Eidg. Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt (EMPA)
Abteilung Schutz und Physiologie
Lerchenfeldstrasse 5
9014 St. Gallen
Tel 071 274 77 02
ana-maria.popa@empa.ch

Dr. Daniel Crespy
Max Planck Institute for Polymer Research
crespy@mpip-mainz.mpg.de

Dr. Giuseppino Fortunato
Eidg. Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt (EMPA)
Laboratory for Advanced Fibers
giuseppino.fortunato@empa.ch

Dr. Marco Lattuada
Institut für Chemie-/Bioingenieurwissenschaften
ETH Zürich
marco.lattuada@chem.ethz.ch

Es sollen neuartige Nanofasern entwickelt werden, die mit Wirkstoffen beladen und in medizinische Gewebe integriert werden können. Dank in diese Fasern eingebauten Nanomagneten kann die Freisetzung der Wirkstoffe in der Hydrogelmatrix thermisch induziert werden.

Hintergrund Hydrogele mit der Fähigkeit, Wirkstoffe in kontrollierter Weise freizusetzen, finden in der Biomedizin grosse Beachtung. Auf thermische Reize ansprechende Hydrogele sind für medizinische Anwendungen besonders attraktiv, da Temperatur ein Parameter ist, der in einfacher Weise und nicht invasiv verändert werden kann. Der Nachteil der gängigen Hydrogele besteht jedoch in ihrer langen Ansprechzeit von Minuten bis Tagen. Schneller ginge es mit verkürzten Transportwegen in einem verkleinerten Hydrogel. Dabei darf die Fragilität aber nicht zunehmen, wenn solche kleinen Hydrogele praktisch anwendbar sein sollen.

Ziel Zielsetzung ist die Herstellung von mechanisch stabilen Hydrogelen mit kurzer Ansprechzeit. Diese Gele sollen aus Zweikomponenten-Nanofasern mit einem intelligenten, mit Wirkstoffen beladenen Kern bestehen. Zudem ist der Einbau von Nanomagneten in die Fasern geplant, womit präzises lokales Erwärmen der Nanofasern durch magnetische Induktion ermöglicht wird.

Bedeutung Mit dem zum Einsatz kommenden Verfahren zur Herstellung der Nanofasern (Elektrospinning) können verschiedene Parameter systematisch bezüglich ihres Einflusses auf die Fasereigenschaften untersucht werden. Zudem erlaubt das Verfahren den kontrollierten und homogenen Einbau von Nanopartikeln in diese neuartigen Fasern.

Anwendung Die hergestellten Nanofasern mit abstimmbaren Morphologien lassen sich für therapeutische Zwecke in spezialisierte Textilien einbauen. Die Methoden für den Einbau und die Freisetzung von Wirkstoffen ebnen aber auch nicht medizinischen Anwendungen den Weg wie etwa der Herstellung textiler Bekleidung für Schutz oder Kühlung des Körpers.

Title: IRENA: Intelligent responsive nanofibres

Grant: CHF 165 914.–
Duration: 36 months

Module III

Nano-fibres pour la libération contrôlée de substances thérapeutiques

Le projet vise à développer de nouvelles nano-fibres que l'on peut placer dans des textiles médicaux et dans lesquelles on peut incorporer des molécules bioactives. Des nano-aimants intégrés dans ces fibres permettent d'induire thermiquement la libération des substances contenues dans la matrice d'hydrogel.

Arrière-plan Les hydrogels capables de libérer des substances de manière contrôlée suscitent un grand intérêt dans le domaine de la biomédecine. La température étant un paramètre que l'on peut facilement modifier, et ce de manière non invasive, les hydrogels thermosensibles sont particulièrement intéressants pour des applications médicales. Le désavantage des hydrogels courants est leur temps de réponse relativement long (minutes ou même jours). Raccourcir le parcours de transport en réduisant la taille de l'hydrogel permettrait de diminuer ce temps de réponse. Mais pour que de tels hydrogels aient des applications pratiques, il faut veiller à ne pas augmenter leur fragilité.

But Le but de ce projet est la fabrication d'hydrogels mécaniquement stables ayant un temps de réponse très court. Ces gels sont constitués de nano-fibres à deux composants dotées d'un noyau thermosensible contenant des substances thérapeutiques. L'incorporation, au sein des fibres, de nanoparticules magnétiques permettant le réchauffement bien délimité des fibres par induction magnétique est aussi prévu.

Portée Le nouveau procédé proposé pour la fabrication des nano-fibres (electrospinning) va permettre l'étude systématique d'un nombre de paramètres et de leur influence sur les propriétés des fibres. Ce procédé permet également une incorporation contrôlée et homogène des nanoparticules dans ces fibres d'un nouveau genre.

Application Dans un but thérapeutique, les fibres obtenues, dont on peut déterminer la morphologie, peuvent être intégrées dans des textiles techniques. La méthode proposée pour l'incorporation et la libération de substances peut également s'appliquer à des domaines non médicaux tels que la production de textiles de protection ou refroidissants.

Nanofibres for intelligent drug delivery

Novel bicomponent nanofibres will be developed that can be loaded with bioactive molecules and integrated into medical textiles. These nanofibres allow a broad tunability of the temperature induced release of the drug incorporated in a hydrogel matrix.

Background Responsive hydrogels for biomedical applications have already attracted much attention due to their ability to release drugs on demand in a controlled manner. Thermo-responsive hydrogels are most interesting for medical applications, as temperature is a parameter which can easily be varied in a non-invasive manner. Bulk stimuli-responsive hydrogels have, however, a slow response time (minutes or even days until equilibrium is reached). The most straightforward approach to circumvent this drawback is to reduce the size and shorter transport path of the current hydrogel device. This method, however, increases the fragility of the system, limiting its practical applications.

Aim We propose to prepare bicomponent hydrogels with fast-response in the form of mechanically stable non-woven nanofibres with a drugloaded intelligent core. Additionally, we will incorporate magnetic nanoparticles in the fibres, which will allow an accurate local heating of the nanofibres by magnetic induction.

Significance The process designed for electrospinning will allow the systematic investigation of a number of parameters related to the fabrication process and the fibre characteristics. Additionally this project will allow the study of the homogeneous incorporation of nanoparticles in these novel electrospun fibres.

Application The obtained nanofibres with tunable morphologies can afterwards be embedded in advanced textiles for therapeutic purposes. The proposed encapsulation and delivery technologies can then be extrapolated for non-medical applications, such as the production of protective or cooling textiles.

Nanocontainer zur lokalen Wirkstoffabgabe zur Erweiterung verengter Herzkranzgefässe

Dr. Till Saxer
Division des Soins Intensifs de Médecine
Hôpitaux Universitaires de Genève
Rue Gabrielle-Perret-Gentil 4
1211 Genève
Tel 022 372 33 11
tillsaxer@me.com

Prof. Bert Müller
Biomaterials Science Center
Universität Basel
bert.mueller@unibas.ch

Dr. Andreas Zumbühl
Département de Chimie Organique
Université de Genève
andreas.zumbuehl@unige.ch

Atherosklerose ist heute weltweit die bedeutendste Todesursache. Dies soll durch die Entwicklung von Nanocontainern bekämpft werden, welche gefässerweiternde Medikamente nur an Stellen mit Gefässverengungen abgeben.

Hintergrund Die Nanotechnologie eröffnet neue Wege, chemische Wechselwirkungen gezielt zu beeinflussen. Dies wird es in naher Zukunft erlauben, Medikamente zu entwickeln, die eine spezifische Aktion auf krankhaft verändertes Gewebe ausüben. Diese neue Art von lokal wirkenden Medikamenten wird zurzeit besonders auf dem Gebiet der Onkologie intensiv weiterentwickelt, da immer mehr spezifische Rezeptoren der Krebszellen (Biomarker) identifiziert werden können. Solche Ansätze wurden bisher noch nie für die gezielte Behandlung von verengten Arterien eingesetzt, welche weltweit die bedeutendste Todesursache darstellen. In diesem Projekt soll das Know-how der Nanotechnologie eingesetzt werden zur Entwicklung von neuen Heilformen mit spezifischer, lokaler Aktion auf dem Gebiet der Herz-Kreislauf-Medizin.

Ziel Die Entwicklung eines mit gefässerweiternden Medikamenten beladenen Nanocontainers, der seine Ladung durch einen krankheitsspezifischen Auslöser lokal freilässt und damit die Atherosklerose direkt und dort bekämpft, wo sie lebensbedrohlich wirken kann. Durch die Lokalisierung der Nanocontainer-Öffnung am Ort der arteriellen Stenose wird verhindert, dass das Medikament systemische Komplikationen hervorruft.

Bedeutung Im wichtigen Fall einer Herzkranzgefässstenose sollte die schnelle Öffnung des Gefässes zur Wiederherstellung eines für den Herzmuskel ausreichenden Blutflusses führen, um die Grösse des Infarktes zu beschränken. Damit könnte dieses Projekt einen entscheidenden Beitrag zur zukünftigen Behandlung einer Krankheit leisten, an welcher heute weltweit am meisten Menschen sterben.

Anwendung Es ist geplant, die spezifische Lieferung des Medikamentes an einem atherosklerotischen Modell unter simulierten Bedingungen zu untersuchen. Diese In-vitro-Studien umfassen die Messung des von den Nanocontainern freigelassenen Medikamentes durch Fluoreszenz und Chromatografie. Sobald ein vielversprechender Nanocontainer-Kandidat gefunden ist, soll ein physiologisches Modell verwendet werden, um die vasodilatatorische Wirkung auf echte Gefässe untersuchen zu können.

Title: NO-Stress, a specific coronary vasodilator – nanocontainer for tailored NO release

Grant: CHF 60 000.–
Duration: 12 months
In reserve: CHF 190 000.– for additional 24 months

Module III

Nano-containers pour l'administration de médicaments permettant la vasodilatation locale des vaisseaux coronariens rétrécis

L'athérosclérose est la première cause de mortalité au niveau mondial. Nous voulons la combattre par le développement de nano-containers ayant la capacité de libérer des vasodilatateurs à des endroits spécifiques dans des vaisseaux coronariens rétrécis.

Arrière-plan La nanotechnologie ouvre des nouvelles pistes pour le contrôle précis des interactions chimiques. Ceci permettra prochainement de développer de nouvelles classes de médicaments exerçant une action spécifique sur les tissus malades. Ce développement est particulièrement marqué dans le domaine de l'oncologie, où de plus en plus de récepteurs spécifiques propres à la cellule cancéreuse (des biomarqueurs) sont en voie d'identification. Aucun médicament cardiologique ayant une action spécifique sur une artère sténosée n'a encore été développé, alors que cette pathologie est la principale cause de mortalité de par le monde. Dans le cadre de ce projet, le savoir-faire de la nanotechnologie sera utilisé pour développer de nouveaux médicaments à action spécifique et locale dans le domaine de la cardiologie.

But Le projet vise à développer de nouveaux nano-containers chargés d'un médicament vasodilatateur, relâchant leur charge en réponse à un phénomène spécifique à la maladie, afin de combattre l'athérosclérose à l'endroit même où elle peut présenter un risque mortel. L'ouverture localisée des nano-containers, là où se situent les sténoses artérielles, empêche les effets secondaires systémiques du médicament.

Portée En cas d'athérosclérose coronarienne, l'ouverture rapide du vaisseau devrait rétablir un flux sanguin suffisant au myocarde, permettant de limiter l'étendue de l'infarctus. De cette manière, le projet pourrait fournir un élément clé dans le traitement efficace de l'athérosclérose, une maladie qui cause aujourd'hui plus de morts que toute autre maladie.

Application Nous construisons un modèle d'athérosclérose pour étudier la livraison spécifique du médicament sous des conditions simulées. Ces études in vitro comportent la quantification, par fluorescence et chromatographie, du médicament largué par les nano-containers. Une fois un nano-container prometteur identifié, un modèle physiologique sera élaboré pour observer l'effet vasodilatateur sur des vaisseaux réels.

Nanocontainers for local drug delivery to open heart vessels in case of heart attack

Atherosclerosis is today's leading cause of death. We want to provide an effective treatment of this disease by developing nanocontainers which release their cargo of blood vessel opening drugs only at locations where atherosclerotic constriction is present.

Background Nanotechnology opens new ways for the targeted control of chemical interactions. In the near future, this will be the basis for the development of drugs that have a specific action on pathologically changed tissue. Such locally acting drugs are now in the process of intensive development in the field of oncology, where a rapidly increasing number of cancer receptors (biomarkers) are being identified. Similar local action approaches for the specific, targeted treatment of constricted heart arteries have not yet been employed to our knowledge. Therefore, we want to use the existing nanotechnology know-how for the development of cardiological drugs to develop new medicinal formulae with specific local action in the field of cardiology for the effective treatment of atherosclerosis and heart attacks.

Aim Development of nanocontainers loaded with a cargo of blood vessel opening drugs, which are released locally in response to a specific disease trigger, for the effective local treatment of atherosclerosis at the very place where it can develop into a lethal threat.

Significance Today, atherosclerosis is the leading cause of death worldwide. A heart attack is one of its life-threatening consequences. To limit cardiac failure (burden of disease) and mortality during a heart attack, we want to develop a novel treatment based on the local delivery of a vasodilating drug directly to the site of vessel constriction. This should be achieved with the realization of nanocontainers releasing their cargo in response to specific disease triggers at the sites of atherosclerotic vessel constriction. Rapid vessel opening should reestablish sufficient blood flow to limit heart infarction size. In this way, our project could provide a decisive contribution to help fighting a disease to which more patients succumb today world-wide than any other cause of death.

Application We will establish an atherosclerotic model with which we will study specific drug delivery under simulated disease conditions. These in-vitro studies will include quantification of the specific disease trigger induced drug release from nanocontainers by fluorescence and chromatography. Once a promising nanocontainer candidate has been identified, a physiological model will be employed to observe the vasodilating effect on real vessels.

Blutzuckermessung durch die Haut

Mit Hilfe von intelligenten Materialien soll ein nicht invasives Gerät zur Blutzuckerbestimmung gebaut werden, welches die Flüssigkeit analysiert, die durch die Haut hindurchgeht. Weil Frühgeborene davon medizinisch besonders profitieren, soll zuerst ein Gerät für diese entwickelt werden, später auch für Erwachsene.

Hintergrund Bei Früh- und Neugeborenen kann ein tiefer Blutzucker zu Entwicklungsstörungen des Gehirns führen. Deshalb wird der Blutzucker häufig gemessen. Dazu muss eine Blutprobe entnommen werden, weil bisher kein nicht invasives Messverfahren existiert. Blutentnahmen sollen vermieden werden, denn sie führen nicht nur zu Schmerzen, sondern enthalten auch ein Infektionsrisiko für Patienten und Personal.

Ziel Das Ziel ist es, ein Gerät zu entwickeln, welches mit Hilfe von intelligenten Materialien eine nicht invasive Messung des Blutzuckers ermöglicht, indem die Flüssigkeit, die durch die Haut hindurchgeht, analysiert wird.

Bedeutung Das Anwendungsgebiet des neuen Prinzips ist breit. Seine Anwendung beschränkt sich nicht auf Früh- und Neugeborene, sondern es kann auch bei Kindern und Erwachsenen verwendet werden. Zurzeit muss der Blutzucker mit Hilfe von Blutentnahmen bestimmt werden. Weil das schmerzhaft ist und ein Infektionsrisiko mit sich bringt, wird der Blutzucker so selten wie möglich oder gar nicht bestimmt, was langfristig zu gesundheitlichen Problemen führen kann. Ein nicht invasives Gerät zur Blutzuckerbestimmung könnte Veränderungen öfter oder sogar kontinuierlich und vielleicht genauer messen. Es ist zu erwarten, dass dies sowohl kurz- als auch langfristige Probleme verringert. Ausserdem ergibt sich eine neue Dimension von Anwendungen, da auch andere Substanzen als Zucker nicht invasiv auf der Haut bestimmt werden könnten. Dies führt zu einer qualitativ besseren und trotzdem günstigeren Medizin.

Anwendung Mit Hilfe eines intelligenten Materials wird ein neues Prinzip zur nicht invasiven Blutzuckerbestimmung erarbeitet. Bei Frühgeborenen geht Flüssigkeit, die Blutzucker enthält, leicht durch die Haut hindurch. Sie kann dort gesammelt und analysiert werden. Die Ergebnisse hängen jedoch stark von den individuellen Hauteigenschaften ab. Das neue Prinzip ermöglicht es, die Hauteigenschaften zu bestimmen, und dadurch kann der Blutzucker gemessen werden.

Prof. Martin Wolf
Klinik für Neonatologie
Universitätsspital
Frauenklinikstrasse 10
8091 Zürich
Tel 044 255 53 46
martin.wolf@usz.ch

Dr. René Rossi
Eidg. Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt (EMPA)
Abteilung Schutz und Physiologie
rene.rossi@empa.ch

Prof. Hans Ulrich Bucher
Klinik für Neonatologie
Universitätsspital Zürich
buh@usz.ch

Dr. Lukas Scherer
Eidg. Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt (EMPA)
Abteilung Schutz und Physiologie
lukas.scherer@empa.ch

Dr. Evren Aslan-Gürel
Eidg. Materialprüfungs- und
Forschungsanstalt (EMPA)
Abteilung Schutz und Physiologie
evren.aslan@empa.ch

Title: Light responsive membrane enables novel sensor principle for non-invasive transdermal glucose measurement

Grant: CHF 100 000.–
Duration: 12 months
In reserve: CHF 249 425.– for additional 24 months

Module III

Mesure de la glycémie à travers la peau

L'idée est de recourir aux matériaux intelligents pour mettre au point une méthode non invasive de détermination de la glycémie par l'analyse du liquide traversant la peau. Dans un premier temps, le système développé bénéficiera aux prématurés, mais il est prévu de développer aussi par la suite un instrument pour les adultes.

Arrière-plan Chez les nouveau-nés et les prématurés, un taux de glucose sanguin trop bas peut entraîner des problèmes de développement du cerveau. C'est la raison pour laquelle leur glycémie doit être mesurée souvent. Etant donné qu'il n'existe pas actuellement de méthode non invasive pour ce faire, on doit procéder à une prise de sang. Or les prises de sang répétées devraient être évitées, car elle ne sont pas seulement douloureuses mais comportent aussi des risques d'infection pour les patients et le personnel médical.

But Le but est de développer un instrument utilisant des matériaux intelligents pour la mesure de la glycémie par analyse du liquide traversant la peau.

Portée Le potentiel d'application est large, car cette méthode ne concerne pas seulement les prématurés et les nouveau-nés, mais aussi dans un deuxième temps les enfants et les adultes. Actuellement, la détermination de la glycémie exige une prise de sang. Comme cette méthode est douloureuse et comporte des risques d'infection, on évite d'y recourir trop souvent, ce qui à la longue peut déboucher sur des problèmes de santé. Une méthode non invasive permettrait d'effectuer des mesures plus souvent, voire de manière continue, réduisant ainsi les problèmes à court comme à long terme. Cette méthode non invasive ouvre également d'autres perspectives, car on peut aussi y recourir pour mesurer d'autres substances que le glucose, permettant ainsi de réduire les frais de traitement tout en améliorant la qualité des soins.

Application Il s'agit de développer une méthode non invasive pour la mesure du taux de glucose sanguin à l'aide d'un matériau intelligent. Chez les prématurés et les nouveau-nés, le liquide contenant le glucose traverse facilement la peau, ce qui permet de le prélever et de l'analyser. Ce processus dépend toutefois étroitement du type de peau qui varie d'un individu à l'autre. Cette nouvelle méthode permet de tenir compte du type de peau dans la mesure du glucose sanguin par voie non invasive.

Blood sugar measurement through the skin

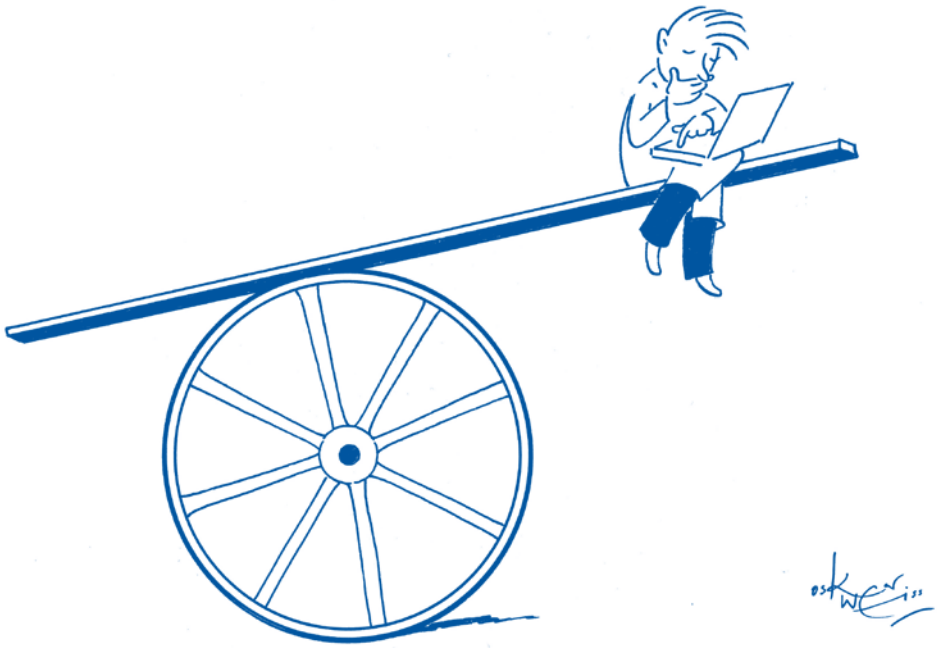
The aim is to build a non-invasive system that utilizes smart materials to measure the blood sugar concentration by analyzing the fluid, which passes through the skin. The device is initially designed for preterm infants because of the high clinical relevance and applicability; later, we will address adults.

Background In newborn or preterm infants, critically low blood sugar levels may lead to severe consequences such as impaired development of the brain. Thus, blood sugar has to be measured frequently by drawing blood samples as no commercial non-invasive sugar-monitoring device has so far been available. Taking blood samples has several undesired side effects: it causes pain and bears the risk of infection for both patients and staff.

Aim The aim is to build a non-invasive system that utilizes smart materials to measure the blood sugar concentration by analyzing the fluid, which passes through the skin.

Significance The scope of the novel principle is broad. Its applications are not limited to newborn or preterm infants but can be extended to older infants and to adults. Today, the established method for monitoring the blood sugar is to draw blood samples to determine the sugar concentration. Since this is painful and bears the risk of infection, blood samples are drawn not all too often or not at all, which may, sooner or later, lead to health problems. A non-invasive monitoring device will enable to measure sugar concentration changes more frequently or even continuously and possibly more accurately. Thus, the risk of complications and the frequency of acute problems will be reduced. In addition, the new principle opens an entirely new dimension of non-invasively assessing concentrations of various other substances besides sugar on the skin and will, therefore, lead to better health care at reduced costs.

Application A novel principle to measure blood sugar non-invasively based on a smart material will be elaborated. In preterm infants blood sugar containing liquid easily permeates the skin surface, where it can be collected and analyzed outside the body. This process strongly depends on the properties of the skin, which vary individually. The novel principle will enable to take skin properties into account and to measure blood sugar concentration non-invasively.



Modul / Module IV

Erforschung grundlegend neuer intelligenter Materialien

Auf der Suche nach neuen Materialien stellen Moleküle die Basis dar. Grundlagen für innovative elektronische Materialien der Zukunft, bleifreie elektromechanische Wandler oder auch Fasern variabler Flexibilität werden erarbeitet. Der Erfolg dieser Grundlagenforschungsprojekte ist ungewiss, kann potenziell aber viel auslösen.

Recherche exploratoire de nouveaux matériaux intelligents

Cette recherche de nouveaux matériaux moléculaires fonctionnels pourrait mener à des concepts innovateurs pour une électronique du futur, pour la réalisation de transducteurs électromécaniques exempts de plomb, ou encore des fibres à flexibilité variable. Le succès de ce genre de recherches est incertain, mais leurs résultats sont potentiellement très prometteurs.

Exploratory research for smart materials

This fundamental research for new molecular based materials may result in innovative concepts for future electronics, lead-free electromechanical transducers or fibres of adaptable flexibility. "High risk – high reward" research work characterizes these projects.

Funktionelle Materialien für Anwendungen in molekularer Elektronik

Prof. Heinz Berke
Anorganisch-chemisches Institut
Universität Zürich
Winterthurerstrasse 190
8057 Zürich
Tel 044 635 46 81
hberke@aci.uzh.ch

Dr. Heike Riel
IBM Research GmbH
hei@zurich.ibm.com

Dr. Koushik Venkatesan
Institut für Organische Chemie
Universität Zürich
venkatesan.koushik@aci.uzh.ch

Im Zuge der weiteren Miniaturisierung von elektronischen Bauteilen werden aus Molekülen Nanostrukturen hergestellt. Der Einbau von Übergangsmetallatomen fördert den Ladungstransport. Es ergeben sich Moleküle und Molekülverbände mit neuen elektronischen Eigenschaften, die in molekularer Elektronik Verwendung finden könnten.

Hintergrund Die Anwendungsmöglichkeiten von molekularen übergangsmetallorganischen Komplexen in der Elektronik wurden bislang nur wenig erforscht. Basierend auf reversiblen elektronischen Zuständen der Metalle können molekulare Speicherelemente entwickelt werden. Wird ein Elektron durch äussere Spannung entfernt, wird der Leitungszustand des betreffenden Moleküls «eingeschaltet» (Schreibprozess). Spannungsfrei erhält man den Speicherzustand. Bei Umkehr der Polung der Spannung ergibt sich der ursprüngliche Zustand (Löschfunktion). Der Leseprozess erfolgt durch Abfragen des Leitungszustands unter Anlegen niederer Spannung.

Ziel Im Projekt werden die Beziehungen zwischen Struktur und Funktion von metallorganischen Komplexen untersucht. Mit speziellen Apparaturen werden die elektronischen Eigenschaften einzelner Moleküle einschliesslich ihrer Eignung als Bauteile getestet. Die aus den Experimenten gewonnenen Erkenntnisse sind Grundlage für die Anwendung von einzelnen Molekülen oder Molekülverbänden als funktionelle Bauteile der Elektronik.

Bedeutung Das Verständnis von molekularen elektronischen Vorgängen ist Basis für ihre Nutzung. Molekulare übergangsmetallorganische Komplexe sind in diesem Zusammenhang als Ein-Elektronen-Bauteile in der Nanoelektronik von grosser Bedeutung. Man erwartet neue Effekte wie hohe Schaltdichte, verbunden mit niederem Energieverbrauch und hohen Schaltgeschwindigkeiten.

Anwendung Neue intelligente Materialien, die die Fähigkeit besitzen, über eine Auslösespannung zwischen wenigstens zwei Zuständen geschaltet zu werden, sollen als Speicherelemente eingesetzt werden. Die zusätzliche Eigenschaft der Moleküle, sich in Verbänden zu organisieren, würde Produktionskosten von elektronischen Elementen beträchtlich senken. Abhängig von der molekularen Struktur ist es denkbar, neue Funktionen zu generieren, die mit der heutigen konventionellen Halbleitertechnik nicht erreicht werden können.

Title: Functional organic and organometallic materials for molecular electronic applications

Grant: CHF 390 564.–
Duration: 36 months

Module IV

Matériaux organométalliques fonctionnels pour l'électronique moléculaire

L'approche bottom-up est prometteuse pour la synthèse de nanostructures à partir d'atomes ou de molécules. L'intégration d'atomes de métaux de transition permet, en jouant sur la variabilité de leur état d'oxydation et leurs propriétés de transfert de charges, d'obtenir des composés aux caractéristiques nouvelles utilisables en électronique moléculaire.

Arrière-plan Le potentiel d'application des composés organométalliques des métaux de transition en électronique moléculaire a été peu exploité jusqu'ici. La variabilité de leurs états d'oxydation permet pourtant de les utiliser comme éléments de mémoire. L'application d'une tension élevée permet d'arracher un électron, déclenchant ainsi l'état de conduction (processus d'écriture) de la molécule concernée. Hors tension, la molécule conserve son état d'oxydation (mémorisation). Lorsqu'on inverse la polarité de la tension, la molécule retrouve son état d'oxydation original (effacement). Le processus de lecture consiste à interroger l'état de conduction de la molécule en diminuant la tension. Ce projet est consacré à l'étude des rapports entre structure et fonction d'éléments électroniques organométalliques. Les composés, spécifiquement développés pour le projet, permettront d'en tester directement les capacités.

But Les connaissances acquises dans ce projet posent les bases pour une utilisation future de petites unités moléculaires, ou de molécules, comme éléments fonctionnels de circuits électroniques.

Portée La compréhension des processus électroniques moléculaires est indispensable pour leur application pratique. Les composés organométalliques des métaux de transition pourraient être des candidats idéaux comme composants mono-électroniques en nanoélectronique, vu qu'ils permettent la réalisation de circuits à très haute densité présentant à la fois une faible consommation d'énergie et une grande vitesse de commutation

Application Les matériaux intelligents, que l'on peut faire alterner entre au moins deux états au moyen d'une tension de commande, peuvent s'utiliser comme éléments de mémoire. Par ailleurs, les molécules possédant des propriétés d'auto-assemblage, les coûts de production seront peu élevés. Du fait de leur structure interne, ces molécules pourraient éventuellement posséder de nouvelles fonctionnalités intrinsèques actuellement pas envisageables avec la technologie conventionnelle des semiconducteurs.

Functional organic and organometallic materials for molecular electronic applications

A promising strategy towards technology at the nanometer scale is offered by a bottom-up approach, which starts from atoms or molecules and builds up nanostructures. The integration of transition metal atoms opens potential applications in molecular electronics, particularly due to the fact that metals can promote charge transport.

Background Organometallic complexes with integrated transition metals having two different electronic states have the potential to be applied as memory elements. Upon removing an electron from the molecule, by applying high voltage, the molecule is oxidized and the conduction state is switched on (write process). Once the applied voltage is removed, the molecule retains its oxidized state (memory). Upon applying the reversed voltage, the molecule returns to its original oxidation state (erase process). Probing the conduction states of molecules by applying low voltage is a reading process. However, the abilities of organometallic complexes at the single molecular level have not yet been thoroughly explored.

Aim Correlation of the molecular structure and electronic properties will be studied. The project aims at a detailed understanding and exploitation of the internal molecular mechanisms and processes, which can be used for radically new approaches in future nanoscale electronic devices.

Significance The knowledge gained within this project is a prerequisite for the future use of small ensembles or even individual molecules as functional building blocks in electronic circuitry. Single-molecule devices are ideal candidates for future nano-electronics, as they possess the potential for creating high-density devices with low-power consumption in combination with high speed.

Application The molecular materials in the current project are designed to allow the testing of these materials for electronic applications. The development of new smart materials that are able to switch by a voltage trigger between at least two states should lead to memory applications. Molecular devices taking advantage of self-assembly processes will also have low manufacturing costs. Moreover, because of their internal molecular structure, molecules may provide radically new and intrinsic functionalities not found in today's conventional semiconductor-based electronics.

Elektromechanische Umwandlung in bleifreien piezoelektrischen Materialien

Prof. Dragan Damjanovic
Laboratoire de céramique
EPF Lausanne
Station 12
1015 Lausanne
Tel 021 693 29 89
dragan.damjanovic@epfl.ch

Viele intelligente Materialsysteme wandeln mechanische Kräfte oder Deformationen reversibel in elektrische Signale um. Piezoelektrika sind eine gute Wahl für diese Funktion, jedoch enthalten die besten piezoelektrischen Materialien giftiges Blei. In diesem Projekt werden bleifreie neue Technologien für die elektromechanische Umwandlung gesucht.

Hintergrund Der piezoelektrische Effekt wandelt mechanische Kräfte oder Deformationen reversibel in elektrische Signale um. Piezoelektrische Materialien werden deshalb eingesetzt in intelligenten Systemen als Aktuatoren (zur Erzeugung mechanischer Kräfte und Bewegungen durch elektrische Signale) oder Sensoren (Erfassung mechanischer Kräfte durch Umwandlung in elektrische Signale). Die besten piezoelektrischen Materialien enthalten hochtoxisches Blei und sind zu ersetzen.

Ziel Dieses Projekt beabsichtigt, die verschiedenen Faktoren zu verstehen, die den piezoelektrischen Effekt bestimmen. Mit diesem Wissen sollen bleifreie Piezoelektrika entwickelt werden, deren Eigenschaften vergleichbar mit den besten bleihaltigen Materialien sind. Zudem werden Alternativen zur Piezoelektrizität gesucht: Elektrostriktion und Flexoelektrizität.

Bedeutung Mehrere Länder werden bleihaltige Komponenten bald verbieten. Bisher werden bleihaltige Materialien breit eingesetzt nicht nur in Medizin, Industrie und Forschung, sondern auch in vielen Konsumgütern. Um bleihaltige Komponenten zu ersetzen, müssen bleifreie Materialien erhältlich sein. Mit diesem Projekt werden Beiträge zum grundlegenden Verständnis der Abhängigkeit der piezoelektrischen Eigenschaften von Struktur und chemischer Zusammensetzung erarbeitet und neue bleifreie Piezoelektrika entwickelt.

Anwendung Elektromechanische Umwandlung wird in vielen Geräten und Prozessen wie Tintenstrahldruckern, Treibstoff-Einspritzung, medizinischen Therapien und Ultraschall-Bildgebung, Unterwasserakustik, Vibrationsdämpfung, Raster-Sonden-Mikroskopen und zerstörungsfreier Materialprüfung eingesetzt und ermöglicht auch die Erzeugung elektrischer Energie aus Vibrationen.

Title: Electro-mechanical coupling in lead-free materials and composites: piezoelectric solution and beyond

Grant: CHF 342 940.–
Duration: 36 months

Module IV

Couplage électromécanique dans les matériaux piézoélectriques sans plomb

De nombreux systèmes intelligents convertissent l'énergie mécanique en énergie électrique, et vice-versa. Les matériaux piézoélectriques sont un choix excellent pour de telles applications, mais ils contiennent du plomb, qui est toxique. Ce projet a pour but de développer des matériaux piézoélectriques performants sans plomb et d'explorer des technologies alternatives pour la conversion électromécanique.

Arrière-plan L'effet piézoélectrique convertit une force ou une déformation mécanique en signal électrique et vice-versa. Les matériaux piézoélectriques sont donc largement utilisés dans les systèmes intelligents comme actionneurs (pour contrôler les mouvements et forces mécaniques par le biais de signaux électriques) ou senseurs (pour capter les forces mécaniques et les convertir en signaux électriques). Les meilleurs matériaux piézoélectriques contiennent du plomb toxique et doivent être remplacés par des matériaux sans plomb.

But Avec ce projet, nous voulons comprendre les facteurs qui contribuent à l'effet piézoélectrique et utiliser ce savoir pour développer des matériaux piézoélectriques sans plomb, avec des propriétés comparables à celles des meilleurs piézoélectriques. Le projet étudiera également les alternatives à l'effet piézoélectrique: l'électrostriction et la flexoélectricité.

Portée Les législations de plusieurs pays prévoient d'interdire l'utilisation du plomb dans les dispositifs et composants électriques. Les matériaux piézoélectriques contenant du plomb, qui sont largement utilisés dans la médecine, l'industrie, la science et les biens de consommation, devront donc être remplacés dès que des matériaux exempts de plomb seront disponibles. Plusieurs pays s'impliquent fortement dans le développement de ces nouveaux matériaux. Ce projet contribuera à la compréhension fondamentale des relations entre la structure, la composition et les propriétés des matériaux piézoélectriques et aidera à développer des nouveaux matériaux. Finalement, le projet étudiera les alternatives à l'effet piézoélectrique qui peuvent élargir le choix des matériaux intelligents pour de nombreuses applications.

Application La conversion électromécanique est utilisée dans de nombreux dispositifs et applications, dont les imprimantes à jet d'encre, l'injection de carburant, la thérapie et l'imagerie médicale par ultrasons, les systèmes acoustiques sous-marins, le contrôle de la vibration, les tests non destructifs de structures. Elle est aussi une des candidates majeures pour la récolte d'énergie.

Electro-mechanical coupling in lead-free piezoelectric materials

Many smart systems reversibly convert mechanical forces or deformations into electrical signals. Piezoelectric materials are an excellent choice for this use, however, the best performing piezoelectrics contain toxic lead. This project aims at developing lead-free smart materials and explores alternative technologies for electro-mechanical conversion.

Background The piezoelectric effect converts mechanical forces or deformations into electrical signals and vice-versa. Piezoelectric materials are, therefore, widely used in smart systems as actuators (to control mechanical motion and force by electrical signals) or sensors (to sense mechanical force by converting it into electrical signals). The best piezoelectric materials are based on lead, which is highly toxic and needs to be substituted.

Aim This project aims at understanding different factors that contribute to the piezoelectric effect and use this knowledge to develop lead-free piezoelectric materials with properties comparable to those of the best lead-based piezoelectrics. The project will also investigate alternatives to the piezoelectric effect: electrostriction and flexoelectricity.

Significance The legislations of many countries will forbid use of lead in electrical devices and components. The lead-based piezoelectric materials have widely been used in medicine, industry, science and consumer applications. They will need to be replaced as soon as lead-free materials are available. The major effort is, thus, underway in several countries to develop new materials. This project will contribute to the fundamental understanding of relations among structure, chemical composition and properties of piezoelectric materials and will help to develop new lead-free piezoelectrics. Finally, the project will address alternatives to the piezoelectric effect, which may widen choice of materials for many applications.

Application Electro-mechanical conversion is used in many devices and applications, including ink-jet printers, fuel-injection, ultrasonic imaging and therapy in medicine, underwater listening, vibration control, scanning microscopes, non-destructive testing, and is a major candidate for energy harvesting. Results of this project may have an impact on all these applications.

Synthetische Faser mit Flüssigkern für Dämpfungsanwendungen

Die physikalischen Grundlagen werden erarbeitet, um mit einem Schmelzspinrozess eine synthetische Faser mit flüssigem Kern herzustellen. Struktur und Material des flüssigen Kerns ermöglichen, durch äussere Einwirkung auf die Faser die Fliessgeschwindigkeit, Zähigkeit und den Reibungswiderstand zu steuern, wodurch die Faser adaptive Eigenschaften erhält und z.B. mechanisch dämpfend wirkt.

Dr. Manfred Heuberger
Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)
Laboratory for Advanced Fibers
Lerchenfeldstrasse 5
9014 St. Gallen
Tel 071 274 78 78
manfred.heuberger@empa.ch

Dr. Marco Dressler
Institut für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften
ETH Zürich
marco.dressler@ilw.agrl.ethz.ch

Prof. Edoardo Mazza
Institut für Mechanische Systeme
ETH Zürich
emazza@ethz.ch

Hintergrund Kunstfasern nehmen heute über 70% der weltweiten Faserproduktion ein. Die europäische und insbesondere die schweizerische Textilindustrie hat sich in den letzten Jahren mit Nischenprodukten hoher Wertschöpfung erfolgreich neu positionieren können. Bisher werden jedoch dynamische Instabilitäten beim Herstellen von Kunstfasern bei der Herstellung systematisch unterdrückt. In diesem Projekt geht es darum, solche Instabilitäten in Fasern aus Kunststoffgemischen zu untersuchen. Dazu besteht fast kein Grundlagenwissen. Das bessere Verständnis der Instabilitäten in diesem Gemisch von heisser Flüssigkeit und Kunststoffschmelze soll ermöglichen, Faserstrukturen mit neuartigen Eigenschaften erzeugen zu können.

Ziel Vorerst werden geschmolzene Polymermischungen und ihre dynamischen Instabilitäten untersucht. Das Ziel dieses Projektes besteht dann darin, auf Basis der gewonnenen Kenntnisse eine Faser mit flüssigem Kern zu erzeugen. Dieser soll der Kunstfaser neuartige Eigenschaften verleihen.

Bedeutung Es handelt sich hier um einen völlig neuen Ansatz der Prozessbeeinflussung mit Materialien ausgewählter Eigenschaften und dynamischen Effekten. Zu den im Projekt anvisierten Materialien gibt es fast keine wissenschaftlich dokumentierten Daten. Es wird deshalb erwartet, dass wertvolle neue Erkenntnisse erarbeitet werden.

Anwendung Die Anwendungen einer Faser mit strukturiertem Flüssigkern hängen natürlich von deren Eigenschaften im Detail ab. Füllt man z.B. den Kern mit einer Flüssigkeit, die sich ab einer gewissen Fliessgeschwindigkeit versteift, kann man diese Faser einsetzen als adaptives Dämpfungsglied oder Energieabsorber. Mögliche Anwendungen sind Schallfilter, Strömungsfilter oder Schock absorbierende Kleider. Auch als Verstärkungsfasern für ultraleichte Verbundstoffe oder in schusssicheren Westen könnte die Faser Anwendungen finden.

Title: RHEOCORE: Fibre with rheological core for flexure-rate responsive damping

Grant: CHF 320 012.–
Duration: 36 months

Module IV

Fibre synthétique amortissante à âme liquide

Il s'agit d'élaborer les bases physiques pour la production d'une fibre synthétique à âme liquide par un procédé de filage par fusion. La structure de l'âme doit permettre l'activation de l'écoulement du liquide dans la fibre sous l'action de forces extérieures, conférant ainsi à celle-ci des propriétés d'amortissement mécanique.

Arrière-plan Les fibres synthétiques représentent actuellement 70% de la production mondiale de fibres textiles. L'industrie textile européenne, et suisse en particulier, a su se repositionner avec succès sur ce marché ces dernières années avec une production de niche à haute valeur ajoutée. On a toujours réprimé jusqu'ici dans les processus de filage les instabilités dynamiques qui peuvent se produire dans les mélanges de polymères en fusion, raison pour laquelle les connaissances dans ce domaine font presque totalement défaut. Or une meilleure compréhension de ces instabilités dans les mélanges de liquides chauds et de polymères en fusion devrait permettre de produire des structures dotées de nouvelles propriétés.

But Ce projet se propose de produire une fibre synthétique à âme liquide, âme qui doit lui conférer de nouvelles propriétés.

Portée Il s'agit d'une approche totalement nouvelle de l'étude de l'influence des instabilités dynamiques dans les processus de filage par fusion par le biais des propriétés des matériaux et des effets dynamiques. Il n'existe pratiquement aucune donnée scientifique sur les matériaux que ce projet envisage d'employer et c'est pourquoi il promet de générer des connaissances particulièrement intéressantes.

Application Les applications possibles de ces fibres sont fonction des propriétés spécifiques de leur âme liquide. Si l'âme de la fibre renferme un fluide qui se solidifie à partir d'une certaine vitesse d'écoulement, cette fibre pourra s'utiliser comme amortisseur adaptatif ou comme absorbeur d'énergie. Les applications possibles comprennent les amortisseurs acoustiques, les amortisseurs d'écoulement où les vêtements destinés à absorber les chocs. Elle pourrait également servir de fibre de renforcement dans des vêtements ultralégers en matériaux composites ou dans des gilets pare-balles.

Synthetic fibre with fluid core for damping applications

The physical fundamentals will be established to create by means of a meltspin process a synthetic fibre with a fluid core. The structure and material of the core shall be such that an external actuation of the fibre will allow to control internal fluid flow, viscosity and friction, and enable e.g. damping effects according to the fluid rheology.

Background Synthetic fibres cover more than 70% of the worldwide fibre production. The European, and, in particular also the Swiss textile industry have successfully adopted niche products of high added value over the past years. Since such instabilities are typically avoided in traditional processes, not much is actually known about them. In order to guarantee a sustainable technological advantage in future industry projects, more fundamental studies are needed.

Aim To begin with, polymer melt blends and their dynamic instabilities in the mixing behaviour will be studied. The observed effects shall be quantified, modelled and used to generate fibres with a suitably textured fluid core. This core shall add adaptive properties to the fibre and be controlled by external stimuli, e.g. mechanical impacts.

Significance Using dynamical instabilities in the melt-spinning process to shape the core of a fibre is a fundamentally new approach. It is expected that new insights will be generated that could one day open new pathways to novel synthetic fibre structures and a range of new applications.

Application The final application of a fibre with fluid core will depend on the mechanical specifications achieved. Filling the fibre core, for example, with a fluid that hardens upon fast flow, such a fibre could be used as an adaptive damping element or energy absorber. Possible applications include acoustic filters, flow dampers, or shock absorbing clothing. The fibre could also be used as damping reinforcement of ultralight composite materials or inlay in light-weight ballistic protection.

Integrierte Nanopartikel für zukünftige Bauteile in Einzelelektronprozessen

Prof. Marcel Mayor
Departement Chemie
Universität Basel
St. Johanns-Ring 19
4056 Basel
Tel 061 267 10 06
marcel.mayor@unibas.ch

Prof. Thomas Wandlowski
Departement für Chemie und Biochemie
Universität Bern
thomas.wandlowski@dcb.unibe.ch

Kleinste Metallpartikel werden als neue Materialien für kleinste elektronische Speicher- und Schaltelemente entwickelt und studiert.

Hintergrund Metallpartikel mit Grössen im Bereich von ein bis zwei Nanometern können bei Raumtemperatur mit einzelnen Elektronen beladen werden. Da sowohl die notwendige Energie als auch der Abstand einzelner Energieniveaus von der Partikelgrösse abhängt, sind vor allem Partikel mit einheitlicher Grösse von zentralem Interesse für zukünftige Anwendungen.

Ziel Chemische Verfahren zur Herstellung kleinster Metallpartikel einheitlicher Grösse und mit endständigen Ankergruppen werden entwickelt. Die Ankergruppen sind zum Einbau der Nanopartikel in elektronische Schaltkreise erforderlich. Durch Einklemmen zwischen der Spitze eines «Scanning Tunneling»-Mikroskops (STM) und einem Substrat werden vorerst einzelne Partikel in elektrische Schaltkreise aufgenommen. Dabei werden die Eigenschaften der Partikel durch elektrochemische Experimente untersucht und ihre Tauglichkeit als neue kleinste Speicher- oder Schalteinheiten evaluiert. Nach Abklärung der idealen Partikelgrösse und der nasschemischen Herstellung der Partikel gilt es, diese in einem elektronischen Element als Speicher- respektive Schaltmaterial einzubauen.

Bedeutung Da bereits die Aufnahme von einem Elektron zu einer erheblichen Änderung der physikalischen Eigenschaften der Nanopartikel führt, sollten durch derartige Materialien elektronische Bauteile mit dem kleinstmöglichen Stromkonsum möglich werden. Um diese äusserst vielversprechenden Materialien nicht ausschliesslich in der Forschung zu belassen, wird mit zunehmender Projektdauer die Zusammenarbeit mit Partnern aus der Industrie gesucht.

Anwendung Obwohl elektronische Eigenschaften von Nano-Metallpartikeln einheitlicher Grösse noch Gegenstand aktueller Grundlagenforschung sind, zeichnet sich ihr Anwendungspotenzial als kleinste Schalt- und Speicherelemente bereits ab.

Title: Integrated nanoparticles: an approach towards the realisation of single electron switching and memory concept

Grant: CHF 368 496.–
Duration: 36 months

Module IV

Nanoparticules intégrées pour les composants de la future électronique monoélectron

Il s'agit de développer et d'étudier le potentiel d'utilisation de minuscules particules de métal comme éléments de mémoire et de commutation miniatures.

Arrière-plan Les particules de métal d'une taille de l'ordre de un à deux nanomètres peuvent être chargées à température ambiante avec un seul électron. Pour des applications futures, ce sont les particules de taille uniforme qui présentent le plus grand intérêt, dans la mesure où l'énergie nécessaire, tout comme les écarts entre les niveaux énergétiques, dépendent de la taille des particules.

But Ce projet propose de développer des procédés chimiques permettant de produire de minuscules particules de métal de taille uniforme et dotées de groupes d'ancrages terminaux nécessaires pour intégrer ces nanoparticules dans des circuits électroniques. Dans un premier temps, des particules isolées seront intégrées dans un circuit électronique en les disposant entre la pointe d'un microscope à effet tunnel (STM) et un substrat. On examinera alors les propriétés de la particule au moyen d'expériences électrochimiques et on évaluera sa capacité à servir de dispositif de commutation ou de mémoire miniature. Une fois la taille de particule idéale déterminée sur des particules isolées, des particules seront produites par voie humide puis intégrées comme composants électroniques actifs dans des dispositifs de mémoire ou de commutation.

Portée Dans la mesure où l'intégration d'un seul électron entraîne déjà une modification considérable des propriétés physiques d'une nanoparticule, il devrait être possible d'utiliser des matériaux de ce type pour créer des composants électroniques présentant une consommation d'énergie extrêmement faible. Pour que ces matériaux des plus prometteurs ne restent pas uniquement réservés au domaine de la recherche, on cherchera en cours de projet la collaboration de partenaires industriels.

Application Les propriétés électroniques des nanoparticules de métal de taille uniforme sont encore un objet d'étude de la recherche fondamentale. Leur potentiel d'application comme éléments de commutation et de mémoire miniatures se laisse néanmoins déjà entrevoir.

Integrated nanoparticles for future single electron units

Tiny metal particles as potentially new materials for minute electronic memory and switching elements will be developed and their potential in electronic applications will be explored.

Background Very small metal particles with sizes in the range of one to two nanometers can be loaded with individual electrons at room temperature. Of particular interest for future applications are particles of unit size as both the charging energy and the splitting of the energy levels depend on the particle's size.

Aim Chemical processes to make such unit size particles with terminal anchor groups will be developed. Anchor groups are essential for the integration of such nanoparticles in electronic circuits. First, individual particles will be integrated between the tip and the substrate of a "scanning tunnelling" microscope (STM). In this set-up, the properties of the particles will be investigated by electro-chemical experiments providing valuable information concerning their suitability as future tiny memory or switching units. As soon as the ideal particle size has been identified by single particle experiments and their wet chemical synthesis has been developed, they have to be integrated as active component of an electronic memory or switching device.

Significance As the physical properties of these nanoparticles have already been heavily affected by charging with one single electron, these materials should provide the potential for electronic units with the lowest possible current consumption. During the course of the research project, an increasing collaboration with partners from industry is envisaged to enable the use of these promising materials in future electronic applications.

Application Despite the fact that the electronic properties of nanoscale metal particles of unit size are a topic of current fundamental research, their application potential as minute switching and memory units have already become evident.

Funktionelle biomimetische Oberflächen

Prof. Wolfgang Meier
Departement Chemie
Universität Basel
Klingelbergstrasse 80
4056 Basel
Tel 061 267 38 02
wolfgang.meier@unibas.ch

Dr. Violeta Malinova
Departement Chemie
Universität Basel
v.malinova@unibas.ch

Es werden oberflächenimmobilisierte Blockcopolymermembranen und Nanoreaktoren entwickelt, die als Grundlage für neuartige, interaktive Biosensoren mit erhöhter Stabilität und für die lokale Synthese bioaktiver Substanzen dienen können.

Hintergrund Oberflächenimmobilisierte Lipidmembranen oder Liposome bilden die Grundlage vieler Biosensoren. Ihre begrenzte Stabilität und «Anpassungsfähigkeit» schränken jedoch technische Anwendungen ein. Hier bieten amphiphile Blockcopolymere eine attraktive Alternative. Ihr makromolekularer Aufbau erlaubt die Implementierung verschiedener Funktionalitäten in einem Molekül, ohne dessen Fähigkeit zur Selbstorganisation zu Membranstrukturen zu beeinträchtigen.

Ziel Zielsetzung ist die Entwicklung von Werkzeugen zur kontrollierten Immobilisierung polymerer Nanoreaktoren und biomimetischer Polymermembranen auf Festkörpern. Dies führt zu neuartigen, «intelligenten» Oberflächen, die Biosensorik mit Signalumwandlung oder -verstärkung kombinieren und die lokale Synthese «funktionaler» Moleküle erlauben. Zusätzlich sollen responsive Polymere eine kontrollierte Aktivierung/Deaktivierung erlauben.

Bedeutung Synthetische Membranen bilden eine generische Plattform zur Insertion von Membranproteinen und damit zur Herstellung neuer Biosensoren. In diesem Projekt sollen grundlegende Einschränkungen derzeitiger Biosensoren, die aus deren begrenzter mechanischer und chemischer Stabilität resultieren, überwunden werden. Hier können immobilisierte Polymermembranen und Nanoreaktoren zu robusteren Prototypen führen, die Langzeitstabilität und Mehrfachverwendung erlauben. Interessanterweise erlaubt das gleiche Konzept auch kontrollierte chemische Reaktionen an Oberflächen, die zur lokalen Synthese bioaktiver Verbindungen oder zum Abbau toxischer Substanzen genutzt werden sollen.

Anwendung Die Zielsetzung des Projektes ist die Entwicklung einer neuen, robusteren Biosensorplattform mit erhöhter Empfindlichkeit und der Möglichkeit zu mehrfacher Verwendung als diagnostisches System für biomedizinische, ernährungsspezifische oder umweltrelevante Fragestellungen. Gleichzeitig könnten neuartige, aktive Oberflächen die Anzahl kostspieliger und lebensbedrohlicher Infektionen beim Einsatz orthopädischer Implantate verringern.

Title: Functional surfaces through immobilization of nanoreactors and biomimetic block copolymer membranes

Grant: CHF 360 828.–
Duration: 36 months

Module IV

Surfaces fonctionnelles biomimétiques

Des membranes de copolymères blocs et des nanoréacteurs implantés sur des surfaces solides seront développés pour servir de base à la réalisation de nouveaux biocapteurs réactifs présentant une stabilité accrue et pouvant servir à la synthèse locale de substances bioactives.

Arrière-plan Les biocapteurs actuels utilisent souvent des vésicules de bicouches lipidiques, autrement dit des liposomes, implantées sur des surfaces solides. Leur manque de stabilité ainsi que leur «adaptabilité» limitée en restreignent pourtant les applications techniques. Les polymères blocs amphiphiles offrent là une alternative intéressante. Leur structure macromoléculaire permet l'implémentation de différentes fonctionnalités dans une molécule, sans que sa faculté d'auto-organisation en structures membranaires bien définies soit altérée.

But Ce projet se propose de développer des outils pour l'implantation contrôlée sur des solides de nanoréacteurs polymères et de membranes biomimétiques en copolymères blocs. Ce développement conduira à la création de nouvelles surfaces «intelligentes», associant des fonctions de biocapteur et de transformation et d'amplification du signal, utilisables pour la synthèse locale de molécules fonctionnelles. De plus, ces polymères réactifs devraient permettre une activation/désactivation contrôlée des surfaces.

Portée Les membranes synthétiques forment une plateforme générique pour l'insertion de protéines membranaires, et par-là pour la production de nouveaux biocapteurs. Dans ce projet, les limites fondamentales des capteurs actuels, dues à leur stabilité mécanique et chimique restreinte, devraient pouvoir être dépassées. Les membranes en copolymères blocs et les nanoréacteurs implantés sur des surfaces pourraient conduire à des prototypes de biocapteurs robustes, stockables à long terme, stables à l'air et réutilisables. Il est intéressant de constater que ce concept permet également de provoquer sur des surfaces des réactions chimiques contrôlées qui pourraient s'utiliser pour la synthèse locale de composés bioactifs ou pour la décontamination de substances toxiques.

Application L'objectif du projet est le développement d'une nouvelle plateforme de biocapteurs plus robustes, plus sensibles et permettant une utilisation répétée, utilisables comme système de diagnostic dans le domaine biomédical, alimentaire ou encore environnemental. De plus, ces nouvelles surfaces actives peuvent contribuer à diminuer le nombre des infections dangereuses et coûteuses qui peuvent se produire lors de la pose d'implants orthopédiques.

Functional biomimetic surfaces

Block copolymer membranes immobilized at solid surfaces and nanoreactors will be developed that provide a basis for new types of responsive biosensor systems with enhanced stability and active surfaces that allow the local production of bioactive compounds.

Background Current biosensor devices are frequently based on supported lipid bilayers or liposomes. However, drawbacks such as reduced stability and "adaptability" limit technical applications of lipid-based models. Here, amphiphilic block copolymers offer an attractive alternative. Their macromolecular nature allows implementation of different functionalities into one molecule without affecting its basic ability to self-assemble into well-defined membrane structures.

Aim The main target of the project is to develop tools for a controlled immobilisation of polymer nanoreactors and biomimetic block copolymer membranes on solid supports. This leads to new types of "smart" surfaces that allow for biosensing combined with signal transduction or amplification, and that can be used for the local production of "functional" molecules. In addition, a controlled activation/deactivation of the surfaces will be explored by using responsive polymers.

Significance Synthetic membranes comprise a generic platform for membrane protein insertion and, thus, for creating new biosensors. In this project, we will address some of the basic limitations of currently existing biosensor systems arising from their limited mechanical and chemical stability. Here, immobilised block copolymer membranes and polymer nanoreactors could open a door to more robust biosensor prototypes that potentially allow long-term storage, air-stability or even multiple reuse. A particularly appealing aspect arises from the fact that the proposed approach also allows controlled chemical reactions at surfaces that could be used to locally produce bioactive compounds or degrade toxic substances.

Application The project aims at the development of new and more robust biosensor platforms with enhanced sensitivity and the potential for multiple use as diagnostic systems for biomedical, food-related and environmental needs. In addition, novel active surfaces can reduce the number of costly and debilitating infections in context with orthopedic implants.

Herausgeber | Editeur | Editor
Schweizerischer Nationalfonds zur
Förderung der wissenschaftlichen Forschung SNF
Abteilung IV, Orientierte Forschung
Nationale Forschungsprogramme
Wildhainweg 3, Postfach 8232, CH-3001 Bern
Telefon +41 (0)31 308 22 22
nfp@snf.ch
www.snf.ch

Fonds national suisse de la recherche scientifique FNS
Division IV, recherche orientée
Programmes nationaux de recherche
Wildhainweg 3, case postale 8232, CH-3001 Berne
Téléphone +41 (0)31 308 22 22
nfp@snf.ch
www.snf.ch

Swiss National Science Foundation
for the promotion of scientific research SNSF
Division IV, Targeted Research
National Research Programmes
Wildhainweg 3, P.O. Box 8232, CH-3001 Berne
Phone +41 (0)31 308 22 22
nfp@snf.ch
www.snf.ch

Produktion | Production | Production
Nationales Forschungsprogramm NFP 62
Programme nationale de recherche PNR 62
National Research Programme NRP 62

Redaktion | Rédaction | Editorial staff
Dr. Stefan Husi (Leitung, direction, management)

Übersetzung | Traduction | Translation
Anne-Sylvie Mariéthoz, Marc Bovet, Jean-Pierre Emery

Illustrationen | Illustrations | Illustrations
Oskar Weiss, Muri bei Bern

Satz | Mise en pages | Layout
Esther Schreier, electronic publishing, Basel

Druck | Impression | Printing
Schwab Druck AG, 3250 Lyss

Papier | Papier | Paper
BalancePure, 160 gm²/100 gm², 100% FSC-Recycling, klimaneutral (myclimate)

© April 2010 | Avril 2010 | April 2010
Schweizerischer Nationalfonds, Bern
Fonds national suisse, Berne
Swiss National Science Foundation, Berne

Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung
Abteilung IV, Orientierte Forschung, Nationale Forschungsprogramme
Wildhainweg 3, Postfach 8232, CH-3001 Bern

Fonds national suisse de la recherche scientifique
Division IV, recherche orientée, Programmes nationaux de recherche
Wildhainweg 3, case postale 8232, CH-3001 Berne

Swiss National Science Foundation
Division IV, Targeted Research, National Research Programmes
Wildhainweg 3, P.O. Box 8232, CH-3001 Berne