

---

# Intelligente Materialien

## Ausführungsplan des Nationalen Forschungsprogramms NFP 62

Bern, 3. November 2008



SCHWEIZERISCHER NATIONALFONDS  
ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG

# Inhalt

<b>1.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
2.1	Hintergrund	5
2.2	Das nationale und internationale Forschungsumfeld	6
<b>3.</b>	<b>Ziele des NFP</b>	<b>9</b>
<b>4.</b>	<b>Forschungsschwerpunkte</b>	<b>11</b>
4.1	Modul 1: Energie, Mobilität und Umwelt	12
4.2	Modul 2: Materialtechnische Lösungen und funktionale Materialien	12
4.3	Modul 3: Gesundheit	13
4.4	Modul 4: Neue intelligente Materialien	13
<b>5.</b>	<b>Praktischer Nutzen und Adressatenkreis</b>	<b>14</b>
<b>6.</b>	<b>Programmablauf</b>	<b>15</b>
<b>7.</b>	<b>Eingabeverfahren</b>	<b>16</b>
7.1	Projektskizzen	16
7.2	Forschungsgesuche	17
7.3	Auswahlkriterien	18
7.4	Zeitplan und Budget	19
<b>8.</b>	<b>Akteure</b>	<b>20</b>

## Was ist ein Nationales Forschungsprogramm (NFP)?

Im Rahmen der NFP werden Forschungsprojekte durchgeführt, die einen Beitrag zur Lösung wichtiger Gegenwartsprobleme leisten. Gestützt auf Artikel 6 Absatz 2 des Forschungsgesetzes vom 7. Oktober 1983 (Stand am 25. Februar 2008) bestimmt der Bundesrat die Fragestellungen und Schwerpunkte, die in den NFP untersucht werden sollen. Für die vom Bundesrat entsprechend in Auftrag gegebene Durchführung der Programme zeichnet der Schweizerische Nationalfonds verantwortlich.

Das Instrument NFP wird in Artikel 4 der Verordnung zum Forschungsgesetz vom 10. Juni 1985 (Stand am 1. April 2008) wie folgt beschrieben:

*«<sup>1</sup> Mit den Nationalen Forschungsprogrammen sollen untereinander koordinierte und auf ein gemeinsames Ziel ausgerichtete Forschungsprojekte ausgelöst und durchgeführt werden. Sie sollen wenn nötig ermöglichen, ein zusätzliches Forschungspotenzial zu schaffen.*

*<sup>2</sup> Als Gegenstand Nationaler Forschungsprogramme eignen sich vor allem Problemstellungen,*

- a. deren wissenschaftliche Erforschung von gesamtschweizerischer Bedeutung ist;*
- b. zu deren Lösung die schweizerische Forschung einen besonderen Beitrag leisten kann;*
- c. zu deren Lösung Forschungsbeiträge aus verschiedenen Disziplinen erforderlich sind;*
- d. die weder ausschliesslich der reinen Grundlagenforschung, der Forschung der Verwaltung (Ressortforschung) noch der industrienahen Forschung zugeordnet werden können;*
- e. deren Erforschung innerhalb von etwa fünf Jahren Forschungsergebnisse erwarten lässt, die für die Praxis verwertbar sind.*

*<sup>3</sup> Bei der Auswahl wird auch berücksichtigt, ob die Programme*

- a. als wissenschaftliche Grundlage für Regierungs- und Verwaltungsentscheide dienen können;*
- b. in einem internationalen Projekt bearbeitet werden könnten und auch für die Schweiz von grossem Interesse sind.»*

# 1. Zusammenfassung

Materialien mit neuen Eigenschaften und intelligente Materialkombinationen sind ein Schlüssel für Innovation in erfolgreichen Sektoren der ausgeprägt exportorientierten Schweizer Industrie. Materialien weisen charakteristische physikalische, chemische, biologische und technologierelevante Eigenschaften auf. Viele dieser Eigenschaften verändern sich unter dem Einfluss externer Parameter wie z.B. Temperatur, chemische oder physikalische Umgebung, physikalische Kräfte oder Magnetfelder. Für viele traditionelle Materialanwendungen war es eine Herausforderung, diese Abhängigkeit der Materialeigenschaften zu überwinden oder wenigstens zu begrenzen oder zu kompensieren. Sensor- und Messtechnik hingegen basieren auf der Nutzung dieser Effekte externer Parameter zur Erzeugung des Antwortsignals. Mit adaptiven Materialien wird der Effekt zur Automatisierung von Prozesssteuerungen mit Aktoren eingesetzt. Das Nationale Forschungsprogramm NFP 62 "Intelligente Materialien" zielt weit über die bisherigen Ansätze hinausgehend auf Entdeckung und Entwicklungen neuer Materialien ab, die ihre Eigenschaften hochselektiv und reversibel unter dem Einfluss externer Stimuli verändern. Derartige "intelligente" Materialien finden Einsatz sowohl als Sensoren wie als Aktoren und sind durch simultane und kontinuierliche Antwortfunktion gesteuert.

Das NFP 62 unterstützt die Schaffung neuer intelligenter Materialien, ihre Synthese und die Untersuchung ihrer z.B. elektromagnetischen, thermomechanischen, optischen oder biokompatiblen Eigenschaften in Funktion spezifischer externer Stimuli. Es fördert sowohl die Entwicklung von Materialkombinationen mit neuen Funktionalitäten wie auch deren Modellierung und Simulation. Besondere Bedeutung kommt der Entwicklung von Anwendungen zur Deckung von nachhaltigen Bedürfnissen der Gesellschaft zu: Energie, Mobilität und Umwelt, Materialtechnologie, Gesundheit und natürlich auch Sicherheit und Zuverlässigkeit. Die Entwicklung neuer adaptiver Materialien und intelligenter Systeme basierend auf neuen mikroskopischen und makroskopischen Eigenschaften sowie der Einsatz multiskaliger Ansätze und interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen Physik, Chemie, Biologie und Ingenieurwissenschaften wird die Nutzung des Innovationspotenzials durch die schweizerische Industrie und Gesellschaft stärken.

Das NFP 62 verfügt über einen Finanzrahmen von CHF 11 Mio. und wird als Kooperationsprogramm zwischen dem Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und der Förderagentur für Innovation KTI durchgeführt. Die SNF-Finanzierung erstreckt sich über zwei Phasen; 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.

## 2. Einleitung

### 2.1 Hintergrund

Der Gebrauch von Materialien und Materialkombinationen verbunden mit ihrer Materialform (Volumen, Oberfläche, Film/Membran, Pulver und anderen kleinen Strukturen) liegt vorrangig in den spezifischen Eigenschaften begründet, die sie unter diesen Bedingungen besitzen. 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 bimetalischen 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 nützen 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 genutzt 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 62 „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.

Vor diesem Hintergrund hat der Bundesrat am 28. November 2007 die Lancierung des NFP 62 beschlossen und den Schweizerischen Nationalfonds (SNF) mit dessen Durchführung betraut. Für die geplante Forschungsdauer von fünf Jahren besteht ein Finanzrahmen von CHF 11 Millionen. Der Nationale Forschungsrat wählte eine Leitungsgruppe und beauftragte diese mit der Erarbeitung des vorliegenden Ausführungsplans, welcher auf der Programmskizze (SNF, August 2007) und der Machbarkeitsstudie (SNF, April 2007) aufbaut. Die Leitungsgruppe hat ihre Arbeit am 3. Juli 2008 aufgenommen. Der Ausführungsplan wurde am 17. Oktober 2008 durch den Vorsteher des Eidgenössischen Departments des Innern (EDI) genehmigt.

Im Rahmen des NFP 62 soll visionäre Forschung kombiniert mit innovativen Anwendungen mittels interdisziplinären Vorgehens zur erfolgreichen Erforschung und Entwicklung von neuen intelligenten Materialien führen, das heisst von funktionellen Hochleistungsmaterialien mit speziellen Funktionen, welche adaptiv und reversibel auf sich verändernde Umweltreize reagieren. Um den wissenschaftlichen Anforderungen und dem ausgesprochenen Praxisbezug ausreichend Rechnung zu tragen, wird das NFP 62 als Kooperationsprogramm zwischen SNF und der Förderagentur für Innovation KTI durchgeführt.

Das NFP 62 wendet sich gleichzeitig an Forschende aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften und den Lebenswissenschaften und spricht dabei Physik, Chemie, Materialwissenschaften, Biologie, Pharmazie, Medizin, Umweltwissenschaften und das Maschinen-, Elektro- und Umweltingenieurwesen an.

## **2.2 Das nationale und internationale Forschungsumfeld**

Die Ausgangslage zum Start des NFP 62 „Intelligente Materialien“ in der Schweiz ist optimal. Die Vorarbeiten in verschiedenen abgeschlossenen Programmen (z.B. NFP 47 „Supramolekulare funktionale Materialien“, TOP NANO 21) haben einerseits zu einer wissenschaftlichen Fachkompetenz und andererseits zu Grundbausteinen von intelligenten Materialien geführt.

Eine bedeutende Anzahl international anerkannter Schweizer Forschungsgruppen von Instituten des ETH-Bereichs, den entsprechenden Fakultäten der Universitäten und den Fachhochschulen konzentrieren Teile ihrer Forschungsanstrengungen auf intelligente Materialien. Das Potenzial zur Erforschung und Anwendung von intelligenten Materialien ist in der Schweiz viel versprechend. Dies wird dokumentiert durch die folgenden Institutionen und laufende oder beginnende Projekte:

- Nationaler Forschungsschwerpunkt (NFS) „Nanowissenschaften“;
- Nationaler Forschungsschwerpunkt (NFS) „Materialien mit neuartigen elektronischen Eigenschaften“ (MaNEP);
- Nationales Forschungsprogramm NFP 64 „Chancen und Risiken von Nanomaterialien“ (Beginn 2009);
- Competence Centre for Materials Science and Technology (CCMX) des ETH-Bereichs;
- nano-tera.ch – the Swiss initiative in engineering and information technology for health and security of the human being and the environment;
- Swiss Nanoscience Institute (SNI) Basel;
- Micro- and Nano Science Platform ETH (MNSP); Materials Research Centre ETH (MRC);
- Adolphe Merkle Institut (AMI), Zentrum für Nano-Materialien (Frimat), Freiburg.

Die Forschung auf dem Gebiet entwickelt sich auf internationaler Ebene rasch. Verschiedene Industrienationen haben die zukünftige Bedeutung von intelligenten Materialien für Wissenschaft und Technologie erkannt und fördern die Entwicklung durch besondere Forschungsprogramme, wie zum Beispiel:

**Europa:** Forschung an Materialien war ein wichtiges Thema im sechsten Rahmenprogramm (FP6), und es ist weiterhin eines im FP7. Obwohl die Themen „funktionelle Materialien“, „multi-funktionelle Materialien“ und „intelligente Materialien“ explizit in den Ausschreibungen und Projektbeschreibungen erscheinen, geht die Orientierung dieser Forschung eher in die Richtung von Materialien mit anwendungsspezifischen Eigenschaften, welche vorgegeben sind und die nicht auf sich ändernde Parameter reagieren. Überraschenderweise trifft dies auch auf den Forschungsplan zu, welcher von der Europäischen Technologie Plattform ETP-EuMaT ausgearbeitet wurde und der sich auf „neuartige multifunktionelle Materialien für multisektorielle Anwendungen in anspruchsvollen Anwendungsgebieten“ konzentriert. Als Konsequenz sind die bevorzugten Materialien intermetallische Materialien, Metall-Keramik Komposite und funktionell abgestufte Materialien/funktionelle Multilagen.

Das bedeutet, dass Materialforschungsprogramme auf europäischer Ebene den "intelligenten Materialien" nicht speziell Gewicht verleihen, so wie es in dem vorliegenden NFP angestrebt wird, in welchem die "Intelligenz" in der Fähigkeit der Materialien liegt, adaptiv und – oft reversibel – auf wechselnde Parameter und Umweltbedingungen zu reagieren.

**Deutschland:** Verschiedene deutsche Organisationen zur Förderung von Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung haben den wachsenden Bedarf für die Entwicklung von intelligenten Materialien in verschiedenen Anwendungsbereichen wie Mikrofluidik, Aktoren, Biosensoren, Maschinenbau, Energietechnologie und Medizintechnik erkannt und darauf reagiert. Eine umfassende Forschungsinitiative wie das NFP 62, die die ganze Palette von Lebens- und Materialwissenschaften umfasst, existiert jedoch noch nicht. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat mehrere Schwerpunktprogramme lanciert, in denen spezifische intelligente Materialien, zugeschnitten auf spezielle Anwendungen, eine wichtige Rolle spielen (z.B. intelligente Hydrogele, elektro- und magnetorheologische Microfluide, und nanostrukturierte Thermoelektrika). Sowohl die DFG wie auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördern die Forschung im Bereich Adaptronik für Ingenieur Anwendungen. Adaptronik und intelligente Materialien sind auch weiterhin ein wichtiges Forschungsgebiet für einige Fraunhoferinstitute. Im Jahr 2004 hat die deutsche „Stiftung Industrieforschung“ begonnen, „Intelligente Werkstoffe für innovative Anwendungen“ zu fördern. Dazu zählt auch Forschung über anpassungsfähige Polymere, Zell-Chips und optische Bausteine. Das vom BMBF finanzierte Schwerpunktprogramm WING „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft“, welches 2004 gestartet wurde, zielt auf eine Kombination von Materialwissenschaften, Chemieingenieurwesen und Nanotechnologie, um multifunktionelle Materialien zu entwickeln. Das WING Thema „Intelligente Werkstoffe – regeln ohne Regler“ gehört zu den zehn wichtigsten WING-Forschungsgebieten. Im Jahr 2008 hat das BMBF angekündigt, die Forschung im Bereich intelligente Materialien speziell zu elektroaktiven Polymeren und Thermoelektrika innerhalb der Grenzen von WING zu fördern.

**Frankreich:** Die französische „Agence Nationale de la Recherche“ (ANR) startete 2006, 2007 und 2008 materialwissenschaftliche und technologieorientierte Programme. Die Programmausschreibung 2008 zum Thema „Programme Matériaux Fonctionnels et Procédés Innovants“ beinhaltet im Modul „Fonctionnalités et matériaux associés“ auch das Thema intelligente Materialien.

**Japan:** Die „New Energy Development Organisation“ (NEDO) führte ein fünf Jahre dauerndes Programm für die Erforschung und Entwicklung von intelligenten Materialien durch, welches im Jahr 2005 abgeschlossen wurde. Daraus resultierten mehrere neue intelligente Materialien für Sensoren (z.B. auch entsprechende Kohlenstoffnanoröhren). Dabei wurde die Erfahrung gemacht, dass die Erzeugung einer Reaktion in einem Material, die nicht nur stark genug ist, um gemessen werden zu können sondern auch stark genug, um eine Schaltung auszulösen, eine schwierige Herausforderung bleibt. Das „National Institute for Materials Science“ (NIMS) führt seine Entwicklungsanstrengungen weiter.

**USA:** Im Gegensatz zu den europäischen Rahmenprogrammen betonen die beiden grossen Organisationen zur Förderung von Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung in den USA – die „National Science Foundation“ (NSF) und die „Defense Advanced Research Projects Agency“ (DARPA) – die Wichtigkeit von adaptiven intelligenten Materialien. Entsprechende Forschungsgesuche werden in verschiedenen aktuellen Forschungsprogrammen, die sich auf Ingenieur-, Fabrikations- oder Materialwissenschaften, chemische, physikalische oder biologische Wissenschaften oder auf das Bau- und Maschineningenieurwesen beziehen, speziell gefördert. Jedoch hat die NSF noch nicht versucht, themenorientierte interdisziplinäre Forschung direkt auf das Gebiet „Intelligente Materialien“ auszurichten. Die finanzielle Unterstützung erfolgt in den verschiedenen Abteilungen der NSF ziemlich unabhängig.

Bezüglich DARPA sieht die Situation etwas anders aus: Wegen der vielen potenziellen militärischen Anwendungen von intelligenten Materialien behandeln zwei wichtige Programme dieses Thema („Smart Materials and Structures Demonstration Programme“ und „Compact Hybrid Actuators Programme“). Eine grosse Anzahl von Anwendungen werden untersucht, die so unterschiedliche Themen wie Torpedo-Schalldämpfung, selbst-anpassende Flugzeugflügel, muskelähnliche Materialien, intelligente, fluide Ventile und elektroaktive, weiche Polymerschalter behandeln. Es wird anerkannt, dass „Obwohl die bisherigen Anstrengungen auf dem Gebiet der intelligenten Materialien und Strukturen beeindruckend sind, haben sie erst an der Oberfläche gekratzt.“. Aus diesem Grund verfolgt das DARPA seine Forschungsinteressen auf Gebieten weiter, die eine direkte oder indirekte Auswirkung auf intelligente Materialien haben.

Das NFP 62 wird von den internationalen Forschungsanstrengungen und den entsprechenden Verbindungen profitieren. Die Integration des NFP 62 in ein internationales Netzwerk ist sowohl auf Projekt- wie auch auf Programmebene von grosser Wichtigkeit.

### 3. Ziele des NFP

Das NFP 62 wird als Kooperationsprogramm zwischen dem SNF und der KTI durchgeführt. Dies ist neu und einzigartig. Die NFP 62-Projekte sollen sich nicht nur durch wissenschaftliche Exzellenz, sondern auch durch ihr Potenzial für industrielle Anwendungen auszeichnen. Durch die sehr frühe Einbindung von industriellen Partnern wird eine laufende Wechselwirkung zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und praktischer Umsetzung erreicht. Dies im Gegensatz zum traditionellen sequentiellen Ansatz der industriellen Umsetzung.

Der klare Fokus des NFP 62 liegt auf der Erarbeitung neuartiger, origineller wissenschaftlicher- und Umsetzungsideen. Projekte deren Ziel es ist, den Stand des Wissens inkrementell zu verbessern, werden nicht gefördert. Gefördert werden zwei Projekttypen: a) Projekte, bei denen bereits bei Beginn ein Umsetzungsszenario formuliert werden kann und b) Exploratorische „high risk – high reward“-Projekte (siehe Kapitel 4.4 und 7.1).

Nach Abschluss des NFP 62 sollen folgende Ziele erreicht worden sein:

- Das finanzielle Volumen der nach Programm-Ende weitergeführten und von der Industrie mitfinanzierten Projekte ist mindestens so gross wie eine Jahrestanche des NFP 62.
- Basierend auf den Resultaten des NFP 62 sind mehrere „Start-up“-Firmen gegründet worden oder sind in Gründung begriffen.
- Das NFP 62 ist ein erfolgreiches Referenzmodell für zukünftige Zusammenarbeiten zwischen dem SNF und der KTI.
- Die Forschung auf dem Gebiet der intelligenten Materialien in der Schweiz hat eine überkritische Grösse erreicht, ist international anerkannt und geniesst ein hohes Ansehen.

Die Ziele werden erreicht durch:

- Strikte Anforderungen an höchste wissenschaftliche Qualität und Potenzial für innovative Anwendungen in der Auswahl der Projekte.
- Forderung nach einem industriellen Umsetzungsszenario für den Fall eines Projekterfolges bereits bei Beginn des Projektes.
- Sehr frühe Integration eines industriellen Partners ins Projekt, zunächst um das Anwendungspotenzial abzuklären, später um die Zielspezifikationen zu erarbeiten und mögliche „show stoppers“ zu identifizieren und schliesslich als Partner für die industrielle Umsetzung.
- Aktive Unterstützung der Forschenden durch Mitglieder der Leitungsgruppe des NFP 62 in der Suche geeigneter Partner.
- Eine spezielle Kategorie für spekulative, hochoriginelle Projekte.
- Klare zeitliche Strukturierung des Programms: Nach drei Jahren werden nur Projekte weitergefördert, deren Anwendungs- und Umsetzungspotenzial sich bestätigt hat (siehe auch Kapitel 6).
- Einbezug von KTI-Experten in der Projektbeurteilung, der Partnersuche und im Coaching der Forschenden.

- Interdisziplinarität sowohl lateral unter den wissenschaftlichen Disziplinen, wie auch vertikal zwischen Wissenschaft und Umsetzung.

Die wissenschaftlichen und anwendungsorientierten Resultate stellen die Basis dar für Demonstrator-Materialien und -Strukturen mit Anwendungsfeldern in verschiedenen industriellen Sektoren. Sie erlauben die Vorteile abzuschätzen, aber auch die möglichen Risiken zu identifizieren. Das NFP 62 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 sollen die NFP 62-Projekte grundsätzlichen Aspekten des Gesundheits- und Umweltschutzes Rechnung tragen.

## 4. Forschungsschwerpunkte

Den Forschungsarbeiten im Rahmen des NFP 62 wird folgende Definition zu Grunde gelegt:

**„Intelligente Materialien reagieren auf externe Anregungen mit reversiblen Veränderungen spezifischer Eigenschaften.“**

Das NFP 62 legt den Schwerpunkt auf hoch entwickelte intelligente Materialien und „low level system integration“. Es schliesst dabei numerische Modellierung und Simulation wie auch Prozesstechnologie mit ein. „Embedded microsystems“, „high level system integration“, Signalverarbeitung und geringfügige Verbesserung eines bereits existierenden Materials sind nicht Teile des NFP 62.

Materialien und Materialkombinationen verfügen über spezifische Eigenschaften verbunden mit ihrer Materialform (Volumen, Oberfläche und Grenzfläche, Film oder Membrane, Pulver, Kolloid und verschiedenen anderen kleinen Strukturen). Viele neue Materialien erlangen spezielle Eigenschaften dank Nanostrukturierung und Quantenphänomenen.

- Beispiele intelligenter neuer Volumeneigenschaften und ihre Anwendungen:  
Bleifreie Piezoelektrizität, thermische oder magnetische Formgedächtniseffekte, Phasenumwandlungen (z.B. magnetische Ordnung), SESAM (semiconducting saturable light absorption mirror), intelligente Materialien für akustische und Vibrationsdämpfung, adaptive Gels, elektronische und ionische Leitfähigkeit.
- Beispiele intelligenter neuer Oberflächen- und Grenzflächeneigenschaften und ihre Anwendungen:  
Steuerbare Oberflächensegregation und chemische Zusammensetzung, Reibung und Korrosion, Oberflächenmagnetismus, Farbe, Reflektivität, schaltbare Adsorption, Benetzbarkeit und Adhäsion (bond and debond on command), reversible Umwandlung hydrophob/hydrophil.
- Beispiele intelligenter neuer Film- und Membraneigenschaften und ihre Anwendungen:  
Barrieren-Materialien und Membranen mit steuerbarer Porosität und Permeation, Beschichtungen mit automatischer Anpassung z.B. von optischer Transmission oder Reflexion und von Reibung, photo-adressierbare Polymere.
- Beispiele intelligenter neuer Pulvereigenschaften und ihre Anwendungen:  
Neue magneto- und elektro-rheologische Flüssigkeiten, lösliche Verkapselung, funktionalisierte Oberflächen, intelligente Schmiermittel für steuerbare Reibung und Tribologie.
- Beispiele intelligenter Systeme und ihre Anwendungen:  
Kombinationen intelligenter Materialien und passiver Komponenten, die genügend Energie liefern nicht nur für Sensoren, sondern auch für Aktoren und adaptive Strukturen; aktive fiberverstärkte Composite; elektroaktive Polymere; adaptive aero- und hydrodynamische Oberflächen; interaktive Sicherheits- und Identifikationssysteme; adaptive vibrationsdämpfende oder schockabsorbierende Systeme; selbstheilende und selbstreparierende Systeme; berührungssensitive

Haut und andere biomimetische Materialien; künstliche Muskeln z.B. für insektenartiges Gehen oder Fliegen.

- Beispiele externer Anregungen (Stimuli) sind:  
Felder und Kräfte wie statische und dynamische elektrische und magnetische Felder inklusive Licht, mechanische Kräfte (Deformation, Spannung-Dehnung, Druck/Zug) ebenso wie umweltbedingte, chemische oder biologische Parameter wie Temperatur, Adsorbante und Chemikalien, elektrochemische Potenziale, Zellkommunikation und biologische Signale inklusive molekulare Erkennung.

#### **4.1 Modul 1: Energie, Mobilität und Umwelt**

Forschung und Entwicklung intelligenter Materialien und Systeme für effizientere und nachhaltige Erzeugung, Umwandlung, Speicherung und Nutzung von Energie

Eine der wichtigsten und schwierigsten Herausforderungen der kommenden Jahre besteht darin, zwischen dem für die Bedürfnisse der Gesellschaft bezüglich Mobilität, Transport und Komfort in Gebäuden und Prozesstechnologie erforderlichen Energieverbrauch und der Schonung unserer Umwelt ein nachhaltiges Gleichgewicht herbei zu führen. Lösungen dieser dringenden Aufgaben sind nicht nur von grosser Bedeutung für Umwelt, Politik und Gesellschaft, sondern bringen der schweizerischen Industrie auch bedeutende Wettbewerbsvorteile. Mit diesem Modul soll Entwicklung intelligenter Materialien für effiziente Energietechnologien für grosse und kleine (z.B. tragbare) Maschinen und Geräte vorangetrieben werden. Ebenso soll z.B. die Entwicklung neuer Barrierenmaterialien und Membranen mit einstellbarer Porosität und Permeation oder schaltbarer Spiegel und intelligenter Fenster mit automatischer Einstellung der Transmission und Reflexion über einen grossen Spektralbereich, vielleicht kombiniert mit photovoltaischer Nutzung des Lichtes, ermöglicht werden. Ein weiteres Beispiel betrifft die anpassbare Reibung dank intelligenter Schmiermittel.

#### **4.2 Modul 2: Materialtechnische Lösungen und funktionale Materialien**

Auf der Basis intelligenter Materialien in Kombination mit passiven Elementen neue Strukturen und Komponenten entwickeln, die spezifische Funktionen erfüllen

Eine besondere technische Herausforderung liegt darin, durch die Kombination von intelligenten Materialien mit passiven Komponenten aktive Strukturen zu entwickeln, so dass ohne Zufuhr externer Energie nicht nur Sensor- sondern auch Aktorfunktionen erlangt werden können. Derartige Systeme ermöglichen sichere automatische Kontrollfunktionen und Anpassungen an veränderte umweltinduzierte Umstände. Bedeutende Fortschritte wurden betreffend materialspezifischer funktionaler Eigenschaften, Modellierung und Simulation, Steuerbarkeit, struktureller Optimierung und Prozesstechnologie verzeichnet. Das NFP 62 fördert interdisziplinäre Lösungsansätze zum Überbrücken der Lücke zwischen Hochschulforschung und industrieller Anwendung in Bereichen wie multidisziplinäre und mehrdimensionale Optimierung, Optimierungsalgorithmen, Wechselwirkungen in Flüssigkeitsstrukturen, nichtlineare statische und dynamische Analyse, Aufbau und Optimierung von „compliant systems“ wie auch für die Erarbeitung von Kriterien für die Zuverlässigkeit, mechanische Integrität und Lebensdaueranalyse.

### **4.3 Modul 3: Gesundheit**

Intelligente Materialien und Systeme für Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Komfort, biomedizinische und orthopädische Komponenten und Geräte, Implantate und Textilien und Schlüsselkomponenten für personalisierte Medizin in Diagnostik und Therapie, Kontrolle von Wärme und Feuchtigkeit

Die Kosten unseres Gesundheitssystems steigen aus Gründen der demographischen Entwicklung unserer Gesellschaft und des veränderten Lebensstils mit stets höheren Erwartungen an die Lebensqualität rasant an. Es sind konzertierte Anstrengungen aller Akteure erforderlich, um mit der sogenannten 4P-Medizin (personalised, predictive, preventative, participatory) die zukünftige Entwicklung kontrollierbar zu gestalten. Die grossen Ziele der 4P-Medizin beinhalten Diagnose, Behandlung und Prävention von Krankheiten und traumatischen Verletzungen, Bildung, Wiederherstellung und Verstärkung der Strukturen und Widerstandsfunktionen des Körpers sowie Linderung chronischer und akuter Schmerzen. Zum Erreichen dieser Ziele ist eine grosse Auswahl anwendungsspezifischer Materialien erforderlich, die in der Lage sind, gemäss präziser Vorgabe intelligent mit dem Körper zu interagieren und die sich für einen langfristigen Einsatz eignen. Die Verfügbarkeit intelligenter Materialien wird die 4P-Medizin und damit die Zukunft der Gesundheit unserer Gesellschaft nachhaltig beeinflussen. In diesem Modul werden nicht nur pharmazeutische oder medizinische Projekte unterstützt, sondern auch die Entwicklung intelligenter Materialien und Systeme inklusive Textilien zur Unterstützung von Gesundheit und Wohlbefinden wie z.B. wärme- und feuchtigkeitsregulierende Bekleidung oder intelligente Verkapselung und Verpackung von Medikamenten und Nahrungsmitteln.

### **4.4 Modul 4: Neue intelligente Materialien**

Explorative Materialforschung ohne zum vorneherein definierte Anwendung, innovative Ansätze zur Entdeckung neuer intelligenter Materialien mit aussergewöhnlichen Eigenschaften

Die Module eins bis drei sind auf Projekte mit voraussehbarem Anwendungspotenzial in definierten Sektoren, die von strategischer Bedeutung für die schweizerische Industrie sind, ausgerichtet. Für diese Projekte kann ein Szenario der industriellen Nutzung schon bei Programmbeginn entwickelt werden. In Modul 4 hingegen sollen explorative "high risk – high reward"-Forschungsprojekte auch ohne konkrete Anwendungsziele gefördert werden (siehe Kapitel 3. und 7.1). Auf neuen Konzepten und Ansätzen basierende Entdeckung neuer intelligenter Materialien mit aussergewöhnlichen Eigenschaften ist das Ziel von Modul 4. Insbesondere sind Materialien gefragt, die in der Lage sind, genügend Energie zu erzeugen, nicht nur um Sensoren zu betreiben sondern auch um Aktorfunktionen zu ermöglichen.

## 5. Praktischer Nutzen und Adressatenkreis

Ohne Zweifel gehören intelligente Materialien zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Dies ist begründet im Zusammenspiel zwischen den Eigenschaften, dem Aufbau und der Form eines Materials, sowie in seiner Reaktionsfähigkeit gegenüber wechselnden äusseren Einflüssen. Kennt und versteht man diese Zusammenhänge, so wird es möglich, Materialien herzustellen, welche über ein Formgedächtnis verfügen, welche sich selbständig und zielgerichtet anpassen können, und welche ein massgeschneidertes Verhaltensmuster aufweisen. Intelligente Materialien dieser Art finden enorm vielfältige praktische Anwendungen in der Umwelttechnik, im Transport- und Verkehrswesen, für Sicherheits-Anwendungen, in der Konstruktionstechnik und im Bauwesen, in der Kommunikationstechnik, aber auch in den Biowissenschaften und im Gesundheitswesen. Aus diesen Gründen sind intelligente Materialien langfristig von sehr hoher industrieller und gesellschaftlicher Relevanz.

Das nötige Wissen ist in der schweizerischen Forschungsgemeinschaft vorhanden und auf eine Vielzahl von Departementen und Instituten verteilt, welche sich mit Chemie, Physik, Materialwissenschaften, Biologie, Maschinenbau und Medizin beschäftigen. Diese sind im ETH-Bereich (ETHZ, EPFL, PSI, EMPA), an den Universitäten von Basel, Bern, Fribourg, Genf, Neuenburg und Zürich, an verschiedenen Fachhochschulen und am CSEM zu finden. Allein schon diese breite Streuung illustriert den stark interdisziplinären Charakter des NFP 62 und die nötige enge Verzahnung zwischen Grundlagenforschung, anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung, sowie der industriellen Umsetzung. Aus diesem Grund ist auch zu erwarten, dass dieses NFP nicht nur die Forschung in einem der technologischen Schlüsselbereiche fördert, sondern auch der Aus- und Weiterbildung dient, sowohl in der interdisziplinären Forschung als auch an der Schnittstelle zwischen Grundlagenwissenschaften und industriellen Anwendungen.

Die Praxisrelevanz intelligenter Materialien ist klar dokumentiert durch einige erfolgreich auf dem Markt existierende Produkte (phototrope Brillengläser, adaptive Fenster, Verkapselung von pharmazeutischen Wirkstoffen mit spezifischen Nanotransportern) und durch die Anzahl von in der Schweiz ansässigen Firmen und Industrieverbänden.

Das künftige Marktpotenzial solcher hochwertiger Produkte, die auf intelligenten Materialien basieren, ist immens, und eine deutlich sichtbare Positionierung der Schweiz auf diesem Gebiet ist deshalb von grösstem nationalem Interesse. Nicht nur wird dieses Programm den wissenschaftlichen Fortschritt fördern, es wird auch den Wissensstandort Schweiz als Innovationszentrum für ausgewählte Hochtechnologien stärken, die interdisziplinäre Forschung bereichern und die Erlangung neuer Kompetenzen ermöglichen.

Es ist nicht unbedingt zu erwarten, dass direkt vermarktbar Produkte aus dem NFP 62 resultieren werden. Hingegen wird die intensive und erfolgreiche Forschungs- und Entwicklungsphase im Rahmen des NFP 62 die Grundlage dafür schaffen, dass einige der durchgeführten Projekte in durch die KTI und entsprechende Industriepartner finanzierte Projekte übergeführt werden können, in denen in enger Zusammenarbeit viel versprechende Produkte entwickelt werden.

## 6. Programmablauf

Das NFP 62 wird als Kooperationsprogramm zwischen dem Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und der Förderagentur für Innovation KTI durchgeführt. Das NFP 62 wird dabei in drei Phasen aufgeteilt.

In den Phasen eins und zwei werden die Forschungsprojekte durch den SNF finanziert. Die erste Phase soll drei Jahre dauern und die Möglichkeit beinhalten, innovative Projekte mit höherem Risiko aufzunehmen; das NFP soll offen sein für Unerwartetes. 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.

## 7. Eingabeverfahren

Der Ausführungsplan sowie Formulare, Reglemente und Weisungen für die Projekteingabe über das *mySNF*-Portal können unter [www.snf.ch](http://www.snf.ch) abgerufen werden.

Um die Projektvorhaben besser aufeinander abzustimmen und entsprechende Schwerpunkte setzen zu können, wird ein zweistufiges Eingabeverfahren angewendet: zuerst Projektskizzen, dann Forschungsgesuche. Skizzen und Gesuche müssen in englischer Sprache abgefasst sein. Zur Begutachtung der Projektskizzen und Forschungsgesuche wird eine Gruppe internationaler Expertinnen und Experten beigezogen.

Projektskizzen und Forschungsgesuche sind online über das Web-Portal *mySNF* einzureichen. Um *mySNF* nutzen zu können, ist eine vorgängige Registrierung auf der Startseite von *mySNF* (<https://www.mysnf.ch>) als Benutzer oder Benutzerin erforderlich. Bereits gelöste Benutzerkontos sind gültig und geben unbefristet Zugang zu sämtlichen Förderinstrumenten des SNF. Neue Benutzerkontos müssen für eine termingerechte elektronische Einreichung bis spätestens 14 Tage vor dem Eingabetermin beantragt werden. Das Einreichen der Unterlagen auf dem Postweg kann nur in Ausnahmefällen und nach Rücksprache mit dem SNF akzeptiert werden.

Die Projektskizzen und später die Forschungsgesuche sind gemäss den Richtlinien des Nationalfonds einzureichen und auf eine Dauer von höchstens 36 Monate zu beschränken.

Die Zusammenarbeit mit internationalen Forschungsgruppen ist erwünscht, wenn durch die grenzüberschreitende Kooperation ein ausgewiesener Mehrwert erzielt werden kann oder wenn die Schweizer Forschung durch externe Impulse inhaltlich und methodisch substanziell bereichert wird. Zu diesem Zweck gibt es ein spezielles DACH-Abkommen mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und dem Wissenschaftsfonds in Österreich (FWF). Demnach stehen für die Finanzierung von Projekten mit Partnern aus Deutschland oder Österreich zwei Optionen offen, einerseits die Variante „Money follows cooperation line“, andererseits die Linie „Lead Agency-Verfahren“. Das Vorgehen für die Finanzierung des ausländischen Teils wird zum Zeitpunkt der Gesuchseingabe mit den betroffenen Personen besprochen.

Die Beitragsempfängerinnen und Beitragsempfänger haben auf den Zusprachen des SNF grundsätzlich keine Mehrwertsteuer zu entrichten (Art. 33 Abs.6 Bst. c MWSTG). Der SNF erteilt im Rahmen der Programmforschung keine Forschungsaufträge, sondern einzig Beiträge zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in der Schweiz.

### 7.1 Projektskizzen

Einsendeschluss für Projektskizzen ist der 30. Januar 2009. Die Projektskizze soll einen Abriss des vorgesehenen Forschungsprojekts enthalten und über folgende Punkte Auskunft geben:

Einzugeben direkt über das Portal *mySNF*:

- Grunddaten und Zusammenfassung
- Nationale and internationale Zusammenarbeit
- Ungefähre personelle und materielle Kosten (Budget)

Als Projektbeschreibung beizufügen (PDF-Dokument):

- Forschungsthema und Zielsetzung des Projekts
- Stand der Forschung
- Methodisches Vorgehen
- Zeitplan, Meilensteine
- Erwarteter Nutzen und Anwendungspotenzial der Resultate; zu beachtende spezifische Risiken
- Liste der fünf wichtigsten Publikationen auf dem Gebiet der Projektskizze
- Liste der fünf wichtigsten Publikationen und/oder Patente des/der Gesuchstellenden

In der Projektskizze müssen bereits mögliche Szenarien für die erfolgreiche industrielle Umsetzung aufgezeigt werden. Zudem muss eine Einschätzung der Erfolgchancen des Projekts im vorgegebenen Rahmen enthalten sein. In der Evaluation von innovativen Projekten mit höherem Risiko wird die Leitungsgruppe selbstverständlich weniger Gewicht auf diese Aspekte legen (siehe Kapitel 3 und 4.4).

In der Projektskizze muss erläutert werden, welche Art der Kooperation mit Industriepartnern in den unterschiedlichen Phasen des Projekts vorgesehen ist (z.B. Partner zur Beurteilung der Marktchancen, Validierungspartner, Umsetzungspartner für die Anfertigung des Produkts).

Für die Projektbeschreibung ist die in *mySNF* bereit gestellte Word-Vorlage zu verwenden. Diese ist in englischer Sprache auszufüllen und das fertige, als PDF-Datei einzureichende Dokument soll maximal sechs Seiten umfassen. Ebenfalls der Eingabe anzufügen ist ein kurzes Curriculum vitae (max. 2 Seiten).

Die Leitungsgruppe begutachtet die eingegangenen Projektskizzen und entscheidet darüber unter Beizug internationaler Expertinnen und Experten letztinstanzlich gemäss den unten aufgeführten Kriterien.

## 7.2 Forschungsgesuche

Für die zweite Phase lädt die Leitungsgruppe die Autorinnen und Autoren, deren Skizzen zur weiteren Ausarbeitung vorgesehen sind, zur Eingabe eines Forschungsgesuchs ein. Die Forschungsgesuche sind gemäss den Richtlinien des Nationalfonds über das Portal *mySNF* in englischer Sprache einzureichen.

Forschungsgesuche werden ebenfalls international begutachtet. Zudem werden die Gesuchstellenden eingeladen, ihr Projekt der Leitungsgruppe vorzustellen. Dadurch sollen spezifische Details der Gesuche vertieft besprochen und Probleme geklärt

werden. Im Anschluss entscheidet die Leitungsgruppe, welche Forschungsgesuche dem Nationalen Forschungsrat (Abteilung IV; Präsidium) zur Genehmigung beziehungsweise Ablehnung empfohlen werden sollen.

### 7.3 Auswahlkriterien

Die erfolgreiche Erforschung und Weiterentwicklung von intelligenten Materialien, das heisst von funktionellen Hochleistungsmaterialien, in denen multidimensionale Antwortfunktionen verknüpft werden, erfordert ein interdisziplinäres Vorgehen mit visionärer Grundlagenforschung kombiniert mit innovativer anwendungsorientierter Forschung. Die Motivation kann sowohl in einer aktuellen technischen Problemstellung wie in der kreativen Suche nach Anwendungsmöglichkeiten neuer Materialien und Phänomenen verankert sein.

Projektskizzen und Forschungsgesuche werden aufgrund folgender Kriterien evaluiert:

- **Wissenschaftliche Qualität und Originalität:** Die Projekte müssen theoretisch wie methodisch dem Wissensstand und den internationalen wissenschaftlichen Standards der heutigen Forschung entsprechen. Sie müssen überdies innovative Komponenten aufweisen und sich klar von laufenden Projekten abgrenzen.
- **Machbarkeit und Übereinstimmung mit den Programmzielen des NFP 62:** Die Projekte müssen mit den im Ausführungsplan beschriebenen wissenschaftlichen Zielen und Schwerpunkten übereinstimmen und in den Gesamtrahmen des NFP 62 passen.
- **Inter- und Transdisziplinarität:** Inter- und transdisziplinäre Projekte sind im NFP 62 ausdrücklich erwünscht und werden entsprechend beurteilt. Disziplinäre Projekte sind nicht ausgeschlossen, wenn sie den Zielsetzungen des NFP 62 genügen.
- **Anwendung und Umsetzung:** Nationale Forschungsprogramme haben einen expliziten Umsetzungsauftrag. Hohe Priorität kommt deshalb Vorhaben mit hoher Praxisrelevanz zu.
- **Personal und Infrastruktur:** Die Arbeiten müssen in einem für das Projekt adäquaten personellen und infrastrukturellen Rahmen durchgeführt werden können.

Der inhaltlichen Begutachtung geht eine formale Prüfung durch das Sekretariat der Abteilung IV voraus (siehe dazu Beitragsreglement des SNF). Projektskizzen und Forschungsgesuche, die die formalen Kriterien nicht erfüllen, werden keiner materiellen Prüfung unterzogen.

## 7.4 Zeitplan und Budget

Der Zeitplan des NFP 62 sieht wie folgt aus:

Öffentliche Ausschreibung	3. November 2008
Eingabefrist für Projektskizzen	30. Januar 2009
Einladung zur Einreichung von Forschungsgesuchen	Mitte Mai 2009
Eingabefrist für Forschungsgesuche	Mitte August 2009
Definitiver Entscheid über Forschungsgesuche	Dezember 2009
Beginn der Forschung	Januar 2010

Das NFP 62 verfügt über einen Finanzrahmen von CHF 11 Millionen. Die zur Verfügung stehenden Mittel werden voraussichtlich wie folgt auf die verschiedenen Aktivitäten verteilt:

Modul 1	CHF 2.3 Mio.
Modul 2	CHF 2.3 Mio.
Modul 3	CHF 2.3 Mio.
Modul 4	CHF 2.3 Mio.
Umsetzung und Administration	CHF 1.8 Mio.

## 8. Akteure

### Leitungsgruppe

Prof. Dr. Louis Schlapbach, Direktor, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa, Dübendorf (Präsident)

Prof. Dr. Martina Hirayama, Institutsleiterin, Institut für Material- und Verfahrenstechnik, School of Engineering, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Winterthur, und KTI-Expertin

Dr. Annick Loiseau, Laboratoire d'études des microstructures (LEM), Office national d'études et recherches aérospatiales (ONERA), Châtillon, France

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

Prof. Dr. Peter Seitz, Institut für Mikrotechnik (IMT), Universität Neuenburg, und Centre Suisse d'électronique et de microtechnique SA (CSEM), Zürich

Dr. Hansruedi Zeller, Consenec AG, Dättwil

### Forschungsratsdelegierter

Prof. Dr. Peter Schurtenberger, Adolphe Merkle Institut, Universität Freiburg

### Programmkoordinator

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

### Umsetzungsbeauftragter

N.N.

### Bundesbeobachter

Dr. Vincent Moser, Leiter Ressort „Projektförderung Forschung und Entwicklung“, Förderagentur für Innovation KTI, Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (BBT), Bern

### Für das Staatssekretariat für Bildung und Forschung (SBF), Bern

Dr. Claudine Dolt, SBF, Bern

Schweizerischer Nationalfonds  
zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung  
Wildhainweg 3  
Postfach 8232  
CH-3001 Bern  
Tel. +41 (0)31 308 22 22  
Fax +41 (0)31 305 29 70  
E-Mail [nfp62@snf.ch](mailto:nfp62@snf.ch)  
[www.snf.ch](http://www.snf.ch)  
[www.nfp62.ch](http://www.nfp62.ch)

© 3. November 2008