



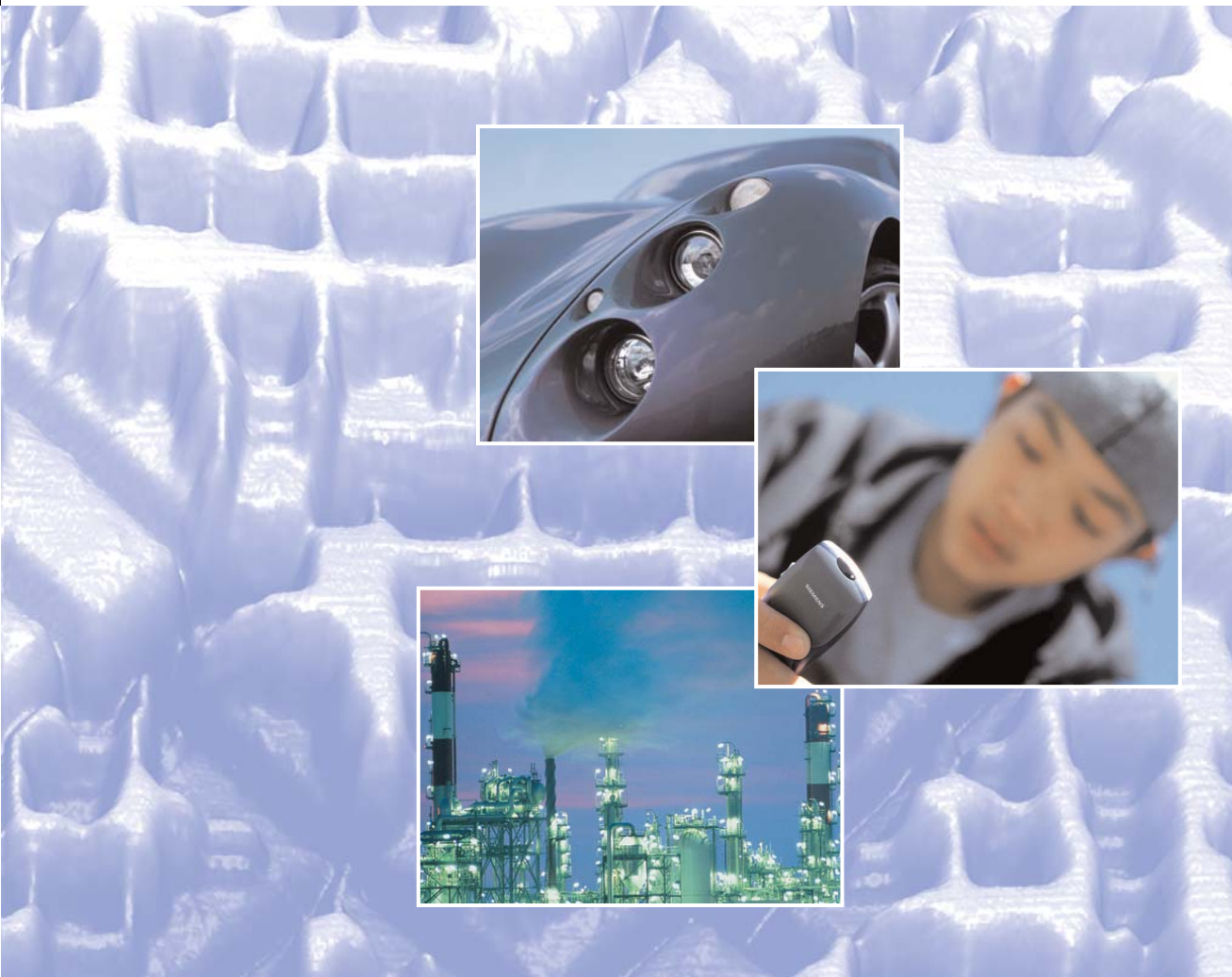
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Strategische Neuausrichtung

Nanotechnologie in Deutschland



BMBF PUBLIK



Impressum

Herausgeber

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Öffentlichkeitsarbeit
53170 Bonn

Bestellungen

Schriftlich an den Herausgeber
Postfach 30 02 35
53182 Bonn

oder telefonisch unter der
Rufnummer 01805-BMBF02
bzw. 01805-262302
Fax: 01805-BMBF03
bzw. 01805-262303
0,12 Euro/Min.

E-Mail: books@bmbf.bund.de
Internet: <http://www.bmbf.de>

Stand

Juni 2002

Gedruckt auf Recyclingpapier

Bildnachweis

linker Rand oben („Nano“):
Universität Kiel (Prof. Dr. R. Berndt)
linker Rand unten (farbige Gefäße):
Universität Hamburg (Prof. Dr. H. Weller)
großes Feld, Hintergrund:
Universität Hamburg (Prof. Dr. R. Wiesendanger)
großes Feld, oben: TVR Engineering Ltd.
großes Feld, Mitte: Siemens AG
großes Feld, unten: BMBF

Ausgangslage

Über Nanotechnologie wird in der Öffentlichkeit sehr intensiv, zum Teil auch kontrovers diskutiert. Pragmatiker, Visionäre und Utopisten stehen sich gegenüber. Unterschiedlich beurteilt werden vor allem das Potenzial möglicher Anwendungen und ihrer Folgen. Aber auch bei der Definition dessen, was Nanotechnologie ist und wie sie sich gegen etablierte Technologien abgrenzt, gibt es keine einheitliche Auffassung. Nanotechnologie umfasst, soweit decken sich die verschiedenen Zugänge, unterschiedliche Methoden der Materialstrukturierung und – analyse in Größendimensionen von typischerweise einem bis einhundert Nanometern (ein Nanometer ist ein millionstel Millimeter). Das Charakteristische an Nanostrukturen sind vor allem ihre bemerkenswerten Eigenschaften. Ihre mechanischen, optischen, magnetischen, elektrischen und chemischen Eigenschaften hängen nicht allein von der Art des Ausgangsmaterials, sondern in besonderer Weise von ihrer Größe und Gestalt ab.

Die makroskopische Welt bietet ein anschauliches Beispiel: Weicher, schwarzer, elektrisch leitender, preiswerter Graphit wird allein durch den Eingriff in seine atomare Struktur zu hartem, durchsichtigem, elektrisch nicht leitfähigem, teurem Diamant – und besteht doch wie dieser aus reinem Kohlenstoff. Die Vielfalt an realisierbaren Erscheinungsformen und Eigenschaften von Kohlenstoff (um bei diesem Beispiel zu bleiben) ist in der Nanowelt noch weit aus größer. Sie ist dort nicht die Ausnahme, sondern die Regel.

Aufbruch in den Nanokosmos

Die Nanotechnologie erweitert damit vermutlich in revolutionärer Weise unsere Möglichkeiten, Materialeigenschaften gezielt zu beeinflussen, zu nutzen und Nanostrukturen in komplexe Gesamtsysteme zu integrieren. Sie eröffnet dadurch ein noch kaum absehbares, geschweige denn erschlossenes Spektrum an Produkten mit deutlich verbesserten, zum Teil ganz neuen Funktionalitäten, die auf anderen Wegen nicht zugänglich sind, z.B. photovoltaische Fenster und Lacke, zuverlässig selektierende Sensoren oder langzeitstabile Speichermedien mit kürzesten Zugriffszeiten. Besonders interessant und herausfordernd dabei ist, dass Nanotechnologie nicht nur hinsichtlich ihrer Methodik, sondern auch ihrer Anwendungsmöglichkeiten unterschiedliche Wissenschaftsdisziplinen, Technologiefelder und Wirtschaftszweige miteinander verbindet. So wird beispielsweise die Nanobiotechnologie mit dem Kopieren biologischer Systeme den Fortschritt in den Materialwissenschaften, der Biotechnologie und der

Medizin prägen. Diese zunehmende Durchdringung klassischer Disziplinen verstärkt ganz wesentlich das Innovationspotenzial der Nanotechnologie.

Nanotechnologie ist auf dem Sprung

In Deutschland gründet sich die Nanotechnologie auf eine in den letzten Jahren gut ausgebaute und weltweit konkurrenzfähige wissenschaftlich-technische Grundlagenforschung. Das

Nanotechnologie hat Priorität

Besondere Aufmerksamkeit erlangte die Nanotechnologie 1981 mit der Erforschung der Rastertunnelmikroskopie durch Binnig und Rohrer und der Vergabe des Nobelpreises für Physik im Jahre 1986 für die Entdeckung dieses bedeutenden Werkzeugs zur Beobachtung (und heute auch Manipulation) von atomaren Oberflächeneffekten. Für die Beschreibung der supramolekularen Route der Nanotechnologie erhielt Lehn 1987 den Nobelpreis für Chemie. Sowohl in Europa, darunter ganz wesentlich in Deutschland, als auch in Japan und den USA werden zwar seit Ende der 80er Jahre Forschungsarbeiten durchgeführt, welche mit Nanotechnologie in Verbindung gebracht werden können. Eine disziplinen- und branchenübergreifende Sichtweise mit netzwerkartigen Diskussions- und Arbeitsgruppen entlang der gesamten Wertschöpfungskette wird jedoch erst seit einigen Jahren intensiver verfolgt, wobei hierfür den deutschen Forschungs- und Förderaktivitäten eine Vorreiterrolle zugesprochen werden kann.

Das BMBF hat Forschungsprojekte, die sich mit nanotechnologischen Verfahren und Strukturen beschäftigen, mit zunehmender Tendenz seit Anfang der 90er Jahre gefördert, u.a. im Rahmen des Materialforschungsprogramms. 1998 hat das BMBF mit gezielten Maßnahmen die wissenschaftliche Basis durch eine Schirmbekanntmachung zur Nanotechnologie und die Gründung von Kompetenznetzen nochmals deutlich gestärkt. Nanotechnologie ist heute ein wesentlicher, wachsender Schwerpunkt in den Fachprogrammen Informations- und Kommunikationstechnik, Materialforschung, Optische Technologien, Biotechnologie sowie Mikrosystemtechnik.

Wissen über das Verhalten nanoskaliger Systeme, die Fertigkeiten diese zu erzeugen, die immer weiter verfeinerten Charakterisierungsverfahren – kurz: das nanotechnologische Know-how – hat am Standort Deutschland ein hohes Niveau erreicht und einen regelrechten Interessensboom mit zahlreichen Netzwerkaktivitäten ausgelöst. Schon heute fließt die Nanotechnologie in einige technische Produktionsprozesse ein, in anderen Fällen steht dies kurz bevor oder ist zumindest eine gut begründete Vision. Diese Entwicklung bedeutet einen qualitativen Sprung – somit einen Paradigmenwechsel – für den Einsatz und die weitere kommerzielle Nutzung der Nanotechnologie, der jetzt entschlossenes Handeln in der Forschungspolitik erfordert. Für viele in Deutschland wichtige Industriebranchen wie Chemie, Pharma, Automobilbau, Informationstechnik oder Optik hängt die künftige Wettbewerbsfähigkeit ihrer Produkte auch von der Erschließung des Nanokosmos ab. Beispielsweise in der Elektronik gehört die nanoskalige Strukturierung schon heute zum fortgeschrittenen Handwerk. Die künftigen Fortschritte der Nanotechnologie sind entscheidend für die weitere Entwicklung dieser Branche mit einem Weltmarktvolumen

von rd. 350 Mrd. €. Damit ist die Nanoelektronik ein wichtiger Motor für die Nanotechnologie insgesamt.

Die Nanotechnologie bietet Lösungsansätze für künftige Herausforderungen unserer Gesellschaft: Ressourcensparende, emissionsarme Produkte und Produktnutzungen, z. B. mit Hilfe leichter, selbstreinigender oder langlebiger Werkstoffe, eröffnen vielfältige Perspektiven für ein nachhaltiges Wirtschaften. Verbesserte und preiswertere Möglichkeiten bei der Humantherapie und Diagnostik, die beispielsweise auf nanostrukturierten Biochips, Nanosonden, intelligenten Medikamentendepots im Körperinneren, auf den Organismus ergänzenden Mikrosystemen oder auf künstlichen Basismaterialien für Gewebeimplantate beruhen, können entscheidend zur Verbesserung der Gesundheit in einer älter werdenden Gesellschaft beitragen.

Gesamtstrategie für die Nanotechnologie

Aufbauend auf der guten Ausgangsposition Deutschlands will das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Forschung und Entwicklung in der Nanotechnologie und ihren Anwendungsfeldern zielgerichtet und schwerpunkthaft mit einer Strategie des „Stärkens der Stärken“ unterstützen. Die Entwicklung und Umsetzung der Strategie sollen als offener, lernender Prozess gestaltet und von gemeinsamen Initiativen der relevanten gesellschaftlichen Gruppen getragen werden. Ausgangspunkt für die weitere Strategieentwicklung ist der nachfolgende 10 Punkte umfassende Handlungsrahmen. Ziel ist es,

- Markt- und Beschäftigungspotenziale der Nanotechnologie durch FuE zu erschließen,
- Nachwuchs zu fördern und Qualifizierungen voranzutreiben und
- den gesellschaftlichen Diskurs über Chancen, Perspektiven und Risiken der Nanotechnologie zu initiieren.

Den Auftakt für diesen Strategieprozess bildet der Kongress NanoDE (6.–7. Mai 2002), auf dem – ausgehend von den bisher erzielten Erfolgen – die Perspektiven der Nanotechnologie in Deutschland mit betroffenen Akteuren erörtert werden. Die Ergebnisse werden eine wichtige Grundlage für weitere, bereits geplante Gespräche des BMBF mit Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft sein mit dem Ziel, den nachfolgenden Handlungsrahmen zu einem abgestimmten Rahmenkonzept für die Nanotechnologie weiterzuentwickeln. In einem offenen

Suchprozess sollen die konkrete Bedeutung der Nanotechnologie für die Industriebranchen erfasst, Möglichkeiten einer effizienteren Verwertung nanotechnologischen Know-hows erkannt sowie entscheidende Innovationssprünge und Meilensteine identifiziert werden.

Unabhängig davon kommt es darauf an, dort wo konkreter Handlungsbedarf besteht, bereits jetzt aktiv zu werden. **Das BMBF beabsichtigt daher, kurzfristig**

- **Ausschreibungen für erste Leuchtturmprojekte in Abstimmung mit Wirtschaft und Wissenschaft vorzubereiten (s. Punkt 3 des Handlungsrahmens),**
- **das Antrags- und Bewilligungsverfahren für KMU zu vereinfachen (s. Punkt 5) und**
- **einen Wettbewerb für Nachwuchswissenschaftler zu starten (s. Punkt 7).**

Ergänzend sollen die vorhandenen Kräfte für die wissenschaftliche Basis gebündelt und die Vernetzung der Forschungsinfrastruktur ausgeweitet werden (Punkt 1 und 2). Zur Bildung von Technologieplattformen, wie sie für ein breites Feld künftiger Anwendungen notwendig sind, sollen die Förderinstrumente zur Unterstützung von Unternehmensgründungen genutzt werden (Punkt 4). Die neuen Förderinstrumente des 6. EU-Forschungsrahmenprogramms zur Gestaltung des „Europäischen Forschungsraums“ sind aktiv zu nutzen (Punkt 6). Zur Bildung personeller Ressourcen sind Angebote für die Qualifizierung und Kompetenzgewinnung zu entwickeln (Punkt 8). Zu den Auswirkungen der Nanotechnologie auf die wirtschaftliche Situation und speziell auf eines der wichtigsten Anwendungsgebiete, die Gesundheit, sowie zum Beitrag der Nanotechnologie für Nachhaltigkeitsstrategien werden entsprechende Studien vergeben (Punkt 9). Eine eventuell notwendige Ausgestaltung des Rechtsrahmens ist Gegenstand einer vom Parlament initiierten Untersuchung zur Nanotechnologie durch das Büro für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages (Punkt 10).

Handlungsrahmen

Markt- und Beschäftigungspotenziale der Nanotechnologie durch FuE erschließen

1. Wissenschaftlich-technologische Grundlagen sichern, ausbauen und erschließen

Exzellentes Grundlagenwissen bildet die Basis für Innovationen. Hier liegt unser wertvollster „Rohstoff“ für neue Produkte, Prozesse und damit Arbeitsplätze von morgen.

Für die Nanotechnologie soll eine an intelligenten Suchprozessen orientierte Grundlagenforschung verbesserte Voraussetzungen für Anwendungen in der Gesellschaft bringen und damit unsere Chancen im internationalen Wissenschafts- und Wirtschaftswettbewerb verbessern.

In diesem Prozess ist ein „langer Atem“ und die Bereitschaft zur Weiterentwicklung nötig, müssen bisher bestehende Disziplingrenzen überschritten und neue, unerprobte Kooperationen eingegangen werden. Es ist notwendig, durch interdisziplinäre Ansätze in Forschung und Entwicklung das nanotechnologische Know-how zu erweitern, indem die vorhandenen wissenschaftlichen Ressourcen gebündelt werden. Ferner ist es notwendig, intelligente Früherkennungsprozesse für interessante und zukunftssträchtige Themenfelder einzuleiten.

Ziel des BMBF ist es, konkrete Anwendungsperspektiven von Grundlagenerkenntnissen zu erkennen. Die im letzten Jahr im BMBF umgesetzten Veränderungen im Bereich der Nanotechnologieförderung – sowohl bezüglich der Organisations- als auch der Haushaltsstruktur – leisten hierzu einen notwendigen Beitrag. Die Nanotechnologieförderung wird durch diese Umstrukturierungen auch nach außen sichtbar zum Schwerpunkt zahlreicher Forschungsprogramme beispielsweise in den Technologiefeldern Materialforschung, Informationstechnik oder Optik, statt in erster Linie als Vorfeldthema in nur einem Referat angesiedelt zu sein. Damit ergeben sich weitaus bessere Möglichkeiten, Anwendungsperspektiven auf den genannten Feldern zu identifizieren und zu erschließen. Diese Ansätze werden konsequent weiterverfolgt, um der Nanotechnologieförderung künftig zu ausreichend „kritischer Masse“ zu verhelfen.

2. Forschungseinrichtungen und –akteure innovationsorientiert vernetzen

Einer effizienten Vernetzung der innovationstreibenden Akteure in Wissenschaft und Wirtschaft kommt eine Schlüsselfunktion für eine international wettbewerbsfähige Position Deutschlands im Bereich der Nanotechnologie zu. Dem hat das BMBF schon 1998 mit der Förderung von Nanotechnologie-Kompetenzzentren, die an wissenschaftlichen Fachthemen ausgerichtet sind, Rechnung getragen. Die bestehenden Nanotechnologie-Kompetenzzentren haben die Aufgabe, interdisziplinäres Wissen zu bündeln, koordinierend zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu wirken und den gesellschaftlichen Nutzen der Nanotechnologie einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen, erfolgreich in Angriff genommen.

Mit der kürzlich bewilligten Förderung der Nanotechnologie-Kompetenzzentren bis zum Jahre 2003 verbindet das BMBF die Erwartung, dass die Kompetenzzentren – nachdem sie die Vernetzung innerhalb thematischer Gebiete erreicht haben – vor allem eine stärkere vertikale Vernetzung vorantreiben. Dies erfordert von den Zentren eine vertiefte Zusammenarbeit sowohl miteinander als auch mit weiteren Akteuren und bietet ihnen die Chance, zu einem Katalysator für die eingangs geforderte verstärkte Interdisziplinarität in der Nanotechnologieszene zu reifen. Insbesondere das im 6. EU-Forschungsprogramm neu eingeführte Förderinstrument der Exzellenznetze ebnet den Zentren Wege zu einer stärkeren „Europäisierung“ und damit die Perspektive, ausreichend „kritische Masse“ zu entwickeln. Darüber hinaus schafft auch die sich anbietende Mittlerrolle bei der Konzeption künftiger Leuchtturmprojekte auf nationaler bzw. integrierter Projekte auf europäischer Ebene einen „Mehrwert“ für die Mitglieder der Nanotechnologie-Kompetenzzentren und eröffnet den Zentren dadurch weitere Entwicklungsperspektiven.

Zur gebotenen strategischen Vernetzung zählt auch die enge Kooperation zwischen den Forschungseinrichtungen der MPG, der FhG, der HGF (z. B. Programm Schlüsseltechnologien) und der WGL. Das BMBF wird in einem ersten Schritt gemeinsam mit der FhG die Anwendungspotenziale der Nanotechnologie analysieren, um deren Bedeutung für die FhG zu definieren.

3. Nanotechnologie für Anwendungen nutzen

Wie kaum eine andere Hochtechnologie bietet Nanotechnologie die Chance auf erfolgreiche Produktentwicklungen mit Einsparungen bei Gewicht, Volumen, Rohstoff- und Energieverbrauch, aber auch bei den Produktionszeiten. Diese Chance muss wahrgenommen werden durch die Identifikation von Schlüsselfeldern und deren möglicher Absicherung durch Patente. Daher kann und muss mit der inzwischen erfolgten Reifung von Teilgebieten der Nanotechnologie stärker als bisher der Abgleich der öffentlichen Forschung mit den strategischen Interessen der Industrie in Deutschland gesucht werden. Auch hierbei ist eine Konzentration auf die Stärken der deutschen Wirtschaft notwendig, damit eine möglichst große volkswirtschaftliche Hebelwirkung erzielt wird. Darüber darf die Querschnittsfunktion der Nanotechnologie für unterschiedliche Branchen wie z. B. Medizin, Elektronik oder Automobil nicht aus dem Blick geraten.

*Das BMBF wird mit der Wirtschaft und der breiten Öffentlichkeit einen Dialog starten, um Anwendungsfelder mit hohem Marktpotenzial und gesellschaftlichem Nutzen zu identifizieren. Auf dieser Basis sollen strategisch angelegte Forschungsk Kooperationen unter führender Mitwirkung der Industrie ins Leben gerufen werden, die geeignet sind, als „Leuchttürme“ das wirtschaftliche Innovationspotenzial der Nanotechnologie aufzuzeigen. **Das BMBF wird nach Abstimmung mit Wirtschaft und Wissenschaft – ergänzend zur bisherigen Förderung – entsprechende Ausschreibungen für Leuchtturmprojekte initiieren.** Für die Nanotechnologie-Kompetenzzentren bietet sich dabei mit ihren Netzwerken die Möglichkeit, solche strategischen Forschungsk Kooperationen aktiv mitzugestalten.*

Nur wer erfolgreich FuE betreibt, kann industrielle Standards beeinflussen und Normen innovationsfördernd festlegen. Auch für die Nanotechnologie gilt der in der Studie „Gesamtwirtschaftlicher Nutzen der Normung“ (Deutsches Institut für Normung e. V.) bestätigte Zusammenhang zwischen Normen bzw. Standards und der breiten Umsetzung von Basiswissen in Anwendungen.

Das BMBF wird daher Kooperationen verstärkt unterstützen, die das Ziel haben, Standards für nanotechnologische Fertigungsverfahren und Kenngrößen von Oberflächen, Schichten, Partikeln, chemischen Zusammensetzungen zu entwickeln. Die Chancen, die der europäische Binnenmarkt aufgrund seiner Größe bietet, müssen wahrgenommen und strategische Allianzen mit anderen Wirtschaftsräumen aufgebaut werden.

Zur Absicherung des in der Nanotechnologie erarbeiteten Wissens durch Patente können existierende Verwertungsinitiativen des BMBF wie INSTI (www.insti.de) oder das jüngst novellierte Recht für Hochschulerfindungen verstärkt genutzt werden.

4. Unternehmensgründungen erleichtern

Gerade in neuen Technologiefeldern und in den frühen Phasen der Übertragung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Entwicklung neuer Produkte spielen junge Unternehmen eine wichtige Rolle. Auch in der Nanotechnologie soll durch ein gründerfreundliches Klima an Hochschulen und Forschungseinrichtungen die Zahl der Firmen steigen, die zuverlässige und konkurrenzfähige nanotechnologische Verfahren (z. B. für die Fertigung oder Analyse) und Zwischenprodukte (z. B. Beschichtungen oder Pulver) auf dem Markt anbieten und so für andere Firmen, die nicht über ausreichende FuE-Ressourcen im Bereich der Nanotechnologie verfügen, zugänglich machen.

Bestehende Programme wie EXIST (www.exist.de), BioChance (www.bmbf.de/620_1132.html), der EEF-Fonds (www.keim.de/service_foerderung_eef.html) oder auch die Initiative „Power für Gründerinnen“ (www.bmbf.de/pub/exist-news_2001_01.pdf) bieten hierfür eine hervorragende Plattform, die zur Unterstützung herangezogen werden kann.

Das BMBF wird Forschungsprojekte, die Unternehmensgründungen unterstützen, verstärkt fördern. Darüber hinaus hat das BMBF kürzlich eine Studie zur wirtschaftlichen Bedeutung der Nanotechnologie ausgeschrieben mit dem Ziel, belastbare und quantifizierte Angaben zum wirtschaftlichen Potenzial der Nanotechnologie zu erhalten. Diese Datenbasis wird dazu dienen, das Gründungspotenzial der Nanotechnologie besser einschätzen zu können und strategische Schwerpunkte auf der Basis branchenbezogener Marktabschätzungen zu setzen (s. Punkt 3).

5. Rolle der KMU stärken

Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sind ein wichtiger Innovationsmotor für die deutsche Wirtschaft. Gerade sie können diese Wirkung oft nicht ausschließlich aus eigener Kraft entfalten, sondern sie sind auf den Zugang zu aktuellen FuE-Ergebnissen angewiesen. Das Interesse dieser Betriebe an der Nanotechnologie ist auffallend groß: Weit über 100 KMU sind Mitglieder bestehender Netzwerke zur Nanotechnologie. Gleichwohl bedarf es hier

besonders intensiver Anstrengungen, da nanotechnologisches Know-how bislang in nur geringem Maße zum Gegenstand der beruflichen Qualifikation geworden oder aber in Form käuflicher Zwischenprodukte, Geräte oder Dienstleistungen zu erwerben ist.

*Das BMBF sieht es als Daueraufgabe an, den Zugang zu FuE-Ergebnissen für KMU zu optimieren und durch eine Steigerung der Beteiligung von KMU an nationalen wie europäischen Bildungs- und Forschungsprogrammen deren zunehmende Integration zu realisieren. **Daher hat das BMBF aktuell eine Reihe von Maßnahmen eingeleitet, die die Fachprogramme für KMU noch attraktiver machen:***

- *Durch die Einführung von **thematischen Öffnungsklauseln** für KMU wird eine thematisch breitere Förderung ermöglicht.*
- *Durch den sogenannten „**Quereinstieg**“ erhalten KMU ein von Stichtagen unabhängiges, permanentes Antragsrecht.*
- *Durch Verstärkung der **Transfer- und Diffusionsmaßnahmen** werden die Forschungsergebnisse der Fachprogramme einem breiten Kreis interessierter KMU zukommen.*
- *Durch weitere **Verfahrenserleichterungen** (vereinfachte Bonitätsprüfung, Reduzierung externer Begutachtungen, Erweiterung von Pauschalierungsmöglichkeiten) wird der Zeitraum zwischen Projektidee und Förderentscheidung weiter verkürzt.*

6. Chancen der europäischen und internationalen Kooperation nutzen

In Zeiten globalisierter Märkte ist eine zunehmende Internationalisierung von Wissenschaft und Forschung notwendig. Die internationale Zusammenarbeit im Bereich der Forschung flankiert die intensiven Wirtschaftsbeziehungen deutscher Unternehmen zum Ausland. Sie steigert durch FuE-Kooperationen und die dadurch bewirkte Präsenz und Sichtbarkeit deutscher Wissenschaft und Forschung die Attraktivität des Produktions- und Forschungsstandorts Deutschland, wodurch Anreize für Investitionen aus dem Ausland geschaffen werden. Damit leistet sie einen wesentlichen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.

Von den Instrumenten, die für die internationale Zusammenarbeit zur Verfügung stehen (z.B. multilaterale Kooperationsrahmen: EUREKA, COST, OECD; bilaterale Kooperationsrahmen), ist insbesondere das 6. EU-Rahmenprogramm für Forschung, technologische Entwicklung und Innovation hervorzuheben, das das Ziel verfolgt, einen „Europäischen Forschungsraum“ zu gestalten. Das BMBF hat sich im Forschungsministerrat mit Nachdruck und Erfolg für eine

Steigerung der europäischen Fördermittel für die Nanotechnologie im Vergleich zum Vorläuferprogramm eingesetzt.

Diese Möglichkeiten gilt es zu nutzen:

- *Für den Wissenschafts- und Innovationsstandort Deutschland ist es entscheidend, mit den besten Partnern zusammenzuarbeiten und aktiver Teil internationaler Exzellenznetzwerke zu sein. Nachdem es gelungen ist, nationale Nanotechnologie-Kompetenzzentren aufzubauen, bietet das im 6. EU- Forschungsprogramm neu eingeführte Förderinstrument der Exzellenznetze den Kompetenzzentren eine aussichtsreiche Perspektive zu deren Weiterentwicklung.*
- *Die mit dem 6. EU-Forschungsrahmenprogramm neu eingeführten „integrierten Projekte“ bieten Wirtschaft und Wissenschaft ein geeignetes Instrument, die eingangs als Ziel beschriebene stärkere strategische Ausrichtung der Nanotechnologieforschung auf europäischer Ebene weiter zu befördern.*

Die Kompetenzzentren können aufgrund ihrer Vernetzung eine wertvolle Mittlerrolle bei der Konzeption solcher komplexen, strategischen „integrierten“ Projekte einnehmen. Durch die institutionelle Verankerung der nationalen Kontaktstellen für die EU-Förderung bei den – im Bereich der nationalen Forschungsförderung aktiven – Projektträgern des BMBF entstehen wertvolle Synergieeffekte.

Nachwuchs fördern und Qualifizierung vorantreiben

7. Wissenschaftlichen Nachwuchs fördern

In der Nanotechnologie gibt es einen harten internationalen Wettbewerb um die besten Köpfe. Auf diesem Gebiet ist es notwendig, die personelle Basis für eine hochwertige Forschung und für den Wissenstransfer in die Industrie zu schaffen und auszubauen. Gleichzeitig ist es schwierig, diesen Bedarf durch ein ausreichendes Angebot an qualifizierten Wissenschaftlern zu decken. Dabei ist Nanotechnologie als ein überaus attraktives Arbeitsfeld für Forscherinnen und Forscher aus Physik, Chemie und zunehmend auch Biologie und Ingenieurwissenschaften anerkannt.

Das BMBF hat zahlreiche Aktivitäten initiiert, die auf eine Modernisierung und Stärkung der Aus- und Weiterbildungssysteme abzielen und die den Standort Deutschland für junge For-

scherrinnen und Forscher, sei es aus dem Inland oder dem Ausland, aufwerten. Hervorzuheben sind beispielsweise die Graduiertenförderung, das Emmy-Noether-Programm der DFG (www.dfg.de/aufgaben/emmy_noether_programm.html), das „BioFuture“-Programm des BMBF (www.bmbf.de/620_1138.html), die Einführung der Juniorprofessur, die Zukunftsinitiative Hochschule oder die beginnende Etablierung international anerkannter akademischer Abschlüsse. Diese Instrumente müssen in der Nanotechnologieforschung konsequent genutzt werden.

Zusätzlich startet das BMBF jetzt einen „Nachwuchswettbewerb Nanotechnologie“, für den im Rahmen der BMBF-Projektförderung ca. 75 Mio. € für einen Zeitraum von 5 Jahren zur Verfügung gestellt werden sollen. 50 Nachwuchsgruppen, in denen insgesamt bis zu 250 wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt werden, bekommen über 5 Jahre hinweg die Möglichkeit, unabhängig im Bereich naturwissenschaftlich-technisch benachbarter Disziplinen zu forschen. Hervorragende junge Wissenschaftler aus dem In- und Ausland erhalten hier erstmals als eigenverantwortliche Projektleiter direkten Zugang zu Fördermitteln. Es ist das Ziel des Wettbewerbs, die Durchdringung der beteiligten Grundlagendisziplinen und der Ingenieurwissenschaften so zu fördern, dass neue Impulse für die Fortentwicklung der Nanotechnologie und ihrer Nutzung entstehen. Gleichzeitig soll für hervorragend ausgewiesene jüngere Wissenschaftler der Weg in eine wissenschaftliche Spitzenkarriere oder in eine aussichtsreiche Unternehmensgründung geebnet werden.

8. Qualifizierungsbedarf erkennen und frühzeitig Kompetenzen entwickeln

Die Nanotechnologie kann ihr Innovationspotenzial für eine breitere wirtschaftliche Anwendung nur ausspielen, wenn in Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen entsprechend qualifiziertes Personal, beispielsweise Ingenieure oder Facharbeiter, zur Verfügung steht. Die Interdisziplinarität und rasche Weiterentwicklung der Nanotechnologie stellen das Bildungssystem dabei vor besondere Herausforderungen, denen durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Bildungs- und Forschungseinrichtungen – beispielsweise im Rahmen von Netzwerken oder den angesprochenen Leuchtturmprojekten – begegnet werden muss.

In den Universitäten und Fachhochschulen muss das Studienangebot durch Vermittlung von Konzepten und Erkenntnissen der Nanotechnologie weiterentwickelt werden, wobei eine enge Kooperation der unterschiedlichen Fachrichtungen zu fordern ist. Neben der Modernisie-

rung der Studieninhalte, der Erarbeitung von Lehrmodulen und Studienschwerpunkten (auch im Rahmen der neuen Abschlüsse „Bachelor“ und „Master“) wird das Augenmerk insbesondere auf die Entwicklung von Aufbau- und integrierten Studiengängen gerichtet. Dies geschieht bereits punktuell an wenigen Hochschulen, ist aber auszuweiten.

Inhaltliche Angebote der Nanotechnologie für die berufliche Aus- und Weiterbildung sowie der Qualifizierungsbedarf in der Industrie und daraus abzuleitende Handlungsoptionen müssen vertieft analysiert werden. Im Rahmen der vom BMBF aktuell initiierten Früherkennung von Qualifikationsanforderungen werden zukunftsstragende Strategien der Berufsentwicklung unter Berücksichtigung von Technologietrends herausgearbeitet. Dies soll dazu beitragen, Bedarf und mögliche Wege einer Modernisierung bestehender Ausbildungsberufe, beispielsweise durch Zusatzqualifikationen für nanotechnologische Verfahren, schneller eingrenzen zu können.

Gesellschaftlichen Diskurs über Chancen, Perspektiven und Risiken der Nanotechnologie initiieren

9. Gesellschaftliche Folgen abschätzen

Gerade die Nanotechnologie als weit in die Zukunft greifende und gleichzeitig viele Bereiche der Gesellschaft – Technik, Gesundheit, Individualität, Kommunikation – umfassende Basistechnologie bedarf auch der Innovations- und Technikfolgenabschätzung. Begleitend zur Technologieentwicklung muss daher Orientierungswissen über mögliche gesellschaftliche und ökologische Konsequenzen generiert werden, um Handlungsoptionen für die gesellschaftlich erwünschte Nutzung der Nanotechnologie zu entwickeln. Die teilweise noch im Bereich des Visionären liegenden Erwartungen, die sich aus den Gestaltungsmöglichkeiten auf atomarer und molekularer Ebene für gänzlich neue Materialien und Produkte in den unterschiedlichsten Technik- und Wirtschaftsbereichen ergeben, bedingen eine frühzeitige Diskussion der Fragestellung, welche Wirkungen diese neuen Technologien auf den Lebensbereich der Menschen und die volkswirtschaftliche Entwicklung des Standorts Deutschland haben könnten.

Die Chancen und Risiken der Nanotechnologie hinsichtlich des Potenzials zur Lösung gesellschaftsrelevanter Herausforderungen, bspw. im Gesundheitswesen, bei der Ressourcenschonung oder bei energierelevanten Fragestellungen müssen daher auch verstärkt in der Öffentlichkeit thematisiert werden.

Vor diesem Hintergrund ist das BMBF neben Fragen zur technischen und wirtschaftlichen Dimension auch an vertieften Analysen zu ökologischen, gesundheitlichen, sozialen und politischen Aspekten interessiert. Es hat daher aktuell detaillierte Studien zu den Themen „Nanotechnologie und Nachhaltigkeit“ sowie „Bedeutung der Nanotechnologie für die Gesundheit“ ausgeschrieben.

10. Rechtliche Rahmenbedingungen fortentwickeln

Um die Innovationsfähigkeit in der Wissenschaft und der Wirtschaft zu befördern, gleichzeitig aber den Schutz von Mensch und Umwelt auf hohem Niveau zu gewährleisten, bedarf es entsprechender Rahmenbedingungen.

Insbesondere bei der Anwendung von Produkten und Verfahren der Nanotechnologie am Menschen ist zu prüfen, ob die einschlägigen Rahmenbedingungen der biomedizinischen Gesetzgebung eine entsprechende Anwendung finden können oder inwieweit der Rechtsrahmen in Bezug auf Sicherheit und ethische Fragen gegebenenfalls weiterentwickelt werden muss.

Im Umweltschutz geht es um die Sicherheit vor Feinstäuben und anderen Belastungen, die von der Nanotechnologie ausgehen können. Hier sind die einschlägigen Gesetze und Verordnungen, beispielsweise für Chemikalien, für den Emissionsschutz, für den Arbeitsschutz und die Staubschutzverordnung auf ihre Wirksamkeit in der Nanotechnologie zu überprüfen.

Eine dringende Notwendigkeit für eine eigene Gesetzgebung im Bereich Nanotechnologie wird derzeit nicht gesehen. Die Anwendung des bestehenden Rechtsrahmen sollte zunächst ausreichen. Darüber hinaus sollte das Ergebnis der derzeit vorbereiteten (s. Punkt 9) und laufenden Untersuchungen im Rahmen der TAB-Studie, die vom Ausschuss für Bildung, Forschung und Technologiefolgenabschätzung des Deutschen Bundestages in Auftrag gegeben wurde, abgewartet werden.



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.