

Umschlagbild:
John Pezaris, David H. Hubel; <http://sight2blind.org>



INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	3
-----------------	---

1. EINLEITUNG	23
---------------	----

1. Charakter der Debatte und der politischen Aktivitäten	24
--	----

2. Vorgehensweise, Gliederung und Danksagung	29
--	----

II. VERORTUNG DES KONVERGENZKONZEPTS	33
--------------------------------------	----

1. Konvergenzbegriffe	33
-----------------------	----

2. Inhaltliche Verortung des Konvergenzkonzepts durch die Politik	36
---	----

III. IDEENHINTERGRUND UND KONFLIKTPOTENZIALE	41
--	----

1. Rahmen und Ideenhintergrund der Konvergenzdebatte	42
--	----

1.1 Menschenbilder und gesellschaftliche Aspekte	44
--	----

1.2 Visionäre Aspekte in den USA und Europa	46
---	----

2. Gesellschaftliche Konfliktpotenziale	50
---	----

2.1 Akteurslandschaft	51
-----------------------	----

2.2 Zusammenfassende Einschätzung	56
-----------------------------------	----

IV. ZUR EINSCHÄTZUNG VON KONVERGENZEN	59
---------------------------------------	----

1. Reichweiten der Konvergenzkonzepte	60
---------------------------------------	----

2. Inhaltliche Bestimmung von Konvergenzen	63
--	----

3. Konvergenzen und Anwendungsbereiche	68
--	----

3.1 Einschätzung und Strukturierung von Konvergenzprozessen	68
---	----

3.2 Konzeptionelle Herausforderungen	76
--------------------------------------	----

V. POLITISCHE AKTIVITÄTEN	79
---------------------------	----

1. Internationaler Überblick	79
------------------------------	----

1.1 Kanada	81
------------	----

1.2 Spanien	82
-------------	----

1.3 Andere Länder und Akteure	84
-------------------------------	----



INHALT

2. USA	90
2.1 Überblick und zusammenfassende Einschätzung	91
2.2 Entstehung und frühe Aktivitäten der NBIC-Initiative	103
2.3 Visionäres Programm der NBIC-Initiative	109
2.4 Die NBIC-Initiative ab 2003 und Reaktionen (USA)	119
2.5 NBIC-Konvergenz in der US-Forschungspolitik	125
2.6 Militär- und Sicherheitsforschung	137
2.7 Ausblick	149
3. Europäische Union	150
3.1 Überblick und zusammenfassende Einschätzung	152
3.2 Konzeptionelle Aktivitäten im Nanobereich	159
3.3 Frühe Foresight-Aktivitäten: Die CTEKS-Agenda	165
3.4 Sozialwissenschaftliche Projekte zur Konvergenz	173
3.5 Konzeptionelle Aktivitäten in anderen Bereichen	181
3.6 Europäisches Parlament	192
3.7 Sechstes und Siebtes Forschungsrahmenprogramm	198
3.8 Ausblick	211
4. Zentrale Ergebnisse mit Blick auf Deutschland	213
<hr/>	
VI. HANDLUNGSOPTIONEN UND FORSCHUNGSBEDARF	215
1. Ausgangslage in Deutschland	215
1.1 Mikrosystemtechnik	217
1.2 Weitere Aktivitäten der Bundesregierung	222
1.3 Sonstige Akteure	223
1.4 Zusammenfassende Einschätzung	225
2. Handlungsoptionen und Forschungsbedarf	226
2.1 Nanokonvergenz und Mikrosystemtechnik	227
2.2 Multi-, Inter- und Transdisziplinarität	228
2.3 Human Enhancement	230
2.4 Gesellschaftlicher Diskurs über Wissenschaft und Technik	231
2.5 Forschungsbedarfe und Schlussbemerkung	233
<hr/>	
LITERATUR	235
<hr/>	
ANHANG	259
1. Tabellenverzeichnis	259
2. Abbildungsverzeichnis	259
3. Abkürzungsverzeichnis	260

ZUSAMMENFASSUNG

Die letzten zwanzig Jahre waren nicht nur durch einschneidende politische Ereignisse, spektakuläre wissenschaftlich-technische Durchbrüche (z.B. in den Life Sciences) und Innovationen (z.B. durch das Internet) gekennzeichnet. Sie erscheinen im Rückblick zugleich als eine Periode, in der weitreichende Technikvisionen wieder einmal in Teilen der Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit ernsthafte Beachtung gefunden haben. In den laufenden Diskussionen über die Visionen, die sich an Feldern wie der Nanotechnologie und der Hirnforschung entzündeten, sagen Mahner wie Optimisten grundlegende Veränderungen der Gesellschaft, Kultur und »menschlichen Natur« voraus.

In diesem Kontext steht auch die Debatte zu »Converging Technologies« (CT), die bisher vor allem durch forschungspolitische Akteure und Experten verschiedener Fachrichtungen vorangetrieben wird. Sie ist Teil des umfassenderen politisch-gesellschaftlichen Diskurses zu Nano-, Bio-, Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Hirnforschung, »Künstlicher Intelligenz« (KI), Robotik und den relevanten Wissenschaften. Unter dem Begriff »Konvergenz« wird eine Zunahme von Synergieeffekten bis hin zu einem Zusammenwachsen dieser Felder prognostiziert und die politische Förderung von Forschung und Entwicklung (FuE) in den Überschneidungsbereichen gefordert.

Die erste CT-Initiative wurde im Jahr 2001 in den USA im Rahmen von Aktivitäten zu gesellschaftlichen, rechtlichen und ethischen Aspekten der Nanotechnologie gestartet, unter maßgeblicher Beteiligung der National Science Foundation sowie des Handelsministeriums und unterstützt z.B. von Teilen der Militärforschung. Besonderheiten dieser Initiative, die trotz ihres nichtoffiziellen Charakters oft als eine offizielle US-Initiative angesehen wird, haben zum Teil sehr kontrovers geführte Diskussionen ausgelöst. Auch Massenmedien, Nichtregierungsorganisationen (NRO), Unternehmen und andere gesellschaftliche Akteurgruppen griffen das Thema einzeln auf. Zu analytischen Zwecken lassen sich unterscheiden

- > eine von den USA ausgehende, verschiedene gesellschaftliche Konflikte über Wissenschaft und Technik bündelnde Debatte, in der die künstliche Steigerung individueller Fähigkeiten (»Human Enhancement«) und weitreichende Visionen zur Zukunft der Menschheit im Mittelpunkt stehen;
- > die im engeren Sinn forschungspolitischen Diskussionen und Aktivitäten zur wissenschaftlich-technologischen Entwicklung unter dem Label »CT«, bei denen zwar der Ausgangspunkt ebenfalls in den USA lag, die inzwischen aber vor allem von Akteuren in Europa vorangetrieben werden.



Die politischen Aktivitäten zur CT-Thematik in den USA weisen eine Vielfalt von Bezügen zu den neueren Diskussionen über weitreichende Technikvisionen auf. Dabei ist die Konvergenzdebatte durch verschiedene Eigentümlichkeiten gekennzeichnet, die als gesellschaftlicher Hintergrund der wissenschaftlich-politischen Aktivitäten zu konvergierenden Technologien und Wissenschaften Beachtung verdienen: Zum einen betrifft dies den ausgeprägt normativen und (zumindest aus europäischer Perspektive) eher ungewöhnlichen Charakter der einschlägigen politischen Aktivitäten in den USA, zum anderen deren Rolle in einer weltanschaulichen Auseinandersetzung, in der Vertreter eines internationalen futuristischen Milieus, christlich-konservative Akteure und andere Gruppen aufeinander treffen. Die Debatten über die wissenschaftlich-technologische Entwicklung sind hier durch scharfe Gegensätze, polemische Zuspitzungen und oft fantastisch wirkende Heils- und Schreckensvisionen gekennzeichnet. Eine Voraussetzung für einen angemessenen politischen und gesellschaftlichen Umgang mit der Konvergenzthematik ist eine vertiefte Analyse und Bewertung dieses visionären Diskurses.

Nicht unabhängig, sondern oft in Abgrenzung vom visionären Diskurs findet die Konvergenzthematik aber auch in anderen politischen, wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Zusammenhängen Beachtung. Konvergenzkonzepte sind von wachsender Bedeutung für forschungspolitische Aktivitäten auf EU-Ebene und in verschiedenen Staaten. Dabei spielen, was bei dieser Thematik unvermeidbar sein dürfte, visionäre Aspekte ebenfalls eine Rolle. Die meisten Initiativen distanzieren sich jedoch von einigen der visionären Ideen, die von der US-Initiative zu den CT und in ihrem Umfeld vertreten werden. Vieles ist jedoch noch im Fluss. Während sich zwar die sozial- und geisteswissenschaftliche Debatte über Konvergenz in den letzten Jahren zunehmend thematisch aufgefächert und CT gewissermaßen als Thema etabliert hat, erscheint der Verlauf der Aktivitäten zur politischen Verankerung von Konvergenzkonzepten eher uneinheitlich. Hinsichtlich der möglichen Entwicklung einer deutschen Strategie ist es auf jeden Fall angebracht, neuere und laufende einschlägige politische Aktivitäten auf EU-Ebene und in anderen Ländern zu berücksichtigen.

KONVERGENZKONZEPTE UND IHRE POLITISCHE VERORTUNG

Wenn Verschiedenes »konvergiert«, nähert und gleicht es sich einander an, neigt sich einander zu oder läuft zusammen. »Konvergenz« in den genannten (und anderen ähnlichen) Bedeutungen ist, wie auch der Gegensatz »Divergenz«, seit Langem ein Fachausdruck verschiedener Disziplinen.

Zur unmittelbaren Vorgeschichte der neuen Konvergenzkonzepte gehören vor allem die Diskussionen zu medien- und informationstechnologischen Konvergenzprozessen.

sen, aber die US-amerikanischen Initiatoren der ersten CT-Initiative schöpften bei der Entwicklung ihres Konzepts auch aus anderen wissenschaftlichen und politischen Quellen. Insgesamt gesehen hat es den Anschein, dass sich die Verbreitung der neueren Konvergenzbegriffe innerhalb des naturwissenschaftlich-technischen Bereichs immer noch in engen Grenzen hält. Das dürfte auch darin begründet sein, dass diese Konzepte zumeist immer noch unterbestimmt und zu allgemein sind, um mit ihrer Hilfe konkrete Fragestellungen und Projektideen in Bezug auf das Zusammenwirken spezifischer FuE-Bereiche generieren zu können. Viele laufende politisch-wissenschaftliche Aktivitäten zur CT-Thematik zielen daher auf konzeptionelle Klärung oder auf Konkretisierung in Bezug auf relativ engumrissene Forschungsbereiche und potenzielle Anwendungsfelder.

Auch wenn eine Vielzahl von wissenschaftlich-technologischen FuE-Feldern in der CT-Debatte thematisiert worden ist, so ist doch die ursprünglich von der Initiative in den USA vorgenommene Fokussierung auf vier Felder weiterhin vorherrschend. Bei diesen Feldern handelt es sich um die Nano-, Bio- und Informationstechnologien sowie die Kognitionswissenschaft (»cognitive science«), nach den englischen Bezeichnungen zumeist »NBIC« abgekürzt. Obwohl bereits die CT-Initiative in den USA an verschiedenen Stellen betont hatte, dass es bei den Konvergenzprozessen auch um die entsprechenden Nano-, Bio- und Informationswissenschaften und im Fall der Kognitionswissenschaft auch um die Hirnforschung und Neurotechnologien gehe, hat sich der Ausdruck »konvergierende Technologien« (statt »konvergierende Wissenschaften und Technologien«) eingebürgert. Allerdings sind schon allein die vier NBIC-Felder durch ein hohes Maß an Inter- und Transdisziplinarität und technologischer Konvergenz gekennzeichnet. Die »NBIC«-Fokussierung, wo sie überhaupt durchgehalten wird, ist somit nur scheinbar relativ konkret.

Ein anderer Weg wurde daher mit der auf EU-Ebene entwickelten und 2004 veröffentlichten Agenda »Converging Technologies for the European Knowledge Society« (CTEKS) eingeschlagen. Zwar finden auch in dieser die NBIC-Felder besonders starke Beachtung. Dies geschieht aber vor dem Hintergrund eines weitgefassten CT-Konzepts, bei dem es – ohne strikte inhaltliche Festlegung, welche Konvergenzprozesse besonders relevant sind, und unter Betonung des hinsichtlich gesellschaftlicher Anwendungsfelder offenen Charakters der CT – um die vielfältigen Wechselwirkungen und gegenseitigen Befruchtungen zwischen einer großen Zahl von Wissenschaften und Technologien geht (einschließlich auch der Geistes- und Sozialwissenschaften).

Auch außerhalb der USA wurde die Konvergenzthematik ansatzweise forschungspolitisch verortet. In Deutschland fand seitens des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) bereits eine Anbindung der CT-Thematik an den FuE-Bereich Mikrosystemtechnik (»Converging Technologies for Smart Systems Integra-



tion«) statt, in dem verschiedene Konvergenzprozesse, vor allem zwischen den NBIC-Feldern, verstärkt Beachtung finden sollen. In Kanada und Spanien erhielten Foresight- und Pilotprojekte zur Konvergenzthematik staatliche Förderung. Auch in Afrika, Asien und Lateinamerika sind diverse Aktivitäten festzustellen.

Insgesamt gesehen sind die politischen Aktivitäten zur Konvergenzthematik immer noch weitgehend auf Foresight und Technikfolgenabschätzung, Konferenzen, die sozialwissenschaftliche und ethische Begleitforschung zur Nanotechnologie sowie auf einzelne Ansätze in verschiedenen naturwissenschaftlich-technologischen Bereichen beschränkt. Die wichtigste Ausnahme ist hier die EU. In ihrem neuen siebten Forschungsrahmenprogramm wurde unter dem Label »Konvergierende Wissenschaften und Technologien« eine ganze Reihe von Projektförderungen angekündigt, vor allem im Bereich Nanowissenschaften und -technologien.

VISIONEN UND GESELLSCHAFTLICHE KONFLIKTPOTENZIALE

Von einer Konvergenz der Technowissenschaften auf der Nanoskala werden hinsichtlich zentraler gesellschaftlicher Anwendungsfelder fundamentale Verbesserungen, aber auch erhebliche Gefahren erwartet. Gegensätze, die oft als Polaritäten von »Utopien« und »Dystopien« verstanden werden, prägen z.T. auch die forschungspolitischen Diskussionen. Der apokalyptische und der optimistische Futurismus teilen dabei größtenteils die Annahmen zu den Zukunftsmöglichkeiten der wissenschaftlich-technischen Entwicklung und schaukeln sich gegenseitig hoch.

Das Thema CT spielt in Bezug auf diese Diskussionen eine besondere Rolle. Schon die (um 2000 erfolgte) Aufwertung der Nanotechnologien und -wissenschaften zu einem zentralen, disziplinenübergreifenden Feld der Forschung und politischer Förderung wurde von einer Debatte über weitreichende Visionen begleitet. Die erste, in eben diesem Zusammenhang entstandene CT-Initiative wurde ab 2003 zudem in den sog. US-amerikanischen »Kulturkampf« (»culture wars«) über bioethische Fragen verwickelt, u.a. weil seitens des gemeinhin als wertkonservativ eingestuften Bioethikrats des US-Präsidenten Kritik an ihr laut wurde. Im Mittelpunkt stand dabei die enge Kopplung des CT-Konzepts dieser sog. NBIC-Initiative mit Visionen zu einem weitreichenden »Human Enhancement«, also einer Technisierung des menschlichen Körpers und einer fortschreitenden Verschmelzung des menschlichen Geistes mit Maschinen.

Starke Kräfte innerhalb der NBIC-Initiative suchten im gleichen Zeitraum ein offenes Bündnis mit der kleinen, aber international organisierten futuristischen Bewegung der »Transhumanisten«. Diese ist in letzter Zeit zu einem bevorzugten Angriffsziel wertkonservativer und anderer Kritiker geworden. Die Erwartungen der Transhumanisten und auch einiger Schlüsselfiguren der NBIC-Initiative reichen bis

hin zu Visionen einer sog. »Enhancementgesellschaft«, die z.B. auch durch eine Freigabe des »Gendopings« und bisher illegaler Drogen befördert werden könne, und kulminieren in der Hoffnung auf eine Überwindung des Todes mit wissenschaftlich-technischen Mitteln. Vor allem durch diese Besonderheiten der Initiative weist die CT-Debatte einen hochgradig visionären Charakter und einen Fokus auf das Thema »Human Enhancement« auf.

Ein Großteil der sich abzeichnenden gesellschaftlichen Konfliktlinien ist bisher auf die akademische Diskussion beschränkt. Gleichwohl sind einige der Auseinandersetzungen schon jetzt von einer gewissen politischen Relevanz. Neben Protestaktionen (vor allem in Frankreich) und Aktivitäten einzelner NRO sind vor allem die Auseinandersetzungen zwischen religiösen Kräften und transhumanistischen oder libertären Aktivisten und Akademikern zu nennen, die vor allem in den USA stattfinden. Offenkundig rücken zudem die Auswirkungen wissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse auf das Verhältnis von Natur und Technik, von Gewachsenem und Artifiziellem ins Zentrum der Aufmerksamkeit. Dabei kommen konkurrierende Verständnisse der »menschlichen Natur« und der *Conditio Humana* zum Tragen. Insbesondere das gegenseitige Sichhochschaukeln des religiösen und transhumanistischen Aktivismus könnte hier verschärfend wirken. Die Spannweite der Kritik reicht aber von ökologiebewegten und globalisierungskritischen Beiträgen über Auseinandersetzungen mit Konzepten »menschlicher Natur« und ihrer Bedeutung für Grundlagen der Demokratie (wie die Menschenrechte) bis hin zu den dezidiert religiösen Argumentationen, in denen posthumanistische und andere technofuturistische Vorstellungen als Ausdruck menschlicher Überheblichkeit und einer Abwendung von Gott (oder als »Hybris«) gedeutet werden. Eine Voraussetzung zur Realisierung dieser posthumanistischen Visionen sind technische Umbauten und Ergänzungen des menschlichen Leibs (z.B. durch neuartige Implantate), durch die bisher grundlegende körperliche und geistige Grenzen (und damit die Spezies Mensch) »transzendiert« werden sollen. Neben diesen im engeren Sinn transhumanistischen Vorstellungen ist eine weitere Voraussetzung die Entwicklung einer KI menschenähnlicher oder übermenschlicher Qualität, die an der Seite oder sogar anstelle der Menschheit zur Lenkerin der Evolution wird. Der Posthumanismus erscheint in diesem Kontext als eine (auch ideengeschichtlich) abgrenzbare intellektuelle Strömung und soziokulturelle Bewegung, die in der einen oder anderen Form die Schaffung nichtmenschlicher und dem Menschen kognitiv überlegener Wesen anstrebt.

Auf ein breiteres gesellschaftliches Interesse, über die Feuilletons und akademische Kreise hinaus, dürften aber weiterhin vor allem bioethische Themen stoßen, die bei größeren Teilen der Bevölkerung Beachtung finden oder bei denen bestimmte Gruppen (z.B. Körperbehinderte oder Schwangere) von wissenschaftlich-technologischen Entwicklungen besonders stark betroffen sind.



Zusammenfassend lässt sich hier feststellen, dass hinsichtlich der Kritik an den Promotoren der Konvergenzvisionen und diverser »Human-Enhancement«-Technologien grob zwei Hauptstoßrichtungen festzustellen sind:

- › Zum einen werden die technische Machbarkeit der Visionen und die wissenschaftliche Seriosität ihrer Advokaten infrage gestellt, oft unter Hinweis auf Einflüsse der Sciencefiction und des Transhumanismus.
- › Zum anderen werden politische und weltanschauliche Aspekte der Vorstellungen zu »Human Enhancement« und die technofuturistischen Ideen kritisiert. Dabei stimmen einige der Kritiker mit den futuristischen Annahmen zur künftigen Technologieentwicklung und der Realisierbarkeit der Visionen z. T. überein.

Weitere oft angesprochene politische Aspekte sind die Relevanz militärischer Nutzungsmöglichkeiten neuer Technologien sowie die Technikfixiertheit und der Technikdeterminismus einiger Strategien. Kritische bis hin zu polemischer Beachtung haben in verschiedenen akademischen Zusammenhängen auch politische sowie ideen-, wissenschafts- und technikgeschichtliche Aspekte der Konvergenzthematik und des Posthumanismus gefunden.

KONVERGENZPROZESSE IN FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Bisher ist die Forschung zur Konvergenzthematik auf die konzeptionellen Unklarheiten und die weltanschaulichen Aspekte der CT-Debatte fokussiert. Es wurde nur vereinzelt versucht, verschiedene FuE-Felder aus der Konvergenzperspektive systematisch und übergreifend zu untersuchen. Die Sichtung des Forschungs- und Diskussionsstandes in der expliziten Befassung mit Konvergenzprozessen ergibt aber, unter Berücksichtigung einschlägiger Studien zu einzelnen Bereichen der NBIC-Felder, ein erstes Bild der Relevanz dieser Prozesse in FuE und für die Forschungs- und Innovationspolitik.

Auch wenn die szientometrische Forschung zu dieser Frage noch am Anfang steht, gibt es Anzeichen dafür, dass die neuen Konvergenzkonzepte zwar an verschiedene wissenschaftliche Konzepte anschließen, sich ihre bisher ohnehin geringe Verbreitung aber vor allem auf die politischen Aktivitäten und die nichtnaturwissenschaftliche Begleitforschung zum Thema zurückführen lässt. Nur in den Feldern Nanowissenschaften, Nanotechnologien, IKT und biomedizinische Technologien werden sie häufiger verwendet. Die neuen Konvergenzbegriffe bzw. Abkürzungen wie NBIC und CT tauchen vereinzelt auf Konferenzen verschiedener naturwissenschaftlicher »communities« und in Projektanträgen an politische Institutionen auf sowie – (soweit online ersichtlich) weit häufiger als in naturwissenschaftlicher Literatur – in der politikberatenden Ethik, Begleitforschung und in sonstigen sozial- und geisteswissenschaftlichen Arbeiten.

Unabhängig von der Frage nach der Relevanz der neuen Konvergenzkonzepte ist offenkundig, dass in Wissenschaft und Technik immer wieder Prozesse vonstatten gehen, bei denen durch neue Überschneidungen oder Fusionen verschiedener Felder oder Disziplinen auch neue FuE-Bereiche mit eigenen Entwicklungspfaden entstehen. Bibliometrische Analysen haben zudem ergeben, dass in den letzten zehn Jahren Publikationen zu FuE in den Überschneidungsbereichen der NBIC-Felder deutlich zugenommen haben. Die durch die Nanotechnologiediskussion beförderte Konjunktur von Begriffen, die ein zunehmendes Verwischen der Grenze von Technik und Natur, von Unbelebtem und Belebtem anzeigen, kann als ein weiteres Anzeichen für die weite Verbreitung von NBIC-Konvergenzen angesehen werden.

Obwohl zum Teil – wie in der Nano- und Konvergenzdebatte – gleichsam forschungsexterne Gründe für die Genese und Weiterentwicklung von neuen »Etiketten« vorliegen dürften (z.B. auf Förderung und Investitionen abzielende Strategien), ist unübersehbar, dass eine Reihe durch Konvergenzprozesse entstandener oder emergierender FuE-Bereiche unter all den verschiedenen Etiketten immer wieder auftaucht. Dabei handelt es sich vor allem um Beispiele aus der Grundlagenforschung und in frühen FuE-Phasen, dennoch wird eine Zunahme anwendungsorientierter Konvergenzen oft erwartet oder zumindest als erstrebenswert eingeschätzt.

Relevante FuE-Bereiche sind hier u.a. Gehirn-Maschine-Schnittstellen und Implantate, bildgebende Verfahren in der Hirnforschung, natürliche Sprachverarbeitung und Spracherkennung, künstliche neuronale Netzwerke sowie Mustererkennung und »Computer Vision«, Bioinformatik, »Computational Biology«, nichtinvasive Techniken zur Diagnose und Überwachung des Gesundheitszustands, invasive, im Körper zum Einsatz kommende »Biodevices«, Biometrie, Biomimetik, »Virtuelle-Realität«-Anwendungen für biologische Systeme, Nanobiotechnologie und -medizin, Künstliche Intelligenz, Nanoelektronik, Nanophotonik sowie die Bereiche Simulation und Modellierung. Besonders starke Auswirkungen von NBIC-Konvergenzprozessen werden für die vielfältigen Anwendungsbereiche der Mikrosystemtechnik, für das Gesundheitswesen, den militärischen Bereich und die IKT-Industrie erwartet.

Aus Sicht der Bionik lässt sich durch NBIC-Konvergenzprozesse sowohl eine Zunahme der Nutzung bionischer Prinzipien feststellen als auch ein Hinausgehen über diese: Mit dem Aufkommen der »neuen Bionik« im Kontext von NBIC-Konvergenzen und anderen Entwicklungen (wie der »Synthetischen Biologie«) wird aus dem Lernen von der Natur und ihrer Imitation für die Herstellung unbelebter Artefakte zunehmend ein Bauen neuer Brücken zwischen Belebtem und Unbelebtem oder eine Modifikation natürlicher Prozesse und Strukturen für Designzwecke bis hin zur Vision einer technischen Erschaffung biologischer Entitäten gleichsam »von Grund auf«.



Im neurotechnologischen Feld stehen z.T. bereits seit Langem eingeführte neuroprothetische Hilfsmittel für Personen mit Behinderungen neben Neuentwicklungen (insbesondere für den Ersatz sensorischer Leistungen) sowie Ansätzen und Visionen zur Realisierung komplexer Mensch-Maschine-Schnittstellen, die sozusagen das biologische System Gehirn direkt mit informationstechnischen Systemen koppeln sollen. Neue Hirn-Maschine-Schnittstellen, Prothesen zur Kompensation sensorischer Einschränkungen und Verbesserung motorischer Fähigkeiten sowie Visionen zu kognitiv leistungssteigernden Implantaten gehören zugleich – insbesondere vor dem Hintergrund der »Human-Enhancement«-Thematik – zu den zentralen Themen der CT-Debatte. Es wird vermutet und in den USA z.T. auch als innovationspolitisch relevant eingeschätzt, dass besonders effektive, zukünftige Technologien zur Verbesserung kognitiver Fähigkeiten Neuroimplantate (trotz ihrer Risiken) auch für sensorisch oder psychisch unbeeinträchtigte Menschen attraktiv machen könnten. Aus NBIC-Konvergenzperspektive erscheinen verschiedene Neurotechnologien als avancierte Formen der BIC-Konvergenz, bei denen eine Integration nanotechnologischer und -wissenschaftlicher Elemente für möglich gehalten wird. Die Neurotechnologien können so als ein Schlüssel zum Verständnis der CT-Debatte begriffen werden, insbesondere wenn man sie innerhalb eines weitgefassten Konzepts der Kognitionswissenschaften situiert.

Auch wenn einige sehr ambitionierte Projekte der Militärforschung, insbesondere in den USA, auf ein radikales »Human Enhancement« durch Nutzung und Förderung von NBIC-Konvergenzen abzielen, bleibt festzuhalten, dass sich gerade viele der Visionen, die in ethisch-gesellschaftlichen Debatten am umstrittensten sind, entweder noch in einer sehr frühen Forschungs- oder Entwicklungsphase befinden oder gar gänzlich fantastisch anmuten.

Internationale Vergleiche zur relativen Stärke im CT-Bereich stehen vor besonderen Schwierigkeiten, nicht nur aufgrund der Unklarheit vieler Konvergenzkonzepte, sondern auch wegen der großen nationalen und weltregionalen Unterschiede in der Forschungspolitik und in den Innovationssystemen. In ersten Untersuchungen speziell zur Konvergenzthematik wurde daher eine ganze Reihe von Vorbehalten gemacht, insbesondere was die Interpretation der vor allem mit szientometrischen Analysen, Foresight-Metastudien und Experteninterviews gewonnenen Daten und Einschätzungen betrifft. Mit der gebotenen Vorsicht kann in Bezug auf Konvergenzprozesse zwischen den vier NBIC-Feldern zum einen festgestellt werden, dass die Wissenschaft in der EU Schwächen beim Wirkungsgrad der Publikationen hat (gemessen an Literaturverweisen auf diese) und dass die Forschungsförderung suboptimal organisiert ist. Innerhalb der EU hat Deutschland hinsichtlich der meisten NBIC-Konvergenzbereiche eine führende Stellung.

Generell spiegeln sich auch hinsichtlich der CT die typischen Stärken, Schwächen und Herausforderungen der europäischen FuE- und Innovationslandschaft wider, wie z.B. eine leistungsfähige Forschung, Probleme bei der Kommerzialisierung von wissenschaftlich-technischen Neuerungen oder die verstärkte Konkurrenz durch die emergierenden Wirtschaftsmächte vor allem Asiens. Angesichts der Schlüsselrolle der Nanotechnologie für neue Konvergenzprozesse ist bemerkenswert, dass Europa im Bereich der öffentlichen Förderung von FuE kompetitiv ist, aber die Industrie einen relativ geringen Anteil an FuE-Investitionen z.B. im Vergleich zur US-Wirtschaft hat.

Die verstärkte Förderung multidisziplinärer Einrichtungen sowie neue Richtlinien und Programme für die Förderung felderübergreifender FuE könnten für die EU angezeigt sein, wobei die Konvergenzperspektive womöglich von Nutzen wäre. Innovationen ließen sich in Europa wahrscheinlich relativ leicht im Gesundheitsbereich realisieren, wobei IKT eine zentrale Rolle zu spielen hätten. Hier und anderswo könnte Europa die wissenschaftliche Spitzenposition in bestimmten Nischen einnehmen. In der Kognitionswissenschaft hat Europa gegenüber den USA den bisher allerdings kaum genutzten Vorteil, dass hier eine Vielzahl von theoretischen Ansätzen und Spezialisierungen existiert, weshalb bei der Förderung dieses Schlüsselfelds der NBIC-Konvergenz besondere Chancen bestehen. Auch nationale Konvergenzstrategien, z.B. Kanadas, setzen an vorhandenen Vorteilen mit dem Ziel an, diese auszubauen. Generell wird in der CT-Debatte vielfach gefordert, sich an den spezifischen gesellschaftlichen Bedarfen und Problemlagen zu orientieren, um Konvergenzprozesse zielgerichtet fördern zu können.

POLITISCHE INITIATIVEN UND AKTIVITÄTEN

Bei forschungspolitischen Aktivitäten, die sich explizit auf konvergierende Wissenschaften und Technologien beziehen, ist global gesehen mittlerweile die EU eindeutig der Hauptakteur. Dabei fand auch eine weitgehende Loslösung von den inhaltlichen Besonderheiten der NBIC-Initiative in den USA statt, insbesondere hinsichtlich der Betonung des »Human Enhancement«. Mit dem siebten Forschungsrahmenprogramm der EU hat sich das Konvergenzkonzept zu einem Schlüsselement in der Förderung zu Nanowissenschaften und -technologien entwickelt und in anderen Bereichen (vor allem IKT und emergierende Technologien für die Informationsgesellschaft) an Bedeutung gewonnen. Daneben ist die EU inzwischen anscheinend auch am aktivsten, was die Förderung nichtnaturwissenschaftlicher Forschung zur Konvergenzthematik betrifft, also die sog. Begleitforschung. Unter den Nationalstaaten zeichnet sich Deutschland dadurch aus, dass es als erster Staat nach den USA eine Projektförderung konkret zur Erforschung und Weiterentwicklung naturwissenschaftlich-technischer Konvergenzprozesse beschlossen hat. Bemerkens-



werte forschungspolitische Aktivitäten zur Entwicklung einer nationalen Konvergenzstrategie haben vor allem in Kanada und Spanien stattgefundenen. In Indien haben sich Spitzenpolitiker, z.T. in enger Anlehnung an das visionäre Programm der US-amerikanischen NBIC-Initiative und die Ideen des Nanofuturismus, äußerst euphorisch über die Zukunftsperspektiven der CT geäußert. In Südafrika (wie auch in Deutschland) hat die NBIC-Konvergenz als Zukunftsthema Eingang in nationale Strategiedokumente zur Nanotechnologie gefunden.

Perspektivisch dürfte von den internationalen Entwicklungen für die deutsche Politik vor allem von Interesse sein, in welchem Maß die Aufwertung des Konvergenzkonzepts auf EU-Ebene sich konkret in Fördermaßnahmen und weiteren konzeptionellen Aktivitäten niederschlagen wird. Es ist auch nicht ausgeschlossen, dass in den USA – seitens der NBIC-Initiative oder durch einen neuen Treiber – die Konvergenzthematik über die derzeit laufenden, eher engbegrenzten Aktivitäten hinaus wieder verstärkt aufgegriffen wird (z.B. im Fall eines Regierungswechsels, nach dem dann z.B. auf konservativ-religiöse Bedenken gegen weitreichende Konvergenz- und »Human-Enhancement«-Visionen womöglich weniger Rücksicht genommen werden müsste).

USA

Die US-amerikanische NBIC-Initiative zur Konvergenz entstand im Rahmen der politischen Aktivitäten zu ethischen, gesellschaftlichen und rechtlichen Implikationen der Nanotechnologie, einem Feld, in dem die Frage des Umgangs mit futuristischen Visionen von Anfang an eine zentrale Rolle spielte. Neben den gesetzten Akzenten im Definitions- und Gegenstandsbereich, die vor allem hinsichtlich des Verständnisses von »Cognitive Science« einige Fragen aufgeworfen haben, sind es vor allem die bereits angesprochenen politisch-kulturellen Aspekte, unter denen die NBIC-Initiative als eigentümlich erscheint. Offensichtlich ist aber, dass die Initiative das Ziel verfehlt hat, zu einer offiziellen politischen Initiative auf dem Niveau z.B. der nationalen Nanotechnologieinitiative (NNI) zu werden.

Die Analyseergebnisse zeigen auch, dass die NBIC-Initiative ihren Zenit in den Jahren 2003 und 2004 bereits überschritten hat. Wichtige beteiligte Institutionen, z.B. aus der Militärforschung, haben sich zurückgezogen, und bei ihren beiden Hauptstützen, der National Science Foundation und dem Handelsministerium, haben personelle Wechsel dazu geführt, dass besonders aktive Mitglieder der Initiative auschieden oder an Einfluss verloren haben. Auch die Anziehungskraft der Initiative auf renommierte Naturwissenschaftler ist anscheinend geringer als anfangs zu erwarten war. In ihren jüngsten und derzeit geplanten Publikationen gewinnen zudem offenkundig Beiträge aus dem Spektrum des organisierten Transhumanismus an Bedeutung. Forschungsförderung unter explizitem Bezug auf das NBIC-Konzept

oder ähnliche Konvergenzkonzepte, die schon in der Hochzeit der NBIC-Initiative ein eher geringes Ausmaß hatte, findet derzeit, soweit ersichtlich, nur in wenigen Aktivitäten der National Science Foundation (vor allem zur Nanogrundlagenforschung, wissenschaftlichen Kooperation und Nanobegleitforschung) statt.

EUROPÄISCHE UNION

Das Konvergenzkonzept hat mit dem siebten Forschungsrahmenprogramm auf der strategisch-programmatischen Ebene und in der Projektförderung an Bedeutung gewonnen hat, da

- > es im Bereich Nanotechnologie erheblich aufgewertet wurde;
- > sich die Aktivitäten des sozialwissenschaftlichen Foresight weiter intensivierten;
- > seine Bedeutung im IKT-Feld deutlich zunahm (insbesondere im Gebiet der sog. zukünftigen und emergierenden Technologien);
- > es nun vereinzelt auch in Aktivitäten zu Biotechnologien und -wissenschaften Erwähnung findet;
- > sich abzeichnet, dass es in Projekten zu ethischen Aspekten und zum gesellschaftlichen Dialog über die NBIC-Technologien sowie zu den Umweltwissenschaften weiter zum Einsatz kommen wird.

Es ist davon auszugehen, dass die gezielte Förderung wissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse, vor allem zwischen den NBIC-Bereichen, verstärkt unter Bezug auf das Konzept erfolgen wird. Auf EU-Ebene wird, insbesondere vonseiten der für Nanowissenschaften und -technologien Zuständigen, ein besonderer Bedarf für die Weiterentwicklung einer umfassenden gesellschaftlich-politischen Vision zu den CT gesehen, angebunden an zentrale Leitbilder der EU-Politik (z.B. zur Wissensgesellschaft oder Lebensqualität). Aufbauend auf den vorangegangenen konzeptionellen Aktivitäten der CTEKS-Expertengruppe und anderer Akteure untersuchen dementsprechend mehrere jüngst abgeschlossene und laufende Projekte soziale, ökonomische und ethische Aspekte wissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse. In der auch durch Aktivitäten der Europäischen Kommissionen angestoßenen ethisch-politischen Diskussion über CT und »Human Enhancement« und der geförderten Begleitforschung ist die ganze Spannbreite von Auffassungen vertreten, von Transhumanisten bis hin zu religiösen Wertkonservativen.

Noch offen ist, inwieweit das Konvergenzkonzept über den Nano-, Foresight- und IKT-Bereich und die ethische Forschung hinaus von Bedeutung sein wird und ob durch den Einfluss der Aktivitäten auf EU-Ebene die internationale CT-Debatte den bisherigen Fokus auf »Human Enhancement« verlieren wird. Ebenfalls noch offen ist die Zukunft des häufig auch auf EU-Ebene genutzten NBIC-Konzepts: Ob und, wenn ja, wie die Kognitionswissenschaft sozusagen zur gleichberechtigten Partnerin



der drei anderen Felder werden kann (und soll), ist noch weitgehend unklar. Konkretisierungs- und vor allem Handlungsbedarf besteht hinsichtlich des bereits in der CTEKS-Agenda gemachten Vorschlags, durch die systematische Einbeziehung weiterer wissenschaftlich-technologischer Perspektiven und gesellschaftlicher Gruppen die Debatte und Aktivitäten zu den CT auf eine breitere Basis zu stellen.

DEUTSCHLAND

Deutschland weist auf politischer Ebene und über diese hinaus relativ weitentwickelte Positionen zur Konvergenzthematik und CT-Debatte auf. Es lässt sich feststellen, dass

- › die offiziellen Aktivitäten explizit zur Konvergenzthematik zwar noch sehr gering sind, aber bereits einen im Vergleich zu allen anderen Nationalstaaten (außer vielleicht den USA) relativ hohen Grad an Konkretion (in punkto Forschungsförderung) erreicht haben;
- › mit der Fokussierung auf die Mikrosystemtechnik ein aussichtsreich erscheinender, anwendungsorientierter Ansatz gewählt wurde, bei dem aber – wie allgemein in der CT-Debatte – die Bedeutung der Kognitionswissenschaft innerhalb der NBIC-Felder noch unklar ist;
- › sowohl die internationalen Foresight- und Technikfolgenabschätzungsaktivitäten als auch die internationale akademische Diskussion und Forschung zu den gesellschaftlichen, ökonomischen, ethischen, sonstigen philosophischen und kulturellen Aspekten der CT maßgeblich von deutschen Einrichtungen mitgeprägt werden;
- › es einige Hinweise darauf gibt, dass in den im Mittelpunkt der Konvergenzdebatte stehenden FuE-Bereichen Forscher, die in Deutschland arbeiten, eine wichtige Rolle spielen.

Diese Befunde, von denen der Letztgenannte noch empirisch näher geprüft werden müsste, zeigen, dass das Thema Konvergenz in Deutschland angekommen ist. Fraglich bleibt aber, ob die CT-Debatte zum Anlass genommen werden sollte, den gesellschaftlichen Dialog über Wissenschaft und Technik (und insbesondere über das Thema »Human Enhancement«) politisch zu befördern, und inwieweit die neuen Konvergenzkonzepte Anlass dafür geben, forschungs- und innovationspolitische Strategien zu hinterfragen. Beim derzeitigen Stand der politisch-wissenschaftlichen Debatte und Forschung würden offizielle deutsche Aktivitäten hier voraussichtlich ein hohes Maß an Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Bei der politischen Beurteilung, ob dies wünschenswert ist, wären neben den im engeren Sinn forschungspolitischen Fragestellungen auch die gesellschaftlichen, ethischen und kulturellen Facetten der Thematik im Auge zu behalten.

HANDLUNGOPTIONEN UND MÖGLICHE FORSCHUNGSBEDARFE

Bisher gibt es keine Anhaltspunkte für einen dringenden politischen Handlungsbedarf beim Thema »Konvergierende Wissenschaften und Technologien«. Die CT-Debatte könnte allerdings zum Anlass für politische Aktivitäten genommen werden, vor allem auf der Ebene strategischer forschungs-, bildungs- und technologiepolitischer Fragen, in der Begleitforschungsförderung sowie eventuell in Bezug auf bestimmte, stark inter- oder transdisziplinäre FuE-Bereiche.

Grundsätzlich stellt sich aber weiterhin die Frage nach einem möglichen politischen Nutzen des Konvergenzkonzepts: In der deutschen Forschungslandschaft und -förderung haben alle sogenannten konvergierenden Technologien und Wissenschaften bereits ihren festen Platz. Auch inter- und transdisziplinäre Aspekte und felderübergreifende Technologieentwicklung finden dabei Berücksichtigung. Die Recherche- und Analyseergebnisse zu europäischen und anderen CT-Initiativen legen hier lediglich nahe, die eigenen Strategien periodisch vor dem Hintergrund internationaler Aktivitäten zur Konvergenzthematik zu überprüfen. Schon allein der eigentümlich weltanschauliche und visionäre Charakter der Konvergenzdebatte, insbesondere in den USA, sollte Anlass zu einer sorgfältigen Abwägung sein, bevor eine Neuausrichtung in der Forschungs-, Bildungs-, Wissenschafts- und Technologiepolitik auf die CT-Thematik erfolgt. Mit der Verankerung des CT-Konzepts in einem Teilbereich der Mikrosystemtechnik hat die deutsche Forschungspolitik schneller und konkreter auf den schillernden Diskurs über Konvergenz reagiert als dies wohl in allen anderen Nationalstaaten der Fall war.

Folgende politische Handlungsoptionen, die sich direkt auf das Konvergenzkonzept und die CT-Thematik beziehen, seien hervorgehoben:

- > Konvergenz als ein Aspekt der Förderaktivitäten zur Nanotechnologie und Mikrosystemtechnik;
- > die Konvergenzperspektive als ein neuer Ansatz zur Förderung multi-, inter- und transdisziplinärer Forschung sowie felderübergreifender Technologieentwicklung;
- > die politisch-gesellschaftliche Diskussion und eventuell gezielte Förderung konvergierender Technologien und Wissenschaften hinsichtlich avancierter und sich abzeichnender Möglichkeiten des »Human Enhancement«;
- > die Konvergenzthematik als Ausgangspunkt einer breit und dialogisch angelegten politisch-gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit der aktuellen wissenschaftlich-technologischen Entwicklung und mit deren Zukunftsperspektiven.

Bei allen vier Optionen ist zu berücksichtigen, dass insbesondere vonseiten US-amerikanischer Akteure das Konvergenzkonzept in einer posthumanistisch-futuristi-



schen Richtung stark normativ aufgeladen wurde. Selbst wenn, wie bei den ersten beiden Handlungsoptionen, eine Konzentration auf im engeren Sinn naturwissenschaftlich-technische FuE ohne besonderen »Human-Enhancement«-Bezug erfolgt, erscheint daher eine Auseinandersetzung mit den visionären Aspekten der Konvergenzdebatte und deren historischen Traditionslinien sowie weltanschaulichen Aspekten angezeigt.

NANOKONVERGENZ UND MIKROSYSTEMTECHNIK

Bei der ersten Handlungsoption, also der weitgehenden Beschränkung der Konvergenzperspektive auf die Nanogrundlagenforschung und die systemanwendungsorientierte Mikro-Nano-Integration, ginge es vor allem um die Fortführung und den Ausbau bisheriger einschlägiger Aktivitäten des BMBF. Angeraten erscheinen weiterhin die Auswertung ähnlicher Aktivitäten außerhalb Deutschlands, insbesondere auf EU-Ebene und in den USA, und die weitere Vernetzung. Fraglich erscheint noch, wie ohne Berücksichtigung der umfassenden Aspekte der CT-Debatte die angestrebte verstärkte Einbeziehung der Kognitionswissenschaft und Neurotechnologien sinnvoll möglich sein wird. Hier böte es sich an, zuvor

- › systematisch Bezüge zu der bereits erfolgenden Förderung stark interdisziplinärer und transdisziplinärer FuE (z. B. in neuro- und kognitionswissenschaftlichen Bereichen, in den Bereichen Ubiquitäres Computing, der KI-Forschung und anderen Gebieten) verstärkt herzustellen;
- › bestehende und mögliche Strategien zur Förderung der Kognitionswissenschaft in einem umfassenden Sinn zu überprüfen;
- › die gesellschaftlichen, ethischen und ökonomischen Aspekte der Hirnforschung und des »Human Enhancement« verstärkt zu untersuchen und öffentlich zu diskutieren, auch unter Einbeziehung der Erkenntnisse, die in den derzeit von der Bundesregierung und anderen Akteuren geförderten Forschungsarbeiten gewonnen werden;
- › den gesellschaftlichen Dialog über die CT zu intensivieren, unter Einbeziehung der relevanten sozial- und geisteswissenschaftlichen Expertise.

Zu den Vorteilen eines an der Mikro-Nano-Integration und der Entwicklung von »Smart Systems« orientierten Ansatzes gehören die starke Anwendungsbezogenheit, der relativ hohe Grad an Konkretkeit und die Anknüpfung an eine etablierte FuE-Tradition. Offen erscheint aber, ob man sich mit der verstärkten Einbeziehung der Kognitionswissenschaft einen Gefallen tut. Als warnendes Beispiel kann hier die US-amerikanische NBIC-Initiative gelten. Aus diesem ist auf jeden Fall zu lernen, dass der erhoffte Schub durch die Einbeziehung des »Human Potential« nur auf der Basis tatsächlicher kognitionswissenschaftlicher Expertise angestrebt werden sollte. Gerade bei dem in Deutschland gewählten Fokus der »Smart Systems Integration«

wäre es zudem sinnvoll, auch weitere sozial- und geisteswissenschaftliche Forschungsergebnisse und -ansätze verstärkt zu berücksichtigen.

MULTI-, INTER- UND TRANSDISZIPLINARITÄT

Bei der zweiten Handlungsoption stellen sich zum Teil ähnliche Herausforderungen, vor allem in Bezug auf die Abstimmung bestehender stark interdisziplinärer und transdisziplinärer Forschungsförderprogramme mit einer etwaigen neuen Konvergenzinitiative. Hier böte es sich überdies an, die Aktivitäten zur Evaluation bereits erfolgter oder existierender Programme und Aktivitäten zur Förderung von Multi-, Inter- und Transdisziplinarität sowie felderübergreifender Technologieentwicklung unter der Konvergenzperspektive zu intensivieren, auch unter Einbeziehung der EU-Ebene. Ähnlich wie ansatzweise in Spanien und Kanada erfolgt, sollte zudem in Vorbereitung einer größeren CT-Initiative eine Bestandsaufnahme der deutschen FuE-Landschaft aus Konvergenzperspektive erfolgen, auch durch eine innovationsorientierte Einbeziehung der Sozial- und Geisteswissenschaften in naturwissenschaftlich-technologische Konvergenzprozesse (also über traditionelle »Begleitforschung« zu ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Aspekten hinaus).

Eine entscheidende Voraussetzung für eine sinnvolle Nutzung des Konvergenzkonzepts dürfte eine Weiterentwicklung sein, die über die bisher oft oberflächlichen, eher rhetorischen Ansätze der US-amerikanischen und einiger anderer CT-Initiativen hinausgeht. Eine Möglichkeit ist ein disziplinen- und technologieneutrales Konvergenzkonzept, wie es vom Ansatz her bereits auf EU-Ebene in der CTEKS-Agenda vorgeschlagen wurde. Ein solches hätte den Vorteil, dass nicht von vornherein bestimmte FuE-Gebiete im Fokus ständen und andere, womöglich hochinnovative und sozioökonomisch relevantere Gebiete vernachlässigt würden. Es sollten verstärkt Versuche unternommen werden, Konvergenzen zu hierarchisieren, wobei z.B. »Kernwissenschaften« (wie Chemie und Physik), breite FuE-Felder (wie z.B. die Biotechnologie) sowie etablierte, neue und emergente FuE-Bereiche stark inter- und transdisziplinärer Natur zu unterscheiden und erst danach die vielfältigen Konvergenzen systematisch zu analysieren wären.

Bei einer solchen Analyse, die ggf. auch eine Reorganisation der Forschungsförderungsfelder anleiten könnte, böte es sich zudem an, zwischen verschiedenen Arten von Konvergenz zu unterscheiden: »Schwache« Konvergenzen, bei denen FuE-Ergebnisse aus anderen Gebieten nur »Hilfsmittelcharakter« haben, wären von Konvergenzen per Inspiration (im Sinne konzeptionell-theoretischer Befruchtung) und jenen »starken« Konvergenzen zu unterscheiden, bei denen sich neue FuE-Bereiche mit eigenen Entwicklungspfaden herausbilden und Erkenntnisse oder Kompetenzen aus mehreren Gebieten unmittelbar in Innovationen eingehen. Leit-



bild könnte eine problemorientierte, sach- und bedarfsbezogene Konvergenzförderung sein, bei der

- > einerseits eine Unabhängigkeit von flüchtigen »Hypes« und konsequente Innovationsorientierung erreicht werden;
- > andererseits aber die Förderstrategien – auch hinsichtlich der politischen Strukturierung von FuE nach Anwendungsbereichen – genügend flexibel sind, um neu auftretende Konvergenzprozesse zu berücksichtigen und einzelne Projekte nicht mit weitreichenden Anforderungen an Inter- und Transdisziplinarität zu überfordern.

Obwohl deren Durchführung z.T. kritisch zu bewerten ist, ließe sich hier an Aktivitäten der EU und anderer Akteure zu neuen und emergierenden FuE-Bereichen anknüpfen. Verstärkte Anstrengungen zur Information und Einbeziehung der Öffentlichkeit und der Wissenschaft in ihrer ganzen Breite (einschließlich nichtnaturwissenschaftlicher Disziplinen) erscheinen angezeigt.

HUMAN ENHANCEMENT

Bei der dritten Handlungsoption, auf die z.B. auch in einem abgeschlossenen Projekt des TAB zur Hirnforschung hingewiesen wurde, läge der Schwerpunkt auf den sog. »Human-Enhancement«-Technologien (HET). Deren Potenziale und Risiken wären systematisch auszuloten, unter Einschluss übergeordneter Fragen zu Menschen- und Gesellschaftsbildern. Gerade hier erscheint auch ein frühzeitiger gesellschaftlicher Dialog wünschenswert, der bisher nur vereinzelt und selten unter Berücksichtigung der Konvergenzperspektive stattfindet.

Insbesondere mit Blick auf die EU-Ebene und auf laufende Aktivitäten der Bundesregierung wäre es unangebracht, das Konvergenzkonzept auf Technologien zur Steigerung menschlicher Leistungsfähigkeit und zur »Verbesserung« menschlicher Eigenschaften zu beschränken. Da die infrage stehenden Technologien (z.B. im Bereich der neuroelektrischen Schnittstellen) aber einen relativen hohen Grad an Konvergenz aufweisen, wäre eine Einbettung des Themas in Aktivitäten zu den CT denkbar. »Human Enhancement« könnte so als ein Aspekt der CT-Entwicklung betrachtet werden. Dabei sollte dann auch systematisch untersucht werden, welche medizinisch-therapeutischen Potenziale diese Technologien haben und welche Folgen es hätte, wenn man – wie vereinzelt in den USA politisch gefordert – HET als einen Wachstumsbereich mit Blick auf nichttherapeutische Luxus-, Lifestyle- oder Massenwendungen förderte.

Angezeigt erscheint überdies, in der Analyse stärker zwischen den verschiedenen HET zu differenzieren: Zum einen sollten eher konventionelle pharmazeutische und chirurgische »enhancements« von sich abzeichnenden bzw. emergierenden sowie

von rein visionären Möglichkeiten »radikalerer« Art unterschieden werden. Zum anderen bieten sich bestimmte Aspekte als Schwerpunktthemen an, insbesondere HET zur Kompensation von Behinderungen und militärische Nutzungsperspektiven, einschließlich der bereits laufenden Aktivitäten im Bereich der Militär- und Sicherheitsforschung (insbesondere der USA). Bei diesen beiden möglichen Schwerpunkten handelt es sich nicht nur um die Bereiche, in denen konkrete Forschungs- und Förderaktivitäten bisher zumeist angesiedelt sind, sondern es stellen sich dort auch die dringlichsten ethischen und gesellschaftlichen Fragen. Konzeptionell unterscheiden ließen sich zum einen Werkzeuge oder Hilfsmittel (z.B. Nachtsichtbrillen) von mit dem Körper fest verbundenen oder implantierten Geräten, zum anderen langfristige oder dauerhafte Verbesserungen der Leistungsfähigkeit von kurzfristigen Leistungssteigerungen (z.B. durch Drogen). Zum »Human Enhancement« im engeren Sinn würden dann nur langfristig wirksame oder dauerhafte, auf Verbesserung abzielende Modifikationen der menschlichen Leistungsfähigkeit zählen, die durch wissenschaftlich-technisch ermöglichte Eingriffe in den menschlichen Körper bewerkstelligt werden.

GESELLSCHAFTLICHER DISKURS ÜBER WISSENSCHAFT UND TECHNIK

Bei der vierten Handlungsoption ginge es um die Stimulierung, Bereicherung und Ausweitung des gesellschaftlichen Diskurses über Wissenschaft und Technik insgesamt, wobei die Konvergenzperspektive als strukturierendes Element eingeführt würde.

Neben den Ideen, die auf EU-Ebene zur systematischen Ausweitung der Konvergenzdiskussion entwickelt wurden (z.B. Vorschläge in der CTEKS-Agenda), könnten auch verschiedene Instrumente und Konzepte der Technikfolgenabschätzung zum Einsatz kommen. Eher handlungsunterstützenden und orientierenden Charakter hat dabei das Instrument der Visionsanalyse und -bewertung (»Vision Assessment«), das vor allem der politisch-gesellschaftlichen Selbstverständigung, aber auch dem politischen »Management« von Visionen dienen soll. Zur politisch-wissenschaftlichen Organisation und Stimulierung des gesellschaftlichen Diskurses über Wissenschaft und Technik bestehen verschiedene, z.T. bereits seit längerem erprobte Verfahren, Methoden und Konzepte der Technikfolgenabschätzung und Foresight. An einschlägige Projekte der Bundesregierung, auf EU-Ebene und in anderen Zusammenhängen ließe sich anknüpfen. Erstrebenswert erscheint auch die verstärkte Berücksichtigung von sozial- und geisteswissenschaftlichen Feldern, die in der forschungspolitischen Diskussion und wissenschaftlichen Politikberatung eher selten Berücksichtigung finden. Schließlich wäre es sinnvoll, auch die Politikberatung und Forschung zu ethischen Aspekten der verschiedenen konvergierenden Technologien und Wissenschaften zu berücksichtigen, deren Bedeutungszuwachs sich in den letzten Jahren nicht nur im politisch-institutionellen Bereich niederge-



schlagen hat, sondern auch in einer fortschreitenden Ausdifferenzierung (neben Bio- und Informationsethik nun auch Neuro- und Nanoethik).

Insbesondere bei dieser – aber auch bei der dritten – Handlungsoption könnte der Deutsche Bundestag als Forum und Brennpunkt politisch-gesellschaftlicher Diskussionen zweifellos eine wichtige (und dann international wohl auch relativ stark beachtete) Rolle spielen. Die aufgezeigte große Vielfalt thematischer Aspekte und weltanschaulicher Konflikte, die der CT-Debatte zu Eigen ist, lässt dabei aber eine vorsichtige Vorgehensweise angezeigt erscheinen. Die Erkenntnisse laufender Forschungen zur Konvergenzthematik und zu angrenzenden Themen wie »Human Enhancement« und »Synthetische Biologie« sollten Berücksichtigung finden. Eine Verzahnung solcher Aktivitäten mit denen anderer europäischer Parlamente sowie die verstärkte Einbeziehung politikberatender Institutionen (einschließlich der Ethikräte) erscheinen angezeigt. Von besonderer Bedeutung dürften hier die weitere Stimulierung des transatlantischen Austauschs und die Einbeziehung nichtwestlicher Akteure in die bislang durch die USA und Europa geprägte Konvergenzdebatte sein, insbesondere auch beim Thema »Human Enhancement«, bei dem ja zumindest die einschlägigen Visionen Grundlagen menschlicher Existenz und Gesellschaften berühren.

OPTIONEN ZUR FORSCHUNGSFÖRDERUNG

An dieser Stelle wird lediglich auf solche Forschungsbedarfe hingewiesen, die sich unmittelbar im Zusammenhang mit den aufgezeigten Handlungsoptionen ergeben. Zu nennen sind hier

- › vertiefte und systematische Untersuchungen zu bereits existierenden CT-Anwendungsbereichen sowie zu Chancen und Herausforderungen, die sich für Innovationssysteme durch die diversen Konvergenzprozesse ergeben;
- › weitere international vergleichend angelegte szientometrische Studien, Expertenbefragungen und andere Untersuchungen zu naturwissenschaftlich-technologischen Konvergenzprozessen sowie zur aktuellen Bedeutung des Konvergenzkonzepts in FuE;
- › die Entwicklung differenzierter, womöglich disziplinenunabhängiger und technologieutraler Konzepte wissenschaftlich-technologischer Konvergenz, unter Berücksichtigung verschiedener Typen von Konvergenzen (z.B. »schwache« und »starke« Konvergenzen, Konvergenz durch Inspiration) sowie des dynamischen Charakters von Konvergenzprozessen und (gegenläufiger) disziplinärer und technologischer Ausdifferenzierungsprozesse;
- › Bestandsaufnahmen der deutschen FuE-Landschaft und Förderaktivitäten im Bereich der NBIC-Felder aus der Konvergenzperspektive;

- > die konvergenzbezogene Evaluation multi-, inter- und transdisziplinärer Forschung und felderübergreifender Technologieentwicklung und ihrer Förderung, auch aus internationaler Perspektive;
- > systematische Auswertungen der Forschung zu ethischen und gesellschaftlichen Aspekten der NBIC-Felder aus der Konvergenzperspektive;
- > Technikfolgenabschätzungen (einschließlich Visionsanalysen und -bewertungen) sowie andere Studien zur vertieften Untersuchung einzelner Konvergenzbereiche und Technologien, z.B. der sogenannten »Human Enhancement«-Technologien;
- > partizipativ angelegte Aktivitäten und Studien zur Gewinnung von Erkenntnissen über die gesellschaftliche Auseinandersetzung mit den konvergierenden Technologien und Wissenschaften und eventuell zur Stimulierung dieser Auseinandersetzung.

Das so erarbeitete Orientierungswissen trüge nicht nur zur Klärung der Frage bei, ob ein neues Konvergenzparadigma eine solide wissenschaftlich-technologische Basis hätte. Gegebenenfalls könnte es auch die politische Operationalisierung neuer CT-Konzepte sowie die Gestaltung und innovationsorientierte Förderung von Konvergenzprozessen unterstützen.



EINLEITUNG

1.

In diesem Bericht werden die politische und wissenschaftliche Debatte sowie einschlägige Aktivitäten zu den sogenannten »Converging Technologies« (CT) analysiert. Die Debatte tendiert dazu, eine umfassende Diskussion über Wissenschaft, Technik und Gesellschaft zu werden, da unter dem Kürzel »CT« i.d.R. mehrere Schlüsseltechnologiefelder sowie die zugehörigen oder für sie relevanten Wissenschaften angesprochen werden. Letzteres betrifft auch die Sozial- und Geisteswissenschaften sowie die Philosophie (insbesondere einschließlich der Technikethik), die überdies selbst in der Debatte eine wichtige Rolle spielen.

Aufgrund des Charakters der Debatte hat sich bisher keine einheitliche Definition der CT herausgebildet. Kaum zu bestreiten ist aber, dass viele der in der Konvergenzdebatte angesprochenen Entwicklungen zumindest perspektivisch von politischem und gesellschaftlichem Interesse sind. Verstärkte Aktivitäten der Technikfolgenabschätzung zu diesen Entwicklungen erscheinen vielfach angezeigt und werden auch schon durchgeführt (in Deutschland z.B.: Merkel et al. 2007; Schmid et al. 2006; TAB 2006 u. 2007). Mit Blick auf die Konvergenzdebatte stellen sich aber spezifische Herausforderungen:

- › Zum einen müssen der Sinn und die forschungspraktische Relevanz des Konvergenzbegriffs bestimmt werden, insbesondere hinsichtlich der Erwartungshaltungen und Initiativen der politischen Akteure. Welche Chancen und Risiken bestehen für Entscheidungsträger, wenn sie forschungs-, bildungs- oder technologiepolitische Strategien an der (durchaus umstrittenen) Vorstellung ausrichten, dass sich so verschiedene, selbst schon multi- oder transdisziplinäre Felder wie Ubiquitäres Computing, Hirnforschung, Nanotechnologie und Genforschung mit einem neuen Konvergenzparadigma zusammenfassen lassen? Welche Konvergenzprozesse lassen sich überhaupt feststellen, inwieweit ähneln sich diese und welche wissenschaftlich-technische, gesellschaftliche oder ökonomische Bedeutung haben sie?
- › Zum anderen ist zu fragen, welche Auswirkungen der Charakter der Konvergenzdebatte selbst auf die Forschungspolitik, andere Politikbereiche und den gesellschaftlichen Diskurs über Wissenschaft und Technik hat. Wie ist z.B. die Beförderung der Diskussionen über das sog. »Human Enhancement« (also über die Steigerung oder Ausweitung menschlicher Fähigkeiten und Eigenschaften mit wissenschaftlich-technischen Mitteln) durch Promotoren des Konvergenzkonzepts zu bewerten? Was bedeutet es für die Forschungs- oder Technologiepolitik, dass (unter starker Beteiligung politisch-administrativer Akteure) verstärkt auch extreme Zukunftsvisionen in den ethisch-politischen Diskurs über Wissenschaft



und Technik eingebracht werden? Zeigen sich in diesem Zusammenhang – oder gar in den forschungs- und technologiepolitischen Strategien – grundlegende Unterschiede zwischen den USA und der EU?

Um sich diesen Fragen politisch auf solidem Boden nähern zu können, erscheint es angebracht, zunächst die Konvergenzdebatte zu rekonstruieren, die politischen Aktivitäten zum Thema international vergleichend zu analysieren und erste Folgerungen hinsichtlich einer möglichen Strategie für die Entscheidungsträger in Deutschland zu ziehen. Dazu will die vorliegende Studie beitragen. Ihre Untersuchungsgegenstände sind vor allem der Charakter sowie die Inhalte der Konvergenzdebatte und der politischen Aktivitäten, die bisher unter Bezug auf das Konvergenzkonzept entfaltet wurden. Auf beide Aspekte sei im Folgenden einleitend bereits etwas näher eingegangen, um zentrale Fragen und Facetten der Thematik aufzuzeigen.

CHARAKTER DER DEBATTE UND DER POLITISCHEN AKTIVITÄTEN

1.

Die *Debatte über CT* hat sich seit Ende der 1990er Jahre hauptsächlich aus dem politischen Diskurs über Nanotechnologie entwickelt, wobei der Ausgangspunkt in den USA lag, mittlerweile aber die Aktivitäten auf EU-Ebene zahlreicher und umfassender sind. Zum Teil äußerst kontrovers wird seitdem diskutiert, inwieweit verschiedene Technologien und Wissenschaften derzeit »konvergieren« oder synergetisch zusammenwirken und welche Folgen solche Konvergenzprozesse kurz-, mittel- und langfristig haben könnten. Im Mittelpunkt stehen dabei die *Nano-, Bio-, Informationstechnologien und -wissenschaften sowie die Kognitionswissenschaft*, die zusammen oft als *NBIC* (nano, bio, info, cogno) abgekürzt werden. Hirnforschung und Neurotechnologien und die Forschung zu »Künstlicher Intelligenz« spielen in der Debatte eine besondere Rolle, aber auch andere Disziplinen (z.B. Sozialwissenschaften) und Technologiefelder (z.B. die Robotik) finden häufig Berücksichtigung.

Als einigendes Charakteristikum der angesprochenen Technologie- und Wissenschaftsfelder werden oft Tendenzen der Miniaturisierung und die *zunehmende Bedeutung der Mikro- und Nanoebene* in Forschung und Entwicklung (FuE) genannt. Darüber hinaus wird argumentiert, dass es zahlreiche Beispiele für die gegenseitige Befruchtung der infrage stehenden Forschungsbereiche und für ihre Abhängigkeit voneinander gäbe. Deren Zusammenhang wurde in den USA z.B. auf folgende Formel gebracht: »If the cognitive scientists can think it, the nano people can build it, the bio people can implement it, and the IT people can monitor and control it.« (Roco/Bainbridge 2002, S. 11)

Neben solch eher plakativen Äußerungen wird oft auf konkrete aktuelle oder kurz- bis mittelfristig zu erwartende Beispiele für die gegenseitige theoretische und methodische Befruchtung und einander ermöglichende («enabling») Funktionen (EU HLEG FNTW 2004) von Technologien und Wissenschaften hingewiesen.

Das *Konvergenzkonzept* mutet allerdings immer noch hypertroph und wenig trennscharf an. Überdies bezieht es sich auf Begriffe, deren Definition und Reichweite ebenfalls umstritten sind, da sie Aktivitäten in sehr unterschiedlichen Disziplinen und Entwicklungsbereichen zusammenfassend bezeichnen (wie vor allem »Nanotechnologie« und »Kognitionswissenschaft«). Selbst wo in der Debatte das Verhältnis der NBIC-Felder in den Konvergenzprozessen relativ präzise definiert wird, bleiben daher offene Fragen in Bezug auf die Reichweite des Konvergenzkonzepts. Zum Teil werden die CT zur Chiffre für umfassende, also die NBIC-Felder überschreitende Ziele oder Tendenzen inter- und transdisziplinärer FuE. In dieser Sichtweise können z.B. insbesondere auch die Geistes- und Sozialwissenschaften zu wissenschaftlich-technologischen Konvergenzprozessen beitragen, etwa durch statistische Verfahren, Methodologien für qualitative Forschung, technik(ideen)geschichtliche Untersuchungen und Analysen der sozialen Dynamik bei der Erzeugung und Verbreitung technologischer Innovationen (EU HLEG FNTW 2004) oder sogar durch ihre Integration in eine neue, anwendungsorientierte Einheitswissenschaft (Roco/Bainbridge 2002; Bainbridge 2004a). Der Vergleich verschiedener CT-Initiativen, der in der vorliegenden Studie durchgeführt wird, zeigt, dass institutionelle Anbindungen sowie die disziplinären bzw. professionellen Hintergründe der Teilnehmenden derzeit maßgeblich mitbestimmen, welchen Technologien, Wissenschaften und Konvergenzprozessen jeweils besondere Relevanz beigemessen wird.

So uneinheitlich sich die Definitionen des Gegenstandes CT darstellen, so heterogen muten auch die *Zielbestimmungen von Konvergenzprozessen* an. Das Spektrum reicht hier von allgemeinen Leitbildern – z.B. die Verbesserung und Ausweitung menschlicher Fähigkeiten («Human Enhancement») oder die Weiterentwicklung der »Wissensgesellschaft« – über die Nutzbarmachung der CT für ganze gesellschaftliche und politische Handlungsfelder – z.B. Umwelt, Gesundheit oder Sicherheit – bis hin zu mehr oder weniger kleinteiligen einzelnen Anwendungsbereichen wie z.B. intelligentes Wohnen, besser ausgerüstete und physisch modifizierte Soldaten, Verbesserung der Trinkwasserqualität oder die Herstellung neuartiger Implantate.

Hinzu kommen weitreichende Erwartungen an die technowissenschaftliche Entwicklung, die wie (*quasi*)religiöse Heilserwartungen, *utopische Hoffnungen* oder *Ideen aus der Sciencefiction* anmuten und in technikethischen Debatten der letzten Jahre einige Aufmerksamkeit erfahren haben (z.B. Vorstellungen eines paradiesischen Überflusses, von Mensch-Maschine-Mischwesen oder einer perfektionierten, »sozialtechnologischen« Steuerung gesellschaftlich-kultureller und politischer Pro-



zesse). Neben den weniger spektakulären Visionen bzw. Möglichkeiten des »Human Enhancement« (z.B. durch Drogen) werden gerade auch diese futuristischen Ideen in letzter Zeit vermehrt kritisiert, u.a. von religiöser Seite. Solch weitreichende Visionen sind technik(ideen)geschichtlich keineswegs neu, sie haben aber aktuell eine andere Qualität gewonnen, u. a. durch die neue Art und Weise, wie Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und gesellschaftliche Interessensgruppen (seit dem Ende des Ost-West-Gegensatzes) mit visionären Erwartungen an die wissenschaftlich-technologische Entwicklung umgehen, sowie durch die Entstehung soziokultureller Bewegungen, die stark umstrittene, optimistische oder pessimistische Extrempositionen zu diesen Erwartungen einnehmen. Der Disziplinen und Technologien übergreifende Anspruch des CT-Konzepts befördert offensichtlich das Zusammenwachsen verschiedener futuristischer Diskussionsstränge, gleichsam eine *Konvergenz von Visionen* (Paschen et al. 2004) zu Computernetzwerken, Künstlicher Intelligenz, Genetik, Nanotechnologie, Robotik, Weltraumtechnologien und anderen FuE-Feldern und -Bereichen. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher, zum Teil gegensätzlicher *Menschen- und Gesellschaftsbilder* werden in diesem technikvisionären Diskurs aktuelle politische, gesellschaftliche, wissenschaftliche und ethische Probleme mit fantastisch anmutenden Zukunftsbildern vermengt (s. a. Habermas 2001, S. 75f.).

Die Diskussionen über CT erscheinen so insgesamt gesehen als eine *schillernde Debatte* mit u. a. folgenden Merkmalen:

- › Sie besitzt potenziell eine hohe Relevanz für zahlreiche neuere Wissenschafts- und Technologiebereiche und für andere forschungspolitische oder akademische Diskussionen (z.B. über Multi-, Inter- und Transdisziplinarität, Innovationssysteme oder das Verhältnis zwischen Sozial- und Geisteswissenschaften und der Philosophie einerseits und Natur- und Ingenieurwissenschaften andererseits).
- › Sie weist eine Vielfalt von Berührungspunkten mit ethischen sowie geistes-, kultur- und sozialwissenschaftlichen Debatten auf (z.B. über das Auflösen von Grenzen zwischen Mensch und Maschine sowie Natur und Technik, die Steigerung oder Ausweitung menschlicher Fähigkeiten bzw. »Human Enhancement« sowie Grundsatzfragen des Verhältnisses von gesellschaftlicher Entwicklung und technowissenschaftlichem Fortschritt).
- › Sie hat Affinitäten zu populärkulturellen und literarischen Traditionen (z.B. Sciencefiction und Technikutopien) sowie zum Technofuturismus, also zu jenen intellektuellen Strömungen, die weitreichende und radikale, technikfokussierte Zukunftsvisionen propagieren (Coenen 2006 u. 2007). Der Technofuturismus hat in den letzten 10 bis 20 Jahren in Wissenschaft und Politik wieder an Bedeutung gewonnen, ist soziokulturell stärker verankert und wurde inhaltlich modernisiert. Er hat eine breitgefächerte Kritik auf sich gezogen, bei der es u. a. um das öffentliche Ansehen der infrage stehenden Forschungsbereiche, um Standards na-



tur-, geistes- und sozialwissenschaftlicher Seriosität, um eine nachhaltige, sozial inklusive Technikentwicklung und rationale Forschungspolitik sowie um die Verteidigung säkular humanistischer oder religiöser Menschen- und Weltbilder geht.

- › Sie hat einen Fokus auf den NBIC-Konvergenzen, wobei neue und denkbare »Human-Enhancement«-Technologien besondere Aufmerksamkeit erfahren. Eher in den Hintergrund getreten sind die Zukunftsvorstellungen des Nanotechnologiepromotors Eric Drexler, der den frühen Diskurs über Nanotechnologie stark geprägt hatte (vgl. Coenen 2004; Paschen et al. 2004), seit der politisch-wissenschaftlichen Etablierung des Forschungsfelds aber vor allem als Beispiel für eine extreme visionäre Position zitiert wird.

Trotz der zwar immer noch überschaubaren, aber unter Experten sehr intensiv geführten Diskussion sind das Konvergenzkonzept und -debatte weiterhin von relativ geringer Relevanz sowohl für die allgemeine Öffentlichkeit als auch in den Naturwissenschaften und für die FuE-Landschaft. Auch die Zahl zivilgesellschaftlicher Akteure (wie NRO oder Kirchen), die sich in der CT-Debatte engagieren, ist noch relativ gering. Gleichwohl sind die Ideen und insbesondere auch die weitreichenden Visionen, die in der Konvergenzdebatte zirkulieren, einer größeren Öffentlichkeit durchaus bekannt, z.B. aus der Zeit der Interneteuphorie, der sogenannten »Joy-Debatte« (Schirmmacher 2001), der Sciencefiction, den Diskussionen über die Hirnforschung und aus bioethischen Debatten. In forschungs-, wissenschafts-, bildungs- und technologiepolitischen Expertenkreisen ist das Konvergenzkonzept überdies anschlussfähig, da es zahlreiche Berührungspunkte mit deren zentralen Themen (wie z.B. Multi-, Inter- und Transdisziplinarität) aufweist. Es lässt sich feststellen, dass die Konvergenzthematik zunehmend auch in wissenschaftlichen Zeitschriften und auf wissenschaftlichen Konferenzen Beachtung findet, wobei sich – der ethischen und gesellschaftlichen Brisanz einiger Visionen und dem technologiefelderübergreifenden Charakter der CT entsprechend – unterschiedliche Disziplinen an der Diskussion beteiligen. Neben den bereits vorliegenden Artikeln (z.B. Bainbridge 2007; Beckert et al. 2007a; Dupuy 2007; Giorgi/Luce 2007; Grunwald 2007e; Kastenhofer 2007; Khushf 2007a u. 2007b; Laurent 2007; Malanowski/Compano 2007; Nordmann 2007a u. 2007b; Ott/Papilloud 2007; Rafols 2007; Saage 2007; Schmidt 2007b; Tegart 2005; Whitman 2006 u. 2007) und der Berücksichtigung des Themas auf Konferenzen (vor allem der sozialwissenschaftlichen Technikforschung) finden sich online Hinweise darauf, dass eine Reihe weiterer Publikationen bevorsteht.

Während die Konvergenzdebatte also seit Anfang dieses Jahrzehnts mit einer zunehmenden thematischen Auffächerung und wachsenden Beteiligung von Sozial- und Geisteswissenschaften geführt wird, erscheint der Verlauf der *Aktivitäten zur politischen Verankerung von Konvergenzkonzepten* eher uneinheitlich.



In den USA, dem Ursprungsland der NBIC-Initiative und CT-Debatte, haben die politischen Aktivitäten speziell zur NBIC-Konvergenz anscheinend in den Jahren 2003 und 2004 bereits ihren Zenit überschritten. Inwieweit dies dort auf die Kritik vor allem seitens konservativer Bioethiker und anderer Intellektueller, auf Veränderungen in der forschungspolitischen Akteurslandschaft (sowohl auf der Ebene einzelner Personen als auch der Strategien der relevanten Institutionen) oder auf eine mangelnde Eignung des Konvergenzkonzepts als neues Paradigma zurückzuführen ist, kann noch nicht abschließend beantwortet werden. Es gibt aber auf jeden Fall einige Hinweise darauf, dass die sowieso relativ geringen politischen Aktivitäten, die in den USA explizit unter Bezug auf die Konvergenzidee entfaltet werden, in den letzten Jahren rückläufig waren.

Im Gegensatz dazu sind in *Europa* in letzter Zeit Ansätze zu einer verstärkten Nutzung des Konvergenzkonzepts in der Forschungspolitik festzustellen. Von besonderer Bedeutung sind hier die nanowissenschaftliche Grundlagenforschung und einige anwendungsorientierte Entwicklungsbereiche in der Nanotechnologie und Mikrosystemtechnik. Daneben lässt sich eine Aufnahme des neuen Konvergenzkonzepts vor allem in politischen Aktivitäten zu neuen und emergenten IKT feststellen, insbesondere auch hinsichtlich der Schnittstellen zu den Life Sciences und der Hirnforschung.

Auf EU-Ebene sind »converging sciences« und »converging technologies« mittlerweile zu wichtigen, wenn auch noch relativ unkonkreten Konzepten in der Forschungsförderung (und ansatzweise der Technologiepolitik) geworden. Dabei wurde die Aufwertung des Konvergenzkonzepts von einem umfassenden, auch extreme Visionen (zumeist kritisch) berücksichtigenden Diskurs begleitet. In diesem überwiegt seitens der EU die Distanz gegenüber expliziten »Human-Enhancement«-Projekten, deren Förderung auch bereits grundsätzlich abgelehnt wurde. Und die relativ intensive sozial- und geisteswissenschaftliche Begleitforschung orientiert sich überwiegend an dem Konvergenzkonzept einer hochrangigen Expertengruppe (EU HLEG FNTW 2004), das in bewusster Abgrenzung von dem US-amerikanischen NBIC-Konzept und extremen Visionen entworfen wurde. Zugleich wird aber vereinzelt auch auf die Herausforderungen durch etwaige neue Möglichkeiten einer »Rekonstruktion des Menschen« durch die CT eingegangen, es werden Befürworter von radikalem »Human Enhancement« in die Diskussionen sowie einzelne Aktivitäten integriert, und es werden schließlich auch eigene Konvergenzkonzepte entwickelt, die mit den auf »Human Enhancement« hin orientierten Vorstellungen der US-amerikanischen NBIC-Initiative durchaus kompatibel sind.

Bemerkenswerte politische Aktivitäten unter Bezug speziell auf das Konvergenzkonzept finden oder fanden z.B. auch in Frankreich, Indien, Kanada und Südafrika statt, wobei in Frankreich zudem die einzigen nennenswerten, z.T. radikalen Bür-

gerinitiativen und -proteste gegen FuE im CT-Bereich festzustellen sind. Hinsichtlich seiner Verankerung in FuE-Förderstrategien können aber *die deutschen Aktivitäten*, die vor allem *im Bereich der Mikrosystemtechnik* angesiedelt sind, trotz ihres noch geringen Umfangs als weiter vorangeschritten gelten als in den anderen Nationalstaaten (außer den USA). Den deutlich stärksten politischen Gebrauch vom Konvergenzkonzept macht derzeit aber die EU.

VORGEHENSWEISE, GLIEDERUNG UND DANKSAGUNG 2.

Die vorliegende Studie erfolgte auf Anregung aus dem Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages. Im Jahr 2005 wurde vereinbart, dass das TAB in laufenden Projekten (vor allem TAB 2007) und einem informellen Diskussionspapier folgende Beiträge zur Beratung des Deutschen Bundestages zu diesem Thema leisten sollte:

- > Überblicksanalyse zu den treibenden Akteuren und deren Interessen in den USA;
- > Identifikation möglicher Chancen, Herausforderungen und Konfliktpotenziale (und in dieser Hinsicht der Aufgaben für parlamentarische TA);
- > Aufzeigen möglicher Ansatzpunkte für eine europäische und deutsche Konvergenzstrategie.

Angesichts des bereits skizzierten dynamischen und weitreichenden Charakters der Debatte sowie der wachsenden Bedeutung des Konvergenzkonzepts auf EU-Ebene und in verschiedenen Staaten wurden diese Vorgaben durch folgende Punkte ergänzt:

- > Vertiefte und vergleichende Analyse nicht nur zu Entwicklungen in den USA, sondern vor allem auch zur EU-Ebene;
- > Skizze potenziell relevanter gesellschaftlich-ethischer Aspekte, die im visionären Diskurs über die CT eine Rolle spielen, hinsichtlich entstehender oder potenzieller politisch-gesellschaftlicher Konfliktlinien.

Die Studie, deren Bearbeitungszeitraum im Januar 2008 endete, konzentriert sich also auf Diskussionen und Aktivitäten mit expliziten Bezügen auf das Konvergenzkonzept. Es geht im Folgenden mithin auftragsgemäß vor allem darum, die programmatische und praktische forschungs-, technologie- und wissenschaftspolitische Bedeutung des Konzepts herauszuarbeiten (und nicht um eine Technikfolgenabschätzung zu den NBIC-Feldern oder anderen konvergierenden Wissenschaften und Technologien). Methodisch kam neben den in Untersuchungen des TAB üblichen Mitteln – Literaturstudien, Auswertung von Metastudien und anderen TA- und Foresight-Studien (einschließlich der Arbeiten des TAB selbst, vor allem: Paschen et al. 2004; TAB 2006 u. 2007), diverse Online- und Offlinerecherchen, Expertenin-



interviews, Policy- und Diskursanalysen etc. – auch das sog. »Vision Assessment« zum Einsatz (Grin/Grunwald 2004; Grunwald 2004, 2005, 2007a u. 2007b; Schmid et al. 2006). Dieses Instrument der Visionsanalyse und -bewertung bietet sich innerhalb von Technikfolgenabschätzungen gerade auch dann an, wenn es weniger um reale Entwicklungen in FuE geht als vielmehr um noch nichtrealisierte oder gar fantastisch anmutende Anwendungen und emergente FuE-Bereiche.

Kern der Untersuchung sind jedoch die Akteursanalyse und das Aufzeigen möglicher Ansatzpunkte für eine europäische und deutsche CT-Strategie. Im Mittelpunkt stehen dabei neuere forschungs-, technologie- und bildungspolitische Aktivitäten. Ergebnisse der in der Untersuchung ebenfalls geleisteten Rekonstruktion der Entwicklungsgeschichte des Diskurses über CT werden nur insoweit dargelegt als sie für die Analyse der Akteurslandschaft von Interesse sind.

Der Bericht ist folgendermaßen gegliedert:

- › In *Kapitel II* werden die Genese und inhaltliche Verortungen der Konvergenzidee durch die Politik skizziert. Dort geht vor allem um die Herkunft und das »wissenschaftliche Umfeld« des neuen Konvergenzkonzepts sowie darum, dessen Platz in der forschungspolitischen Landschaft zu umreißen.
- › In *Kapitel III* werden einige Ergebnisse der Visionsanalyse zur Konvergenzdebatte vorgestellt, wobei auch ihr diskursives Umfeld und sich abzeichnende oder potenzielle gesellschaftlich-kulturelle Konfliktlinien Berücksichtigung finden.
- › In *Kapitel IV* wird auf Konvergenzprozesse vertiefend eingegangen. Dabei werden einige Hinweise auf Forschungsergebnisse zu deren aktueller Relevanz und Zukunftsaussichten gegeben. Vor allem aber soll aufgezeigt werden, was in der politisch-akademischen Konvergenzdebatte als Voraussetzungen der NBIC-Konvergenz angesehen wird und welche Strukturierungen des Feldes konvergierender Technologien und Wissenschaften bisher vorgenommen wurden.
- › In *Kapitel V* erfolgt eine international vergleichende Analyse politischer Aktivitäten zum Konvergenzthema. Im Mittelpunkt stehen dabei explizit mit CT-Konzepten operierende politische Akteure in den USA und auf EU-Ebene.
- › In *Kapitel VI* werden resümierend und unter Bezug auf die einschlägigen deutschen Aktivitäten einige Handlungsoptionen für die deutsche und europäische Politik sowie weitere Forschungsbedarfe aufgezeigt.

Die Arbeit an der Studie wurde von einer Vielzahl von Expertinnen und Experten durch die Bereitschaft zu Interviews und fachlichem Austausch unterstützt. Das TAB dankt insbesondere Bernd Beckert vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), dessen *Gutachten »Hirnforschung und ›Converging Technologies«* eine wichtige Quelle auch für diese Studie war (FhG-ISI 2005; vgl. zu dem Projekt »Hirnforschung« des TAB, in dessen Rahmen das Gutachten ver-



geben wurde TAB 2007 u. Hennen et al. 2008). Der Autor des Papiers dankt den Kolleginnen und Kollegen im TAB und im ITAS für die Unterstützung bei der Arbeit an der Studie, dem CONTECS-Projektteam (Kap. V.3.4.3) für den inspirierenden Austausch zum Thema sowie Gregor Wolbring und Reinhard Heil für wertvolle Anregungen und Kommentare. Ein besonderer Dank des Autors gilt Christiane Quendt (ITAS) für sehr hilfreiche inhaltliche Kritik und für Korrekturarbeiten am Manuskript. Ebenfalls herzlich gedankt sei Robby Berloznik, Hartmut Böhm, Arianna Ferrari, Stefan Gammel, Lorenz Hilty, Imre Hronszky, George Khushf, Andreas Lösch, Rüdiger Lux, Sabine Maasen, Martina Merz, Alfred Nordmann, Richard Saage und Hava Tirosh-Samuelson, die es dem Autor ermöglicht haben, auf wissenschaftlichen Konferenzen und Workshops die Konvergenzthematik sowie Zwischenergebnisse der Studie mit Fachleuten unter verschiedenen Aspekten diskutieren zu können.



VERORTUNG DES KONVERGENZKONZEPTS

II.

Die Initiativen und Diskussionen zu konvergierenden Technologien und Wissenschaften sind in einem weiten diskursiven Feld und vielfältigen kulturellen Zusammenhängen situiert. Der politisch-akademische Spezialdiskurs zu CT entfaltet sich im Rahmen umfassender politisch-gesellschaftlicher Diskurse zu den einzelnen NBIC-Feldern und vor dem Hintergrund öffentlichkeitswirksamer internationaler Debatten über wissenschaftlich-technische Zukunftsvisionen und Risiken sowie politisch-kultureller Konflikte, die in den USA besonders intensiv verlaufen. Bevor jedoch diese (Kap. III) und die politischen Aktivitäten speziell zu den CT (Kap. V) analysiert werden können, ist es zunächst notwendig, auf die Genese der neuen Konvergenzbegriffe (Kap. II.1) und deren inhaltliche Verortung durch die Politik (Kap. II.2) einzugehen. Dabei wird noch keine Akteursanalyse geleistet, sondern es sollen lediglich einige Voraussetzungen und Hauptzüge der Entwicklung der Konvergenzidee im Rahmen der wissenschaftlichen und forschungspolitischen Diskussion skizziert werden.

KONVERGENZBEGRIFFE

1.

Wenn Verschiedenes »konvergiert«, nähert und gleicht es sich einander an, neigt sich einander zu oder läuft zusammen. »Konvergenz« in den genannten (und anderen ähnlichen) Bedeutungen ist, wie auch der Gegensatz »Divergenz«, seit Langem ein Fachausdruck verschiedener Disziplinen. Wer jedoch seit den 1990er Jahren speziell nach Konzepten *technologischer* Konvergenz suchte, wurde bis vor wenigen Jahren in der Regel auf *medien- und informationstechnologische Konvergenzphänomene* verwiesen.

Unter »Konvergenz« wird in diesem Zusammenhang eine Strukturveränderung des Mediensystems bezeichnet, bei der, vor allem auch unter Einfluss des Internets, die Grenzen vormals getrennter Mediengattungen überschritten werden oder sich auflösen (Weiss 2003, S. 74ff.). Unterschieden werden z.B. technologische, inhaltlich-funktionale und wirtschaftliche Ausprägungen von Konvergenz (Weiss 2003). Zwischen diesem – auch medienpolitisch relevanten – Konvergenzkonzept und dem neuen CT-Konzept bestehen, zumindest auf den ersten Blick, kaum Berührungspunkte, und sie werden auch eher selten zusammen betrachtet. Es finden sich aber durchaus interessante Ansatzpunkte für ihre Verknüpfung (bzw. der Integration des älteren Konzepts in das neue), z.B. in Bezug auf das Thema Ubiquitäres Computing (Kornwachs 2006). Bei mehreren internationalen akademischen und forschungs-



litischen Konferenzen der letzten Jahre standen Beiträge zur alten Konvergenzdebatte über Medien und Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) neben solchen zur NBIC-Konvergenz (z.B. Banse et al. 2007 sowie Konferenzen und Publikationen der APEC und UN; Kap. V.1.3).

Ein wichtiger Übergang von der Diskussion über Medien- und IKT-Konvergenzprozesse zur aktuellen CT-Debatte waren Überlegungen des Gesellschaftstheoretikers und Medienforschers Manuel Castells. Dieser stellte in seinen umfangreichen, in den 1990er Jahren durchgeführten Arbeiten zum »Informationszeitalter« und der herausziehenden »Netzwerkgesellschaft« (Paschen et al. 2002) auch einen *Bezug zwischen medien- und informationstechnologischen Konvergenzen und NBIC-Konvergenzen* her (Castells 2001, S. 78-82):

- › Castells führt die Konvergenz zwischen den NBIC-Feldern und anderen Technologie- und Forschungsbereichen – vor allem Robotik und Forschung zu »Künstlicher Intelligenz« (KI) – auf eine ihnen gemeinsame »Logik der Informationserzeugung« zurück. Aufgrund dieser befruchteten sich Erkenntnisse über biologische Prozesse (insbesondere auch hinsichtlich des menschlichen Gehirns) und Fortschritte im informationstheoretischen Bereich (sowie insbesondere auch die KI-Forschung) gegenseitig. Konvergenzen zwischen den NBIC-Feldern fänden daher – in Bereichen wie der materiellen Integration von Biologie und Elektronik (z.B. Einsatz biologischer Materialien in der Mikroelektronik) und den Gehirn-Maschine-Schnittstellen – innerhalb des »Informationsparadigmas« statt.
- › Konvergenzen zwischen den NBIC-Feldern innerhalb des Informationsparadigmas durchdringen demnach den Kern menschlichen Lebens und Verstandes, was zu weitreichenden Visionen und starken Thesen (insbesondere in der Genetik und Hirnforschung) geführt habe. Die Entwicklung konvergierender Technologien und die »komplexe Matrix der Interaktion zwischen den technologischen Mächten, die unsere Spezies entfesselt hat, und der Spezies selber« seien aber Gegenstände der Forschung und »bewussten sozialen Handelns« – und nicht als schicksalhaft aufzufassen (Castells 2001, S. 82).

Nicht auszuschließen also, dass die Medienkonvergenzdebatte als Inspirationsquelle bei der Entwicklung des neuen CT-Konzepts diene. So bezog sich z.B. in einem Workshop der US-Behörde für Umweltschutz im Jahr 2004 einer der Schlüsselaktoren der US-amerikanischen NBIC-Initiative auf die Überlegungen von Castells (Bainbridge 2004b).

Überdies wurden um das Jahr 2000 im Bereich der *Biotechnologie* deren wissenschaftliche und industrielle Zukunftsaussichten unter dem Konvergenzaspekt diskutiert (z.B. Ernst & Young 2000). Dabei fanden aktuelle und denkbare zukünftige Konvergenzprozesse zwischen den NBIC-Feldern (und über diese) hinaus starke

Beachtung sowie auch weitreichende Visionen zur Heilung neurologischer Krankheiten, zu einer »verjüngenden« Medizin und Drexlers nanofuturistische Ideen.

Hier ist nicht der Platz, auf weitere Verwendungsweisen des Konvergenzkonzepts in Wissenschaft, Forschungspolitik und Wirtschaft einzugehen. Insgesamt gesehen dürfte sich seine Verbreitung innerhalb des naturwissenschaftlich-technischen Bereichs immer noch in engen Grenzen halten (z.B. Ito 2007; Soloninka 2005), auch wenn es in letzter Zeit – unter dem Einfluss der aktuellen CT-Debatte – zunehmend (auf eher allgemeine Weise) zitiert wird. Nur auf dreierlei sei noch hingewiesen:

- > Der renommierte – aber mit seinen weitreichenden Thesen zu einer Synthese von Sozial- und Biowissenschaften (»Soziobiologie«) und einer neuen »Einheit des Wissens« auch umstrittene – Biologe Edward O. Wilson (1999) zählt zu den wichtigsten akademischen Bezugspunkten der US-amerikanischen NBIC-Initiative: Zum einen hat diese Wilsons Vision einer »Einheit des Wissens« – mit stärkerer Ausrichtung auf *technologische* Konvergenz – übernommen, zum anderen beruft sich ein Schlüsselakteur der Initiative bei seinen eigenen, zum Teil eher bizarr anmutenden Ideen zu einer »Biologisierung« der Sozialwissenschaften auf Wilson (z.B. Bainbridge 2004a). Die Publikation zu einer renommiert besetzten, im Jahr 2000 durchgeführten Konferenz zu Wilsons Idee einer »Einheit des Wissens« trägt als Untertitel »The Convergence of Natural and Human Science« (Damasio et al. 2001).
- > Die Vision einer neuen »Einheit des Wissens« hat nicht nur in der politisch-wissenschaftlichen Konvergenzdebatte im engeren Sinn Beachtung und Kritik erfahren (z.B. Beckert et al. 2006). So wurde z.B. von Mario Bunge (2003), Philosoph und Physiker, der Versuch unternommen, einen nichtreduktionistischen Konvergenzansatz zu entwickeln, bei dem auch das Wechselspiel zwischen der Konvergenz und Ausdifferenzierung von Forschungsbereichen analysiert wird. Er kritisiert Wilsons Ansatz als reduktionistisch, weil dieser die Sozialwissenschaften zu einseitig im Rückgriff auf die Biologie zu reformieren trachte. Die Einheit der Wissenschaften sei zwar das Ziel, aber vor allem im Sinn konzeptioneller Einheit – ohne vorschnelle Einebnung von unterschiedlichen Erkenntnisansätzen und im Bewusstsein des dynamischen, nichtlinearen Charakters wissenschaftlicher Emergenz-, Konvergenz- und Ausdifferenzierungsprozesse.
- > Im forschungs- und technologiepolitischen Bereich taucht das neue, über die IKT und Medien hinausgehende Konvergenzkonzept nicht erst mit der US-amerikanischen NBIC-Initiative im Jahr 2001 auf (vgl. zum Folgenden ausführlicher Kap. V.2): Bereits Ende der 1990er Jahre hatte ein Schlüsselakteur der Initiative (Canton 1999) die Konvergenz von Bio-, Nano- und Informations- und Kommunikationstechnologien unter visionären Gesichtspunkten proklamiert. Auch in der Zusammenarbeit zwischen der EU-Kommission und der US-amerikani-



schen National Science Foundation (NSF) zur Nanotechnologie tauchte das Konvergenzkonzept, bezogen sowohl auf Physik, Chemie und Biologie als auch auf die NBI-Konvergenz (plus Materialwissenschaft), schon im Jahr 2000 auf – und zwar in einem Konferenzgrußwort Philippe Busquins, des damaligen EU-Kommissars für Forschung (EC RDG 2001, S. 3). Vor allem unter Verwendung ähnlicher Konzepte (z.B. »Synergie«) finden sich (bezogen vor allem auf die NBI-Felder und die Materialwissenschaft) in der frühen Nanotechnologiedebatte und über diese hinaus viele Ansätze, die der Konvergenzidee entsprechen. Beispielhaft genannt werden kann hier eine Studie der RAND Corporation (Antón et al. 2001), deren Nachfolgestudie (Silberglitt et al. 2006) auch auf die NBIC-Initiative und deren Konvergenzkonzept Bezug nimmt (Rader et al. 2006).

Insgesamt gesehen erscheinen die Konvergenzbegriffe aber zumeist immer noch unterbestimmt und zu allgemein, als dass mit ihrer Hilfe konkrete Fragestellungen und Projektideen in Bezug auf das Zusammenwirken spezifischer FuE-Bereiche zu generieren wären. Viele neuere und laufende politisch-wissenschaftliche Aktivitäten zum Konvergenzthema zielen daher auf konzeptionelle Klärung oder auf Konkretisierung in Bezug auf relativ engumrissene Forschungsbereiche und potenzielle Anwendungsfelder (z.B. Andler et al. 2006; Andler/Pagarde 2006; Beckert et al. 2006; Doorn 2006; EU HLEG FNTW 2004; Rader et al. 2006; STOA 2006; Van Lieshout et al. 2006).

INHALTLICHE VERORTUNG DES KONVERGENZKONZEPTS DURCH DIE POLITIK

2.

Neben weitreichenden und stark visionären Aspekten der Konvergenzdebatte (Kap. III) sind als deren Hintergrund auch im engeren Sinn *forschungs-, wissenschafts- und technologiepolitische sowie akademische Themen und Diskussionen* als Hintergrund zu berücksichtigen, nämlich vor allem

- › die Forschung und Entwicklung (FuE) sowie politischen Diskussionen und Aktivitäten zu *medien- und informationstechnologischen Entwicklungen*, in denen Konvergenzkonzepte bereits seit Längerem eine Rolle spielen;
- › die zahlreichen forschungs- und technologiepolitischen Initiativen, Aktivitäten und Publikationen, in denen auf die *Entstehung und Förderungsbedarfe hochinnovativer FuE-Bereiche* hingewiesen wird, in denen *Synergien* und Überschneidungen sowohl zwischen traditionsreichen Disziplinen (Biologie, Chemie, Physik etc.) als auch zwischen ohnehin schon »hybriden« Feldern (wie der Hirnforschung) sowie insbesondere auch zwischen Biotechnologien und -wissenschaften einerseits und IKT andererseits festgestellt werden;

- > die intensive politische und wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Frage, wie *wissenschaftliche Multi-, Inter- und Transdisziplinarität* gestärkt werden können (bis hin zu den Diskussionen über eine neue »Einheit des Wissens«, z.B. hinsichtlich der »soziobiologischen« Integration von Sozialwissenschaften und Biologie).

Zumindest international gesehen lässt sich aber auf politischer Ebene noch kein Konsens darüber feststellen, welche FuE-Bereiche überhaupt zu den konvergierenden Technologien und Wissenschaften gezählt werden sollten. Zugleich sind die politischen Definitionen (einschließlich derer der wissenschaftlichen Politikberatung) mit wenigen Ausnahmen die einzigen, die sich zurateziehen lassen, da (soweit ersichtlich) das Konzept in der FuE selbst noch keine größere Rolle spielt. Auf die verschiedenen politischen Ansätze zur Nutzung des Konvergenzkonzepts wird in Kapitel V und VI noch näher eingegangen. Schon hier sei aber darauf hingewiesen, dass es vor allem die folgenden drei Felder bzw. Kontexte sind, in denen Konvergenzkonzepte bisher politisch verortet werden:

- > Nanotechnologien und -wissenschaften (und insbesondere ihre gesellschaftlichen Implikationen);
- > Mikrosystemtechnik;
- > Schlüsseltechnologien und emergente Technologien (insbesondere im IKT-Bereich).

Insbesondere die erste Initiative zur Konvergenz, die US-amerikanische NBIC-Initiative, zeigt, dass das neue Konvergenzkonzept vor allem im Rahmen politischer Aktivitäten zur Nanotechnologie entwickelt wurde. Auch auf EU-Ebene sind die für Nanotechnologie zuständigen Mitarbeiter der Kommission – neben den Foresight-Einheiten – die Haupttreiber der Befassung mit der Konvergenzthematik.

Von besonderer Bedeutung waren und sind *politische Aktivitäten speziell zu ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Implikationen der Nanotechnologie*. Zwar tauchte, wie erwähnt, die Konvergenzidee bereits Ende der 1990er Jahre vereinzelt in US-amerikanischen und europäisch-amerikanischen forschungspolitischen Dokumenten zur Nanotechnologie auf (Canton 1999; EC/NSF 2000). Dabei ging es – neben der Materialwissenschaft (s.a. Lee/Savage 1998) – aber entweder um Konvergenzprozesse zwischen klassischen Disziplinen (wie Biologie, Chemie und Physik) oder solche zwischen den Nano-, Bio- und Infofeldern. Da die – vor allem durch Bezug auf eine Größenordnung definierten – Nanotechnologien die Grenzen zwischen verschiedenen Disziplinen und Technologiefeldern überschreiten, können sie selbst schon als konvergierende Technologien gelten (EC RDG 2006).

Tatsächlich begann auch die US-amerikanische NBIC-Initiative als eine aus der Diskussion über Nanotechnologie entstandene Aktivität der Technikfolgenabschät-



zung zum Zusammenspiel und -wachsen verschiedener Technologiefelder. Gleichwohl wurde sie vor allem als eine Aktivität zu den gesellschaftlichen Implikationen konvergierender Technologien wahrgenommen – und z. T. von den Verantwortlichen als eine solche charakterisiert (z.B. Bainbridge 2005). Und wenn auch seitens der NBIC-Initiative immer wieder betont wird, dass sich in ihr eine ganze Reihe von renommierten Naturwissenschaftlern, Ingenieuren sowie politischen und privatwirtschaftlichen Technologieexperten versammelt habe, so kam doch in ihren Aktivitäten der Auseinandersetzung mit gesellschaftlichen Implikationen neuer FuE-Bereiche besondere Bedeutung zu: Zum einen beteiligten sich (insbesondere in der Frühphase) mehrere renommierte Sozial- und Geisteswissenschaftler. Zum anderen wurden die spezifische NBIC-Programmatik und vor allem die weitreichenden Visionen maßgeblich von Teilnehmern mit einem sozialwissenschaftlichen Hintergrund geprägt. Bei diesen handelte es sich zwar überwiegend nicht um im akademischen Bereich tätige Wissenschaftler, sondern um in der Forschungspolitik oder Politik- und Unternehmensberatung tätige Soziologen und Ökonomen. Gleichwohl erfolgte die Rahmung der durchaus zahlreichen naturwissenschaftlich-technischen Beiträge zu den Publikationen der Initiative durch einen Ingenieur und Wissenschaftsmanager (Mihail C. Roco) sowie verschiedene Nichtnaturwissenschaftler. Dass diese dabei höchstens ein sehr selektives Interesse am Stand der sozial- und geisteswissenschaftlichen Technik- und Wissenschaftsforschung an den Tag legten (oder gar eine Verachtung des Mainstreams der Sozial- und Kulturwissenschaften; z.B. Bainbridge 2004a), ändert nichts daran, dass die Diskussion über CT von Anfang an vor allem eine Debatte über deren soziale Implikationen war. Überdies zeigen die letzten Publikationen der Initiative (Bainbridge/Roco 2006a u. 2006b) eine zunehmende Hinwendung zur Frage der gesellschaftlichen Implikationen konvergierender Technologien, wobei allerdings neben der Einladung an einen konservativen Kritiker (Cameron 2006) die starke Präsenz sog. »transhumanistischer« und anderer »Human-Enhancement«-Befürworter auffällt (z.B. Hughes 2006; Miah 2006; Sandberg/Bostrom 2006; Savulescu 2006; Sententia 2006; zum Transhumanismus Kap. III.1.2 und V.2.3; Coenen 2006; Heil 2005).

Auch auf EU-Ebene, in Kanada, Deutschland und anderen Ländern spielten – vor allem im Kontext von Foresight-Aktivitäten und der Technikfolgenabschätzung – gesellschaftliche sowie (z.T. stärker als in den USA) ethische Aspekte der Konvergenz von Anbeginn an eine zentrale Rolle (z.B. EU HLEG FNTW 2004). Und wenn derzeit auf EU-Ebene das Konvergenzkonzept vermehrt in der Förderung naturwissenschaftlich-technischer Forschung zum Einsatz kommt, so geschieht dies zumeist verbunden mit der Forderung, den gesellschaftlichen Potenzialen und Implikationen der CT verstärkt Beachtung zu schenken. So war bis vor Kurzem auch ein Großteil der EU-Förderung von Projekten und Aktivitäten, die sich explizit auf die CT be-

ziehen, im sozial- und geisteswissenschaftlichen Bereich (einschließlich der Innovationsforschung, Technikfolgenabschätzung und Foresight) angesiedelt.

Insbesondere in Deutschland, aber auch auf EU-Ebene und in Spanien, wurde das Konvergenzkonzept im Feld der *Mikrosystemtechnik* (MST) verankert. Als forschungspolitisch älteres Feld als die Nanotechnologie gilt es inzwischen vielerorts als hervorragendes, selbst auch disziplinenübergreifendes Bindeglied zwischen nanowissenschaftlicher Grundlagenforschung und Technologieentwicklung einerseits und anwendungsbezogener FuE andererseits. So erscheint die zumindest in Europa vielfach stark gemachte »Mikro-Nano-Integration« (bzw. auch »MNBIC-Konvergenz«; Duch et al. 2005) als ein sozioökonomisch aussichtsreicher Konvergenzprozess: »Mikrosystemtechnik braucht ›Nano‹ zur Erweiterung der Funktionalität und ihrer Anwendungsfelder, ›Nano‹ braucht Mikrosystemtechnik zur wirtschaftlichen Umsetzbarkeit!« (VDI/VDE-IT/BMBF, S. 40). Zugleich zeigt sich aber – gerade auch beim Blick auf die einschlägigen deutschen Aktivitäten und Diskussionen –, dass bei einer MNBIC-Konvergenz (micro, nano, bio, info, cogno) das »C«, also die Rolle der Kognitionswissenschaft (inklusive Hirnforschung und Neurotechnologien), die meisten Fragen aufwirft: Ist sie überhaupt sinnvoll in ein die MST berücksichtigendes Konvergenzkonzept integrierbar, insbesondere wenn dieses auf wirtschaftliche Umsetzbarkeit und auf Innovationen abzielt? Kann der Bezug auf die MST gar der Schlüssel dafür sein, das in der CT-Debatte vieldiskutierte, aber vage gebliebene »C« in einer neuen Konvergenzstrategie besser zu operationalisieren?

Die VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (VDI/VDE-IT), Projektträger für das Rahmenprogramm Mikrosystemtechnik des BMBF, sieht hier den größten Klärungsbedarf hinsichtlich der konvergierenden Felder. Auch wenn sie sich – im Einklang mit den meisten der unabhängig von der CT-Debatte stattfindenden Aktivitäten zu Konvergenzprozessen – auf die NBI-Integration konzentriert, so soll doch in einem neuen Mikrosystemtechnikparadigma, der sogenannten »Smart Systems Integration« (SSI), die Kognitionswissenschaft in Zukunft eine wichtige Rolle spielen: Neue »Integrationstechnologien« sollen den Systemen Eigenschaften wie Selbstorganisation, Lernfähigkeit, Individualisierung und Personalisierung verleihen helfen. In der Robotik werde es »ohne das Hinzutreten der Kognitionswissenschaft kein inneres Weltbild für einen Roboter und damit auch keine echten Durchbrüche auf diesem Gebiet geben« (Heinze 2007, S. 3). Hier bestehen Berührungspunkte zu der in den USA und Spanien erfolgten engen Kopplung des Konvergenzkonzepts an die KI-Forschung und deren Visionen. Generell werde es bei einem Einsatz von *Converging Technologies for Smart Systems Integration (CT4SSI)* mit Sicherheit langfristig zu Konvergenzen zwischen Biologie, Informationstechnik und MST kommen. Die Integration der Kognitionswissenschaft, verstanden als Geisteswissenschaft, sei aber die mit Abstand höchste Hürde (Heinze 2007b). Bei der Hirnforschung, die



von der VDI/VDE-IT zuweilen auch zur Kognitionswissenschaft gezählt wird, bestanden noch viele Wissenslücken (Coskina/Kaminorz 2005).

Das neue Konvergenzkonzept hat forschungspolitisch aber inzwischen auch über den Nanotechnologie- und MST-Kontext hinaus eine gewisse Relevanz erlangt. Dies betrifft vor allem den zukunftsorientierten Diskurs über *Schlüsseltechnologien und emergente Technologien*. Neben allgemein auf Schlüsseltechnologien abzielenden Aktivitäten (z.B. EU HLEG Key Tech 2006) ist hier vor allem die Konzeptionalisierung zukünftiger und emergenter Technologien für die Informationsgesellschaft auf EU-Ebene zu nennen, also das Feld der *IKT* (mit seinen Berührungspunkten zu anderen Schlüsseltechnologien). Von den zuständigen Einheiten der Kommission wurde dazu seit Mitte des Jahrzehnts eine eigene Spielart des Konvergenzkonzepts entwickelt (EC ISM DG o. J.), das sich durchaus an das amerikanische NBIC-Konzept anlehnt. Insbesondere mit Blick auf Kanada (und vereinzelt auf EU-Ebene) lässt sich schließlich eine gewisse Relevanz des CT-Konzepts im politischen Diskurs zur FuE im *Umwelt-, Gesundheits- und Ernährungsbereich* feststellen.

Insgesamt gesehen bleibt das neue Konvergenzkonzept aber im Wesentlichen im Kontext der Nanotechnologienpolitik verortet, könnte sich dort allerdings auf EU-Ebene dauerhaft zu einem Schlüsselkonzept entwickeln (Kap. V.3). Der Auseinandersetzung mit sozialen, ökonomischen und ethischen Implikationen wird dabei erklärtermaßen hohe Bedeutung beigemessen. Angesichts der vielfach als zentral angesehenen Rolle der IKT innerhalb der NBIC-Konvergenz verdient überdies die Aufnahme des Konzepts in diesem Bereich besondere Beachtung, auch mit Blick auf die KI-Forschung und die Kognitionswissenschaft. Auch wenn dabei hinsichtlich der Letzteren viele offene Fragen bleiben, erscheint die vor allem in Deutschland explizit verfolgte Strategie der Verortung des NBIC-Konvergenzkonzepts in der Mikrosystemtechnik bzw. »Smart Systems Integration« aussichtsreich, gerade auch aus sozioökonomischer Anwendungs- und Innovationsperspektive.

Im Folgenden sollen nun der Ideenhintergrund der CT-Debatte und sich abzeichnende gesellschaftliche Konfliktlinien skizziert werden. Neben der starken Präsenz extremer Visionen sind hier gerade auch jene Themen stark umstritten, die im politischen Umgang mit dem CT-Konzept besondere Probleme bereiten (wie die Rolle der Kognitionswissenschaft, vor allem hinsichtlich der Perspektive eines »Human Enhancement«). Da in der vorliegenden Studie der Schwerpunkt auf forschungspolitischen Diskussionen und Aktivitäten im engeren Sinn legt, erfolgen lediglich einige für deren Verständnis unerlässliche Anmerkungen zum Kontext und Ideenhintergrund der CT-Debatte. Auftragsgemäß erfahren dabei mögliche gesellschaftliche Konfliktpotenziale und ethische Probleme besondere Beachtung. Ausgeklammert sind im Folgenden ethische Aspekte militärischer Themen, die aber noch in den Ausführungen zu den USA (Kap. V.2.6) angesprochen werden.

IDEENHINTERGRUND UND KONFLIKTPOTENZIALE III.

Vor allem aufgrund des Einflusses der forschungs- und technologiepolitischen NBIC-Initiative in den USA ist es bei einer Auseinandersetzung mit der Konvergenzdebatte unerlässlich, auch auf stark visionäre Ideen und deren kulturelle Verortung sowie Herkunft einzugehen. Zu diesem Zweck werden im Folgenden kurz einige zentrale Ergebnisse einer Visionsanalyse vorgestellt. Sie erfolgte im Rahmen von Aktivitäten im Bereich »Vision Assessment« (dazu Grin/Grunwald 2000; Grunwald 2004; Schmid et al. 2006), die seitens des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS, Forschungszentrum Karlsruhe) seit einiger Zeit zur Nanotechnologie- und Konvergenzdebatte durchgeführt werden und steht im Kontext ähnlicher Studien (Coenen 2007; Grunwald 2005, 2006, 2007a u. 2007b; Lösch 2006; STOA 2006). Verwiesen sei auch auf die Vorarbeiten zu visionären Aspekten der Nanotechnologie in einem Projekt des TAB zur Nanotechnologie (Paschen et al. 2004) und auf einschlägige Ergebnisse neuerer Projekte des TAB (z.B. 2006 u. 2007). Das Thema »Human Enhancement«, also der nichttherapeutische Einsatz von aktuellen oder zukünftigen Technologien und Drogen für den Zweck der Leistungssteigerung oder »Verbesserung« menschlicher Eigenschaften, hat – vor allem aufgrund des Einflusses der US-amerikanischen NBIC-Initiative – zentrale Bedeutung in der CT-Debatte. Über diese hinaus ist es aber von wachsender Relevanz vor allem für bio- und neuroethische Diskussionen (Farah et al. 2004), auch in Deutschland (z.B. Nationaler Ethikrat 2005; Merkel et al. 2007). Das Thema »Human Enhancement« wurde nicht nur in abgeschlossenen Projekten des TAB (2007 u. Paschen et al. 2004) aufgegriffen wurde, sondern spielt auch im laufenden sportpolitischen Projekt des TAB zum Thema »Gendoping« eine Rolle.¹ In der auf starkes politisch-öffentliches Interesse stoßenden Untersuchung befasst sich das TAB auch mit der Frage, inwieweit sich durch eine illegale Abzweigung genmodulierender Substanzen aus klinischen Erprobungen oder durch ein sog. »individuelles« Gendoping neue Wege in der Behandlung von altersbedingten Einschränkungen (Anti-Aging-Medizin) eröffnen. Überdies sieht das TAB hier fließende Übergänge und Anknüpfungspunkte an das Thema »Human Enhancement«, im

1 Nach Abschluss der Untersuchungen für das vorliegende Hintergrundpapier sind folgende relevante Publikationen des TAB erschienen: Hennen et al. 2008 (basierend auf TAB 2007) sowie TAB 2008. Die letztgenannte Dokumentation wurde anlässlich einer gemeinsamen öffentlichen Anhörung des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung und des Sportausschusses am 12.03.2008 veröffentlicht und anschließend in diversen nationalen und Fachmedien, zum Teil unter Einbeziehung der Themen »Human Enhancement« und »Alltagsdoping«, diskutiert.



Sinne einer nichttherapeutischen Nutzung von Medikamenten zur Leistungssteigerung im Alltag.

In der Konvergenzdebatte und in ähnlichen Diskussionen werden überdies von den Natur- und Ingenieurwissenschaften oft Antworten auf Fragen erwartet, die sich aus Prozessen des Wandels von Menschenbildern und Gesellschaftsverständnissen ergeben. Zahlreiche Forscher in den NBIC-Feldern – und insbesondere auch Visionäre (dazu z.B. Coenen 2006 u. 2007; Nordmann 2007a) – entsprechen diesen Erwartungen (z.B. Schirmacher 2001) und beteiligen sich an den Diskussionen über philosophische und sozialwissenschaftliche Themen. Durch Entwicklungen und Visionen in den NBIC-Feldern rückt aber zugleich auch stärker ins Bewusstsein, dass die durch Wissenschaft und Technik aufgeworfenen Fragen in gesellschaftlichen, ethischen und historischen Kontexten zu betrachten sind (Köchy 2006): Für deren Verständnis und angemessene Berücksichtigung reichen naturwissenschaftliche Ansätze nicht aus, sondern es sind eine Beteiligung der Geistes- und Sozialwissenschaften, eine Einbeziehung philosophischer Aspekte und ein breitangelegter gesellschaftlicher Dialog vonnöten. Dabei ist dem Umstand Rechnung zu tragen, dass moderne Gesellschaften ihr Orientierungswissen nur noch selten unmittelbar aus Traditionen beziehen, sondern dazu tendieren, Handlungs- und Gestaltungsperspektiven in Diskussionen über die Zukunft zu entwickeln (Grunwald 2007c).

RAHMEN UND IDEENHINTERGRUND DER KONVERGENZDEBATTE

1.

Die durch Nanotechnologie und konvergierende Technologien und Wissenschaften aufgeworfenen ethisch-gesellschaftlichen Fragen zeichnen sich – ihrem disziplinen- und technologiefelderübergreifenden Charakter entsprechend – durch eine große *thematische Vielfalt* aus (zum Folgenden Paschen et al. 2004; Grunwald 2007a u. 2007b, Merkel et al. 2007, Schmid et al. 2006). Neben den politisch zentralen möglichen Gesundheits- und Umweltauswirkungen handelt es sich vor allem um

- › Veränderungen des Verhältnisses von Gewachsenem und Gemachtem (Habermas 2001), von Natur und Technik;
- › Veränderungen speziell des Verhältnisses von Mensch und Technik bzw. Mensch und Maschine und dabei um die Perspektive einer fortschreitenden »Technisierung der menschlichen Natur« (Habermas 2001) sowie einer »Technisierung« des Menschenbildes (Grunwald 2007d);
- › Fragen der Identität der menschlichen Gattung (Habermas 2001; Köchy 2006), die sich zum einen durch die Erwartung weiterer Fortschritte in der FuE zu neuen Gehirn-Maschine-Schnittstellen und zu biokompatiblen Implantaten ergeben,

- zum anderen durch verschiedene Visionen und Forschungsansätze in der Gentechnik und Stammzellforschung;
- > Aspekte der Verteilungsgerechtigkeit (z.B. im medizinischen Bereich oder bei der sog. »digitalen Spaltung« und bis hin zu einem möglichen »nano divide«);
 - > Aspekte des Schutzes der Privatsphäre, des Datenschutzes, der informationellen Selbstbestimmung sowie der »informierten Zustimmung« bei tiefen Eingriffen in die personelle Identität;
 - > den Wandel gesellschaftlicher und medizinischer Konzepte von Gesundheit, Normalität, Behinderung und Krankheit (Wolbring 2006a und b);
 - > Aspekte der nationalen und öffentlichen Sicherheit, einschließlich der potenziellen militärischen Nutzung von »Human-Enhancement«-Technologien und speziell Neurotechnologien (Moreno 2006);
 - > die Frage der Balance zwischen neuen technischen Eingriffsmöglichkeiten auf individueller und gesellschaftlicher Ebene und den der modernen Demokratie zugrundeliegenden Grund- und Menschenrechten und den sie informierenden Menschen- und Gesellschaftsbildern.

In der *frühen Diskussion dieser Fragen im Zusammenhang mit der Nanotechnologie* (Paschen et al. 2004) konnte man bereits feststellen, dass

- > sich (insbesondere auch vor dem Hintergrund der Aktivitäten und Ideen der NBIC-Initiative) eine *Konvergenz der Problemstellungen sowie der Visionen* (Kap. II.1.2) zu verschiedenen FuE-Bereichen abzeichnete;
- > »*posthumanistische*« *Visionen und Ideentraktionen*, die gerade in nichtangelsächsischen Ländern wenig bekannt sind, besondere Relevanz erlangt haben, auch hinsichtlich der NBIC-Initiative (Coenen 2006 u. 2007);
- > die Auseinandersetzung über ethische und gesellschaftliche Aspekte der Nanotechnologie (als »Chiffre der Zukunft«; Grunwald 2006) und ihrer Konvergenz mit anderen Feldern gleichsam ein *Forum für eine umfassende Debatte* über die Zukunftsperspektiven von Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft (Khushf 2004b) hat entstehen lassen.

Diese Tendenzen haben sich in den letzten Jahren fortgesetzt, wobei in der Konvergenzdebatte selbst (und über diese hinaus) die ursprünglich vor allem im bio- und informationsethischen Bereich diskutierten Fragen in anderen Zusammenhängen thematisiert wurden (z.T. unter neuen Labels wie »Nano«- und »Neuroethik« und oft unter Bezug auf die »Human-Enhancement«-Thematik).

An anderer Stelle werden die gerade angesprochenen Tendenzen näher beschrieben bzw. haben diese ihren Ausdruck gefunden (Coenen 2006 u. 2007; Grunwald 2006, 2007a u. 2007 b; Paschen et al. 2004), weshalb im Folgenden die Bandbreite der inhaltlichen Positionen und Themen nur stichwortartig verdeutlicht werden soll.

MENSCHENBILDER UND GESELLSCHAFTLICHE ASPEKTE

1.1

In den Diskussionen werden zahlreiche *Chancen und Herausforderungen für traditionelle Menschen- und Gesellschaftsbilder* thematisiert. Aus Entwicklungen in den NBIC-Feldern sowie aus Visionen zu diesen ergeben sich demnach z.B. Fragen in Bezug auf

- > soziale Normen (Krankheitsbegriff, Umgang mit Behinderungen, Normalitätsvorstellungen; zunehmende Medikalisierung der Gesellschaft; vgl. z.B. Delcourt 2005; Wolbring 2006a u. 2006b);
- > die (ohnehin vagen) Grenzen von Therapie und Steigerung bzw. »Verbesserung« als »normal« gesehener menschlicher Fähigkeiten (»Human Enhancement«), wobei militärische »Human-Enhancement«-Technologien und -Visionen (z.B. durch künstliche externe Skelette – sogenannte »Exoskelette« –, neuartige Helme – z.B. für Nacht- oder Infrarotsicht –, oder Implantate) besondere Aufmerksamkeit erfahren;
- > totalitäre, terroristische und sonstige Missbrauchsmöglichkeiten (z.B. Probleme beim Datenschutz und Verletzungen der Privatsphäre, neue Terrormittel und Überwachungsmöglichkeiten, Manipulationen von Individuum und Gesellschaft mit großer Eingriffstiefe, Infragestellung der Willensfreiheit).

Offenkundig und hinsichtlich der Konvergenzthematik von besonderem Interesse ist die Tatsache, dass viele der ethisch und gesellschaftlich besonders brisanten *Entwicklungen und Visionen in Überlappungsbereichen der NBIC-Felder* auftauchen. In dieser Hinsicht lassen sich einige *übergeordnete Herausforderungen* feststellen, nämlich u. a.

- > die fortschreitende Infragestellung von Grenzen menschlicher Existenz und Gestaltungsmacht und dabei die Frage, ob individuelles und gesellschaftliches Verantwortungsbewusstsein (»Prinzip Verantwortung«; Jonas 1988) es hier erforderlich erscheinen lässt, zumindest in einigen Fällen auf die Anwendung von Wissen zu verzichten (EC RDG 2007a; Von Schomberg 2006);
- > die Sorge um Bestand oder Einheit der menschlichen Gattung (Habermas 2001, Köchy 2006), die auch durch extreme Visionen zu Mensch-Maschine-Mischwesen (Cyborgs bzw. technobiologisch »aufgerüstete«, transhumane »Übermenschen«), zu Mensch-Tier-Mischwesen, zur Menschengzüchtung durch Eliten sowie zu autonomer KI (als Konkurrentin der Menschheit) genährt wird;
- > das zunehmende Verschwimmen der Grenzen zwischen Natur und Technik, Gewachsenem und Artifiziellem (Habermas 2001), bei der hinsichtlich einiger FuE-Ansätze und Visionen (z.B. im Bereich der Gehirn-Maschine-Schnittstellen) weniger die neuartigen oder zu erwartenden technischen Entwicklungen als dringliche Probleme der Ethik gelten können, sondern vielmehr die »Technisie-



- rung« der Deutung des Menschen (Grunwald 2007d) sowie der Umgang mit stark spekulativen Szenarien (Nordmann 2007a);
- > das kybernetische Verständnis der Welt als Information (dazu z.B. Dupuy 2007; EGE 2005), das auch die Bio- und Neurowissenschaften stark beeinflusst hat;
 - > die häufige Konzentration auf technische Lösungsideen für gesellschaftliche, individuelle und ökologische Probleme (»technological fixes«; dazu z.B. EU HLEG FNTW 2004; Saage 2006 u. 2007);
 - > das Verhältnis von Technikvisionen und utopischen Gesellschaftsentwürfen (Arnaldi 2005; Coenen 2007; Saage 2006 u. 2007) und dabei mögliche totalitäre Gefahren durch Visionen neuer, Erkenntnisse und Artefakte aus den NBIC-Feldern nutzender »Sozialtechnologien«;
 - > das Verhältnis von Religion und Wissenschaft (insbesondere mit Blick auf die USA) und dabei die Frage, ob Technikvisionen z.T. die Funktion eines Religionsersatzes erfüllen.

Aus Sicht traditioneller Menschen- und Gesellschaftsbilder oder mit Blick auf mögliche neue Menschenbilder und Gesellschaftsvisionen werden aber auch besondere *Chancen durch Entwicklungen in den NBIC-Feldern* gesehen. Neben den zahlreichen konkreten Visionen zur Verbesserung individueller Lebensqualität und zur Lösung gesellschaftlicher Probleme lassen sich hier ebenfalls *übergeordnete Aspekte* ausmachen, die zum großen Teil spiegelbildlich zu den erwähnten Befürchtungen und Sorgen sind:

- > Von Fortschritten in den NBIC-Feldern und in anderen Wissenschafts- und Technologiebereichen wird erwartet, dass sie die *Emanzipation der Menschheit* vorantreiben, im Sinne einer Überwindung bislang bestehender Grenzen ihrer Erkenntnis- und Gestaltungsmöglichkeiten. Auch die Hoffnung auf eine sehr starke KI (als mächtiges Instrument, als Partnerin oder sogar als Regentin der Menschheit) ist nicht aus der Diskussion verschwunden.
- > Hinsichtlich der *Individuen* werden erweiterte und neue Möglichkeiten der *Selbstbestimmung* erwartet, vom Ausgleich der Folgen angeborener »Nachteile« oder erlittener Verletzungen bis hin zu Visionen einer fast grenzenlosen Selbstverwirklichung und -neuschöpfung bzw. auch des »Designs« der eigenen Nachkommen (»liberale Eugenik«; z.B. Agar 2005; dazu kritisch Habermas 2001). Dabei wird zuweilen auch argumentiert, dass eine moralische Pflicht zum »Human Enhancement« bestehe (z.B. Harris 2005 u. 2007).
- > In Bezug auf die *Gesellschaft* und die natürliche *Umwelt* werden von den NBIC-Feldern und angrenzenden FuE-Bereichen Innovationen und erhebliche Beiträge für die Lösung dringlicher, globaler Probleme erwartet. Einige der Technikvisionen im engeren Sinn werden zuweilen verbunden mit *Visionen einer neuen globalen Gesellschaft*, in der Umweltzerstörung, kulturelle und politische Konflikte,



Massenarmut und Kriege der Vergangenheit angehören. Oft werden auch einschneidende Verbesserungen im *Gesundheitsbereich* erwartet, und zuweilen wird die Vorstellung gehegt, *soziale Probleme* durch Therapie- und Vorsorgeansätze in den Griff zu bekommen.

Die Diskussionen über diese Themen sind zumindest in der Hinsicht international, dass sie *diesseits wie jenseits des Atlantiks* (also in der »westlichen Welt«) geführt werden. Dabei sind mit Blick auf die USA und Europa *Unterschiede wie auch Gemeinsamkeiten* festzustellen. Ein besonderes Element in diesen Diskussionen ist ein extremer und insbesondere auch »*posthumanistisch*« *orientierter Technofuturismus*, dessen Annahmen zu den möglichen Auswirkungen der wissenschaftlich-technologischen Entwicklung (wie z.B. eine Aufspaltung der menschlichen Gattung) auch von einigen religiösen und anderen Kritikern geteilt werden.

VISIONÄRE ASPEKTE IN DEN USA UND EUROPA

1.2

Für eine Darlegung visionärer Aspekte der US-amerikanischen und europäischen Konvergenzdebatte ist es notwendig, sich bereits an dieser Stelle *Charakteristika der NBIC-Initiative in den USA* vor Augen zu führen (Kap. V.2): Die Initiative wird vor allem von Mitarbeitern der National Science Foundation (NSF) vorangetrieben, die aber auch ein loses Netzwerk zu Akteuren aus anderen politischen Institutionen, aus der Privatwirtschaft und Wissenschaft geknüpft haben. Dieses Netzwerk eint das Interesse an der Förderung neuer Technologien zur Steigerung menschlicher Leistungsfähigkeit, insbesondere durch direkte, körperliche und kognitive »Verbesserungen« (»Human Enhancement«). Die Programmatik der Initiative ist zum Teil stark technikvisionär bzw. technofuturistisch, was auch für weitere Publikationen einiger ihrer Schlüsselakteure gilt (z.B. Bainbridge 2007). Sie erfuhr, insbesondere in der Frühphase, Unterstützung durch das US-Handelsministerium (Department of Commerce, DoC) und andere staatliche Akteure (vor allem aus der Militär- und Sicherheitsforschung), von denen z.T. ebenfalls die Aufmerksamkeit auf technofuturistische und visionäre Aspekte gelenkt wurde. Die Initiative zog, wiederum insbesondere in der Frühphase, auch einige namhafte Wissenschaftler und Politiker an (wie z.B. den ehemaligen republikanischen Spitzenpolitiker Newt Gingrich) und weist einen durchaus beachtlichen Anteil sozialwissenschaftlicher Forschungsbeiträge (mit zahlreichen Berührungspunkten zu anderen Aktivitäten zu ethischen und gesellschaftlichen Implikationen der NBIC-Felder) auf.

Die NBIC-Initiative ist im Kontext teilweise sehr weitreichender Diskussionen über Wissenschaft, Technik und ihre ethischen und gesellschaftlichen Implikationen zu betrachten, bei denen es – oft ausgehend von bio- und neuroethischen Streitfragen – zu z.T. stark polemischen Auseinandersetzungen gekommen ist. Die Initiative spe-

ziell hat, gerade auch aufgrund des starken technofuturistischen Einschlags und der Orientierung auf »Human Enhancement«, Kritik aus verschiedenen Richtungen auf sich gezogen (u.a. seitens europäischer Forschungspolitiker, Naturwissenschaftler und Ingenieure, wertkonservativer und christlicher Kreise vor allem in den USA, linksökologischer Wachstumskritiker und umweltpolitischer NRO sowie verschiedener sozial- und geisteswissenschaftlicher Technikforscher).

Eine Besonderheit des starken technofuturistischen Einschlags der NBIC-Initiative ist deren Nähe zur technofuturistischen Bewegung der »Transhumanisten«, deren Interesse an »Human-Enhancement«-Technologien und den sog. »posthumanistischen« Visionen oft als quasireligiös und ideologisch interpretiert wird. Die an der Initiative beteiligten Transhumanisten und anderen Futuristen prägen hier, und darüber hinaus, vor allem die Diskussionen zu ethischen, rechtlichen, gesellschaftlichen und politischen Implikationen der CT stark mit (Coenen 2006). Beispiele für den wachsenden Einfluss transhumanistischer ethischer Positionen, insbesondere hinsichtlich des Themas »Human Enhancement«, finden sich z.B. in den einschlägigen politischen und akademischen Debatten zur Nanotechnologie, zur Hirnforschung und zum sog. »Gendoping« (TAB 2008).

Das letztgenannte *Beispiel* »Gendoping« ist instruktiv hinsichtlich der Strategie der »Transhumanisten« und ähnlich argumentierender, libertärer Bioethiker (z.B. Harris 2007), die sich zum Teil auch in der US-amerikanischen NBIC-Initiative engagiert haben (Miah 2006; Savulescu 2006). Sie sehen den Sport und die ethischen Diskussionen über ihn als einen Hebel an, mit dessen Hilfe das Tor zu der von ihnen befürworteten umfassenden »Human-Enhancement«-Gesellschaft geöffnet werden kann. Ein umstrittener, als behindertenfeindlich kritizierter Ethiker fasst die einschlägigen Positionen dahingehend zusammen, dass das Gendoping lediglich unter Gesundheitsaspekten eingeschränkt werden solle, dass es unfaire Nachteile durch die individuelle genetische Ausstattung kompensieren könne und dass der Sportsgeist im Kern das Ziel der Verbesserung des Leistungsvermögens (»performance-enhancement«) enthalte (Singer 2007). Zwei Beiträge zur Konvergenzdebatte, beide in einer der Publikationen der US-amerikanischen NBIC-Initiative erschienen, sind in diesem Zusammenhang von besonderem Interesse: Ein dem Transhumanismus sehr nahe stehender, in der Gendopingdebatte vielbeachteter britischer Ethiker (Miah 2004) argumentierte, dass es durch die CT, »Gendoping« und genetische Modifikationen von Athleten in der Zukunft voraussichtlich kaum noch möglich sein werde, die menschliche Natur, die *Conditio Humana* und das Konzept »Enhancement« klar zu definieren, und sagte voraus, dass sich Sport und Sportpolitik diesen neuen Umständen werden anpassen müssen (Miah 2006). Ein weiterer britischer Ethiker, der an der Universität Oxford wissenschaftlich eng mit Führungsfiguren der transhumanistischen Bewegung zusammenarbeitet (u.a. in dem



EU-geförderten Ethikprojekt ENHANCE; Kap. V.3.5.4), kam in seinem Beitrag zu der Schlussfolgerung, dass Fairness und Gerechtigkeit im Sport wie auch gesamtgesellschaftlich ohne »Human Enhancement« nicht erreichbar seien (Savulescu 2006). »Konservative«, die sich gegen biologische, prothetische und andere private Formen des »Human Enhancement« stellten, machten sich eines kruden Sozialdeterminismus schuldig: Wir könnten unsere Leben durch die »natürliche Lotterie« der genetischen Ausstattung oder durch sozioökonomische Bedingungen bestimmen lassen, was aber beides ungerecht sei. Stattdessen solle eine rationale Politik garantieren, dass jeder Mensch, unabhängig von seinem »genetischen oder finanziellen Erbe« faire Chancen erhält. »Human Enhancement« sei kein Betrug (»cheating«). Vielmehr sei der Geist (»spirit«) der Menschheit das Streben nach einem besseren Leben.

Die *Konvergenz der ethisch-gesellschaftlichen Problemstellungen und auch der technofuturistischen Visionen ist indes kein rein akademisches Phänomen oder auf die CT-Debatte beschränkt*. Dies gilt wieder vor allem für die USA, aber auch in Deutschland und anderen Ländern kam es zu einschlägigen Debatten. Beispielfhaft zu nennen sind:

- › die Phasen extrem hoher Erwartungen an die NBIC-Felder (»Hypes«), die der eigentlichen CT-Debatte vorausgingen (um 2000 die Genetik- und Internethypes sowie der Aufstieg der Nanotechnologie als Forschungs- und politisches Handlungsfeld; die 1990er Jahre als »Jahrzehnt des Hirns«);
- › die öffentlichkeitswirksamen internationalen Kontroversen über die NBIC-Felder (z. T. einschließlich Robotik und KI-Forschung), wie z. B. die sog. »Joy-Debatte« über den Aufsatz »Warum uns die Zukunft nicht braucht« des IKT-Experten Bill Joy (2000; vgl. Schirrmacher 2001), die Auseinandersetzung über eine umstrittene, 1999 gehaltene Rede des Philosophen Peter Sloterdijk zu utopischen und dystopischen Aspekten der Humangentechnik (»Sloterdijk-Debatte«) sowie verschiedene Diskussionen über die *Hirnforschung* (TAB 2007).

In den Diskussionen über visionäre Aspekte der Nanotechnologie stand – insbesondere in der Joy-Debatte – vor allem ein hochspekulatives Szenario zu selbstreplizierenden, außer Kontrolle geratenden und die Welt vernichtenden Nanomaschinen im Mittelpunkt. Dieses sog. »Grey-goo«-Szenario hatte Joy von dem posthumanistischen Visionär und *Nanofuturisten Eric Drexler* (Coenen 2004; Paschen et al. 2004) übernommen, der seinerseits bereits zuvor eine zentrale, aber umstrittene Rolle in der frühen Diskussion über Nanotechnologie gespielt hatte (Baird et al. 2004; Baum 2003; Bensaude-Vincent 2004; Berube 2006; Bueno 2004; Kaiser 2006; Smith 1998).

In den Diskussionen über visionäre Aspekte der Konvergenz und des »Human Enhancement« werden hingegen vor allem posthumanistische Ideen diskutiert, die zwar ebenfalls schon bei Drexler und Joy auftauchten, jedoch in der Nanotechnologiedebatte nur am Rande thematisiert wurden (vgl. aber Milburn 2002; Paschen et al. 2004; Schummer 2004a). Diese Ideen zielen auf eine starke Modifikation menschlicher Körperlichkeit, die Leistungssteigerung menschlicher Intelligenz und die Schaffung einer hochentwickelten KI ab. Durch bereits existierende Ansätze zur Erreichung dieser Ziele – z.B. der Nutzung als leistungssteigernd geltender psychoaktiver Substanzen – wirken diese Diskussionen zum Teil weniger abgehoben-spekulativ als die über nanofuturistische Visionen. Die international agierende Bewegung der »Transhumanisten« und ihre Vordenker – unter ihnen renommierte, wenn auch umstrittene Ingenieure und Wissenschaftler (z.B. Kurzweil 2005; Minsky 2004; Moravec 1992 u. 1994) – bringen aber seit Jahren kontinuierlich auch extreme Spekulationen in die Diskussionen über die NBIC-Felder ein. Führende Exponenten der US-amerikanischen NBIC-Initiative spielen in dieser Hinsicht eine wichtige Rolle, z.B. indem sie eine stark durch Technofuturismus und Sciencefiction beeinflusste Vision einer posthumanen, extraterrestrischen Zukunftszivilisation zur Diskussion stellen (z.B. Bainbridge 2004c u. 2007; Coenen 2006 u. 2007).

Zu den wichtigsten Unterschieden der Debatte in den USA und den europäischen Diskussionen zählt, dass die allgemein in der westlichen Welt festzustellende, *religiös-weltanschaulich begründete Polarisierung* zu bio- und anderen technikethischen Fragen in den USA eine Intensität hat, die sie dort als Teil eines umfassenden »Kulturkampfes« (der sog. »culture wars«) erscheinen lässt. Dieser Hintergrund der Konvergenzdebatte wird in Europa von Promotoren (z.B. Schirmacher 2001) wie auch von Kritikern futuristischer NBIC-Visionen nicht selten ausgeblendet. Konstruiert wird dann z.B. ein Gegensatz zwischen einem zukunftsorientierten, technikbegeisterten Amerika und einem Bedenken tragenden, bildungsbürgerlich-technikfernen Europa. Bei dieser Sicht kann zumindest dreierlei übersehen werden:

- > Zum einen gerät zuweilen aus dem Blick, dass auch in den USA ein Spektrum der Kritik an futuristischen Technikvisionen existiert, das von religiösen Konservativen über eine vielfältige sozial- und geisteswissenschaftliche Technikforschung bis hin zu ökologiebewegten oder anarchistischen Autoren und Gruppen reicht (Coenen et al. 2004; Coenen 2006 u. 2007; STOA 2006).
- > Zum anderen wird ausgeblendet, dass der aktuelle visionäre Technofuturismus – z.B. in Gestalt der »transhumanistischen« Bewegung – auch in Europa (und vor allem in Großbritannien) von nicht unerheblicher Bedeutung ist. Dessen historische Traditionslinien und die Popularisierung einschlägiger Technikvisionen in der Sciencefiction und anderen kulturellen Bereichen sind überdies nicht allein auf den Einfluss der US-Kultur und -Ideengeschichte zurückzuführen. Zumindest

der britische Einfluss ist unübersehbar, insbesondere der einer Gruppe bedeutender Naturwissenschaftler und einflussreicher Schriftsteller, die seit den 1920er Jahren das trans- und posthumanistische Gedankengut popularisiert haben (dazu Coenen 2007; Euchner 2001 u. 2005).

- > Schließlich gibt es Anzeichen dafür, dass auch extreme Visionen – wie die einer die Menschheit ergänzenden oder ablösenden KI oder einer »Rekonstruktion des Menschen« (z.B. Bonazzi 2006) – in die Hintergrundannahmen forschungspolitischer und wissenschaftlicher Akteure in Europa eingehen.

In vielerlei Hinsicht wirkt die Konvergenzdebatte wie eine Phantomdiskussion, in der unrealistisch anmutende Visionen zum Gegenstand heftiger Auseinandersetzungen werden. Dennoch haben diese, als Konflikte über Menschenbilder und gesellschaftlich-politische Grundsatzfragen, eine gewisse Relevanz und Brisanz erlangt (z.B. auch die europäischen politischen Diskussionen zu visionären Aspekten in Kap. V.3.6).

GESELLSCHAFTLICHE KONFLIKTPOTENZIALE

2.

Die Hauptlinien der politisch-gesellschaftlichen Auseinandersetzung über konvergierende Technologien und Wissenschaften lassen sich hinsichtlich der USA exemplarisch durch *öffentliche Stellungnahmen des US-Präsidenten George W. Bush und seines Vorgängers Bill Clinton* aufzeigen.

Das erste Beispiel ist eine im Jahr 1999 auf Einladung Clintons und seiner Gattin Hillary durchgeführte Veranstaltungsreihe im Weißen Haus zum Millenniumswechsel. Bei einer dieser Veranstaltungen (NHGRI 2007), an der renommierte Wissenschaftler verschiedener Disziplinen teilnahmen, legten führende Forscher aus den Feldern der Bio- und Informationstechnologien die Fortschritte und Zukunftsperspektiven in diesen dar. Diskutiert wurde dabei auch das Zusammenwirken beider Technologiebereiche, was Clinton zu der womöglich scherzhaften Aussage nutzte, dass »wir alle« ewig leben wollten und dass wir, dank der Bio- und Informationstechnologien auf dem Weg dahin seien. Darüber dürften aber Fragen wie die einer nachhaltigen globalen Entwicklung nicht aus dem Blickfeld geraten.

Präsident Bush nutzte im August 2001 seine erste größere Fernsehansprache nach dem Amtsantritt dazu, sein starkes Interesse an einer moralisch verantwortbaren Entwicklung der Stammzellforschung zu bekunden (White House 2001). In dieser Ansprache betonte er zwar, dass seine Regierung medizinische Forschung im Stammzellbereich unterstützen werde. Er schloss aber eine föderale Förderung verbrauchender embryonaler Stammzellforschung aus und warnte, dass »wir« auf-

grund dieser in der »schönen neuen Welt« angekommen seien, die Aldous Huxley 1932 in seinem gleichnamigen dystopischen Roman beschrieben hatte. Zu seiner Beratung in bioethischen Fragen werde ein Rat aus führenden Wissenschaftlern, Medizinern, Ethikern, Anwälten, Theologen und anderen Fachleuten geschaffen. Dieser Rat nahm dann seine Arbeit unter dem Namen »President's Council on Bioethics« (PCB 2003) auf und spielte auch in der Konvergenzdebatte und in deren Umfeld eine Rolle, unter Verwendung von Referenzen auf Huxleys Dystopie (Coenen 2006 u. 2007).

Etwas holzschnittartig lassen sich mit Blick auf diese beiden Beispiele zwei gesellschaftliche Lager in Bezug auf die interessierenden Fragen unterscheiden, nämlich

- › zum einen (politisch vor allem von den Demokraten repräsentierte) Wählerschichten, bei denen sich Technik- und Fortschrittsbegeisterung mit Bedenken aufgrund ökologischer und sozialer Probleme mischen;
- › zum anderen (politisch vor allem von den Republikanern repräsentierte) Wählerschichten, bei denen sich Technik- und Fortschrittsbegeisterung mit Bedenken hinsichtlich der Auswirkungen bestimmter Biotechnologien und des »Human Enhancement« auf religiöse Menschenbilder und die »Schöpfung« mischen.

Die Dynamik der verschiedenen Diskussionen über gesellschaftlich-ethische Aspekte von Wissenschaft und Technik, einschließlich der Konvergenzdebatte, hat hier in den letzten Jahren zu verschiedenen *Strategien für »lagerübergreifende« Bündnisse* geführt (dazu z.B. Coenen 2006; Hughes 2006).

In den USA eher vereinzelt, etwas stärker hingegen in Europa, melden sich zudem *grundsätzlich technik- und fortschrittskeptische Stimmen* zu Wort, die – wenn sie die CT-Debatte zur Kenntnis nehmen – in den weitreichenden Konvergenz- und Posthumanismusvisionen den Ausdruck einer extremen Wissenschafts- und Technikgläubigkeit sehen.

AKTEURSLANDSCHAFT

2.1

Zu den relevanten Akteursgruppen in den politisch-gesellschaftlichen Kontroversen über die NBIC-Initiative in den USA und über zentrale Konvergenzvisionen zählen zum einen verschiedene *Nichtregierungsorganisationen (NRO)*, zum anderen Akteure und Einrichtungen mit einem *politisch konservativen* oder *explizit religiösen* Hintergrund (dazu z.B. Malsch 2007a u. 2007b). Darüber hinaus erfuhren die NBIC-Initiative, der Transhumanismus und posthumanistische Visionen zum Teil scharfe Kritik in der *akademischen Forschung* und seitens verschiedener Einrichtungen wissenschaftlicher *Politikberatung zu wissenschaftlich-technologischen Fragen*.



Die in der Konvergenzdebatte aktivste NRO ist die in Kanada beheimatete, aber international agierende *ETC Group*. Diese hat in einer Reihe von Publikationen zur Nanotechnologie, zur »Synthetischen Biologie« und speziell zur Konvergenzthematik immer wieder die NBIC-Initiative und andere CT-Initiativen kritisiert (z.B. *ETC Group* 2003 u. 2006). Obwohl es sich um eine vergleichsweise kleine NRO handelt, ist ihr Einfluss aus mehrererlei Gründen erheblich:

- › Zum einen hat sie schon, damals noch unter anderem Namen (*Rural Advancement Foundation International*, *RAFI*), in der Debatte über Biotechnologien bewiesen, dass sie zu effektiven Kampagnen in der Lage ist. Dabei spielte auch die strategische Nutzung von »Kampfbegriffen« (wie »Frankenfood« für genetisch modifizierte Nahrungsmittel oder »Terminator Seeds« für genetisch verändertes Saatgut) eine wichtige Rolle. In der Nano- und CT-Debatte agiert die *ETC Group* in ähnlicher Weise, z.B. mit dem Begriff »Atom Technologies« für Nanotechnologien oder »BANG«-Technologien für die CT (»BANG«: »bits, atoms, neurons and genes«). Zu den neueren Aktivitäten zählt auch ein internationaler Wettbewerb zur Schaffung eines Warnsymbols für Nanotoxizität.
- › Zum anderen lässt sich feststellen, dass die *ETC Group* auf EU-Ebene (Kap. V.3), aber auch in verschiedenen Nationalstaaten und internationalen Zusammenhängen politische Diskussionen zur Nano- und Konvergenzthematik stark beeinflusst hat. Dies gilt vor allem für mögliche negative gesundheitliche und ökologische Auswirkungen der Nanotechnologie, betrifft aber auch die CT-Thematik selbst und verwandte Themen (z.B. die »Synthetische Biologie«).

Zu den Kritikpunkten der *ETC Group* im Zusammenhang mit der Konvergenzthematik zählen die angebliche Vernachlässigung von möglichen Umwelt- und Gesundheitsrisiken sowie der Perspektive der Entwicklungsländer sowie bestimmter Akteursgruppen (wie den Behindertengruppen) und das, was sie als eine technikdeterministische und -utopische Ausrichtung der Nanotechnologie- und CT-Initiativen begreift, einschließlich der posthumanistischen Visionen.

Ungeachtet dieser Kritik wie auch ihrer ursprünglichen Forderung nach einem Nanotechnologie-FuE-Moratorium, die auch schon Bill Joy (2000) aufgebracht hatte, hat sich die *ETC Group* nicht grundsätzlich gegen Nanotechnologie und CT ausgesprochen. Das gleiche gilt für einen von *Greenpeace* in Auftrag gegebenen Bericht (Arnall 2003), der allerdings noch stärker als die *ETC Group* mögliche positive Auswirkungen der Nanotechnologie betont. Die Publikationen der *ETC Group* stellen allerdings einen wichtigen Bezugspunkt für andere NRO und Einrichtungen dar, die eine noch schärfere Kritik an den CT-Initiativen und -visionen vorbringen. Zu nennen sind hier z.B.

- > die NRO *Friends of the Earth* (Miller/Senjen 2006), von der die NBIC-Initiative in die Traditionslinie der alten eugenischen Bewegung und des Nationalsozialismus gestellt und dabei die Schreckensvision einer Elite von »nano-enhanced humans« in den Mittelpunkt gerückt wurde;
- > verschiedene *französische NRO und Protestgruppen*, die insbesondere die Verbindungen der NBIC-Initiative mit dem Transhumanismus und der Militär-, Sicherheits- und Nuklearforschung kritisieren (Kap. V.1.3);
- > der *Ökumenische Rat der Kirchen*, dem zahlreiche Kirchen – nicht jedoch die römisch-katholische – angehören und der in einem Dokument zu »Converging Technologies« (WCC/WACC 2006) die Hauptkritikpunkte der ETC Group integriert hat sowie überdies den Posthumanismus und die Ideen der NBIC-Initiative und ihrer politischen Förderer im US-Handelsministerium als Ausdruck »blasphemischen Denkens« charakterisierte.

Eine *religiös basierte Kritik* der CT-Visionen, der NBIC-Initiative und des Trans- und Posthumanismus findet sich in den USA (dazu u. zum Folgenden Kap. V.2.4.2) wie in der EU auch bei verschiedenen anderen Organisationen, Theologen, Bioethikern und Aktivisten (z.B. Delcourt 2005; Körtner 2005; Mitchell/Kilner 2003). Dabei werden die weitreichenden Konvergenzvisionen und der Transhumanismus gelegentlich als extreme Beispiele für das Streben nach menschlicher Selbstvervollkommnung und Selbstvergottung gedeutet – zum Teil unter kritischem Bezug auf gnostische und andere häretische Traditionen und z.T. auch in der offensichtlichen Absicht, die wissenschaftlich-technische und kulturelle Moderne insgesamt als Verirrung zu kennzeichnen. Berührungspunkte zu anderen Kritikern der NBIC-Initiative und -Visionen bestehen in dem Hinweis auf eine mögliche Reduktion des Menschen auf »Rohmaterial« und die Gefahr der Entstehung einer verantwortungslosen und demokratisch nicht mehr kontrollierbaren Elite. Die religiösen Kritiker beziehen sich dabei oft auf entsprechende Überlegungen des christlichen Schriftstellers C.S. (Clive Staples) Lewis (z.B. Beiting 2006; Kass 2002). Ebenfalls anzutreffen sind antiutopische Argumentationen (s.a. Arnaldi 2005; Cameron 2006) sowie eine Kritik an den NBIC-Visionen, die an der Verschränkung von menschlichen Selbstvervollkommnungsidealen mit einem instrumentalistischen Menschenbild und mit Tendenzen einer zunehmenden Medikalisierung der Gesellschaft festgemacht wird (Delcourt 2005). Ein Kernproblem für christliche Kritiker sind die möglichen Implikationen der NBIC-Technologien für die christliche Anthropologie und speziell für die Lehre der Gottebenbildlichkeit des Menschen, der nun zum Objekt tiefgreifender menschlicher Formung zu werden drohe.

Die religiöse Kritik erscheint am stärksten in den USA. Dies liegt auch an einschlägigen Aktivitäten des Bioethikrates des US-Präsidenten und vor allem im Umfeld des Rates. Zum Teil mit direkter Unterstützung des US-Präsidenten (White House



2001) wurden seitens des Rates verschiedene Biotechnologien, andere CT und insbesondere »Human-Enhancement«-Technologien mit der von Huxley beschriebenen inhumanen »Schönen Neuen Welt« assoziiert (PCB 2003). Die Kritik am Posthumanismus durch Ratsmitglieder beschränkt sich aber nicht auf religiös basierte Argumentationen (z.B. Kass 2002), sondern bezieht auch einen säkular begründeten, demokratietheoretisch orientierten Konservatismus mit ein (Fukuyama 2003).

Ebenfalls Beachtung verdienen die Aktivitäten des International Risk Governance Council (IRGC), einer unabhängigen Stiftung schweizerischen Rechts, die stark von Mihail C. Roco, dem Hauptinitiator der NBIC-Initiative, mitgeprägt wird. Roco hat an anderer Stelle bereits vorgeschlagen, ein multidisziplinäres Forum oder eine Koordinierungs- und Beratungsgruppe mit Mitgliedern aus verschiedenen Ländern einzurichten, um auf globaler Ebene Governance-Fragen zu konvergierenden und emergierenden Technologien anzugehen (Roco 2007). In Onlinepublikationen des IRGC werden derweil auch visionäre NBIC-Anwendungen in Bezug auf deren Risiken und Chancen diskutiert (Renn/Roco 2006), und die politische Debatte über die Regulation und Förderung konvergierender Technologien wird in gewissem Maße fortgeführt. Daran nimmt auch eine kleine Zahl interessierter NRO teil (IRGC-WGN 2006), unter ihnen die ETC Group, der zu »Human Enhancement« arbeitende britische Think Tank Demos (Miller/Wilsdon 2006) sowie transhumanistische und nanofuturistische Aktivisten, die den NBIC-Visionen enthusiastisch anhängen (wie das Centre for Responsible Nanotechnology und das von Drexler gegründete Foresight Institute).

Neben den bereits erwähnten NRO hat eine Reihe *ökologiebewegter, globalisierungskritischer, linksliberaler und sozialistischer Intellektueller* den Posthumanismus (z.B. Giesen 2004; Gorz 2004; Winner 1989 u. 2005) und zum Teil speziell die CT-Visionen und -Initiativen kritisiert (Winner 2003; s.a. Kap. V.2.4.2). Die NBIC-Initiative in den USA und posthumanistische und andere technofuturistische Visionen wurden auch von der Biochemikerin Mae-Wan Hoe kritisiert, einer nicht unumstrittenen Expertin für gesellschaftliche Aspekte der Wissenschaft. In ihrer Kritik verbindet sie grundsätzliche philosophische Einwände gegen den Technofuturismus mit *Zweifeln an der wissenschaftlichen Seriosität der Initiativen und Realisierbarkeit der Visionen*. Da sie in dieser Hinsicht beispielhaft ist, wird ihre Einschätzung zu den NBIC-Feldern und der NBIC-Initiative im Folgenden zitiert. Deren erster Bericht (Roco/Bainbridge 2002) sei nur dürftig getarnte Werbung für die Nanotechnologieindustrie, und die Aussichten der Konvergenzprozesse seien mehr als ungewiss sowie unter ethisch-gesellschaftlichen Aspekten gesehen fragwürdig: »Of the quartet, the IT boom has come and gone, brain research has contributed little during ›the decade of the brain‹ (1980s) or subsequently, apart from endless debate on the nature of ›consciousness‹, and biotechnology is fast collapsing

from technical and financial failures and worldwide rejection of its products; investments have dried up and there's nothing new or useful in the pipelines. Can nanotechnology really reverse the fortunes of the other three technologies or take off on its own? ... The problem with the NSF report and other similar documents is that it doesn't distinguish between science and science fiction, between hype and reality, let alone the desirable and undesirable in terms of ethics, choice and safety« (Ho o.J.).

Politisch-ethische, grundsätzliche philosophische oder technische Einwände gegen posthumanistische und andere technofuturistische Visionen wurden auch von Einzelpersonen erhoben, die selbst zum *technofuturistischen Milieu* zählen. Neben Joy ist hier z.B. der Software- und »Virtual-reality«-Experte Jaron Lanier zu nennen, der sowohl eine radikal visionäre und »totale« kybernetische Weltanschauung des Milieus konstatiert hat als auch seines Erachtens unrealistische Erwartungen in Bezug auf künftige Fortschritte im IKT-Bereich kritisierte (Lanier 2000).

Viele dieser Kritikpunkte an den CT-Visionen und -Initiativen und am Trans- und Posthumanismus finden sich, oft in abgeschwächter Form, auch in einschlägigen *geistes- und sozialwissenschaftlichen Diskussionsbeiträgen* und in Berichten von *Institutionen wissenschaftlicher Politikberatung* wieder. Zu nennen sind hier z.B.

- > die britische *Royal Society* und *Royal Academy of Engineering*, die insbesondere die Ideen der US-NBIC-Initiative zur Kognitionswissenschaft als tendenziell unwissenschaftlich und als sciencefictionlastig einschätzte (RS/RAE 2004; s.a. Rogers-Hayden/Pidgeon 2007);
- > Beiträge aus dem Bereich der *Technikfolgenabschätzung* (z.B. FhG-ISI 2005; Coenen 2007; Grunwald 2007a u. 2007b; Paschen et al. 2004; STOA 2006; Torgersen 2007), in denen auf den stark visionären Charakter der NBIC-Initiative, deren Verbindungen zum Transhumanismus oder auf die Problematik des »Human Enhancement« hingewiesen wurde;
- > verschiedene Beiträge aus der *frankofonen Welt*, auch von *forschungspolitisch-akademischen Akteuren* (z.B. Dupuy/Roure 2004; Laurent/Petit 2005) und Einrichtungen der *Politikberatung zu ethischen Fragen* (CEST 2006; COMETS 2006), in denen die transhumanistischen Verbindungen und Ideen sowie stark visionären Aspekte der NBIC-Initiative z.T. scharf kritisiert wurden und auch eine grundsätzliche politisch-philosophische Kritik an den für die Initiative relevanten Ideentradiitionen erfolgte (z.B. Dupuy 2007).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich hinsichtlich der Kritik an den Promotoren der Konvergenzvisionen und diverser »Human-Enhancement«-Technologien grob zwei Hauptstoßrichtungen unterscheiden lassen:



- › Zum einen werden die technische Machbarkeit der Visionen und die wissenschaftliche Seriosität ihrer Advokaten infrage gestellt, oft unter Hinweis auf Einflüsse der Sciencefiction und des Transhumanismus.
- › Zum anderen werden politische und weltanschauliche Aspekte der Vorstellungen zu »Human Enhancement« und die technofuturistischen Ideen kritisiert (dazu auch Malsch 2007a u. 2007b). Dabei stimmen einige Kritiker mit den futuristischen Annahmen zur künftigen Technologieentwicklung und der Realisierbarkeit der Visionen in Teilen überein.

Weitere oft angesprochene politische Aspekte sind die Relevanz militärischer Nutzungsmöglichkeiten neuer Technologien, die Technikfixiertheit und der Technikdeterminismus einiger Strategien, z.B. hinsichtlich des Umweltbereichs (Whitman 2006), sowie die mögliche Gefahr, dass durch die weitreichenden, ethisch problematischen Visionen zur NBIC-Konvergenz das öffentliche Ansehen der Nanotechnologie leiden könne (z.B. CEST 2006; Coenen et al. 2004; COMETS 2006; Paschen et al. 2004). Kritische bis hin zu polemischer Beachtung haben in verschiedenen *akademischen Zusammenhängen* auch *politische sowie ideen-, wissenschafts- und technikgeschichtliche Aspekte* der Konvergenzthematik und des Posthumanismus gefunden. Zu nennen sind hier z.B.

- › die Auseinandersetzung mit dem Verhältnis des Posthumanismus und der Konvergenzvisionen zu den Traditionen des Humanismus und der Aufklärung (z.B. Grunwald 2005, 2006, 2007a u. 2007b; Kettner 2005, Knorr Cetina 2004);
- › die Kritik des aktuellen Technofuturismus und seiner Vorläufer im 20. Jahrhundert vor dem Hintergrund der von diesen zu unterscheidenden sozialutopischen Tradition (z.B. Coenen 2006 u. 2007; Midgley 1992; Saage 2006 u. 2007);
- › die Abgrenzung anderer, z.B. auch feministischer Konzepte menschlicher Körperlichkeit und der »Cyborgisierung« von dem Ingenieursposthumanismus Moravec und anderer Futuristen (z.B. Hayles 1999; kritisch dazu Winner 2005);
- › die Kritik des Wissenschafts-, Technik- und Gesellschaftsverständnisses und philosophischer Grundannahmen der NBIC-Initiative und Transhumanisten aus Perspektive des aktuellen Forschungs- und Diskussionsstandes in den »Science and Technology Studies«, der Technik- und Medienphilosophie und -soziologie und anderen einschlägigen Disziplinen und Feldern (z.B. Dupuy 2007, Grunwald 2005, 2006, 2007a u. 2007b, Hartmann 2000, Nordmann 2007a u. 2007b).

ZUSAMMENFASSENDE EINSCHÄTZUNG

2.2

Ein Großteil der sich abzeichnenden gesellschaftlichen *Konfliktlinien* ist bisher auf die akademische Diskussion beschränkt. Gleichwohl sind einige der Auseinandersetzungen schon jetzt von einer gewissen *politischen Relevanz*.

Neben Protestaktionen und anderen Aktivitäten einzelner NRO sind vor allem die Diskussionen zwischen religiösen Kräften und transhumanistischen oder libertären Aktivisten und Akademikern zu nennen, die vor allem in den USA stattfinden. Offenkundig rücken zudem die Auswirkungen wissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse auf das *Verhältnis von Natur und Technik, von Gewachsenem und Artifiziellem* weiter ins Zentrum der Aufmerksamkeit. Dabei kommen konkurrierende Verständnisse der menschlichen Natur oder der *Conditio Humana* zum Tragen. Insbesondere das gegenseitige Hochschaukeln des religiösen und transhumanistischen Aktivismus könnte hier verschärfend wirken. Die Spannbreite der Kritik reicht aber von ökologiebewegten und globalisierungskritischen Beiträgen über Auseinandersetzungen mit Konzepten »menschlicher Natur« und ihrer Bedeutung für Grundlagen der Demokratie (wie die Menschenrechte) bis hin zu den dezidiert religiösen Argumentationen, in denen posthumanistische und andere technofuturistische Vorstellungen als Ausdruck einer menschlichen Überheblichkeit und Abwendung von Gott (oder als »Hybris«) gedeutet werden.

Die »Joy-Debatte« wie auch die »Sloterdijk-Debatte« haben auf jeden Fall gezeigt, dass nicht an konkreten aktuellen technikethischen Fragen festgemachte, stark visionäre Diskussionen auch ein beträchtliches Maß an öffentlicher Aufmerksamkeit auf sich ziehen können. Auf ein *breiteres gesellschaftliches Interesse*, über die Feuilletons und akademische Kreise hinaus, dürften aber weiterhin vor allem bioethische Themen stoßen, die bei größeren Teilen der Bevölkerung Beachtung finden oder bei denen bestimmte Gruppen (z.B. Körperbehinderte oder Schwangere) von wissenschaftlich-technologischen Entwicklungen besonders stark betroffen sind.

Eine zentrale Herausforderung für eine rationale Diskussion über wissenschaftlich-technologische Entwicklungen, deren gesellschaftlich angemessene Gestaltung und einen effektiven Einsatz öffentlicher Mittel ist, dass extrem visionäre Vorstellungen gleichrangig mit – oder sogar vorrangig gegenüber – dringlicheren Fragen diskutiert werden. Anstatt sich mit ethisch durchaus relevanten aktuellen Entwicklungen (z.B. im Bereich der Hirnforschung; TAB 2007) oder mit konkreten Lösungsansätzen für zentrale gesellschaftliche Probleme (z.B. im Gesundheits- und Umweltbereich) auseinanderzusetzen, werden fern in der Zukunft oder im Reich der Fantasie anzuesiedelnde Fragen ausgiebig diskutiert. Die *Kritik spekulativer Ethik* (Nordmann 2007a u. 2007c) sowie eine *rationale Durchdringung des technofuturistischen Diskurses* (Grunwald 2005, 2007a u. 2007b) sind daher – auch wenn sie die Aufmerksamkeit für die extremen Visionen zuweilen noch erhöhen mögen – angezeigt: Es sind nicht zuletzt einige forschungspolitische und wissenschaftliche Akteure selbst (vor allem in den USA) sowie die akademische und politikberatende Ethik, die diese Visionen propagieren oder ernsthaft diskutieren. Solange sich dies nicht ändert, wird man um eine Auseinandersetzung mit ihnen auch in Zukunft nicht umhinkommen.



ZUR EINSCHÄTZUNG VON KONVERGENZEN

IV.

Wie in den Kapiteln I bis III aufgezeigt, erlaubt es der derzeitige Stand der Debatte noch nicht, von einer verbindlichen Definition der konvergierenden Technologien und Wissenschaften auszugehen. Gleichwohl werden immer wieder Listen von – selbst zumeist hybriden (multi-, inter- oder transdisziplinären) – FuE-Bereichen erstellt, zwischen denen Konvergenzprozesse zu beobachten seien.

Auch wenn man auf den Konvergenzbegriff – z.B. aufgrund des problematischen Charakters der CT-Debatte – verzichten wollte, bliebe zu beachten, dass in Wissenschaft und Technik immer wieder Prozesse vonstatten gehen, bei denen durch neue Überschneidungen oder Fusionen verschiedener Felder oder Disziplinen auch neue FuE-Bereiche mit eigenen Entwicklungspfaden entstehen (Bunge 2003; Doorn 2007). Und die durch die Nanotechnologiediskussion beförderte Konjunktur von Begriffen, die ein zunehmendes Verwischen der Grenze von Technik und Natur, von Unbelebtem und Belebtem anzeigen (z.B. »Nanobiotechnologie«, »Synthetische Biologie«, »neue Bionik«) (Paschen et al. 2004; TAB 2006; Torgersen 2007), wird als Anzeichen für die weite Verbreitung von NBIC-Konvergenzen angesehen. Obwohl hier zum Teil – wie in der Nano- und CT-Debatte – gleichsam forschungsexterne Gründe (z.B. auf Förderung und Investitionen abzielende Strategien) oder auch disziplinäre Traditionen für die Genese und Weiterentwicklung von »Etiketten« vorliegen dürften, ist unübersehbar, dass eine Reihe durch Konvergenzprozesse entstandener oder emergierender FuE-Bereiche unter all den verschiedenen Etiketten immer wieder auftaucht. Dabei handelt es sich vor allem um Beispiele aus der Grundlagenforschung und solche in frühen FuE-Phasen, dennoch wird eine Zunahme anwendungsorientierter Konvergenzen oft erwartet.

Im Folgenden geht es vor diesem Hintergrund weniger um erste Schritte einer Technikfolgenabschätzung zu einzelnen FuE-Bereichen aus Konvergenzperspektive als vielmehr darum, an verschiedenen Beispielen aufzuzeigen, *wie Konvergenzprozesse in der Forschung aufgefasst, aufeinander bezogen und hinsichtlich der Anwendungsperspektiven eingeschätzt werden*. Dargelegt wird vor allem, welche Ansätze zur Strukturierung des weiten Feldes konvergierender Technologien und Wissenschaften bestehen und (beispielhaft) welche Anwendungsperspektiven gesehen werden. Dazu wird insbesondere auf Studien Bezug genommen, die FuE-Bereiche unter dem Konvergenzaspekt vergleichend betrachtet haben (s.a. Kap. V.3.4).

Um begriffliche Klarheit zu erreichen, werden im Folgenden als *FuE-Felder* jene weiten Bereiche (wie die NBI-Felder) bezeichnet, die auch in der Forschungspolitik als übergeordnete Handlungsfelder definiert sind. Mit dem Begriff »Kognitionswis-

senschaft« wird ein weiteres umfassendes Feld benannt, zu dem neben der sozial- und geisteswissenschaftlich und psychologisch orientierten Kognitionswissenschaft auch die FuE in der Hirnforschung (einschließlich Neurotechnologien und Psychopharmaka) gezählt wird. Als *FuE-Bereiche* werden hingegen weniger umfassende Gebiete bezeichnet, wobei vor allem auf solche Bereiche abgestellt wird, die sich als Ergebnisse von Konvergenzen zwischen FuE-Feldern begreifen lassen.

REICHWEITEN DER KONVERGENZKONZEPTE

1.

Auch wenn eine Vielzahl von wissenschaftlich-technologischen Feldern in der CT-Debatte thematisiert worden ist, so ist doch die ursprünglich von der NBIC-Initiative in den USA vorgenommene Fokussierung auf vier Felder weiterhin vorherrschend. Bei diesen Feldern handelt es sich um die Nano-, Bio- und Informationstechnologien (samt der zugehörigen Wissenschaften) sowie die Kognitionswissenschaft (»cognitive science«), einschließlich der angewandten Hirnforschung und der Neurotechnologien. Obwohl in der Konvergenzdebatte regelmäßig betont wird, dass es auch um Konvergenzprozesse zwischen Wissenschaften gehe, werden diese vier sogenannten »NBIC«-Felder zumeist unter dem Begriff »CT« angesprochen.

Der *Fokus auf die NBIC-Felder* ist allerdings nicht überall akzeptiert worden. Auch die NBIC-Initiative selbst hat ihn immer wieder ausgeweitet. Zudem wird oft nur ein NBI-Konvergenzkonzept genutzt, also der Kognitionswissenschaft und Hirnforschung keine besondere oder gar herausragende Bedeutung beigemessen. Vor allem in der öffentlichen Diskussion, jedoch auch in politischen oder akademischen Initiativen oder Einzelbeiträgen, werden aber oft zudem die Robotik, die KI-Forschung und diverse sozial- und umweltwissenschaftliche Disziplinen zu den einander beeinflussenden Schlüsselfeldern gezählt. Je nachdem in welchem forschungs- und technologiepolitischen Zusammenhang auf Konvergenzprozesse Bezug genommen wird, finden sich überdies unterschiedliche Schwerpunktsetzungen hinsichtlich der FuE-Felder oder der Anwendungsbereiche. Und selbst bei der US-amerikanischen National Science Foundation (NSF), der Haupttreiberin der NBIC-Initiative, finden sich vom NBIC-Konzept abweichende Konzeptionen.

Sowohl in Bezug auf die Konvergenzperspektive als auch hinsichtlich der stark visionären Perspektiven brachten die *Initiativen zur Nanotechnologie* eine neue Qualität des forschungs- und technologiepolitischen Diskurses hervor: Zum einen wurden, wie bereits erwähnt, die Konvergenzen zwischen der Physik, Chemie und Biologie noch einmal verstärkt betont, insbesondere auch in Bezug auf technologische Anwendungen und die Materialwissenschaft (EC/NSF 2000; Paschen et al. 2004). Zum anderen ist in den Diskussionen über Nanotechnologie um den Jahrhundert-

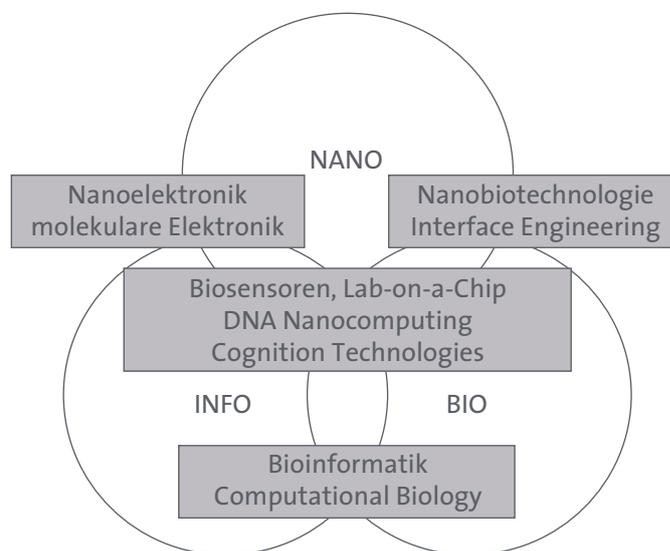
wechsel bereits die *eigentümliche Doppelung der Konvergenzperspektive* festzustellen, der die CT-Debatte bis heute stark prägt: Die Nanotechnologie wird sowohl als ein zentraler Bereich des Zusammenwachsens der drei klassischen Disziplinen sowie von Bio- und Informationstechnologien angesehen als auch als eines von drei, vier oder mehr konvergierenden Feldern, wobei neben den NBIC-Feldern z.B. die Mikrosystemtechnik oder auch Sozialwissenschaften genannt werden. Bedeutende Innovationen werden nun nicht mehr in den klassischen Disziplinen bzw. »Kernwissenschaften« erwartet, sondern in den Verschmelzungs- und »Grenzbereichen«, die durch »solche Disziplinen wie Biotechnologie, Nanotechnologie, IuK-Technologien und auch Kognitionswissenschaften« (BMBF 2004, S. 33) markiert werden. Zugleich verbreitete sich, ausgehend vor allem von den USA, eine Rhetorik, die das *Zusammenfließen zentraler Wissenschaften und Technologien auf der Nanoebene* mit starken Visionen verbindet, bis hin zur Voraussage eines neuen, »hierarchischen« Verständnisses der Wirklichkeit »von der Nanoebene bis zur kosmischen Ebene«. Dabei erlangen die Visionen des Nanofuturismus und Posthumanismus (Kap. II) stärkere Beachtung. Sie reichen von Bildern eines paradisiischen Zustands globalen Wohlstands und des Weltfriedens bis hin zur Idee einer Ergänzung, Ersetzung oder Abschaffung der Menschheit durch posthumane Wesen.

Selbst wenn – wie z.B. in einer Definition des BMBF (o.J.) – zur Nanotechnologie vor allem »Forschungsgebiete aus der belebten und unbelebten Natur« gezählt werden, die zu Anwendungen in der Energie-, Umwelt- und Informationstechnik führen (also unter Ausblendung der medizinischen Nanobiotechnologie, der Hirnforschung und stark visionärer Aspekte), handelt es sich bei »Nanotechnologie« um einen *größenbezogenen Oberbegriff*, in diesem Fall für unterschiedlichste Arten der Analyse und Bearbeitung von Materialien. Der Charakter als Oberbegriff hat konsequenterweise auch dazu geführt, dass mittlerweile oft von »Nanotechnologien und -wissenschaften« (also im Plural) die Rede ist. In der CT-Debatte erscheinen nun aber nicht nur, in der erwähnten eigentümlichen Doppelung, die Nanotechnologien und -wissenschaften als ein konvergierendes Feld, sondern überdies noch die »Kognitionswissenschaft«, wobei es sich ebenfalls um einen *Oberbegriff für ein stark multidisziplinäres Feld* handelt (Ander/Pagarde 2006). »Konvergierende Technologien« fungieren somit als ein *Sammelbegriff* für den weitreichenden Oberbegriff »Nanotechnologie« und drei andere Begriffe, von denen zumindest einer, die »Cognitive Science«, ebenfalls ein weitreichender Oberbegriff ist.

Diese Konzeption hat zu einer gewissen Unübersichtlichkeit der Konvergenzdebatte beigetragen, die durch weitere Spezifika des kognitionswissenschaftlichen Feldes noch verstärkt wurde. Man mag die daraus oftmals resultierende Verwirrung als produktiv begrüßen, da gerade durch sie international eine vielfältige politisch-akademische Diskussion über gesellschaftliche und ethische Aspekte aktueller wis-

senschaftlich-technologischer Entwicklungen in Gang gesetzt wurde. Es stellt sich aber dennoch zumindest die Aufgabe, die Rolle der »Kognitionswissenschaft« in der NBIC-Konvergenz näher zu bestimmen, unter Berücksichtigung der Vielfalt des Feldes. Diese Aufgabe wird weithin als *Schlüsselproblem der Konvergenzthematik* angesehen (Coskina/Kaminorz 2005; EU HLEG FNTW 2004; Heinze 2007b). Von besonderer Bedeutung erscheinen in dieser Hinsicht die für Kognition relevanten Technologien, vor allem die Neurotechnologien, da sie gleichsam ein Bindeglied zwischen allen vier NBIC-Feldern sind (Fleischer/Decker 2005; Abb. 1).

ABB. 1 NANOTECHNOLOGIE ALS KOMPONENTE KONVERGIERENDER TECHNIKEN



Quelle: Fleischer 2006, S.57, modifiziert

Auf jeden Fall wurde durch die in den USA erfolgte Aufnahme der »Cognitive Science« in die NBIC-Quadrige zweierlei ausgelöst: Zum einen rückten bestimmte Bereiche der *Hirnforschung und Neurotechnologien* (Merkel et al 2007; Stieglitz/Rosahl 2005; TAB 2007) in den Mittelpunkt der Diskussion, z.B. neue Hirn-Computer-Schnittstellen (Brain-Computer Interfaces, BCI), deren invasive Varianten auch als Hirn-Maschine-Schnittstellen (Brain-Machine Interfaces, BMI) bezeichnet werden. Zum anderen kamen – in Zurückweisung dieser Schwerpunktsetzung oder in Anknüpfung an sozial- und geisteswissenschaftliche Elemente der Kognitionswissenschaft – die *Sozial- und Geisteswissenschaften sowie die Philosophie* ins Spiel. Die dadurch erfolgte Betonung gesellschaftlicher und ethischer Aspekte naturwissenschaftlich-technologischer Konvergenzen und die Konzentration der CT-Debatte auf *Anwendungen am Menschen* kennzeichnen die wichtigsten Initiativen diesseits wie jenseits des Atlantiks (Kap. V).

Ein umfassendes Konzept konvergierender Technologien und Wissenschaften (bzw. »Wissenssysteme«) wurde von der hochrangigen Expertengruppe vorgelegt, die sich als erste Forschergruppe im Auftrag der EU mit der CT-Thematik befasst hat (Kap. V.3.3): Dabei stehen zwar immer noch die NBIC-Felder im Mittelpunkt des Interesses, aber deren Konvergenzen werden in einem Rahmen analysiert, der die ganze *Vielfalt gegenseitig »ermöglichender« (»enabling«) Qualitäten und Funktionen moderner Wissenschaften und Technologien* berücksichtigen will.

Konzeptionelle Unterschiede und Gemeinsamkeiten der verschiedenen politischen Aktivitäten werden in der vorliegenden Studie in einer vergleichenden Analyse, vor allem zu den USA und der EU-Ebene, untersucht (Kap. V). Im Folgenden soll aber zunächst noch beispielhaft aufgezeigt werden, wie die verschiedenen Konvergenzprozesse in einschlägigen Publikationen oder Aktivitäten strukturiert und in ihrer Bedeutung eingeschätzt werden. Dabei geht es sowohl um grundlegende Annahmen zur Konvergenz der NBIC-Felder und ihre Problematisierung (Kap. IV.2) als auch ansatzweise um Einschätzungen der forschungspraktischen, sozioökonomischen und damit politischen Relevanz der CT (Kap. IV.3). Die anwendungsbezogenen Strukturierungsvorschläge zu verschiedenen Konvergenzprozessen korrespondieren z. T. mit politischen Handlungsfeldern (wie Gesundheit, Umwelt und Verteidigung).

INHALTLICHE BESTIMMUNG VON KONVERGENZEN

2.

Im Folgenden wird – in Anlehnung an die Arbeit der erwähnten EU-Expertengruppe (EU HLEG FNTW 2004; Kap. V.3.3) – ein Überblick über angenommene Wechselwirkungen und einander ermöglichende (»enabling«) Qualitäten konvergierender Wissenschaften und Technologien geboten. Überdies wird bereits kurz dargelegt, welche Beziehungen zwischen politischen Prioritäten der CT-Promotoren in den USA, dem Ursprungsland der Debatte, und der Annahme bestimmter Konvergenzen bestehen könnten.

Die Nanotechnologie macht sich charakteristische Effekte und Phänomene zunutze, die im Übergangsbereich zwischen atomarer und mesoskopischer Ebene auftreten (dazu und zum Folgenden: Paschen et al. 2004). Auf der einen Seite gibt es den sog. »Top-down«-Ansatz, der vor allem in der Physik und physikalischen Technik dominiert. Hier werden von der Mikrosystemtechnik ausgehend Strukturen und Komponenten immer weiter miniaturisiert. Dementsprechend wird die Mikrosystemtechnik von der Bundesregierung und anderen Akteuren als eine entscheidende »ermöglichende« (»enabling«) Technologie im Zusammenhang mit der NBIC-Konvergenz aufgefasst. Auf der anderen Seite steht der »Bottom-up«-Ansatz, bei dem immer komplexere Strukturen gezielt aus atomaren bzw. molekularen Bau-

steinen aufgebaut werden. Dieser Ansatz wird bislang eher durch die Chemie und Biologie repräsentiert, in denen der Umgang mit Objekten in der Nanometerdimension seit Langem vertraut ist. Charakteristisch ist beim Übergang auf die Nanometerskala, neben der zunehmenden Dominanz quantenphysikalischer Effekte, dass Oberflächen- bzw. Grenzflächeneigenschaften gegenüber den Volumeneigenschaften des Materials eine immer größere Rolle spielen. Die Nanotechnologie erfordert somit einen hohen Grad an inter- und transdisziplinärer Kooperation und Kommunikation, da Konzepte aus der Physik, Chemie und Biologie ineinander greifen sowie die Methoden einer einzelnen Disziplin durch Verfahren und Fachkenntnisse aus den anderen Fachrichtungen ergänzt werden müssen. Von ihrem Konzept her befruchtet die Nanotechnologie andere Technologien, weil sie einen gemeinsamen Rahmen für alle Konstruktionsprobleme bietet (EU HLEG FNTW 2004): Alles, was aus Molekülen besteht, kann grundsätzlich integriert werden. Die Nanotechnologie befruchtet die Biotechnologie durch Entwicklung neuer Bildgebungsverfahren, Sonden und Sensoren. Sie erfüllt auch die Miniaturisierungsanforderungen der Informationstechnologie. Nanochips und Nanosensoren werden auch zu weiteren Fortschritten in der Bioinformatik führen.

Die *Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) mit den zugehörigen Wissenschaften und Forschungsbereichen* sind zusammen sowohl in theoretischer als auch in praktischer Hinsicht für die anderen konvergierenden Felder relevant. Die Befruchtungen und »Enabling«-Funktionen zwischen den Info- und Biofeldern sind zahlreich. Ohne Zweifel basieren z.B. viele Fortschritte in der Biotechnologie und Hirnforschung auf den Möglichkeiten computertechnologischer Modellierung, Simulation und Visualisierung. Oft konstatiert wird auch der disziplinenübergreifende Einfluss von Informationsbegriffen aus dem Bereich der Nachrichtentechnik, Kybernetik und Informatik, der Voraussetzung für viele dieser Einflüsse ist. Diese Begriffe haben z.B. maßgeblich die Entwicklung der Genetik mitbestimmt und spielen auch in den Neurowissenschaften sowie in der »Synthetischen Biologie« noch eine wichtige Rolle, obwohl sie in der Biologie allgemein schon seit Längerem oft als rein metaphorisch eingestuft werden. Insbesondere hinsichtlich ihrer Nutzung in sozial- und geisteswissenschaftlichen Feldern werden auch grundsätzliche Einwände erhoben. Diese Einwände klingen in der CT-Debatte vielfach an (EU HLEG FNTW 2004), z.B. was eine visionär aufgeladene Reduktion aller biologischen und sozialen Prozesse auf Information betrifft (Lanier 2000) oder mit Blick auf die in den extremen Visionen aufscheinenden Selbstwidersprüche (Dupuy 2000 u. 2007).

Die *Biotechnologien und -wissenschaften* befruchten in vielfältiger Weise andere FuE-Bereiche, insbesondere durch die Identifikation von chemischen und physikalischen Prozessen sowie algorithmischen Strukturen in lebenden Systemen, die auf ihre materielle Basis in Zellen und Genen zurückgeführt werden (EU HLEG FNTW

2004). Es wird damit gerechnet, dass sie die IKT, z.B. durch Entwicklung der Grundlagen für DNA-gestützte Computersysteme befruchten. Die Nanobiotechnologie (Paschen et al. 2004) hat sich als disziplinenübergreifendes Teilgebiet der Nanotechnologie etabliert und dabei auch in der FuE-Förderung Relevanz erlangt. Als »Bionik« werden die vielfältigen Aktivitäten zur Übertragung von biologischen Lösungen auf technische Probleme bezeichnet, ein Feld, in dem sozusagen »naturgemäß« eine Vielzahl von NBIC-Konvergenzprozessen feststellbar ist (TAB 2006). Im selbst stark visionären Diskurs über die Genetik und Biotechnologie spielen Ideen zu einer weitreichenden Konvergenz mit den anderen NBIC-Feldern schon seit längerem eine Rolle (z.B. Ernst & Young 2000).

Über diese Aspekte hinaus ist hier noch eine übergreifende Perspektive von Belang, die das *Verhältnis zwischen den physikalischen und biologischen Wissenschaften* betrifft: War lange Zeit die Physik Leitwissenschaft, sozusagen das »Maß der Naturwissenschaft« (Mayr 1984, S. 35) wird seit geraumer Zeit häufig die Biologie, wenn nicht als »Leitwissenschaft« des 21. Jahrhunderts (BMBF 2001), so doch wenigstens als die konzeptionell relevanteste Naturwissenschaft angesehen (Mayr 1984) und entsprechend gefördert. Die Neurowissenschaften wiederum werden oft – zusammen mit der Molekularbiologie – als ein entscheidender Faktor in diesem Bedeutungszuwachs der Biologie betrachtet. Hieran knüpfen sich zum Teil mehr oder minder reduktionistische Vorstellungen an, dass die Analyse kognitiver wie auch soziokultureller Prozesse (also die »Erforschung des Menschen« im umfassenden Sinn; Mayr 1984, S. 35) verstärkt auf biologisch-neurologischer Basis erfolgen kann. Zumindest ein stark reduktionistischer Biologismus, wie er in der CT-Debatte von einem Hauptakteur der NBIC-Initiative in den USA vertreten wird (Bainbridge 2004b; Kap. II), stößt in großen Teilen der Sozial- und Geisteswissenschaften und Philosophie (z.B. Bunge 2003) allerdings auf noch schärfere Kritik als der kybernetisch-informationstheoretische Reduktionismus. Die NBIC-Initiative in den USA verband diese Reduktionismen mit den Visionen einer »sozialtechnologisch« einsetzbaren, sich der Hirnforschung und neuer IKT bedienenden empirischen Sozial- und Kulturwissenschaft sowie einer Art »global brain« zusammenwachsenden Menschheit.

Neben diesen außerhalb der NBIC-Initiative wissenschaftlich eher randständigen Visionen werden mit den *Neurowissenschaften und -technologien* aber zudem Visionen verbunden, die durchaus auch im Mainstream des wissenschaftlichen und politischen Diskurses verbreitet sind (Merkel et al. 2007; TAB 2007). Die Erforschung des menschlichen Gehirns, als des angeblich komplexesten bisher bekannten Systems, wird hier gleichsam zum Modell für FuE in den konvergierenden Wissenschaften und Technologien insgesamt. Dabei kann angeknüpft werden an Bereiche wie die KI-Forschung, Neuroinformatik und -robotik und Neurobionik, die selbst



schon aus NBIC-Konvergenzprozessen hervorgegangen sind. Problematisch erscheint mit Blick auf die forschungspraktische und politische Relevanz des NBIC-Konzepts, dass durch die »Herauslösung« des Neurobereichs aus dem Feld der Biowissenschaften und -technologien eine neue Konvergenz proklamiert wird, die nicht nur quer zu den meisten politischen Strukturierungen der FuE-Felder steht, sondern inhaltlich auch nur gerechtfertigt wäre, wenn man mit der Einbettung der Hirnforschung und Neurotechnologien in ein weites Konzept der Kognitionswissenschaften ernstmachte.

Die *Kognitionswissenschaft* in einem umfassenden Sinn verstanden, also unter Einbeziehung von Sozialwissenschaften, Psychologie und geisteswissenschaftlichen Disziplinen, wurde in der CT-Debatte zwar tatsächlich von verschiedenen Seiten als Schlüsselement wissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse ins Spiel gebracht (Kap. IV.3 u. V). Mit der Aufwertung der Kognitionswissenschaft zu einem von vier konvergierenden FuE-Schlüsselfeldern handelt man sich aber zum einen das Problem ein, dass ein Großteil der angestrebten sozial- und geisteswissenschaftlichen Forschung zu naturwissenschaftlich-technischen Konvergenzprozessen in Anknüpfung an die kognitionswissenschaftliche Tradition erfolgen müsste, die zwar in sich sehr vielfältig ist (Anderl/Pagarde 2006), gleichwohl methodisch, thematisch und hinsichtlich ihrer theoretischen Ressourcen keineswegs die Sozial- und Geisteswissenschaften in ihrer Breite abbildet. Zum anderen ist zu beachten, dass das Konzept der »cognitive science«, das die US-amerikanische NBIC-Initiative vertritt, nicht nur die Neurotechnologien sehr stark betont, sondern überdies von dieser dazu genutzt wurde, fragwürdige Ideen zu einer sozialtechnologischen Steuerung gesellschaftlicher und kultureller Prozesse in ihr visionäres Programm zu integrieren.

Auf jeden Fall wird, nicht nur bezogen auf die Kognitionswissenschaften, in der Konvergenzdebatte den *Sozial- und Geisteswissenschaften und der Philosophie* eine konzeptionell hohe Bedeutung beigemessen. Dies ist bei verschiedenen internationalen Akteuren der Fall – z.T. (wie in den USA) unter besonderer Betonung der Systemanalyse und Komplexitätsforschung –, insbesondere aber auf *EU-Ebene* (Kap. V.3.3 u. V.3.4). So wird in der für die EU-Aktivitäten zentralen CTEKS-Agenda (EU HLEG FNTW 2004; s.a. Kap. V.3.3) die Liste von sich gegenseitig befruchtenden Schlüsseltechnologien und Wissenssystemen, um die Kognitionswissenschaft, die Umweltwissenschaft, die Systemtheorie und die Sozial- und Geisteswissenschaften einschließlich Philosophie, Wirtschaft und Recht erweitert. Von ihrem Konzept her könnten die Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaften auf verschiedene Weise befruchtend wirken: Bekannte Beispiele seien die Spieltheorie, Strategien zur Maximierung von Gewinnen und zur Minimierung von Kosten, Modelle zu wirtschaftlichen Formen des Austauschs, Mustererkennung durch den

Menschen oder durch Maschinenintelligenz sowie die Semiotik als allgemeine Zeichentheorie der vom Menschen und durch die Natur produzierten Zeichen. Diese Wissenschaften böten Verfahren zum probabilistischen Schließen und zu statistischen Schlussfolgerungen, Methodologien für qualitative Forschung und ein Verständnis der Gesellschaftsdynamik bei der Schaffung und Verbreitung von technologischen Innovationen. Wirtschaft und Recht befruchteten Forschung und Entwicklung, indem sie die Anreize für die Unterstützung und Verbreitung definieren. Und Philosophie, Kulturwissenschaften und Ethik böten Orientierung, wenn neue Technologien traditionelle Lebensweisen zerstören. Überlegungen dieser Art führen zu einer Konzeption wissenschaftlich-technologischer Konvergenz, in der die Sozial-, Geistes- und Kognitionswissenschaften gleichsam den Rahmen für NBIC-Konvergenzen und deren gesellschaftliche Anwendungen bilden (Kap. V.3.3).

In den verschiedenen Bestimmungen der Voraussetzungen wissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse spielen also *konkurrierende Ansprüche auf den Status einer Leitwissenschaft* bzw. eines prioritär zu fördernden FuE-Feldes eine wichtige Rolle. Unter diesem Gesichtspunkt ist zumindest in Bezug auf die USA die These plausibel, dass bereits die politischen *Initiativen zur Nanotechnologie* forschungspolitisch vor allem als Versuche zu werten sind, den nichtbiologischen Wissenschaften sowie insbesondere der klassischen Leitwissenschaft Physik wieder zu einer besseren Position gegenüber den Life Sciences und der Biotechnologie zu verhelfen (Berube 2006). Auch die erfolgreichen Bemühungen der US-amerikanischen National Science Foundation (NSF), zu einem Schlüsselakteur in der nationalen Nanotechnologieinitiative (National Nanotechnology Initiative, NNI) zu werden (Kap. V.2), lassen sich so interpretieren (Berube 2006).

Vor diesem Hintergrund erscheinen auch Bekundungen seitens der NSF-Leitungsebene (dazu z.B. New 2003) und des Schlüsselakteurs der NNI und der NBIC-Initiative, des NSF-Mitarbeiters Mihail Roco, in einem anderen Licht: Letzterer hat die *NBIC-Initiative* als den Versuch bezeichnet, eine nationale Initiative in der Größenordnung der (gerade aus Sicht der NSF sehr erfolgreichen) NNI oder der nationalen Initiative zur Informationstechnologie (Information Technology Research, ITR) zu kreieren. Ohne der Analyse zur NSF und ihrer diesbezüglichen Rolle in der US-Forschungspolitik (Kap. V.2.5.3) vorgreifen zu wollen, sei darauf hingewiesen, wie Roco die ursprünglichen Absichten darstellt, die mit der NBIC-Initiative seitens der NSF verbunden worden seien: Er schreibt, dass NNI und ITR den technologischen »push« für umfassende Anwendungen in Wissenschaft und Ingenieurwesen bereitgestellt hätten, während durch die NBIC-Initiative, also die *Einbeziehung der Biotechnologie und Kognitionswissenschaft, der »pull« in Form des »Human Potential«* realisierbar sei (Roco 2005). In diesem Kontext sind die NBIC-Initiative und die mit ihr verbundenen Aktivitäten zu betrachten (Kap. V.2).



Bemerkenswert ist überdies, dass NSF-Mitarbeiter mit relativ geringen Mitteln eine internationale Diskussion über die CT maßgeblich mit angestoßen haben, in denen dann *ganz andere Fragen als die relative Bedeutung der zentralen naturwissenschaftlich-technologischen Felder* im Mittelpunkt standen. Auch wenn bereits in den allgemeinen Diskussionen zur Nanotechnologie (z.B. in der »Joy-Debatte«) die Voraussetzungen dafür gelegt worden waren, so hat doch erst das Engagement der NSF und anderer Akteure in den USA (vor allem des Handelsministeriums und verschiedener Institutionen der Militärforschung) zur NBIC-Konvergenz dazu geführt, dass Themen wie »*Human Enhancement*« und *die Rolle der Kognitions- und Sozialwissenschaften* in den Mittelpunkt einer Diskussion über naturwissenschaftlich-technologische Konvergenzprozesse rückten. Dabei treffen in den USA sowie international *grundsätzlich unterschiedliche Auffassungen* aufeinander. Diese schlagen sich auch in konkurrierenden Vorstellungen zu den Anwendungsmöglichkeiten konvergierender Technologien und Wissenschaften nieder, auf die im Folgenden hinsichtlich einiger zentraler technologischer Konvergenzfelder und -bereiche eingegangen wird.

KONVERGENZEN UND ANWENDUNGSBEREICHE

3.

Wohl aufgrund der Tatsache, dass die möglichen Wechselwirkungen zwischen den NBIC-Feldern sehr zahlreich sind, erwecken bisherige Versuche der Strukturierung des »Metafeldes« konvergierender Technologien und Wissenschaften oft den Eindruck der Uferlosigkeit oder Beliebigkeit, auch was die Zuordnung von Konvergenzen zu Anwendungsbereichen und Politikfeldern betrifft. Ein systematischer Ansatz wäre aber gerade die Voraussetzung dafür, den politischen Nutzen des Konvergenzkonzepts unter Berücksichtigung der bereits vielfältigen Förderung transdisziplinärer bzw. felderübergreifender FuE zu bestimmen. Als ein Schritt hin zur Entwicklung eines solchen Ansatzes werden daher im Folgenden einige *Strukturierungsvorschläge* sowie *Einschätzungen zu einzelnen NBIC-Konvergenz- und Anwendungsbereichen* vorgestellt (Kap. IV.3.1). Anschließend wird kurz auf eine Reihe von *konzeptionellen Herausforderungen* eingegangen, die sich hinsichtlich der in der Debatte thematisierten Konvergenzprozesse stellen (Kap. IV.3.2).

EINSCHÄTZUNG UND STRUKTURIERUNG VON KONVERGENZPROZESSEN

3.1

Die folgenden Beispiele übergreifender Einschätzungen und Ansätze zur Strukturierung von Konvergenzprozessen sind vor allem Studien entnommen (bzw. beziehen sich auf Aktivitäten), die explizit das neue Konvergenzkonzept berücksichtigen. Auf

die inhaltliche Bestimmung von Konvergenzprozessen durch die wichtigsten politischen Initiativen (Kap. V) wird auch hier erst nur am Rande eingegangen.

KONVERGENZEN AUS SICHT DER IKT

3.1.1

Das erste Beispiel ist ein Systematisierungsversuch (Tab. 1), der im Rahmen einer internationalen, von der EU beauftragten Vergleichsstudie zur NBIC-Konvergenz entwickelt wurde (Van Lieshout et al. 2006; s.a. EC IPTS 2006 und zu den Ergebnissen zu der EU, Japan, den USA, Deutschland und anderen Ländern Kap. V.3.4.1). Durchgeführt wurden vor allem bibliometrische Analysen und Literaturstudien, aber auch Patentanalysen und Expertengespräche.

NBIC-Konvergenzen werden in der Studie, immer unter Einschluss der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), auf folgende Weise geordnet:

- > *I-C-Konvergenz*: Die Kognitionswissenschaft und IKT werden als traditionell eng miteinander verbundene Felder eingeschätzt, wobei die Hirnforschung aktuell und unter dem Konvergenzaspekt von besonderer Bedeutung sei. Eine weitere Intensivierung ihrer Wechselwirkungen werde sich insbesondere in folgenden emergierenden Konvergenzbereichen niederschlagen: Gehirn-Maschine-Schnittstellen und Implantate, bildgebende Verfahren in der Hirnforschung, Verarbeitung und Erkennung natürlicher Sprache, künstliche neuronale Netzwerke sowie Mustererkennung und »Computer Vision«.
- > *B-I-Konvergenz*: Die Einflüsse der IKT auf die Biowissenschaften, vor allem aber Konvergenzen der Biotechnologie und der IKT werden betont. Die bibliometrische Analyse ergab zwei Hauptbereiche der Konvergenz, nämlich Bioinformatik und »Computational Biology«. Verschiedene Foresight-Studien und Berichte visionärer Prägung wiesen überdies auf zwei weitere Tendenzen der Technologieentwicklung hin, nämlich die Bereiche nichtinvasiver Techniken zur Diagnose und Überwachung des Gesundheitszustands sowie invasive, im Körper zum Einsatz kommende »Biodevices«. Als weitere B-I-Konvergenzbereiche ergaben sich aus der bibliometrischen Analyse »Biological Computing«, Biometrie, Biomimetik und »Virtuelle-Realität«-Anwendungen für biologische Systeme.
- > *N-I-Konvergenz*: Es wird vorausgesagt, dass die Nanoelektronik weiterhin der wichtigste Bereich der N-I-Konvergenz bleiben werde. Andere Bereiche würden aber eventuell ihren Nischencharakter verlieren. Die Bereiche Bildverarbeitung und Mustererkennung sowie neuronale Netzwerke wurden mithilfe der bibliometrischen Analysen als Konvergenzfelder identifiziert. In Foresight-Studien und »visionären Dokumenten« habe sich dies aber noch nicht niedergeschlagen. In dieser Literatur fänden sich jedoch zahlreiche Hinweise auf eine wachsende Bedeutung der Nanophotonik und der Bereiche Simulation und Modellierung.



TAB. 1 KONVERGENZBEREICHE DER IKT MIT DEN ANDEREN NBIC-FELDERN

Information and Communication Technologies	
Cognitive Sciences	Brain machine interfaces and brain imaging techniques Natural language processing and speech recognition techniques Artificial Neural Networks-based applications Pattern recognition techniques
Biotechnology	Bioinformatics Computational Biology Non-invasive monitoring and diagnostic techniques (biomarkers linked to smart ICT environment) Biodevices inside the body (including combining sensors with actuators) Other Areas (including Biological Computing, virtual environments, biometrics and biomimetics)
Nanotechnology	Nanoelectronics Nanophotonics Simulation and Modelling Image Processing and Pattern Recognition Neural Networks Applications

Quelle: Van Lieshout et al. 2006, modifiziert

Während die Identifikation der meisten Konvergenzbereiche intuitiv einsichtig sei, überraschten vor allem zwei Ergebnisse der bibliometrischen Analysen: zum einen eben die *hohe Relevanz von artifiziellen neuronalen Netzwerken sowie des Bereichs Bildverarbeitung und Mustererkennung* für die Konvergenzen der IKT mit Nanotechnologie und Materialwissenschaft, zum anderen die *allgemein hohe Relevanz von Simulation und Modellbildung*, was hinsichtlich der NBIC-Anwendungen auf einen starken Bedarf für theoretische Forschung hinweise.

NBIC-WECHSELWIRKUNGEN UND ANWENDUNGSFELDER 3.1.2

Eine weitere einschlägige Studie entstand im Rahmen einer *privatwirtschaftlich geförderten akademischen Initiative* in Spanien (EOI 2006; s.a. Kap. V.1.2). Die Studie macht u.a. umfangreiche Vorschläge zur *Strukturierung von FuE-Bereichen nach den NBIC-Konvergenzen*, einschließlich der *Bezüge zu gesellschaftlichen Anwendungsfeldern*. Einige Ergebnisse der Strukturanalyse seien erwähnt (s.a. Fontela/Castro 2006):

- > Die *hohe Relevanz der IKT* im NBIC-Zusammenhang wird betont, unter Verweis auf die Bedeutung der IKT für die Bio- und Neurofelder. Zugleich wird aber die *Bedeutung des Nanofeldes* als grundlegend eingeschätzt.
- > Die *N-I-Konvergenz*, die durch *starke Wechselwirkungen* gekennzeichnet sei, wird als ein *Haupttreiber der NBIC-Konvergenz* aufgefasst.
- > Die *I-C-Konvergenz* wird vor allem als unidirektionaler Prozess verstanden, bei dem die Kognitionswissenschaft von IKT-Entwicklungen profitiere. Im Bereich der *KI-Forschung* seien aber starke Wechselwirkungen festzustellen.
- > Als Anwendungsfeld, in dem sich NBIC-Konvergenzprozesse am stärksten auswirkten, wird die *IKT-Industrie* genannt, gefolgt vom *Gesundheitsbereich*.

KONVERGIERENDE TECHNOLOGIEN IM BIOMEDIZINISCHEN BEREICH

3.1.3.

Seit 2001 werden auch in Bezug auf den *biomedizinischen Bereich* neue Konvergenzkonzepte thematisiert (z.B. Mason et al. 2006; Shmulewitz et al. 2006), insbesondere in kanadischen Aktivitäten (Kap. V.1). In diesem Bereich werden oft besonders große sozioökonomische Potenziale gesehen, z.B. mit Blick auf die sog. »alternden Gesellschaften« (EC IPTS 2006). Unter dem *Label* »Convergent Medical Technologies« (CMT) – mit Bezügen zu den Labels »Kombinationsprodukte« und »Biodevices« – werden z.B. von einigen privatwirtschaftlichen und universitären Akteuren in Kanada und in rein angelsächsischen Ländern seit einigen Jahren die Implikationen von Konvergenzprozessen der Biowissenschaften und -technologien mit der Nanotechnologie, den IKT, der Robotik, der Materialwissenschaft und anderen Bereichen diskutiert (z.B. Barrell 2006; Soloninka 2005). Sie sind insofern hinsichtlich der Strukturierung von technologischen Konvergenzbereichen von Interesse, weil sie im Gegensatz zu zentralen Akteuren der CT-Debatte auf EU-Ebene und in den USA den Fokus auf das biotechnologische und -wissenschaftliche Feld legen. Die CMT werden z.B. definiert als Resultate von Synergien von zwei oder mehr Technologien, durch die neue, hybride Geräte, Prozesse oder Produkte entstehen, die in den Bereichen Gesundheitsvorsorge und -überwachung, Diagnose, Therapie, oder »funktionelles Enhancement« eingesetzt werden können (Soloninka 2005). Dabei gehe es nicht um einfache Kombinationsprodukte, sondern tendenziell um »disruptive«, also schnell massive Veränderungen auslösende Technologien. In diesen Aktivitäten wie auch in Foresight-Aktivitäten der kanadischen Regierung (Kap. V.1) stellt man eine Distanz bzw. ein partielles Abrücken vom NBIC-Konvergenzkonzept fest, zugunsten einer *Strukturierung technologischer Felder nach NBI-Konvergenzen* (Tab. 2), in die neurotechnologische Anwendungen und Visionen integriert werden. Genau dieses Konzept wurde auch von dem Ingenieur und Raketenexperten Abdul Kalam im Jahr 2006, also während seiner Amtszeit (2002–2007) als Staatsoberhaupt Indiens, propagiert (Kap. V.1.3).



TAB. 2 KONVERGIERENDE TECHNOLOGIEN IM BIOMEDIZINISCHEN BEREICH

Nano Tech	Electrical; Structural; Biomedical; Energy and Environment
Bio Tech	Pharmaceuticals; Diagnostics; Research/Info; Tools; Industrial
Info Tech	Hardware; Software; Communications
Nano-Bio	Bioelectronics; Microfluidics; Nano Biotechnology; Drug Delivery
Nano-Info	Nano Devices; Nano Sensors; Nano Electronics
Bio-Info	Genomics; Bioinformatics; Proteomics
Nano-Bio-Info	Biosensors; Biochips

Quelle: nach Barrell 2006 (Folie 17)

Dabei wird der Ansatz, sich kognitionswissenschaftlicher Erkenntnisse für die medizintechnische Entwicklung zu bedienen (Hoffmann/Schweigmann 2007; Knoll/De Kamps 2007) nicht ausgeschlossen, findet aber in der Systematik keinen Platz.

Kritisch wird in Bezug auf die Nutzung des Konvergenzkonzepts im biomedizinischen Bereich u.a. angemerkt, dass technologische Konvergenzprozesse in den Life Sciences und der Medizin schon immer entscheidend für Innovationen gewesen seien, dass durch ein Schüren von Erwartungen an Konvergenz womöglich ein übertrieben optimistisches Bild der Zukunft entstehe (für einen stark visionären Optimismus; Ernst & Young 2000) und dass dadurch wiederum die Komplexität menschlicher Biologie und konkrete Anwendungsmöglichkeiten aus dem Blick geraten könnten (Shmulewitz et al. 2006, S. 280f.).

KONVERGENZ AUS PERSPEKTIVE DER BIONIK

3.1.4

Wenn man Bionik als die Gesamtheit der Versuche begreift, »mit wissenschaftlichen Mitteln ›von der Natur‹ für technische Problemlösungen zu lernen« (TAB 2006, S. 5) so kann mit den neuen NBIC-Konvergenzen auch die Entstehung einer »neuen Bionik« (dazu und zum Folgenden IÖW/GL 2005; TAB 2006) konstatiert werden. (Durch ihr besonderes Interesse an Mensch-Maschine-Schnittstellen, Robotik und Prothetik ist zudem die FuE, die im englischen Sprachraum unter den Begriffen »bionics« bekannt ist, auf das engste mit NBIC-Konvergenzen verbunden.) Bionische Prinzipien sollen nun zu verschiedensten Zwecken auf der Nanoskala erneut zur Anwendung kommen. Die neue Bionik umfasst dabei u.a. Nanobionik, Neurobionik und Prothetik sowie das Natural Computing. Auch hier lässt sich der Trend feststellen, dass durch Fortschritte in der NBIC-Konvergenz und insbesondere durch die Etablierung der Nanotechnologie als ein zentrales FuE-Feld interne Umgruppierungen oder »Neuerfindungen« älterer FuE-Bereiche stattfinden (wie z.B. auch im Fall der Toxikologie; Kurath/Maasen 2006).

Die Nanobionik, bei der Abgrenzungsschwierigkeiten nicht nur hinsichtlich der (noch weitgehend aus Grundlagenforschung bestehenden) Nanobiotechnologie, sondern auch hinsichtlich der Gentechnik existieren, ist vor allem für den sog. »Nano2Bio«-Bereich relevant, der u.a. das »Natural Computing« und die Konstruktion technisch-biologischer Schnittstellen, z.B. auch für Neuroimplantate und Prothesen, voranbringen soll. Zwar ist die Prothetik für die deutsche Bionik mehrheitlich immer noch ein Grenzbereich, tatsächlich bedienen sich aber zahlreiche Forschungsprojekte in diesem Anwendungsbereich der bionischen Prinzipien, auch einige in der CT-Debatte im Zentrum Stehenden. Auch in der öffentlichen Wahrnehmung und bei Firmen, die entsprechende Produkte anbieten, werden Prothesen häufig mit der Bionik assoziiert. Die Neurobionik ist ebenfalls ein unklar definiertes Konzept. Es bezieht sich in der Forschung zumeist auf die inspirierende Funktion der Neurobiologie und biologischen Kybernetik für die Robotik, also auf die mögliche Vorbildfunktion natürlicher Informationsverarbeitung für technische Systeme. Schließlich erlebt die Bionik auch durch das »Natural Computing« einen starken Schub, da dort auf verschiedene Weise bionische Prinzipien zur Verbesserung von IKT eingesetzt werden. Neben zwei älteren FuE-Bereichen – dem »evolutionary computing«, das seine Algorithmen an Evolutionsmechanismen orientiert, und dem »neural computing«, bei dem neuronale Netze imitiert werden – erscheint aus der Konvergenzperspektive auch das relativ neue »DNA computing« relevant. Bei diesem werden DNA-Moleküle als Hardwarebestandteile genutzt.

Aus Sicht der Bionik, so wie sie im deutschen Sprachraum begriffen wird, lässt sich also *durch NBIC-Konvergenzprozesse sowohl eine Zunahme der Nutzung bionischer Prinzipien feststellen als auch ein Hinausgehen über diese*: Mit dem Aufkommen der »neuen Bionik« im Kontext von NBIC-Konvergenzen und anderen Entwicklungen (wie der »Synthetischen Biologie«) wird aus dem Lernen von der Natur und ihrer Imitation für die Herstellung unbelebter Artefakte zunehmend ein Bauen neuer Brücken zwischen Belebtem und Unbelebtem oder eine Modifikation natürlicher Prozesse und Strukturen für Designzwecke bis hin zur Vision einer technischen Erschaffung biologischer Entitäten gleichsam »von Grund auf«.

NEUROTECHNOLOGIEN UND NBIC-KONVERGENZ

3.1.5

Die eben schon angesprochenen Visionen und neuen Möglichkeiten im Bereich der Neurotechnologien (zum Folgenden Stieglitz/Rosahl 2005; TAB 2007) haben sich allerdings im Wesentlichen außerhalb des Bionikkontexts (im Sinn des deutschen Begriffs der Bionik) entwickelt – auch wenn das »Lernen von der Natur« in verschiedenen Traditionen und neuen Entwicklungen der Info-Neuro-Konvergenz eine zentrale Rolle spielt (z.B. Knoll/De Kamps 2007).

Im neurotechnologischen Feld stehen z.T. bereits seit Langem eingeführte neuroprothetische Hilfsmittel für Personen mit Behinderungen neben Neuentwicklungen (insbesondere für den Ersatz sensorischer Leistungen) sowie Ansätzen und Visionen zur Realisierung komplexer Mensch-Maschine-Schnittstellen, die sozusagen das biologische System Gehirn direkt mit informationstechnischen Systemen koppeln sollen. Neue Hirn-Maschine-Schnittstellen, Prothesen zur Kompensation sensorischer Einschränkungen und Verbesserung motorischer Fähigkeiten sowie Visionen zu kognitiv leistungssteigernden Implantaten gehören zugleich – insbesondere vor dem Hintergrund der »Human-Enhancement«-Thematik – zu den zentralen Themen der CT-Debatte (Schaper-Rinkel 2008). Die weitreichenden Visionen überschatten dabei hinsichtlich der ethisch-gesellschaftlichen Implikationen oft die aktuellen oder weniger futuristischen Eingriffsmöglichkeiten (Farah et al. 2004; Merkel et al. 2007; Stieglitz/Rosahl 2005; TAB 2007; Tab. 3).

Neuroelektrische Schnittstellen (Tab. 3) sind im Konvergenzzusammenhang relevant, weil mit ihnen eine vor allem informationstechnische Unterstützung oder der technische Ersatz motorischer, sensorischer und kognitiver menschlicher Funktionen angestrebt werden kann. Invasive Brain-Machine Interfaces (BMI), bei denen Elektroden in das Gehirn implantiert werden, ermöglichen eine wesentlich höhere Flexibilität und Präzision von Bewegungen als beim Einsatz von Oberflächenelektroden (TAB 2007). Es wird auch vermutet, dass besonders effektive, zukünftige Technologien zur Verbesserung kognitiver Fähigkeiten Neuroimplantate (trotz ihrer Risiken) auch für sensorisch oder psychisch unbeeinträchtigte Menschen attraktiv machen könnten (Merkel et al. 2007, S. 147f.).

Insbesondere auch in der *NBIC-Initiative* wurde die Erwartung geäußert, dass die neurotechnologische FuE von Fortschritten der Nanotechnologie profitieren werde (z.B. Llinás et al. 2005). Ein renommierter Wissenschaftler, der sich frühzeitig an der NBIC-Initiative beteiligt hat (Nicolelis 2002), verfolgt die Vision, Gelähmten oder Amputierten für ihre Prothesen ein vollständig implantierbares Aufzeichnungssystem zur Verfügung zu stellen, das drahtlos multiple Ströme elektrischer Signale von Tausenden Neuronen zu einem avancierten Brain-Machine Interface (BMI) überträgt (Lebedev/Nicolelis 2006). Dieses BMI werde womöglich auch in der Lage sein, kognitive Charakteristika der intendierten Handlungen zu dekodieren. Die Prothesen würden sich überdies anfühlen wie eigene Gliedmaßen. Eine Voraussetzung für die Realisierung der Vision sei ein drahtloses telemetrisches System, durch das die Prothesen nicht nur die Funktionen menschlicher Extremitäten vollständig aufweisen, sondern auch mit Sensoren (für Berührung und Positionswahrnehmung) ausgestattet sind, von denen aus Signale direkt an das Gehirn des Prothesenträgers gesendet werden können.

TAB. 3 MEDIZINISCHE INDIKATIONEN UND STAND DER ENTWICKLUNG VON NEUROELEKTRISCHEN SCHNITTSTELLEN

Indikation	Neuroelektrische Schnittstelle	Stand der Entwicklung
Hörverlust	Cochlea-Implantat	klinischer Einsatz > 100.000
Bewegungsstörungen, chronische Schmerzen	Rückenmarksstimulation	klinischer Einsatz > 55.000
Tremor, Parkinson, chronische Schmerzen	Tiefenhirnstimulation (DBS)	klinischer Einsatz > 20.000
Epilepsie	Stimulation des Nervus Vagus	klinischer Einsatz > 17.000
Inkontinenz	Rückenmarksstimulation	klinischer Einsatz > 10.000
Blasenentleerung	Stimulation der Sakralnerven	klinischer Einsatz > 2.000
Steuerung der Atmung	Stimulation des Nervus Phrenicus	klinischer Einsatz > 1.600
Hörverlust mit Ausfall des Hörnervs	Hirnstammimplantat	klinischer Einsatz ca. 400
Hohe Querschnittslähmung/ obere Extremität	Greifprothesen	klinischer Einsatz ca. 300
Dystonie	Tiefenhirnstimulation (DBS)	klinischer Einsatz
Schlaganfall mit Halbseiten- lähmung, »Fallfuß«	vollimplantierbarer Stimulator	Markteinführung
Herzstörungen	integrierte Schrittmacher/Defibrillatoren mit Telemetrie	Markteinführung
»Locked-in Zustand« (hohe Querschnittslähmung, Hirnstammschlaganfall)	1. 1. EEG-basiert (nichtinvasiv) 2. ECoG-basiert (Hirnoberfläche) 3. mikroelektroden-basiert (intrakortikal)	1. einige Systeme kommerziell erhältlich 2. u. 3. Markteinführung steht bevor
vollständige Lähmung der Muskulatur	Human-Computer Interface (HCI)	Schwellentechnologie
Verlust des Sehsinnes	1. Retina-Implantat 2. Prothese am optischen Nerv 3. kortikale Sehprothese	1. Tests an freiwilligen Probanden 2. nur in Einzelfällen vertretbar, da technisch schwierig 3. frühe Entwicklungsphase
Zwangsneurosen, Depression	Tiefenhirnstimulation (DBS)	Tests an einzelnen Probanden; größere Studien in Vorbereitung
Epilepsie	Tiefenhirnstimulation (DBS)	frühes Entwicklungsstadium

Quelle: eigene Zusammenstellung nach TAB 2007, Stieglitz/Rosahl 2005 und VDE 2005



In diesem Zusammenhang sind auch Missbrauchsszenarien im Hinblick auf eine psychische Beeinflussung von Menschen durch fremdbestimmte telemetrische Manipulation vorstellbar (Merkel et al. 2007; TAB 2007): Mittels Elektrostimulation könnte entweder psychisch auf Implantatträger eingewirkt oder durch Schmerzen bzw. motorische Blockade in Handlungen eingegriffen werden. Hierzu wäre unter Umständen kein direkter Kontakt mit den Betroffenen notwendig, über Funkverbindungen ist eine Beeinflussung denkbar. Fraglich ist auch noch, ob größere ökonomischen Potenziale im BMI-Bereich bestehen (Malanowski 2007), selbst wenn man die *umstrittene visionäre Möglichkeit eines Marktes für nichttherapeutische Zwecke* (»Human Enhancement«) berücksichtigt (z. B. Cresanti 2006b).

Aus NBIC-Konvergenzperspektive erscheinen verschiedene Neurotechnologien als avancierte Formen der BIC-Konvergenz, bei denen eine Integration nanotechnologischer und -wissenschaftlicher Elemente für möglich gehalten wird. Die Neurotechnologien können so als ein *Schlüssel zum Verständnis der CT-Debatte* begriffen werden (dazu Fleischer/Decker 2005, S. 124-126), insbesondere wenn man sie innerhalb eines weitgefassten Konzepts der Kognitionswissenschaften situiert.

KONZEPTIONELLE HERAUSFORDERUNGEN

3.2

Die erfolgte Revue neuer Konvergenzkonzepte, verschiedener Systematisierungsvorschläge zum weiten Feld der konvergierenden Technologien und Wissenschaften sowie von Entwicklungs- und Anwendungsperspektiven in diesem Bereich stellt selbstverständlich keine erschöpfende Behandlung der Thematik dar (Kap. V.3.5). Im folgenden Kapitel V wird diese Revue noch durch eine Aufarbeitung der Konzepte und Ideen verschiedener CT-Initiativen und durch Ergebnisse der im Zusammenhang mit diesen Initiativen geförderten Forschung ergänzt. Einige Einschätzungen zu den Charakteristika, Grenzen und Zukunftsaussichten speziell des NBIC-Konvergenzkonzepts seien aber im Folgenden bereits vorgenommen.

Offensichtlich bestehen *Schwierigkeiten bei der Konzeptionalisierung der NBIC-Felder als konvergierenden Technologien und Wissenschaften*: Zum einen ist die Abgrenzung der Nanotechnologie von den CT schwierig, da die Nanotechnologiediskussion Pate für die Konvergenzdebatte stand und insofern vieles, was die CT auszeichnen soll, bereits für »die Nanotechnologie« behauptet wurde. Zum anderen bringt die Aufnahme der Kognitionswissenschaft unter die vier konvergierenden FuE-Schlüsselfelder, unter starker Betonung der Hirnforschung und Neurotechnologien, eine Reihe konzeptioneller Probleme mit sich. Insgesamt gesehen stellt sich hier die Frage, was das NBIC-Konzept für Vorteile gegenüber einem Verständnis des Zusammenspiels der vier Felder aufweist, bei dem die B-I-Konvergenz im Mittelpunkt steht, die Tendenzen zunehmender Miniaturisierung und des Be-

deutungszuwachses der Mikro- und Nanoebene berücksichtigt werden und die nicht auf das Biologische reduzierbare Besonderheit menschlicher Hirntätigkeit anerkannt bleibt. Überdies sollte nicht aus dem Blickfeld geraten, dass sich Konvergenzen mit hochinnovativen Resultaten auch weitgehend innerhalb eines NBIC-Feldes oder unter maßgeblicher Beteiligung anderer Felder (wie z.B. der Materialwissenschaft) vollziehen können (z.B. Doorn 2007).

Ebenfalls oft unklar bleibt, *was eigentlich Konvergenzen ausmacht*. Kritisch wurde z.B. angemerkt, dass schon allein die im Diskurs über Nanotechnologie verwendeten Konzepte von Inter- und Transdisziplinarität vage blieben, weshalb die NBIC-Vision der US-Initiative gänzlich naiv sei (Schummer 2004b). Vor diesem Hintergrund könnte es sinnvoll sein, eine *Hierarchisierung* vorzunehmen, bei der zum einen zwischen klassischen Disziplinen (z.B. Chemie), etablierten interdisziplinären FuE-Feldern (z.B. Biotechnologie) sowie neueren konvergenten FuE-Bereichen (z.B. Neuroinformatik) unterschieden wird, zum anderen zwischen »starken« und »schwachen« Konvergenzen. Zu Letzteren könnte z.B. der Einsatz von IKT als bloßen Hilfsmitteln in anderen Feldern gezählt werden, während die Nutzung von Informationstechnik für neuroelektrische Schnittstellen ein Beispiel für starke Konvergenz wäre. Daneben ließe sich eine *Konvergenz per Inspiration* berücksichtigen, bei der z.B. Konzepte aus einem Feld Bedeutung in einem anderen Feld erlangen. Besonderes Interesse verdient auch die *Dialektik von Konvergenzen und Divergenzen*, also die Dynamik von Synergien, Fusionen und Ausdifferenzierungen in und zwischen FuE-Bereichen (z.B. Bunge 2003).

Schließlich stellt sich die Frage, ob nicht – insbesondere eingedenk des weithin angestrebten Ziels der Förderung innovativer inter- und transdisziplinärer bzw. felderübergreifender FuE – ein allgemeines Konvergenzkonzept politisch nützlicher wäre als ein auf bestimmte Felder beschränktes (wie das NBIC-Konzept). So böte ein gleichsam *technologieneutrales und disziplinenunabhängiges Konzept* – z.B. auf Basis des auf gegenseitig »ermöglichende« (»enabling«) Funktionen und Qualitäten abstellenden CTEKS-Konzepts (Kap. V.3.3) – womöglich den Vorteil, dass ein von partikularen Interessen an Förderung und von »Hypes« wenig tangiertes Instrument eingesetzt würde. Die Gefahr wäre dann geringer, dass Innovationen in bestimmten Bereichen in ihrer Bedeutung überschätzt und in anderen unterschätzt oder ignoriert werden. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der US-amerikanischen NBIC-Initiative, die – wie im Folgenden gezeigt wird – anscheinend weniger ein Vorstoß zur Analyse und Beförderung wissenschaftlich-technischer Innovationen und ihrer gesellschaftlichen Nutzbarmachung ist als vielmehr ein Vehikel zur Akzeptanzbeschaffung für eine spezifische technofuturistische Weltanschauung. Im Rahmen eines problemorientierten Interdisziplinaritätskonzepts, wie es auch der CTEKS-Agenda (EU HLEG FNT 2004) zugrundeliegt (Schmidt 2007a u. 2007b),



IV. ZUR EINSCHÄTZUNG VON KONVERGENZEN

könnte ein Konvergenzparadigma – befreit von weltanschaulich grundierten Einheitswissenschaftsvisionen – eine nützliche Rolle spielen. *Konkretion* würde dann nicht durch den in vielerlei Hinsicht fragwürdigen Fokus auf die NBIC-Felder erreicht, sondern durch eine sorgfältige, anwendungsorientierte Relevanzprüfung der vielfältigen Konvergenzprozesse.

POLITISCHE AKTIVITÄTEN

V.

Nachdem Kontext und allgemeine Konturen der Debatte über CT sowie zentrale Aspekte der Konvergenzthematik skizziert wurden, soll nun im Folgenden vertiefend und systematisch auf Akteure und Inhalte der politischen Auseinandersetzung mit wissenschaftlich-technologischen Konvergenzprozessen eingegangen werden. Berücksichtigung finden vor allem solche Aktivitäten, die seitens politischer Institutionen oder in deren Auftrag erfolgten. Im Mittelpunkt stehen die USA (Kap. V.2), als Ursprungsland der CT-Debatte, sowie die EU (Kap. V.3), deren einschlägige Aktivitäten am weitesten fortgeschritten sind und überdies aus deutscher Perspektive besondere Beachtung verdienen. Einige wesentliche Ergebnisse der Untersuchung werden im Folgenden (Kap. V.1) zunächst kurz zusammengefasst, ergänzt durch Hinweise auf Aktivitäten in verschiedenen Nationalstaaten und auf internationaler Ebene. Wer weniger an Detailergebnissen der Akteursanalyse interessiert ist als vielmehr an allgemeinen Einschätzungen, sei zudem auf die Kapitel V.2.1, V.2.5.1, V.2.5.5, V.2.7, V.3.1 u. V.3.8 verwiesen. In diesen werden die wesentlichen Untersuchungsergebnisse zu den US- und EU-Aktivitäten zusammengefasst.

INTERNATIONALER ÜBERBLICK

1.

Ausgangspunkt der Debatte über »Converging Technologies« sind die USA (Kap. V.2). Haupttreiber war dort ein Netzwerk von Wissenschaftsmanagern, Vertretern politischer Institutionen, Wissenschaftlern, Technologieberatern und Aktivisten, die ein besonderes Interesse an neuen Technologien zur Steigerung menschlicher Leistungsfähigkeit (»Human Enhancement«) haben. Politische Unterstützung erfuhr dieses Netzwerk vor allem vonseiten der National Science Foundation (NSF), insbesondere im Rahmen ihrer Aktivitäten zur Nanotechnologie, und durch das Handelsministerium der USA (Department of Commerce, DoC). Insbesondere in der Frühphase der Aktivitäten des Netzwerks, der sogenannten NBIC-Initiative, trug die Beteiligung der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) des Verteidigungsministeriums stark zum Profil der Initiative bei. Obwohl letztere, insbesondere in den ersten Jahren (2001–2003), auch von weiteren renommierten Wissenschaftlern und politischen Akteuren Unterstützung erfuhr, erscheint die Relevanz des spezifischen NBIC-Konvergenzkonzepts in der US-Forschungspolitik eher niedrig. Auffällig ist die hohe und weiterhin zunehmende Bedeutung von »transhumanistischen« und anderen stark technikbegeisterten sowie libertären Ak-



tivisten in den Aktivitäten der Initiative. Insbesondere auch in dieser Hinsicht wurde sie in den USA und international von verschiedener Seite kritisiert.

Auf *EU-Ebene* (Kap. V.3) hat die US-amerikanische NBIC-Initiative seit 2003 einige Aufmerksamkeit erfahren, wobei, insbesondere in der Frühphase, Kritik und die Abgrenzung von ihr im Vordergrund standen. Zuvor hatte bereits, um das Jahr 2000 herum, die Konvergenzthematik Beachtung in politischen Aktivitäten zur Nanotechnologie gefunden, die zum Teil in Kooperation mit der US-amerikanischen NSF erfolgt waren. Zentraler Referenzpunkt der meisten einschlägigen neueren Aktivitäten ist das von einer hochrangigen Expertengruppe 2004 entwickelte Konzept CTEKS (»Converging Technologies for the European Knowledge Society«). Auch auf EU-Ebene liegt der Schwerpunkt der Befassung mit der Konvergenzthematik bisher in Aktivitäten zu Nanowissenschaften und -technologien. Foresight und Technikfolgenabschätzung spielen – verständlicherweise angesichts des stark visionär-prospektiven Charakters der CT-Debatte – eine zentrale Rolle. Derzeit ist die Situation auf EU-Ebene vor allem durch zweierlei gekennzeichnet: Zum einen hat sich das Konvergenzkonzept als ein Instrument zur Strukturierung von Förderaktivitäten im naturwissenschaftlich-technischen Bereich etabliert, wobei der Schwerpunkt eindeutig beim Nanofeld liegt. Zum anderen zeichnet sich die Befassung mit der CT-Thematik und mit dem Thema »Human Enhancement« durch eine relativ große Vielfalt von Wertvorstellungen, ethischen Ansätzen und disziplinären Perspektiven aus.

In *Deutschland* (Kap. VI.1) haben die NBIC-Initiative in den USA und die CT-Debatte frühzeitig Interesse beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und bei anderen forschungspolitischen sowie akademischen Akteuren geweckt. Neben Studien und Aktivitäten in den Bereichen Technikfolgenabschätzung und Foresight, zu denen u. a. eine Studie des TAB zur Nanotechnologie im Auftrag des Deutschen Bundestages (Paschen et al. 2004), die Foresight-Aktivität »Futur« des BMBF und Studien von Unternehmen des Vereins deutscher Ingenieure (VDI) zählen, ragen Aktivitäten im Zusammenhang mit dem Rahmenprogramm »Mikrosystemtechnik« des BMBF hervor. Hierbei spielt das Unternehmen VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (VDI/VDE-IT) eine Schlüsselrolle, das sich seit längerer Zeit strategisch mit der Konvergenzthematik befasst. Die Bundesregierung hat Ende 2006, im internationalen Vergleich durchaus relativ frühzeitig, erste Förderaktivitäten zu naturwissenschaftlich-technischer FuE unter dem Label Konvergenz angekündigt. Deutsche Hochschulen (wie die Technische Universität Darmstadt) und einzelne Forscher spielen überdies seit Längerem eine wichtige Rolle in der internationalen CT-Debatte und in den einschlägigen politisch-wissenschaftlichen Aktivitäten, die auf EU-Ebene und in anderen Ländern zu den sozioökonomischen und ethischen Aspekten der CT entwickelt wurden. Einige in Deutschland erzielte Fort-

schritte im Bereich konvergierender Wissenschaften und Technologien sind wichtige Referenzpunkte in der internationalen Konvergenzdebatte.

KANADA

1.1

In Kanada wurde die Konvergenzthematik frühzeitig von verschiedenen Akteuren aufgegriffen, u.a. im militärischen und medizinischen Bereich. In der CT-Debatte im engeren Sinn wurden international vor allem Aktivitäten der Foresight-Einrichtungen der kanadischen Regierung viel beachtet (Bernold 2004; Rader 2005; Rader et al. 2006). Die Foresight-Einrichtungen der Regierung haben ihr Konvergenzkonzept in intensiver Auseinandersetzung mit den Aktivitäten in den USA und auf EU-Ebene entwickelt und setzen stark auf internationale Vernetzungen zur Thematik. Inhaltliche Akzente wurden in Kanada vor allem hinsichtlich der Bereiche Gesundheit und Umwelt gesetzt. Eine weitere Besonderheit Kanadas sind politische Initiativen zur Konvergenzthematik mit einem regionalen Fokus (z.B. Graytek Management et al. 2004). In der Konvergenzdebatte sehr aktiv sind darüber hinaus die in Kanada ansässige, international agierende Nichtregierungsorganisation ETC Group (Kap. III u. V.3) sowie der mit dieser zuweilen kooperierende (WCC, WACC 2006), ebenfalls in Kanada ansässige deutsche Forscher Gregor Wolbring (2006a und b; Kap. V.2). Auf die Konvergenzdebatte wurde z.B. auch in einem staatlich geförderten, themenübergreifenden Ethikprojekt (Castle et al. 2006) und im Rahmen einer bioethischen Veranstaltungsreihe eingegangen (Mordini 2004).

Bereits im März 2001 erfolgte die Veröffentlichung einer durch die Regierung in Auftrag gegebenen Studie zu Konvergenzprozessen im für Kanada wichtigen *biomedizinischen Bereich* (SHI 2001). Im Fokus stand die *gegenseitige Befruchtung verschiedener industrieller Sektoren*. Neue »Biohealth«-Industrien entstehen laut dieser Studie durch intensivere Beziehungen des Biofeldes mit der Informationstechnologie, Robotik, Materialwissenschaft und Physik. Als sechs neuartige, besonders innovative *Konvergenzbereiche* wurden Biosensoren, Biomaterialien, Stammzelltechnologien, Biophotonik, Nanotechnologie und medizinische Roboter thematisiert. Diese staatlich geförderten Forschungsaktivitäten trugen zur Entwicklung eines akademisch-privatwirtschaftlichen biomedizinischen Konvergenzdiskurses bei (z.B. Barrell 2006; Soloninka 2005; s.a. Kap. IV.3.1.3), der auch andere Akteure (aus der angelsächsischen Welt) umfasst.

Auch die kanadische *Militärforschung* hat sich bereits mit NBIC-Konvergenzprozessen befasst, wobei – wie in den anderen Foresight-Aktivitäten der Regierung – *auch stark visionäre Perspektiven* berücksichtigt wurden (Mac Kenzie et al. 2003; www.drdc-rddc.gc.ca/publications/issues/issues16_e.asp). Thematisiert wurden unter dem Konvergenzlabel u.a. kognitives und sensorisches »Enhancement« durch



neue Drogen und Implantate, verbesserte Möglichkeiten der Gesundheitsüberwachung und Heilung, der Einsatz autonomer intelligenter Systeme zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen sowie Visionen zur Nutzung von Nanorobotern für Überwachung und medizinische Anwendungen.

Foresight-Aktivitäten der kanadischen Regierung fanden bereits seit 2002 statt, wobei sich seitdem die institutionelle Anbindung der zuständigen Einheit innerhalb der Regierung geändert hat (dazu und zum Folgenden Bouchard 2003; Kallai 2003; Rader 2005; Rader et al. 2006; Smith 2004 u. 2006; Smith et al. 2003). Die Aktivitäten sind durch eine politikfelder- und disziplinenübergreifende Perspektive gekennzeichnet und führten zur Erstellung mehrerer relativ umfangreicher Publikationen zur CT-Thematik, die auch auf konzeptioneller Ebene eigene Akzente gesetzt haben. Schließlich sind die internationale Vernetzung und Aufmerksamkeit für diese Aktivitäten hervorzuheben, die sich insbesondere auch auf EU-Ebene zeigten. Zu den dort vielbeachteten konzeptionellen Besonderheiten gehört die starke Betonung der *Umweltwissenschaft*, die in einer der Publikationen zusammen mit den NBIC-Feldern zu den konvergierenden Feldern gezählt wird. Bemerkenswert ist u. a. auch der Hinweis auf die sogenannte »Gigaskala«, zu der (informationstechnologisch erreichte) Fortschritte bei der Erforschung von Wettersystemen und Epidemien gezählt werden. Es wird der Erwartung Ausdruck verliehen, dass weitere Fortschritte im Bereich der Informationstechnologie (»combinatorial modeling« und KI) zu einer »Integration« von der Nano- bis zur Gigaskala führen werden. Die Konvergenz von Wissenschaften und avancierten Technologien wird als Voraussetzung dafür angesehen, »geostrategische« Ziele (vor allem in den Bereichen Wettervorhersage und Klima- und Umweltforschung) zu erreichen. Die Position der kanadischen Foresight-Experten nimmt von den US- und EU-Initiativen jeweils Elemente auf, z. B. große Teile der europäischen CTEKS-Agenda (Kap. V.3.3) und von der US-amerikanischen Initiative den Fokus auf die NBIC-Konvergenz. Sie ist aber keine bloße Mittelposition, sondern es werden eigene Akzente gesetzt: Neben der Betonung bestimmter FuE-Bereiche sind dies auch neue, z. T. extreme Visionen sowie Hinweise auf in der CT-Debatte wenig beachtete Aspekte, z. B. die Vor- und Nachteile von Hochtechnologielösungen für soziale und ökologische Probleme (im Vergleich zum Einsatz von »low-technology« oder von nichttechnologischen Mitteln) sowie mögliche Auswirkungen der Nano-Info-Konvergenz auf die bürgerlichen Freiheiten.

SPANIEN

1.2

In Spanien wurden ab 2004 seitens verschiedener Universitäten – unterstützt von der nationalen Forschungsförderung und auch seitens der Privatwirtschaft – Initiativen zur CT-Thematik gestartet. Institutsgründungen zu konvergierenden Techno-

logien haben bereits stattgefunden oder sind geplant. Eine Besonderheit Spaniens ist die Kooperation mit Forschern und Universitäten in Lateinamerika. In zwei größeren Studien wurde überdies die nationale Forschungslandschaft Spaniens unter dem Gesichtspunkt der Konvergenz analysiert (Duch et al. 2005; EOI 2006). Auch in Spanien bestehen zahlreiche Verbindungen zu den einschlägigen Aktivitäten auf EU-Ebene. Auf Konferenzen, die von den beiden Initiativen durchgeführt wurden, nahmen neben spanischen Wissenschaftlern u.a. auch deutsche und US-amerikanische Forscher (z.B. von der National Aeronautics and Space Agency, NASA), Mitarbeiter der EU-Kommission und sozialwissenschaftliche Technikforscher teil. Zu den beiden Initiativen und allgemein zum Thema der NBIC-Konvergenz sind in den Jahren 2006 und 2007 auch Onlineartikel von verschiedenen spanischen Wissenschaftlern und Ingenieuren sowie auch vereinzelt seitens nationaler Medien erschienen.

Die erste Initiative entfaltete sich im Rahmen eines Projekts des spanischen *nationalen Forschungsrats* (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC). Dieses seit 2005 laufende Projekt, das schon durch seinen Titel – »MNBIC: Tecnologías Convergentes (micro-nano-bio-info-cogno)« – die *Bedeutung der Mikroebene* betont, war erklärtermaßen eine spanische Antwort auf die Einladung der EU-Expertengruppe »Foresighting the New Technology Wave« (Kap. V.3.3) an die EU-Mitgliedstaaten, eigene Anstrengungen zur CT-Thematik – auch aus der jeweiligen nationalen Perspektive heraus – zu unternehmen. Im Mittelpunkt dieser Aktivitäten steht die *Universidad Autónoma in Barcelona*, in Gestalt einer Kooperation von Forschungseinrichtungen zur *Mikroelektronik, Biomedizin und KI-Forschung*. Zu den Aktivitäten zählten die Organisation einschlägiger Workshops und Konferenzen (die erste im Frühjahr 2005), die Gründung des »Instituto de Tecnologías Convergentes« – eines Instituts für Konvergierende Technologien in Barcelona –, das in Kooperation mit der dortigen Universität einen Onlinestudiengang zur Erlangung eines »Master« für CT anbietet (Zielgruppe: spanische und lateinamerikanische Postgraduierte) – sowie die Mitorganisation einer Konferenz an einer kolumbianischen Universität, bei der insbesondere die Chancen und Herausforderungen thematisiert wurden, die sich aus der NBIC-Konvergenz für Lateinamerika ergeben könnten.

Von der Initiative wurde im Jahr 2005 u.a. eine »Barcelona-Deklaration zu Konvergierenden Technologien« (<http://nbic.org.es/institute/gb-press.html>) publiziert, bei der als deren erste Hauptanwendungsfelder Gesundheit und Bildung genannt werden, sowie ein umfangreicher *Bericht zur NBIC-Konvergenz* (Duch et al. 2005), einschließlich einer ersten Sichtung der spanischen *FuE-Landschaft unter Konvergenzperspektive*. In Anlehnung an das CT-Verständnis der US-amerikanischen Initiative fokussierte die spanische Initiative Konvergenzprozesse zwischen Biotechnologie, Informationstechnologie und Kognitionswissenschaft, die durch Nanotechno-



logie ermöglicht werden. Sie ist dabei aber konsequenter als die US-Initiative, weil sie offenkundig Synergien zwischen den drei anderen Bereichen nicht zur NBIC-Konvergenz zählt, wenn die *Nanotechnologie* bei diesen keine Rolle spielt. Eine weitere Besonderheit der spanischen Initiative ist, dass es ihr mit ihrem CT-Konzept um *interdisziplinäre Forschung zur Interaktion zwischen lebenden und künstlichen Systemen* geht, wobei das vorrangige Ziel die Entwicklung neuer *Vorrichtungen zur Ausweitung oder Verbesserung kognitiver, kommunikativer und physischer Fähigkeiten des Menschen und zur Verbesserung seiner Gesundheit* ist. Explizit nicht zur NBIC-Konvergenz gezählt werden Synergien zwischen Forschungsbereichen, bei denen zwar ein Bereich durch den anderen inspiriert oder unterstützt wird, aber kein Design von physischen Vorrichtungen, Hilfsmitteln oder Geräten (»dispositivos«) stattfindet. In den Handlungsempfehlungen des Berichts heißt es, dass sich Spanien bei der forschungsorganisatorischen und gesellschaftlichen Verankerung der CT-Thematik an der US-Initiative, bei der Analyse der Handlungsnotwendigkeiten an der kanadischen Foresight-Initiative (von 2002/2003) und bei der Identifikation möglicher Risiken an der EU-Initiative orientieren könne.

Eine *zweite Initiative in Spanien*, die Überschneidungen mit der ersten aufweist, wurde u. a. mithilfe privatwirtschaftlicher Unterstützung gestartet. Aktivitäten dieser Initiative waren z. B. die Organisation öffentlicher Diskussionsveranstaltungen, bei denen in einem Fall auch ein US-Kritiker der NBIC-Initiative und des Posthumanismus (Langdon Winner; Kap. V.2.4.2) teilnahm, und die Veröffentlichung eines *weiteren Berichts zur NBIC-Konvergenz* (EOI 2006). Neben der Aufarbeitung der internationalen Debatte und ihrer Einordnung in übergeordnete wissenschaftlich-technische und ökonomische Entwicklungen wurde dabei einerseits eine Strukturanalyse zu den NBIC-Konvergenzen vorgenommen (Kap. II.3.2), andererseits wiederum eine *konvergenzbezogene, sozioökonomisch orientierte Analyse zur FuE-Landschaft und Wissenschafts- und Technologiepolitik Spaniens* (s. a. Fontela/ Castro 2006).

ANDERE LÄNDER UND AKTEURE

1.3

In *Frankreich* haben sich nicht nur verschiedene forschungspolitisch-akademische Akteure seit längerer Zeit mit der Nanokonvergenzthematik auseinandergesetzt (z. B. Roure/Dupuy 2004), sondern es fand bereits relativ frühzeitig eine Presseberichterstattung zur US-amerikanischen NBIC-Initiative statt, in der auch deren Verbindungen zum Transhumanismus thematisiert wurden (Talbot 2003). Es bildeten sich kleine Kreise sowohl gemäßigter (z. B. Benoît-Browaëys 2006, FCS 2006) als auch radikaler Aktivisten (PMO 2006), die diverse Nanokonvergenzinitiativen und -konzepte und speziell den Transhumanismus sehr kritisch betrachten. Vor allem in

Grenoble, wo sich das dortige Forschungszentrum Minatec (zu diesem als »konvergierende Institution« Ott/Papilloud 2007) das NBIC-Konvergenzkonzept zu Eigen gemacht hat, wurden nicht nur verschiedene Bürgerbeteiligungsaktivitäten und öffentliche Diskussionen organisiert (z.B. www.vivagora.org), sondern es kam auch zu Protestaktionen radikaler Gruppen, die die Nanotechnologien und CT als To-destechnologien (»nécrotechnologies«) bezeichnen (Mission Pour la Métro 2005). Es gibt Anzeichen dafür, dass die verschiedenen Aktivitäten eines gesellschaftlichen Dialogs die bestehenden Gegensätze in der Einschätzung der NBIC-Technologien und -Visionen noch verschärft haben (Laurent 2007). Ein zentraler Bezugspunkt der französischen politischen und gesellschaftlichen Diskussion zur Konvergenzthematik ist – neben Veröffentlichungen der ETC Group und französischer zivilgesellschaftlicher Aktivisten – ein im Jahr 2004 erschienener Bericht, der sich mit ethischen und ökonomischen Aspekten der Nanotechnologien auseinandersetzt (Dupuy/Roure 2004). Herausgegeben wurde er vom Conseil Général des Mines (CGM) und vom Conseil Général des Technologies de l'Information (CGTI), also von zwei Einrichtungen, die dem Wirtschafts-, Finanz- und Industrieministerium unterstehen. Sie konnten zum Teil auf ältere Analysen zur Nanotechnologie zurückgreifen, die durch parlamentarische und ministerielle Technologieberatungseinrichtungen durchgeführt worden waren. Anschließende Aktivitäten und Veröffentlichungen des Autorenduos zeichnen sich durch eine kritische Position gegenüber der US-amerikanischen NBIC-Initiative aus und berücksichtigen ethische und andere philosophische Grundsatzfragen im Zusammenhang mit der Nanotechnologie- und Konvergenzthematik (z.B. Dupuy 2007). Der Charakter der CT-Debatte in Frankreich, der sich durch eine thematisch weitreichende, kritische und philosophisch interessierte Herangehensweise auszeichnet, hat sich verschiedentlich auch in forschungspolitischen Aktivitäten auf EU-Ebene niedergeschlagen (z.B. SKEP 2007; Kap. V.3.5.3).

Weitere europäische Aktivitäten zur Konvergenzthematik haben – vor allem seitens Einrichtungen oder Einzelakteuren der wissenschaftlichen Politikberatung, Technikfolgenabschätzung, Foresight- und Trendforschung sowie Technikethik – in Belgien (durch das Flämische Parlament; Kap. V.3.6.2.), in Großbritannien, den Niederlanden und Österreich stattgefunden. In Großbritannien hat z.B. eine mit strategischen Trends befasste Einrichtung des Verteidigungsministeriums die NBIC-Felder – zusammen mit neuen Energietechnologien sowie Sensor- und Netzwerktechnologien – zu den Gebieten potenzieller wissenschaftlich-technologische Durchbrüche gezählt. Zwar fehlen hier Hinweise auf das Konvergenzkonzept selbst, aber die Visionen (z.B. zur Verbesserung der »Human Performance«, zu Nanorobotern und KI) ähneln stark – bis hin zu einzelnen Formulierungen – denen der US-amerikanischen NBIC-Initiative, und der mögliche Zeitraum ihrer Realisierung wird z.T. kürzer als von dieser angesetzt (DCDC 2007, S. 58f.).



In *Israel* hat eine Gruppe von Professoren der *Hebrew University Jerusalem* Anfang 2007 die Gründungsveranstaltung eines Center for Converging Sciences and Technologies durchgeführt (Yissum/BINCA 2007). Hauptinitiator ist ein an Nanotechnologie interessierter Forscher im Bereich Stammzellen und Regenerative Medizin. Ihr »BINCA« abgekürztes Konvergenzkonzept integriert neben den NBIC-Feldern auch »Arts and Humanities, Social Sciences and Law« und soll – erklärtermaßen in Abgrenzung zur US-amerikanischen NBIC-Initiative – perspektivisch nahezu alle Wissenschaften und Technologiefelder integrieren (dazu und zum Folgenden Siegel-Itzkovich 2007). Mit Eigenmitteln sollen drei erste Projekte des (soweit ersichtlich noch nicht über eine englische Internetpräsenz verfügenden) Zentrums gefördert werden – zu so diversen Themen wie auf Nanotechnologie basierende Diagnose-techniken, urgeschichtliche Wurzeln des Hebräischen und die biologische Basis des menschlichen Altruismus. Es hat allerdings den Anschein, dass diese Projekte bereits zuvor liefen und nun lediglich in den Konvergenzzusammenhang gestellt wurden. Ein israelisches Foresight-Institut der wissenschaftlichen Politik- und Unternehmensberatung nimmt auch an einem der laufenden EU-geförderten Projekte zur Konvergenzthematik teil (Projekt KNOWLEDGE NBIC; Kap. V.3.4.3).

In *Ostasien*, auf *APEC-Ebene* und in *Australien* lassen sich ebenfalls vereinzelt Aktivitäten speziell zur CT-Debatte feststellen. Bemerkenswert sind hier vor allem

- › ein internationaler Workshop der Asia-Pacific Economic Cooperation (APC) zu den »globalen Herausforderungen durch Konvergenz« (Bangkok, 15.12.2005; mit Schwerpunkten auf NBI-Konvergenzen, Medien- und IKT-Konvergenzen; www.apecforesight.org/emergin_tech/index.htm) und einige Folgeaktivitäten zu dieser (wie vor allem ein Projekt zur Nutzung von CT für den Kampf gegen Infektionskrankheiten; NISTEP 2007);
- › vereinzelt wissenschaftliche Veröffentlichungen und Aktivitäten des japanischen National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP) speziell zur CT-Debatte (Igami 2004; Ito 2007; Okuwada 2006).

Eine Sichtung auf Englisch vorliegender Artikel und forschungspolitischer Schlüsseldokumente sowie Interviews mit Foresight-Experten aus *Japan* ergaben, dass das Konvergenzkonzept dort politisch keine Rolle spielt. Bisher hat auch keine größere Debatte über die CT-Thematik stattgefunden (Ito 2007). Man beschränkte sich im Wesentlichen darauf, die Diskussionen in den USA und Europa zu verfolgen (z.B. Igami 2004). Die vereinzelt Arbeiten des National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), einer beim Forschungsministerium angesiedelten Einrichtung, gehen sowohl auf die Publikationen der NBIC-Initiative in den USA (Kap. V.2) als auch auf den CTEKS-Ansatz der EU-Expertengruppe (Kap. V.3.3) ein. Die Ideen beider werden als offizielle Positionen charakterisiert. Japanische Expertinnen betonen (unter Bezug auf Bainbridge 2006a; Kap. V.2.3), dass die Vi-

sionen der NBIC-Initiative eigenen NISTEP-Foresight-Ergebnissen – gewonnen in einer Delphi-Expertenbefragung – ähnelten (Ito 2007) und dass ohnehin die anwendungsbezogene Förderung von stark inter- und transdisziplinären FuE-Bereichen von zentraler Bedeutung für Japan sei (für eine Überblickseinschätzung Okuwada 2006). Letzteres wird auch durch eine Sichtung der zentralen forschungspolitischen Dokumente der letzten Jahre bestätigt. In einer neueren NISTEP-Studie (Ito 2007; Kap. IV) wird vorgeschlagen, die Konvergenzperspektive in japanischen Aktivitäten zur Förderung interdisziplinärer FuE zu verankern und überdies zu erwägen, ob die CT als »Brücken« zwischen verschiedenen Feldern im nächsten nationalen Science and Technology Basic Plan (erwartet für 2011) konzeptionalisiert werden könnten. Unabhängig vom Nutzen des Konvergenzkonzepts sei es von entscheidender Bedeutung, dass sich die CT – im Gegensatz zu den bereits vielbeachteten Integrations- oder Fusionstechnologien – durch eine starke Anwendungs- und Bedarfsorientierung auszeichneten, sowohl technologisch als auch gesellschaftlich »wahrhaft revolutionär« seien und interdisziplinär auf den NBIC-Feldern beruhten.

In *Indien* betonte der ehemalige *Präsident Abdul Kalam*, der als Ingenieur und wissenschaftlicher Berater eine Schlüsselrolle im nationalen Raketenprogramm gespielt hatte, in seiner Amtszeit (2002-2007) mehrfach, dass er von den CT umfassende Auswirkungen auf globaler Ebene erwarte (dazu und zum Folgenden z.B. Kalam 2006a, 2006b u. 2006c). Er verwendete dabei verschiedene NBI-Konvergenzkonzepte (u.a. das in Tab. 2 Dargestellte), aber stellte – basierend auf eigenen Forschungsergebnissen – auch in Aussicht, dass durch NBIC-basierte Technologien in Zukunft die Probleme von Autisten und »mentally challenged children« gelöst werden könnten. Kalam äußerte zudem verschiedentlich seine hohe Wertschätzung für den technikvisionären Physiker Michio Kaku und den Nanofuturisten Eric Drexler. In verschiedenen Reden charakterisierte Kalam unsere Zeit als das Zeitalter der NBI-Konvergenz, das eine Revolution von historischem Ausmaß und immensen gesellschaftlichen Auswirkungen auf globaler Ebene zeitigen werde. Die Nanotechnologie werde die Mikroelektronik ersetzen und immense Anwendungspotenziale in den Bereichen Medizin, Elektronik und Materialforschung mit sich bringen. Durch Nano-Info-Konvergenz und Photonik entstehe eine »material convergence«. Diese könne dann in Verbindung mit der Biotechnologie eine neue Wissenschaft ermöglichen, eine »Intelligent Bioscience«, die zu einem krankheitsfreien, glücklicheren und intelligenteren menschlichen Lebensraum (»habitat«) führen würde, mit Langlebigkeit und »high human capabilities«. Die NBI-Konvergenz kann nach Ansicht Kalams überdies die Entwicklung von Nanorobotern zu medizinischen Zwecken ermöglichen. Überdies werden seiner Ansicht nach Konvergenzprozesse zwischen IKT, Luftfahrt und Nanotechnologie revolutionäre Veränderungen in der Luftfahrtindustrie auslösen, bis hin zur Ermöglichung eines kosteneffizienten, sicheren und leistungsfähigen interplanetaren Transportwesens. Auch der amtierende



indische *Wissenschafts- und Technologieminister Shri Kapil Sibal* hat sich bereits ähnlich euphorisch über die CT geäußert (DST India 2006): Er zitierte dabei im Wesentlichen, mit nur wenigen Umformulierungen, aus dem visionären Programm der US-amerikanischen CT-Initiative (bis hin zur Vision einer technisch bewerkstelligten direkten Hirn-Hirn-Kommunikation), setzte aber auch – mit einer relativ ausführlichen Erwähnung von Chancen im Agrarbereich und der Voraussage, dass die NBIC-Konvergenz zu einer egalitäreren Gesellschaft führen würde – eigene Akzente. Neue Konvergenzkonzepte spielen aber, soweit ersichtlich, in den strategischen Dokumenten seines Ministeriums bisher keine Rolle.

Auf *UN-Ebene* und von *anderen internationalen Organisationen* werden, soweit ersichtlich, die neuen Konvergenzkonzepte ebenfalls nur vereinzelt aufgegriffen. Zu nennen sind hier z.B. Aktivitäten der UNESCO – wie die Beteiligung an einem internationalen Workshop zum Thema in Budapest (Banse et al. 2007) und die Beauftragung von wissenschaftlichen Aktivitäten zu den ethisch-gesellschaftlichen Implikationen der Nanotechnologie – sowie ein »Converging Technologies«-Schwerpunkt in der Zeitschrift *Asia Pacific Monitor* (Ausgabe 23/5, September/Okttober 2006, S.16–52), bei dem allerdings die allein auf IKT- und Medienkonvergenzen bezogenen Beiträge deutlich überwiegen.

Ein in Verantwortung des Generalsekretärs der *OECD* (Organisation for Economic Co-Operation and Development) herausgegebener Bericht zur Informationstechnologie geht in einem Kapitel zu emergenten Technologieanwendungen relativ ausführlich auf die CT-Debatte ein und zeigt dabei vor allem die Unterschiede zwischen den Ideen der US-amerikanischen NBIC-Initiative und der europäischen CTEKS-Agenda auf (OECD 2006). Auf der Basis des ersten Berichts der NBIC-Initiative (Roco/Bainbridge 2002) und des CTEKS-Berichts (EU HLEG FNTW 2004) listet die OECD-Studie CT-Anwendungen in den Bereichen Gesundheitswesen, IKT-Infrastruktur, Robotik, Bildung, Umwelt und Energie sowie Militär auf. Beispielhaft vorgestellt und diskutiert werden »Biochip«-Technologien (bzw. »lab on a chip«) im Gesundheitswesen und – als ein Bereich, der durch signifikanten technologischen Fortschritt gekennzeichnet sei – die Neuroprothetik in der Robotik. Die OECD-Studie erwähnt zwar weiter gefasste Konvergenzbegriffe, beschränkt das eigene CT-Konzept aber auf die NBI-Konvergenz. Resümierend wird festgestellt, dass durch Konvergenzprozesse Verbesserungen in den Bereichen Diagnose und Krankheitsbehandlung, Erleichterungen im Alltag durch neue Robotikanwendungen (und speziell durch Neuroprothesen für Behinderte), neue Möglichkeiten des Umweltmonitoring durch eine effektivere IKT-Infrastruktur sowie die Entwicklung neuer Technologien zur Sicherung der Energieversorgung zu erwarten seien. Die CT brächten aber auch Herausforderungen mit sich: Neben den spezifischen Risiken der einzelnen NBI-Felder handele es sich dabei u.a. um neue Bedarfe bei der

Organisation disziplinen- und technologiefelderübergreifender FuE, Schwierigkeiten bei der Kommerzialisierung von Anwendungen sowie Probleme bei der sozialen Akzeptanz und ethische Bedenken in Bezug auf die menschliche Integrität und Würde (z.B. das mögliche Verwischen der Grenze zwischen Mensch und Maschine durch CT).

Hinsichtlich *Lateinamerikas* konnten im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die konvergenzbezogenen Aktivitäten in Kooperation mit der Universität Barcelona (Kap. V.1.2) und einige Hinweise auf andere akademische Aktivitäten (Konferenzbeiträge) recherchiert werden (z.B. Sáenz 2006). Hervorstechend ist hier eine im Jahr 2005 seitens der spanischen Entwicklungszusammenarbeit und von dem iberamerikanischen Wissenschafts- und Technologieentwicklungsprogramm (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED) organisierte Tagung zu den NBIC-Technologien, an der sich auch die Forscher von der Universität Barcelona beteiligten. Hinzu kommt, dass auch in Lateinamerika Wissenschaftler, Futurologen und zivilgesellschaftliche Organisationen (einschließlich der Transhumanisten) kurz- und mittelfristige Visionen zur Nanotechnologie und weitreichende Zukunftsvorstellungen unter dem Konvergenzaspekt zu diskutieren begonnen haben. In Costa Rica hat eine von über 200 Personen (aus Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Politik) getragene Initiative Elemente einer nationalen Strategie für das 21. Jahrhundert erarbeitet, bei der die Konvergenzperspektive hinsichtlich des Themas der zukünftigen Entwicklung von Wissenschaft und Technologie eine wichtige Rolle spielt (www.estrategia.or.cr).

In *Südafrika* taucht das NBIC-Konvergenzkonzept in einem Abschnitt der nationalen Nanotechnologiestrategie zu antizipierten Langfristauswirkungen der Nanotechnologie auf (DST SA 2006). Beispielhaft genannt werden die Entwicklung von Sensoren zum Monitoring des Gesundheitszustands, der Nahrungsmittelqualität und der Umwelt, billige und leistungsstarke elektronische Haushaltsgeräte (einschließlich einem Zuwachs bei Kühlschränken mit Internetverbindung), billige und flexible Solarzellen für den Hausgebrauch, »intelligente« Medikation zur Heilung von Krebs und anderen tödlichen Krankheiten sowie leichte und äußerst harte Materialien für Fahr- und Flugzeuge und für viele andere Anwendungen. Ansonsten beschränken sich hinsichtlich *Afrikas* die Rechercheergebnisse auf die Teilnahme eines südafrikanischen Diplomaten an einer EU-Konferenz zum Thema sowie einer Teilnahme des US-NBIC-Promoters Mihail C. Roco (mit Vortrag) an einer Konferenz in Afrika.

Erwähnenswert sind noch die Konferenzen, die *Microsoft Research* in Zusammenarbeit mit der EU in den Jahren 2004 bis 2006 zu Konvergierenden Wissenschaften und Technologien durchgeführt hat (Kap. V.3) sowie Publikationen der *RAND Corporation*, von denen die erste vor der ersten Publikation der US-amerikanischen



NBIC-Initiative (Roco/Bainbridge 2002) erschienen ist – aber eine ähnlich breite Herangehensweise aufweist (Antón et al. 2001; Rader 2004; Rader et al. 2006) – und die zweite, eine Folgestudie, die explizit auf die NBIC-Initiative (verstanden als offizielle US-Aktivität) sowie auf das CT-Konzept Bezug nimmt (Silberglitt et al. 2006). Beide RAND-Studien werden in der CT-Debatte immer wieder erwähnt (z.B. Ito 2007).

Zu weiteren Aktivitäten außerhalb wie innerhalb Europas, die für die CT-Debatte thematisch relevant sind, wurden auch vom Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe umfangreiche Recherchen durchgeführt. Ergebnisse dieser Recherchen, die im Rahmen des EU-Projekts CONTECS (Kap. V.3.4.3) erfolgten, sind bereits veröffentlicht, einschließlich der auf die CT-Thematik bezogenen *Auswertung von Dokumenten* (Rader et al. 2006). Insgesamt gesehen zeigte sich auch hier, dass explizite Bezüge auf das Konvergenzkonzept international selten sind und vor allem im Bereich von Foresight-Aktivitäten, Technikfolgenabschätzung und Politikberatung festzustellen sind. Hinzu kommt das zwar immer noch geringe, aber wachsende Interesse in den Sozial- und Geisteswissenschaften und speziell der Technikethik.

USA

2.

Im Folgenden wird zunächst in einem Überblick auf einige wichtige Charakteristika der NBIC-Initiative in den USA eingegangen, in einer zusammenfassenden Einschätzung, die danach ausführlicher begründet wird (Kap. V.2.1). Da Genese, Aktivitäten und Ideen der Initiative bereits in verschiedenen Publikationen, auch im Auftrag des Deutschen Bundestages (FhG-ISI 2005; Paschen et al. 2004), dargestellt worden sind, wird in dem Überblick (wie insgesamt in diesem Kapitel) in besonderem Maß auch auf bis heute umstrittene oder kaum vertieft analysierte Aspekte abgestellt. Im Anschluss an den Überblick wird dementsprechend relativ kurz auf den Entstehungshintergrund (Kap. V.2.2.1) und wesentliche inhaltliche Konturen der ersten Publikation (Kap. V.2.2.2) der Initiative eingegangen. Die visionäre Programmatik der Initiative wird separat und ausführlicher dargestellt (Kap. V.2.3), da sie von besonderer Bedeutung für die Konvergenzdebatte ist. Die Diskussionen über die Initiative in den USA sowie Auswirkungen und neuere Aktivitäten der Initiative werden in Kapitel V.2.4 überblicksartig dargestellt. Die darauffolgenden Abschnitte behandeln kontroverse, kaum vertieft analysierte Aspekte der Initiative, nämlich ihre Relevanz für die US-Forschungspolitik (Kap. 2.5) sowie die Bedeutung militärischer Anwendungsmöglichkeiten und Visionen (Kap. V.2.6). In einem Ausblick (Kap. V.2.7) werden einige Folgerungen aus den Analyseergebnissen gezogen.

Für die Arbeit an diesem Kapitel wurde an mehreren Stellen auf eine *Studie des ISI* (FhG-ISI 2005) zur CT-Thematik zurückgegriffen, die der Deutsche Bundestag im Rahmen des TAB-Projekts »Hirnforschung« (TAB 2006b) in Auftrag gegeben hat. Zahlreiche Erkenntnisse und Einschätzungen sind in der Zusammenarbeit mit den Gutachtern gewonnen bzw. entwickelt worden. Eingeflossen sind zudem Zwischenergebnisse des laufenden EU-Projekts CONTECS (Kap. V.3.4.3), das vom ISI geleitet wird und an dem u. a. auch das ITAS beteiligt ist.

ÜBERBLICK UND ZUSAMMENFASSENDE EINSCHÄTZUNG 2.1

Im Folgenden wird zunächst zusammenfassend auf die NBIC-Initiative und ihre politische Relevanz eingegangen, wobei auch bereits einige offene Fragen oder Streitfragen kurz diskutiert werden (Kap. 2.1.1). Die allgemeine Einschätzung der US-Aktivitäten zur Konvergenzthematik soll zusammenfassend vermittelt werden, basierend auf den Untersuchungsergebnissen, die in den darauffolgenden Teilen des Kapitels ausführlicher dargestellt werden. Ebenfalls zusammenfassend wird auf Kernaktivitäten, Schlüsselfiguren und andere Beteiligte an der Initiative hingewiesen (Kap. 2.1.2).

POLITISCHE RELEVANZ UND STRITTIGE ASPEKTE DER NBIC-INITIATIVE 2.1.1

Wie stellen sich der institutionelle Hintergrund, die Bedeutung des Konvergenzkonzepts in der US-Forschungs- und Technologiepolitik sowie besonders problematische Aspekte der NBIC-Initiative im Rückblick dar?

INSTITUTIONELLER HINTERGRUND

Die NBIC-Initiative in den USA zu den CT, die den Anstoß für entsprechende Aktivitäten in anderen Teilen der Welt gab, wurde vor allem von Mitarbeitern der »National Science Foundation« (NSF) gestartet. Sie erhielten dabei über mehrere Jahre erhebliche rhetorische Unterstützung durch die NSF-Leitungsebene. Ansonsten wurde die Initiative politisch vor allem vom US-Handelsministerium (Department of Commerce, DoC) getragen, in Gestalt ihrer – durch einen Undersecretary (Staatssekretär) geleiteten – »Technology Administration«, die im August 2007 aufgelöst wurde. Des Weiteren haben Einrichtungen der Militär- und Sicherheitsforschung eine wichtige Rolle gespielt. Von diesen ist zum einen die »Defense Advanced Research Projects Agency« (DARPA) des Verteidigungsministeriums hervorzuheben, die seit längerem Forschung zu neuen und visionären Formen des »Human Enhancement« fördert. Sie war bei Workshops der Initiative u. a. durch den Leiter ihres Amtes für Verteidigungswissenschaften (Defense Sciences Office,



DSO) vertreten. Zum anderen ist die »Advanced Concepts Group« (ACG) der – privatwirtschaftlich geleiteten, aber dem Energieministerium unterstellten – »Sandia National Laboratories« zu nennen. Sandia arbeitet schwerpunktmäßig zu Militär- und Sicherheitsaspekten. Die ACG hat die NBIC-Initiative maßgeblich mit inspiriert und betont in ihrer Arbeit bis heute speziell die NBIC-Konvergenzperspektive. Neben Repräsentanten von NSF, DoC und DARPA haben Vertreter anderer staatlicher Einrichtungen keine größere Rolle gespielt, mit Ausnahme einiger Wissenschaftler, die bei der oder in enger Anbindung an die NASA gearbeitet haben, dies nun aber, soweit ersichtlich, nicht mehr tun.

Sowohl bei den genannten institutionellen Hauptakteuren als auch bei anderen beteiligten Einrichtungen lassen sich Einzelpersonen identifizieren, die der NBIC-Initiative anscheinend besonders verbunden sind. Aufgrund personeller Wechsel sind die meisten dieser Personen nicht mehr in denselben Positionen wie zu Beginn des Jahrzehnts und haben z.T. auch die jeweiligen Institutionen verlassen. In öffentlichen Äußerungen der jeweiligen Nachfolger wie auch in den forschungspolitischen Programmen und Förderaktivitäten wird jedoch deutlich, dass das Konvergenzkonzept, auch in seiner spezifischen NBIC-Form, eine gewisse politische Verankerung erfahren hat.

Hinsichtlich des *Status der NBIC-Initiative* bestehen unterschiedliche Wahrnehmungen: Von verschiedenen, nationalen wie internationalen Beobachtern und Kommentatoren wurde die Initiative als offizielle Regierungs- oder zumindest NSF-Aktivität dargestellt. Neben den üblichen einschränkenden editorischen Hinweisen, dass es sich in den Publikationen der Initiative um Privatmeinungen der Verfasser und nicht um offizielle Positionen der Regierung oder der NSF handele, wurde von einem Schlüsselakteur verschiedentlich betont, dass die Initiative keine offizielle Regierungs- oder NSF-Aktivität sei, sondern ein einflussreiches Netzwerk, das allerdings Kern oder Flügel einer zukünftigen »Bewegung« für »Cyberunsterblichkeit« werden könne (Bainbridge 2005). Hier ist allerdings darauf hinzuweisen, dass

- > die Workshops und verschiedene Publikationen der Initiative im Rahmen der NNI durch die NSF (und anfangs auch durch das DoC) gefördert wurden und dabei als wichtiges Element der Begleitforschung zu ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Implikationen der Nanotechnologie eingestuft wurden (Roco 2003a; Kap. III.2.5);
- > vonseiten der Leitung und anderer, nicht an der Initiative beteiligter NSF-Mitarbeiter die NBIC-Aktivitäten als offizielle NSF- bzw. »Inter-agency«-Aktivitäten annonciert wurden (z.B. Hollander 2003);
- > in anderen Aktivitäten und Publikationen der NSF zu dieser Begleitforschung (Tab. 4) das NBIC-Konvergenzkonzept und Teilnehmer der NBIC-Initiative eine wichtige Rolle spielen;

- > es einige Hinweise darauf gibt, dass die Initiative anfangs durchaus als ein Bestandteil der offiziellen Aktivitäten zur visionären Ausrichtung der NNI insgesamt konzipiert war oder zumindest als ein im Rahmen der NNI gestarteter Versuch, eine Nachfolgeinitiative zu eben dieser zu starten.

Die Begleitforschung und anderen Aktivitäten zu *ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Aspekten der Nanotechnologie* sind bis heute wichtige Elemente der akademischen und politischen Auseinandersetzung mit der CT-Thematik.

POLITISCHE RELEVANZ DER INITIATIVE UND IHRER VISIONEN

Zur NBIC-Initiative lässt sich auf Basis der erfolgten Untersuchungen Folgendes feststellen: Zwar findet das Konvergenzkonzept in offiziellen Publikationen der NNI eine gewisse Beachtung – häufig allerdings als formelhafter Verweis – und wurde über einen längeren Zeitraum oft – und vereinzelt bis in jüngste Zeit – auch von der NSF-Leitung in Reden stark gemacht. (»Truly, future historians may well describe the 21st century as ›the age of convergence‹.«; Colwell 2003). Im Gegensatz zur EU-Politik zur Nanotechnologie (Kap. V.3.2 u. V.3.7) ist es aber anscheinend *bisher kein zentrales Instrument zur programmatischen Strukturierung von Förderaktivitäten* im naturwissenschaftlich-technischen Bereich, trotz einiger Ansätze bei der NSF. Auch die Hinweise auf eine *Aufnahme des NBIC-Konvergenzkonzepts durch andere Akteure in den USA* sind eher spärlich: Soweit durch Onlinerecherchen ermittelbar beschränken sich diese im Wesentlichen auf die NASA – die (anscheinend aber nur bis 2005) in verschiedenen Zusammenhängen die Relevanz der NBI-Konvergenz betont hat (z.B. bei einer im Jahr 2005 angekündigten Zusammenarbeit mit der Firma Google) –, auf ein Projekt mit Workshop (2006) zum Thema »Human Enhancement« der renommierten »American Association for the Advancement of Science« (AAAS) – in dem Akteure und Ideen der NBIC-Initiative und des Transhumanismus eine wichtige Rolle spielten –, auf gelegentliche Bezugnahmen in Foresight- und Risikoanalysen zu neuen Technologien, auf einige universitäre Initiativen zur Integration des Konvergenzkonzepts in die Lehre sowie auf die Aktivitäten der »Advanced Concept Group« der »Sandia National Laboratories«.

Ungeachtet dessen haben die spezifischen Ideen und Visionen der Initiative, insbesondere zu gesellschaftlichen und kulturellen Aspekten, Eingang in Lehrbücher und andere Publikationen zur Nanotechnologie gefunden. Seitens der NBIC-Initiative selbst wurde eine Liste von staatlich geförderten US-Projekten zusammengestellt (Bainbridge 2006b), die relevant für das Thema NBIC-Konvergenz seien. Die Zusammenstellung enthält ausschließlich Projekte, bei denen es auch um Informationstechnologien geht, mit der erklärten Absicht, die NBIC-Initiative als Nachfolgerin einer von 2000 bis 2004 laufenden nationalen Forschungsinitiative zur In-



formationstechnologie (Information Technology Research Initiative) ins Spiel zu bringen. Vom Hauptinitiator der Initiative (Roco 2005) wurde die Einbeziehung der Bio- und Neurowissenschaften und -technologien sowie der Kognitionswissenschaft als Versuch gekennzeichnet, den technologiegetriebenen Ansatz durch eine Berücksichtigung der »menschlichen Potenziale« zu ergänzen (»(r)realizing the human potential, »the pull«). Betrachtet man diese Aussage im Zusammenhang mit Bekundungen der ehemaligen NSF-Direktorin Rita Colwell (z.B. New 2003) sowie der einschlägigen Forschung (Berube 2006), kann begründet vermutet werden, dass die *ursprüngliche Motivation der NSF für die NBIC-Initiative* in dem Wunsch lag, den durch die NNI erreichten relativen Bedeutungszuwachs (z.B. gegenüber den National Institutes of Health, NIH) durch ein verstärktes Engagement in bio- und neurowissenschaftlichen Gebieten abzusichern und weiter auszubauen.

In diesem Zusammenhang ist zum einen auf eine Anhörung des *Wissenschaftsausschusses des US-Repräsentantenhauses* (im Jahr 2003) zu gesellschaftlichen Implikationen der Nanotechnologie hinzuweisen: Zu den vier eingeladenen Fachleuten (»witnesses«) zählten – neben Vicki Colvin, einer renommierten Expertin für Umwelt- und Gesundheitsaspekte der Nanotechnologie, und Langdon Winner, einem dezidierten Kritiker des Posthumanismus und Technofuturismus (Winner 2005; Kap. V.2.4.2) – die drexlerianische Nanofuturistin Christine Peterson und der Ingenieur und posthumanistische Visionär Ray Kurzweil (Kap. III). Zum anderen ist an das *US-Nanotechnologiegesez*, ebenfalls aus dem Jahr 2003 (»US 21st Century Nanotechnology Research and Development Act«), zu erinnern: In diesem wurde bestimmt, dass seitens des Nationalen Forschungsrats (National Research Council, NRC) innerhalb von drei Jahren eine Überprüfung (»Review«) des nationalen Nanotechnologieprogramms durchgeführt werden solle. (Das Konvergenzkonzept fand in dem Gesetzestext keine Erwähnung.) Dabei war, – neben der Untersuchung der technischen Realisierungschancen nanofuturistischer Visionen im engeren Sinn (»Molecular Manufacturing« und die mögliche Gefahren durch zukünftige selbst-replizierende Nanoroboter) – auch eine Auseinandersetzung mit der »Human-Enhancement«-Thematik und den posthumanistischen Visionen zu einer dem Menschen überlegenen KI vorgesehen. Die Expertenkommission des NRC (2006) hat aber, unter Verweis auf den spekulativen Charakter und die »*Sciencefiction*«-Anklänge des letztgenannten Themas, darauf verzichtet. Dies steht in einem gewissen Widerspruch dazu (Mekel o.J.), dass eine Untersuchung der nanofuturistischen Visionen im engeren Sinn erfolgte. Bemerkenswert ist daran, dass die in Bio- und Neurowissenschaften und -ethik als hochrelevant eingeschätzte »*Human-Enhancement*«-Thematik (z.B. Farah et al. 2004; Merkel et al. 2007) im Nanotechnologiekontext als nicht dringlich gilt. Die grundsätzliche Relevanz wird zwar betont, offensichtlich werden die weitreichenden Ideen zu einem »Human Enhancement« unter Einbezug von Nanotechnologien und Gehirn-Maschine-Schnittstellen aber als

eher visionäre Themen ohne aktuellen Regulierungsbedarf eingeschätzt (vgl. aber CSPO/ACG 2006; Williams o.J.).

Trotz starker Bemühungen der Haupttreiber der NBIC-Initiative, diese posthumanistischen Perspektiven in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit zu rücken, werden die Ideen zu einem »Human Enhancement« durch NBIC-Konvergenzen auch seitens der NSF ganz überwiegend im visionären Bereich angesiedelt. In den *Budgetdokumenten und Arbeitsprogrammen der NSF* spielte die Konvergenzthematik bisher nur im Bereich der nanowissenschaftlichen Grundlagenforschung, in ethisch-sozialwissenschaftlicher Begleitforschung und im Bereich der Sozial-, Wirtschafts- und Verhaltenswissenschaften (einschließlich der Kognitionswissenschaft) eine nennenswerte Rolle.

PROBLEMATISCHE ASPEKTE DER NBIC-INITIATIVE

Die vieldiskutierte und -kritisierte *Nähe der NBIC-Initiative zu den Transhumanisten* erscheint im Rückblick weniger ungewöhnlich, da deren Einfluss in den letzten Jahren (insbesondere in Bezug auf ethische Aspekte vor allem der Nanotechnologie, des »Neuro-Enhancement« und der Biotechnologien und -wissenschaften) auch unabhängig von der CT-Debatte im engeren Sinn sowie auch außerhalb der USA gewachsen ist. Ungewöhnlich erscheint indes, dass vonseiten der Initiative einerseits transhumanistische Orientierungen mehrmals öffentlich entschieden zurückgewiesen wurden (Coenen 2005; Mason 2004), andererseits aber Transhumanisten eine zunehmend wichtige Rolle in Aktivitäten der Initiative gespielt haben (und Bainbridge, einer der Schlüsselakteure, seit Längerem offen das Bündnis mit transhumanistischen Organisationen sucht). Relativierend ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass erhebliche inhaltliche Überschneidungen zwischen den futuristischen Visionen und der offiziellen politischen Programmatik bestehen (Coenen 2004; Nordmann 2003; Paschen et al. 2004). Überdies existiert in den USA ein relativ breitgefächertes technofuturistisches Milieu, dem u. a. einflussreiche Repräsentanten der Computerindustrie angehören (Coenen 2006) und dessen Visionen auch populärwissenschaftlich von renommierten Forschern bekannt gemacht werden (z. B. Kaku 1997).

Eine Spannung besteht zwischen den »Human-Enhancement«-Ideen zu neuen *Mensch-Maschine-Schnittstellen und -Symbiosen* und der *Vision einer übermenschlichen KI*, weshalb diese beiden Aspekte z. B. auch in dem erwähnten US-Nanotechnologiegesetz voneinander getrennt werden. Dass zumindest die Initiative insgesamt (bzw. Roco, ihr entscheidender Akteur) Priorität auf die erstgenannten Ideen legt, ist u. a. aus zweierlei ersichtlich: Zum einen hat sich Roco zwar zur Vision einer Verbesserung menschlicher Leistungsfähigkeit, auch durch die Ersetzung von Körperteilen durch künstliche Materialien und Geräte, bekannt, sich dabei aber



gegen die Annahme verwehrt, dass die Initiative es befürworte, Menschen gänzlich in Roboter zu verwandeln (Yamashiro 2004). Zum anderen ist hier an die prominente Berücksichtigung des Koevolutionskonzepts und der Person Douglas C. Engelbarts in einer Publikation der Initiative zu erinnern: Engelbart, der als entscheidender Wegbereiter des Verständnisses des Computers als Kommunikationspartner gelten kann (Friedewald 1999, 2000 u. 2005), vertrat in den DARPA-geförderten Aktivitäten Ende der 1960er und Anfang der 1970er Jahre die Position, dass es um eine gemeinsame Weiterentwicklung von Mensch und Computer (Engelbart 1962) gehe, mit dem Ziel einer erheblichen Ausweitung (»augmentation«) menschlicher Intelligenz. Andere Forschungen, die von der DARPA zeitgleich stark gefördert wurden, setzten hingegen auf die Entwicklung einer eigenständigen KI, nach dem Vorbild menschlichen Denkens. Dieser Gegensatz zwischen »vergrößerter« und »künstlicher Intelligenz« (Friedewald 2000) kann zwar in der Erwartung einer zukünftigen Partnerschaft zwischen KI und Menschen (bzw. Mensch-Maschine-Mischwesen) aufgelöst werden, was in verschiedenen posthumanistischen Visionen (einschließlich der Visionen der NBIC-Initiative) auch der Fall ist. Nichtsdestoweniger werden im Konzept Engelbarts wie auch durch die Initiative gerade neue menschliche Entwicklungsmöglichkeiten betont, unter Einbeziehung visionärer Mensch-Maschine-Schnittstellen. Als Ziel erscheint also eine enge gemeinsame und wechselseitige Weiterentwicklung von Menschen und technologischen Artefakten, mit einer symbiotischen Tendenz und dem Ziel einer Steigerung kognitiver und anderer Fähigkeiten des Menschen.

Ein häufiger Kritikpunkt an der Initiative ist, insbesondere in Europa, dass sie *militärischen Aspekten* eine sehr starke Bedeutung beimesse. Diese Feststellung ist in gewisser Hinsicht richtig, da militärische Aspekte in der ersten, zumeist ausschließlich diskutierten Publikation der Initiative (Roco/Bainbridge 2002) breiten Raum einnehmen, anfangs Schlüsselinstitutionen der US-Militärforschung (wie die DARPA) eine wichtige Rolle in den Aktivitäten spielten und zentrale Ideen und Visionen der Initiative (vor allem zum »Human Enhancement«) auch in der Militärforschung (insbesondere zu neuen und emergierenden Technologien) von großer Bedeutung sind (FhG-ISI 2005; Moreno 2006). Einschränkend ist hier aber darauf hinzuweisen, dass es mehrere Indizien dafür gibt, dass die militärischen Aspekte und Aktivitäten der Militärforschung hauptsächlich erst nach den 9/11-Anschlägen eingebracht wurden, die wenige Monate vor dem ersten Workshop stattfanden. Überdies ist die Beteiligung von Einrichtungen der Militär- und Sicherheitsforschung seit der Frühzeit der Initiative merklich zurückgegangen. Und außer im Fall der »Advanced Concepts Group« der »Sandia National Laboratories« finden sich bei den ursprünglich beteiligten Einrichtungen keine öffentlichen Hinweise auf eine nennenswerte fortdauernde Nutzung des Konvergenzkonzepts in sonstigen Zusammenhängen. Ungeachtet dessen ist es zweifellos richtig, dass zahlreiche Projekte im Bereich

der US-Militärforschung (und insbesondere der DARPA) von unmittelbarer Relevanz hinsichtlich einiger zentraler Visionen und Ideen der Initiative sind: Dabei ist zum einen an das seit Langem bestehende Interesse der Militärforschung an »Human-Enhancement«-Konzepten und -Ideen zu erinnern, das von den ersten Inspirationen durch »Gegenkultur« und »Psycho«- und Selbsthilfeszene Mitte der 1980er Jahre bis zu den Visionen eines »Human Enhancement« durch Mensch-Maschine-Schnittstellen und Biotechnologie Anfang der 1990er Jahren reicht. Zum anderen ist, wie schon skizziert, die noch weiter zeitlich zurückreichende Expertise der DARPA und anderer Einrichtungen in Bereichen wie Mensch-Computer-Interaktion und KI-Forschung zu beachten.

Der Initiative wird auch kritisch attestiert, dass sie *gesellschaftliche und ethische Aspekte der NBIC-Konvergenz* vernachlässigt habe. Diese Kritik erscheint auf den ersten Blick ungerechtfertigt, da zum einen, wie bereits erwähnt, durchaus relevante sozialwissenschaftliche und philosophische Expertise zum Thema berücksichtigt wurde, und zum anderen, weil zumindest rhetorisch von Roco und anderen Akteuren die Bedeutung von ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Implikationen der Nanotechnologie immer wieder stark betont wird. Tatsächlich kann man seit dem Jahr 2000 kontinuierliche NSF-Aktivitäten zu diesen Implikationen der Nanotechnologie im Rahmen der NNI feststellen, die z.T. eng mit der Förderung von Aktivitäten der NBIC-Initiative verbunden war. Eine der wenigen Stellen in den Budgets der NSF, in denen das Konvergenzkonzept auftaucht, ist dementsprechend der Bereich der NNI-Förderung zu ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Implikationen. Und ohne Zweifel prägen die Aktivitäten zu diesen (im Rahmen und Umfeld der NBIC-Initiative) bis heute stark die internationale sozial- und geisteswissenschaftliche Diskussion zur CT-Thematik, durchaus einschließlich kritischer Analysen der zentralen Vorstellungen und Visionen der NBIC-Initiative. Allerdings zielt die Kritik an der Vernachlässigung von gesellschaftlichen und ethischen Aspekten und der sozial- und geisteswissenschaftlichen Forschung auch eher auf die *Art und Weise*, wie die Hauptakteure der Initiative gesellschaftliche und ethische Aspekte und die für diese relevanten Disziplinen berücksichtigt haben. Bereits frühzeitig hat z.B. die ökologische und globalisierungskritische kanadische NRO ETC Group, die auch in der Nanotechnologiediskussion (insbesondere auf EU-Ebene) eine wichtige Rolle spielt, eine Ausrichtung der NBIC-Initiative auf technokratische Ziele sowie die Vernachlässigung von relevanten gesellschaftlichen Aspekten und Akteuren kritisiert. Sie bemängelte z.B., dass mögliche neue Chancen für »Körperbehinderte« eine zentrale Rolle in der ersten Publikation der Initiative spielten, nichtsdestoweniger aber kaum Ansichten der hier Betroffenen miteinbezogen wurden. Eine Ausnahme stellt die Einladung eines renommierten Forschers und Aktivistin dar, des in Kanada arbeitenden deutschen Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaftler Gregor Wolbring, der aber nach der Einladung zum ersten Workshop der



Initiative (Wolbring 2002; Wolbring/Golledge 2002) nicht wieder in die Aktivitäten einbezogen wurde. Die von ihm eingebrachte kritische Diskussion des rein medizinischen Konzepts von »Behinderung«, seine Betrachtung der Chancen und Herausforderungen durch neue behinderungskompensierende Technologien wie auch seine in den letzten Jahren erfolgten Analysen von NBIC-Konvergenzen und des Transhumanismus (z.B. Wolbring 2006a u. 2006b) haben keine weitere Beachtung seitens der Initiative gefunden. In den zusammenfassenden und Überblicksartikeln der neueren Publikationen der Initiative (Roco/Montemagno 2004; Bainbridge/Roco 2006a u. 2006b) wie auch in den Einzelbeiträgen findet dieses Thema, wenn überhaupt, zumeist eine rein auf technologische Chancen ausgerichtete Beachtung – ein Mangel, der allerdings zuweilen auch in forschungspolitischen Aktivitäten der EU festzustellen ist, bei denen gesellschaftliche Aspekte von »Behinderung« und Perspektiven von potenziellen Nutzern dieser Technologien nicht berücksichtigt werden. Trotz der erwähnten sozial-, geistes- und kulturwissenschaftlichen Beiträge lässt sich insgesamt festhalten, dass in den Publikationen der Initiative die Auseinandersetzung mit *gesellschaftlichen und ethischen Aspekten* der NBIC-Konvergenz nicht auf dem *Stand der einschlägigen Forschung* stattfindet: Relevante Forschung wird oft entweder ignoriert bzw. nur kurz angesprochen (z.B. zum Thema »Human Enhancement«: Canton 2004) oder polemisch verzerrt und ohne direkte Referenzen dargestellt (Bainbridge 2004a; s.a. Coenen et al. 2004). Die beteiligten Forscher, die weniger technikeuphorische oder -deterministische Positionen einnehmen als die dem Transhumanismus nahestehenden Aktivisten, haben ethisch-politisch problematische Aspekte des »Human Enhancement« und posthumanistischer Visionen vor allem außerhalb der Publikationen der Initiative thematisiert (z.B. Khushf 2005). Die Hauptlinien und auch der Großteil der konkreten Auseinandersetzung mit diesen Aspekten wurden *von Schlüsselfiguren wie Bainbridge selbst* oder von anderen Promotoren der NBIC-Visionen bestimmt.

Als letzter Kritikpunkt an den Publikationen der Initiative sei noch die Einschätzung erwähnt, dass es sich bei diesen in wesentlichen (und vor allem den visionären) Teilen oft um »Sciencefiction« (RS/RAE 2004) bzw. haltlose Spekulationen handele. Für diese Einschätzung spricht erstens, dass auch einige in der Wissenschaft selten ernstgenommene Ideen vertreten oder seriös diskutiert wurden. Dies trifft zwar (in weit geringerem Umfang) auch auf die Arbeiten der ersten CT-Initiative auf EU-Ebene zu (Kap. V.3.3.1). Der wichtigste Unterschied ist hier aber, dass bei der US-Initiative extreme posthumanistische Visionen (z.B. des Transfers individuellen menschlichen Bewusstseins auf Maschinen) als mögliche Zukunftsentwicklungen in zusammenfassenden Überblicken der Herausgeber erscheinen, während in dem Abschlussbericht der EU-Initiative derart stark visionäre Aspekte keine Berücksichtigung gefunden haben (oder kritisiert werden). Zudem gewinnt man zumindest bei der Analyse der ersten Publikation der Initiative den Eindruck,

dass die kurz- und mittelfristigen Visionen, die zwischen den Ausführungen zum aktuellen Stand von FuE und den weitreichenden Visionen vermitteln, oft sehr vage sind (Seiler et al. 2004, S. 70). Schließlich existieren vielfältige inhaltliche und personelle Querverbindungen zwischen dem für die Initiative wichtigen Trans- und Posthumanismus und der Sciencefiction. Einschränkend ist hier nicht nur darauf hinzuweisen, dass an der Initiative Forscher teilgenommen haben (oder auf die Arbeiten von Forschern verwiesen wurde), deren wissenschaftliches Renommee außer Frage steht (FhG-ISI 2005) und deren Arbeiten weithin hohe gesellschaftliche Bedeutung und z.T. auch ethische Brisanz attestiert wird: Die frühen Aktivitäten der Initiative können auch als ein bewusster großer (visionärer) Wurf aufgefasst werden, zu dem konkretere Ausarbeitungen, genauere Bezugnahmen auf den Forschungsstand und detaillierte Szenarien oder Roadmaps peu à peu nachgereicht werden sollen. Schließlich ist die pejorativ gemeinte Kennzeichnung der Initiative als eine durch »Sciencefiction« inspirierte Aktivität zu hinterfragen: »Sciencefiction« kann keineswegs gänzlich als fantastische Literatur gelten, es gibt viele Anzeichen für einen starken Einfluss dieser Literaturgattung (nicht nur) auf (jüngere) Wissenschaftler und Ingenieure (zumindest in den USA), und auch im Überschneidungsbereich von Posthumanismus und Sciencefiction sind mehrere Forscher von erheblichem Renommee aktiv. Die Frage, was Naturwissenschaftler und Ingenieure im Nanokonvergenzbereich jenseits ihrer Arbeit – aber hinsichtlich des Sinns dieser – bewegt, ist bisher nur wenig erforscht (vgl. aber Berne 2006; Johansson 2004).

RELEVANZ IN FÖRDERAKTIVITÄTEN UND IM OFFIZIELLEN POLITISCHEN DISKURS

Bei der NSF wie auch bei anderen Akteuren zeigt sich, dass die Wirksamkeit der Aktivitäten der NBIC-Initiative und des Konvergenzkonzepts ihren *Höhepunkt in den Jahren 2003 und 2004* hatte. Zur gleichen Zeit stieß die NBIC-Initiative auf zum Teil scharfe Kritik, in den USA vor allem von Mitgliedern und im Umfeld des Nationalen Ethikrats des US-Präsidenten (President's Council on Bioethics, PCB), von religiös-konservativen Akademikern und Teilen der Ökologiebewegung. Einiges spricht dafür, dass diese Kritik – wie auch die NBIC-Initiative selbst – aber kaum politisch zur Kenntnis genommen wurde (vgl. aber z.B. Igami 2004).

In dieser Zeit wurde das Konvergenzkonzept je einmal in den umfangreichen *Budgetdokumenten der US-Regierung für die Jahre 2003 und 2004* erwähnt, und außer den beiden Hauptinitiatoren innerhalb der NSF (Roco/Bainbridge 2001) betonten auch weitere hochrangige Vertreter der NSF sowie des DoC häufig öffentlich die Bedeutung speziell der NBIC-Konvergenzperspektive. Eine Erwähnung in den Budgetdokumenten des Präsidenten fand danach nicht mehr statt, und auch die Institutionen, von denen die Initiative vorangetrieben worden war, nahmen auf das Kon-



zept seltener oder nicht mehr Bezug. Der Satz, der in den beiden Budgetdokumenten auftaucht, steht im Kontext der Förderung von FuE zur Nanotechnologie und lautet: »The convergence of nanotechnology with information technology, modern biology and social sciences will reinvigorate discoveries and innovation in many areas of the economy« (US Office of Management and Budget 2002, S.164 u. 2003, S.178). Visionen zum »Human Enhancement« finden sich dort nicht, die Nennung der »social sciences« statt der »cognitive science« dürfte vor allem mit den Förderstrukturen der NSF zu tun haben.

Vor dem Hintergrund der internationalen Aufmerksamkeit für die *NBIC-Initiative* – und gerade auch im Vergleich zu EU-Aktivitäten (Kap. V.3) – erscheint also deren politisches *Profil* für die Forschungspolitik in den USA als eher niedrig, die *institutionelle Verankerung* als eher schwach sowie die *forschungs- und technologiepolitische Wirksamkeit* (mit Ausnahme der Begleitforschung zur Nanotechnologie) als stark begrenzt. (Diese Einschätzung wird auch von den Experten bestätigt, die im Rahmen dieser Untersuchung und für das EU-Projekt CONTECS interviewt wurden.)

Diese Feststellungen sollten allerdings nicht den Blick darauf verstellen, dass *NBIC-Konvergenzprozesse verschiedener Art in der nationalen Forschungsförderung* eine wichtige Rolle spielen. Neben der medizinischen Forschung und der Weltraumforschung haben dabei trans- oder posthumanistisch anmutende Projekte in der Militär- und Sicherheitsforschung besondere Aufmerksamkeit gefunden, z.T. auch in Massenmedien.

KERNAKTIVITÄTEN, SCHLÜSSELFIGUREN UND WEITERE BETEILIGTE DER INITIATIVE

2.1.2

Die wichtigsten bisherigen *Aktivitäten der Initiative und in ihrem unmittelbaren Umfeld* lassen sich folgendermaßen zusammenfassen (Tab. 4): Die Initiative hat seit 2001 vier Workshops bzw. Konferenzen durchgeführt, zu denen allen mittlerweile Berichte vorliegen. Besondere Beachtung erfuhr die NBIC-Konvergenz auch im Rahmen von Veranstaltungen zu gesellschaftlichen Implikationen der Nanotechnologie und -wissenschaften, die von Roco und Bainbridge veranstaltet wurden.

Von den Schlüsselakteuren ist zudem eine größere Zahl von Publikationen und Präsentationen verfügbar, in denen die Konvergenzthematik, zumeist im allgemeinen Rahmen der Nanotechnologie und -wissenschaften angesprochen wird. Einige dieser Artikel und Präsentationen sind anlässlich weiterer, in Tabelle 3 nicht aufgeführter Aktivitäten zu gesellschaftlichen und ethischen Implikationen der Nanotechnologie (Roco 2003a, S.188) entstanden. Bemerkenswert ist, dass *seit 2005 keine einschlägigen Großveranstaltungen der Initiative* mehr stattgefunden haben.

TAB. 4 AKTIVITÄTEN DER NBIC-INITIATIVE UND IN IHREM DIREKTEN UMFELD

Veranstaltungen und Publikationen

- 2000: Erste von Roco und Bainbridge organisierte Veranstaltung zu gesellschaftlichen Aspekten der Nanotechnologie (Publikation: Roco/Bainbridge 2001)
- 2001: Erste NBIC-Konferenz (Publikation: Roco/Bainbridge 2002)
- 2003: Zweite NBIC-Konferenz (Publikation: Roco/Montemagno 2004)
Zweite von Roco und Bainbridge organisierte Veranstaltung zu gesellschaftlichen Aspekten der Nanotechnologie (Publikationen: Roco/Bainbridge 2005 und 2007)
- 2004: Dritte NBIC-Konferenz (Publikation: Bainbridge/Roco 2006a)
- 2005: Vierte NBIC-Konferenz (Publikation: Bainbridge/Roco 2006b)

Quelle: eigene Zusammenstellung

Der Ingenieur und NSF-Mitarbeiter *Mihail C. Roco*, der als »Architekt« der NNI gilt, ist Mitherausgeber von allen Publikationen der NBIC-Initiative (Roco/Bainbridge 2002; Roco/Montemagno 2004; Bainbridge/Roco 2006a u. 2006b). Er hat bereits vor dem ersten NBIC-Workshop die Grundzüge des NBIC-Konvergenzkonzepts öffentlich gemacht (Roco 2001). Eine weitere Schlüsselfigur ist der Religionssoziologe William S. Bainbridge, der ebenfalls ein Mitarbeiter der NSF ist und auf mehreren Veranstaltungen der Initiative zu den hochrangigen Regierungsvertretern gezählt wurde. Er hat mit Roco drei Publikationen der Initiative herausgegeben sowie weitere Publikationen zu anderen Aktivitäten der NSF oder NNI zu gesellschaftlichen Implikationen der Nanotechnologie (Roco/Bainbridge 2001 u. 2007), in denen die Konvergenzthematik ebenfalls eine Rolle spielt. Bainbridge steht der transhumanistischen Bewegung sehr nahe und vertritt extrem visionäre Positionen (Coenen 2007).

Der Trendforscher, Futurologe und Unternehmensberater *James Canton* – der bereits im Vorfeld der NNI als Berater für die staatlichen Aktivitäten zur Nanotechnologie tätig war – verdient Erwähnung, da er im Rahmen politischer Aktivitäten zur Nanotechnologie bereits 1999 auf den NBI-Konvergenzaspekt hinwies und in mehreren Publikationen der NBIC-Initiative mit Beiträgen vertreten ist (zuletzt Canton 2006). Inhaltlich stimmt er mit seinen Vorstellungen zu einer gesteuerten menschlichen Evolution, einer durch »Human Enhancement« geprägten Zukunft und zur Rolle, die in dieser Hinsicht die NBIC-Technologien spielen, mit den Transhumanisten überein (z.B. Canton 2004). Während Canton diese Entwicklungen als unvermeidlich darstellt, beteiligte sich an der Initiative auch eine Reihe radikal libertärer, für »kognitive Freiheit« (einschließlich weitgehender Drogenlegalisierung) eintretender oder Neurotechnologien als kommende Schlüsseltechnologien



einschätzender *Aktivisten*, die zum Teil auch NRO und Think Tanks gegründet haben (Lynch 2004; Sententia 2006). Ebenfalls an der Initiative teilgenommen haben Führungsfiguren der *transhumanistischen Bewegung* (z.B. Hughes 2006; Sandberg/Bostrom 2006).

Neben eher als aktivistisch einzuschätzenden Beiträgen findet sich aber auch eine Reihe von Beiträgen renommierter *Naturwissenschaftler und Ingenieure* (z.B. Fromherz 2004; Montemagno 2002; Spohrer/Engelbart 2002; s.a. FhG-ISI 2005), *Sozial- und Geisteswissenschaftler* (z.B. Gorman 2004, Khushf 2004a, Turkle 2002), *Politiker* (Gingrich 2002) sowie von *Vertretern staatlicher Institutionen* (z.B. Bond 2002 u. 2004; Venneri et al. 2002), der regierungseigenen »Sandia National Laboratories« (Yonas/Glick Turnley 2002) und großer *Unternehmen* (Kuekes/Williams 2002).

Eine Gemeinsamkeit vieler an der Initiative Beteiligter ist, dass sie *weitreichende visionäre Erwartungen an die NBIC-Konvergenz* hegen, wobei einige ernsthaft diskutierte Ideen (z.B. Robinett 2002) fantastisch anmuten, wie z.B. die Idee, eine Art »Nürnberger Trichter« auf Hightech-Basis zu entwickeln (Spohrer 2002), oder die posthumanistische Vision, Aspekte menschlicher Persönlichkeit digital zu kopieren und dadurch (oder durch biotechnologische Mittel) den Tod zu überwinden.

Von den beteiligten Sozial-, Kultur- und Geisteswissenschaftlern (Roco 2003a u. 2003b) spielen einige zugleich wichtige Rollen in der vor allem von der NSF geförderten US-amerikanischen *Begleitforschung zu ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Implikationen der Nanotechnologie*. Sie beteiligen sich – zum Teil als Initiatoren oder Organisatoren – an Aktivitäten zu solchen Implikationen der Nanotechnologien und CT. Dabei kam es auch zu einem engen Austausch mit europäischen Forschern und politischen Experten, die für die EU oder in anderen, nationalen Zusammenhängen zu der Nano- und CT-Thematik arbeiten. Von den an den US-Aktivitäten beteiligten Forschern (z.B. Gorman 2004) wurden innovative Ideen zum gesellschaftlichen Dialog sowie zur Integration der Sozial- und Geisteswissenschaften in Konvergenzprozesse erarbeitet und z.T. praktisch erprobt (durch Modellversuche zur Einbindung von Sozialwissenschaftlern in naturwissenschaftlich-technische Forschungsprojekte). Im Rahmen NSF-geförderter Projekte – dabei aber vor allem außerhalb der Publikationen zu Veranstaltungen der Initiative – wurden von einigen dieser Wissenschaftler auch ethisch und politisch besonders problematische Aspekte angesprochen, wie z.B. das »Human Enhancement« (Baird 2007; Khushf 2005). Die Rolle der transhumanistischen Bewegung in diesem Zusammenhang wurde allerdings nur sehr vereinzelt und zurückhaltend thematisiert.

Darüber hinaus ist auf die punktuelle Beteiligung von weiteren renommierten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen aus den *Sozial- und Kulturwissenschaften*

(Turkle 2002) und aus dem *naturwissenschaftlich-technologischen Bereich* (z.B. Fromherz 2002; Nicoletti 2002) hinzuweisen sowie auf das andauernde Interesse einzelner renommierter Naturwissenschaftler und Ingenieure an der CT-Thematik. Bemerkenswert sind u. a. in diesem Zusammenhang die zweite Konferenz der Initiative im Jahr 2003 und die Publikation (Roco/Montemagno 2004) zu dieser: Mit-herausgeber und Kovorsitzender war (statt Bainbridge) Carlo Montemagno, der seit längerem Forschung und experimentelle Entwicklung zu NBI-Konvergenzen (z.B. Entwicklung von muskelbetriebenen Nano-Bio-Geräten) betreibt, zum Teil im Auftrag der NASA. Er zeigt, entsprechend seinen Forschungsschwerpunkten, ein starkes Interesse an der NBIC-Konvergenzthematik und setzt in sie große Hoffnungen (z.B. Montemagno 2007). Eine zweite Besonderheit war die bereits erwähnte Einbeziehung des Konzepts der Koevolution von Mensch und Technologie, das im Zuge der von der DARPA (vormals auch ARPA) geförderten Vor- und Frühphase des Internets und der heutigen Mensch-Computer-Interaktion (Friedewald 2000) eine wichtige Rolle spielte. Der Titel der Publikation »The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies« ist als eine Reverenz gegenüber Douglas Engelbart zu verstehen, der zu den von der DARPA geförderten Pionieren in diesem FuE-Feld zählt (z.B. Entwicklung von Hypertext und der Computer»maus«). Engelbart beteiligte sich an der Publikation auch als Koautor eines Artikels, in dem ein eigenes Konvergenzkonzept (nano, bio, info, socio, cogno) vorgestellt wird.

ENTSTEHUNG UND FRÜHE AKTIVITÄTEN DER NBIC-INITIATIVE 2.2

Nach erfolgter zusammenfassender Einschätzung zur NBIC-Initiative wird nun im Folgenden zunächst etwas detaillierter auf deren *Entstehungshintergrund* (Kap. V.2.2.1) und auf die *frühen Aktivitäten der Initiative* (Kap. V.2.2.2) eingegangen. Ein Grund für die zentrale Bedeutung der frühen Aktivitäten in der Debatte dürfte der in verschiedener Hinsicht spektakuläre Charakter des ersten Workshops der Initiative im Jahr 2001 und der nachfolgenden Publikation (Roco/Bainbridge 2002) sein.

ENTSTEHUNGSHINTERGRUND 2.2.1

Auf den institutionellen Entstehungskontext der NBIC-Initiative im Rahmen der von der NSF und anderen Institutionen getragenen nationalen Nanotechnologieinitiative (NNI) wurde bereits an anderer Stelle relativ detailliert eingegangen (TAB 2003, Kap. 8.2; Paschen et al. 2004, S.260 ff.; s.a. Roco 2001 u. 2002). Hier sei lediglich darauf hingewiesen, dass (nach informellen Vorläufern ab 1996) im September 1998 eine Institutionen übergreifende US-Arbeitsgruppe zur Nanotechnolo-

gie (Interagency Working Group on Nanotechnology, IWGN) eingerichtet wurde, im Rahmen des National Science and Technology Council (NSTC). Von den in Kapitel V.2.1.2 erwähnten Personen waren bereits Roco – als ein Mitglied für die NSF und als Vorsitzender der Arbeitsgruppe – sowie Canton – als einziger externer Berater (und zwar für »public affairs«) – beteiligt. Die IWGN schlug im März 1999 die NNI vor. Das Management der NNI obliegt dem »Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology« (NSET) des NSTC. (Letzterer hat Kabinettsrang.) IWGN und NSET organisierten eine *Reihe von Workshops, die für die Entstehung und die frühen Aktivitäten der NBIC-Initiative von herausragender Bedeutung* war. An der Organisation einiger dieser Veranstaltungen beteiligten sich zudem die EU-Kommission und das DoC. Bei den *relevanten Workshops* handelt es sich im Einzelnen um

- > einen Workshop der IWGN im Januar 1999 zu »Research Directions« der Nanotechnologie und zur Entwicklung einer FuE-Vision in diesem Bereich für die nächsten zehn Jahre;
- > einen Workshop, den das NSET im September 2000 zu den »Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology« (Roco/Bainbridge 2001) durchführte;
- > einen Workshop, den die NSF Anfang 2002 gemeinsam mit der Europäischen Kommission zum Thema »Nanotechnology – Revolutionary Opportunities & Societal Implications« (Roco/Tomellini 2002) veranstaltete;
- > einen zweiten Workshop, den das NSET im Dezember 2003 zu gesellschaftlichen Implikationen der Nanotechnologie durchführte (Roco/Bainbridge 2005 u. 2007).

Organisatorisch beteiligte sich mit dem WTEC (World Technology Evaluation Center) eine zumeist im Auftrag der NSF tätige *Einrichtung des »technology assessment«*, die vormalig an einer Universität angesiedelt war, inzwischen aber eine »non-profit research corporation« ist. Auf ihrer Website sind auch seit Längerem Publikationen der NBIC-Initiative online verfügbar.

Das Konvergenzkonzept taucht im Rahmen der vorbereitenden Aktivitäten zur NNI zuerst in einem Beitrag zu dem *IWGN-Workshop im Januar 1999* auf. In diesem Beitrag, der von dem erwähnten James Canton verfasst wurde, heißt es: »The convergence of nanotechnology with the other three power tools of the twenty-first century – computers, networks, and biotechnology – will provide powerful new choices never experienced in any society at any time in the history of humankind« (Canton 1999). Eine weitere frühe Erwähnung des Konvergenzbegriffs findet sich in dem ersten gemeinsamen Nanotechnologieworkshop von NSF und EU-Kommission im Jahr 2000, in dem er von dem damaligen EU-Kommissar für Wissenschaft und Forschung, Philippe Busquin (EC RDG 2001, S. 3), in Bezug auf die Life Sciences, Informationstechnologie, Materialwissenschaft und das Nanofeld sowie auf die traditionellen Disziplinen Physik, Chemie und Biologie verwendet wurde

(Kap. III.3.3). Weitere mögliche oder evidente Aspekte des Ideenhintergrunds des NBIC-Konvergenzkonzepts wurden bereits angesprochen (Kap. II). Ergänzend sei auf folgende *Aussagen von Beteiligten zum Entstehungshintergrund der Initiative* hingewiesen, die sich in deren eigenen Publikationen oder in Presseberichten finden: Die NBIC-Initiative soll ursprünglich als Nachfolgerin der NNI konzipiert worden sein (Bainbridge 2006b, S. 347). Und die Idee zu der Einführung des Konvergenzkonzepts im NNI-Kontext soll in einem Treffen entstanden sein, an dem neben Roco und Canton auch der verstorbene Chemie-Nobelpreisträger Richard Smalley (bekannt auch durch seine öffentliche Auseinandersetzung mit dem Nanofuturisten Drexler) teilnahm (Talbot 2003).

Folgende *Aspekte der NNI-Aktivitäten* sind hinsichtlich des Entstehungshintergrunds der NBIC-Initiative erwähnenswert:

- > Bereits die ersten Ansätze einer politischen Auseinandersetzung mit dem Konzept »Nanotechnologie« waren durch den starken *Einfluss der Nanofuturisten um Eric Drexler* geprägt (z.B. Milburn 2002; Smith 1998), was sich in der Folgezeit auch in inhaltlichen Überschneidungen der politischen Programmatik mit futuristischen Visionen niederschlug (Coenen 2004; Nordmann 2003 u. 2004; Paschen et al. 2004). Drexler stellte 1992 seine Ideen bei einer Anhörung in einem Ausschuss des US-Senats vor, die vom späteren US-Vizepräsidenten Al Gore geleitet wurde. In den frühen Aktivitäten zur Entwicklung einer nationalen Nanotechnologiestrategie (ab Mitte der 1990er Jahre) wurde eine *disziplinenübergreifende und sehr langfristige Perspektiven aufweisende Vision* zu diesem Feld entwickelt (Smith 1998).
- > Die in den Jahren 1998 bis 2000 erfolgte politische Etablierung der Nanotechnologie wurde *durch einen visionären Diskurs in Politik und Wissenschaft begleitet*, in dem revolutionäre Auswirkungen der Nanotechnologie (u.a. auf Wirtschaft, Gesellschaft und Wissenschaft) vorausgesagt wurden (Kap. III). In diesem Zeitraum erfolgte bis zur »Joy-Debatte« noch keine klare Abgrenzung vom futuristischen Nanotechnologiediskurs, der von Drexler, seinem Umfeld am »Foresight Institute« und allgemein den Transhumanisten getragen wird. Allerdings spielten Visionen zum »*Human Enhancement*« *noch keine größere Rolle*.
- > Mehrmals und auch an prominenter Stelle wurde der *Konvergenzbegriff* in der Publikation verwendet, die zu dem im September 2000 durchgeführten NSET-Workshop »Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology« (Roco/Bainbridge 2001) erschien. Allerdings fehlt noch das NBIC-Konzept, und es wurde stattdessen auf unterschiedliche Konvergenzprozesse zwischen traditionellen naturwissenschaftlichen Disziplinen sowie diversen bereits »hybriden« Feldern hingewiesen. Bemerkenswert ist, dass in der Publikation an mehreren Stellen die Auffassungen Joys, Drexlers und Kurzweils kritisiert werden, also eine *Zurückweisung des extremen Futurismus* erfolgt.



Es ist vor diesem Hintergrund schwer zu erklären, warum in den Aktivitäten zur NBIC-Konvergenz (ab 2001) eben solche futuristischen Vorstellungen und »Human Enhancement« starke Beachtung fanden. Im Folgenden (Kap. V.2.2.2 u. V.2.3) sollen jedoch auch einige *mögliche Erklärungsansätze* vorgestellt werden.

FRÜHPHASE DER NBIC-INITIATIVE (2001–2003)

2.2.2

Die öffentliche Geburtsstunde der NBIC-Initiative war der im Dezember 2001, also wenige Monate nach 9/11 durch die NSF und das DoC veranstaltete Workshop »Converging Technologies to Improve Human Performance«. Die zeitliche Nähe zu den Attacken sollte als Hintergrund im Auge behalten werden, insbesondere mit Blick auf einige Eigentümlichkeiten der Initiative.

Als *Mitglieder der initiierenden Gruppe* werden in dem Workshopbericht (Roco/Bainbridge 2002, Acknowledgements) die erwähnten Bainbridge, Roco (beide NSF) und Canton sowie R. Stanley Williams (von der Firma Hewlett Packard) und Gerold Yonas (Vizepräsident und Chef-Wissenschaftler der regierungseigenen, dem Energieministerium zugeordneten, aber privat geführten »Sandia National Laboratories«) genannt. Hinzuweisen ist hinsichtlich der initiierenden Gruppe auf dreierlei:

- › Zu den Initiatoren zählen mit Roco, Canton und Williams drei Schlüsselfiguren der US-Nanotechnologieaktivitäten, die bereits an den Aktivitäten der erwähnten Arbeitsgruppe IWGN vor 1999 beteiligt waren.
- › Durch den Transhumanisten Bainbridge, durch Yonas sowie im geringeren Maße durch Williams wurden einige der besonders stark umstrittenen Ideen in die Veröffentlichungen der Initiative eingebracht.
- › Yonas ist bei den (vor allem im Verteidigungs-, Sicherheits- und Energiebereich tätigen) »Sandia National Laboratories« der Leiter der »Advanced Concepts Group«. Diese hat sich die Auseinandersetzung mit drohenden Problemen für die nationale und globale Sicherheit zum Ziel gesetzt hat. Ein Arbeitsschwerpunkt liegt dabei auf Fragen des kognitiven »Enhancement« (CSPO/ACG 2006), einschließlich des Aspekts neuer Mensch-Maschine-Schnittstellen. Im Rahmen der frühen Aktivitäten der NBIC-Initiative machte Yonas den Vorschlag für eine »Socio-tech« benannte »Wissenschaft des Verhaltens von Gesellschaften«. Diese neue Sozialtechnologie (auf Basis der NBIC-Konvergenzen) soll das Verhalten von Individuen, Gruppen und Gesellschaften voraussagen und manipulieren helfen, z.B. im Zusammenhang mit der Terrorismusbekämpfung.

Diese personelle Konstellation könnte, zusammen mit der Extremsituation nach den 9/11-Anschlägen, die Tatsache erklären, dass in der NBIC-Initiative zahlreiche Themen und Ideen angesprochen wurden, bei denen Kritik abzusehen war. In Betracht zu ziehen ist aber auch ein von einem Staatssekretär des Handelsministe-

riums mehrfach im Rahmen der Initiative angesprochener strategischer Aspekt: Durch eine Strategie des Schürens von Erwartungen und der Hoffnung bzw. des »hype and hope« (Coenen 2004; Paschen et al. 2004) solle demnach die Aufmerksamkeit auf die immensen Potenziale der NBIC-Konvergenz (»the deaf to hear, the blind to see, every child to be fed. And that's just for starters«; Bond 2002, S. 30) gelenkt werden, insbesondere mit Blick auf das politische Washington. Im Rückblick kann festgestellt werden, dass schon die NNI von dem vorherigen »Hype« um Nanotechnologie im futuristischen Milieu profitiert hatte und die »Joy-Debatte« keinen erkennbar negativen Einfluss auf die Entwicklung und politische Förderung des Nanofeldes hatte. Die risikoträchtige Aufnahme stark futuristischer Visionen in das Programm der Initiative erscheint vor diesem Hintergrund durchaus rational.

Beteiligte an der Initiative, die besonders frühzeitig (Canton 1999) oder engagiert das CT-Konzept vertreten haben, sind dabei zugleich diejenigen, die – inhaltlich (Canton 2002 u. 2006) oder (wie Bainbridge) durch eine direkte Zusammenarbeit mit transhumanistischen Organisationen – eine starke Nähe zum Transhumanismus gezeigt haben. Bainbridge bezeichnete die NBIC-Initiative als möglichen *Kern einer neuen Bewegung*, die mit den Transhumanisten zur Durchsetzung der gemeinsamen Ziele kooperieren könne. Im Jahr 2006 kritisierte Bainbridge in einem Vortrag auf einer internationalen transhumanistischen Konferenz scharf die amtierende US-Regierung, warnte vor einem aufziehenden religiösen Faschismus in den USA und überdies die Teilnehmer vor einer möglicherweise drohenden politischen Verfolgung transhumanistischer Aktivisten. Dort identifizierte er sich auch explizit mit dem *Transhumanismus*, deren Vertreter er ohne erkennbare Ironie als »Helden der Zukunft« ansprach (Coenen 2007).

Der NBIC-Initiative ging es darum, besondere Aufmerksamkeit für Prozesse in FuE zu schaffen, die sie als Konvergenz bzw. *synergetische Kombination der vier NBIC-Felder* deutet. Die vier Felder bestimmte sie wie folgt:

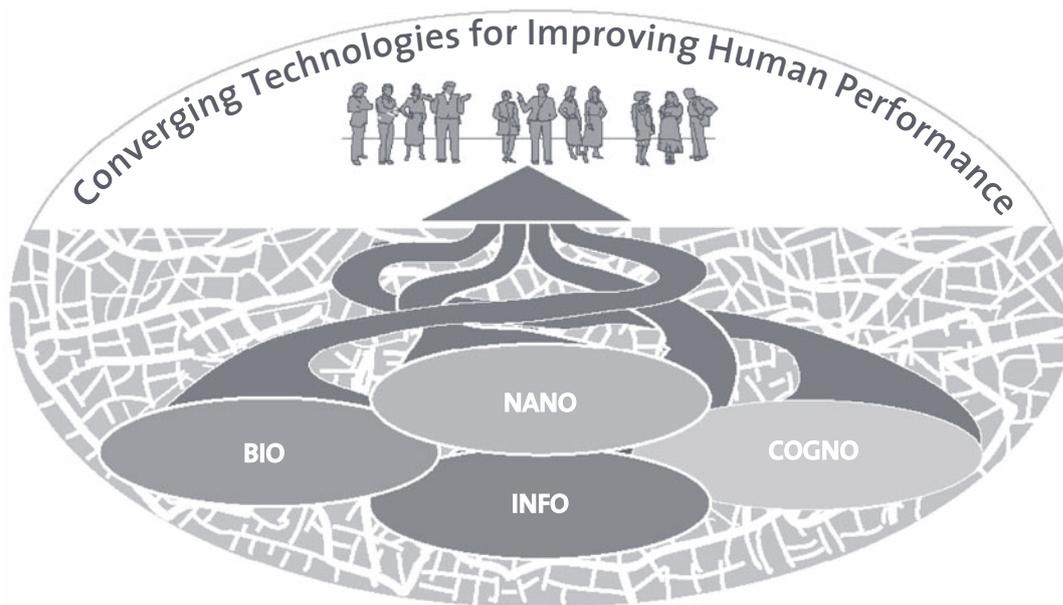
- > Nanowissenschaft und -technologie;
- > Biotechnologie und -medizin (einschließlich »genetic engineering«);
- > Informationstechnologie (einschließlich »advanced computing and communications«);
- > »cognitive science« (einschließlich »cognitive neuroscience«).

Neben zahlreichen, aber eher vagen Bezügen auf die Sozialwissenschaften und soziobiologische Ideen findet neben den NBIC-Feldern vor allem auch die *Systemanalyse* häufig Erwähnung.

Als Leitbild der NBIC-Konvergenz wird die umfassende *Steigerung bzw. Verbesserung menschlicher Leistungen und Fähigkeiten* vorgeschlagen, sowohl hinsichtlich Körper und Geist des Individuums als auch hinsichtlich kollektiver Leistungen und

sozialer Prozesse. Die Pfade, die zu diesem Ziel führen, erscheinen allerdings auch bei näherer Betrachtung oft als verschlungen und schwer zu begehen (Abb. 2).

ABB. 2 CHANGING THE SOCIETAL »FABRIC« TOWARDS A NEW STRUCTURE



Quelle: Roco/Bainbridge (2002); S. vii

Die Konvergenz, Integration und Synergien der vier Bereiche rühren nach Ansicht der Initiative von der *materiellen Einheit auf der Nanoebene* her und führen zu einem umfassenden Verständnis sozialer und kultureller Prozesse sowie der gesamten Natur bis hin zum *menschlichen Hirn als dem komplexesten System*, das bisher entdeckt worden sei. Ausgehend von technologischer Integration von der Nanoskala her werde sich ein »umfassendes, hierarchisches« Verständnis der physischen Welt, von der Nanoskala bis zur kosmischen Skala«, entwickeln. Durch die kommende Vereinigung von Wissenschaften und Technologien böten sich potenziell vielfältige neue Handlungsmöglichkeiten (mit gänzlich neuen ethischen Herausforderungen) sowie die Chance, eine »neue Renaissance« und ein »Goldenes Zeitalter« einzuläuten. Auch wenn die Initiative der *Nanowissenschaft und -technologie* besondere Bedeutung beimisst, zählt sie *jede mögliche Zweier- oder Dreierkombination der NBIC-Technologien* (also z.B. auch »bio-info« oder »info-cogno«) zur NBIC-Konvergenz. Ab 2002 wurden die Systemanalyse und Komplexitätsforschung als weitere konvergierende Felder stärker betont, anscheinend vor allem in dem Bemühen, zusätzliche sozialwissenschaftliche Aspekte zu integrieren.

Die Vorstellungen der Initiative zur »cognitive science« kreisen zum einen um die Erwartung erheblicher Erkenntnisfortschritte und neuer Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Hirnforschung, die der Verbesserung individueller und kollektiver menschlicher Leistungsfähigkeit dienstbar gemacht werden sollen. Zum anderen werden mittels des Bezugs auf »cognitive science« auch einige stark futuristische Forschungs- und Anwendungsvisionen als potenziell relevant für die Konvergenzthematik ausgewiesen. Schließlich dient der Begriff Kognitionswissenschaft, in Anlehnung an die Arbeitsbereiche der NSF, z.T. auch zur Bezeichnung von »sozial-technologischen« Vorstellungen, die bis hin zu einer umfassenden Steuerung kultureller und gesellschaftlicher Entwicklungen reichen (z.B. Strong/Bainbridge 2002; Yonas/Glicklen Turnley 2002). Bainbridge definierte z.B. in einem Vortrag auf Einladung der US-Umweltschutzbehörde »cognitive science« als neue Technologien, die auf der Konvergenz von Computerwissenschaft, Psychologie, Neurowissenschaft, Philosophie, Wirtschaftswissenschaft, Soziologie »etc.« basierten (Bainbridge 2004b). Neben Bainbridge haben von den Beteiligten der Initiative vor allem die Repräsentanten von Sandias »Advanced Concepts Group« ein nachhaltiges Interesse gezeigt, eine so verstandene Kognitionswissenschaft für eine neue, umfassende Sozialtechnologie einzusetzen. Hintergrund ist dabei die Prognose, dass die künftige Entwicklung der NBIC-Konvergenzprozesse dazu beitragen könne, die Welt an den »Rand des Chaos« oder gar in den Untergang zu führen (Yonas/Johnson 2005), weswegen diesbezüglich eine proaktive Politik seitens der USA und ihrer Verbündeten jetzt erfolgen müsse, wozu sich wiederum der NBIC-Felder und speziell neuer »Sozialtechnologien« bedient werden sollte. Im weiten, aber herkömmlichen Sinn taucht die »Kognitionswissenschaft« in den Aktivitäten der Initiative vor allem in Präsentationen und Artikelbeiträgen von (zum Teil sehr renommierten) Forschern auf, die im Bereich der Künstlichen Intelligenz und Neuro-IKT-Schnittstellen arbeiten (z.B. Fromherz 2004; Nicoletis 2002; s. a. FhG-ISI 2005). Diese Forscher haben zum Teil stark den potenziell gesellschaftlich revolutionären Charakter ihrer Forschungsarbeiten betont.

VISIONÄRES PROGRAMM DER NBIC-INITIATIVE

2.3

Um die starken Irritationen verständlicher zu machen, die durch die Initiative ausgelöst wurden, und weil die Besonderheit der Initiative nicht in der Zusammenschau aktueller wissenschaftlich-technologischer Entwicklung, sondern in der Art ihrer visionären Ausrichtung besteht, empfiehlt sich eine vertiefte Betrachtung ihres visionären Programms. Es wird in Tabelle 4 überblicksartig dargestellt. Mit Blick auf diese *Zusammenfassung des visionären Programms* wird deutlich, dass es weniger der (bei einer solchen Thematik kaum zu vermeidende) spekulative Charakter



vieler technikvisionärer Ideen war, der Anstoß erregte, sondern deren Verknüpfung mit bestimmten gesellschaftlichen Visionen.

Die Initiative beschwört den *Anbruch eines neuen* (»goldenen«) *Zeitalters* durch die CT, der vergleichbar sei mit der Erfindung der Landwirtschaft, der Renaissance oder der Industriellen Revolution. In der Idee einer Wiederkehr der Renaissance bündeln sich die Erwartungen der Initiative an eine *Überwindung disziplinärer Grenzen*, einschließlich der Trennung zwischen Naturwissenschaften und Geistes- und Sozialwissenschaften, und an eine neue Rolle des Ingenieurs, der wie in der Renaissance zu einer umfassend wissenschaftlich gebildeten Persönlichkeit werde (s.a. Saage 2006). Zumindest als Möglichkeit angesehen wird, dass die Evolution die Grenzen des Biologischen überschreiten werde (»Evolution transcending human cell, body, and the brain?«; Roco/Bainbridge 2002; S.23). Diese Hoffnung auf eine *gesteuerte Technoevolution als Fortsetzung der biologischen Evolution*, also eine Art teleologisch gewendeter Darwinismus, ist auch ein Kernelement »transhumanistischer« und anderer technofuturistischer Weltanschauungen (Coenen 2006 u. 2007). In diesen werden die Auswirkungen der Konvergenz dann sogar als wichtigste Entwicklung seit der Entstehung irdischen Lebens angesehen. Die Idee einer gesteuerten Evolution durch den Menschen ist allerdings nicht auf diese Weltanschauungen beschränkt (dazu Mauron 2006). Mögliche Risiken einer solchen Technoevolution (TAB 2006) werden von der NBIC-Initiative nicht thematisiert.

Eine Voraussetzung zur Realisierung dieser *posthumanistischen Visionen* sind technische Umbauten und Ergänzungen des menschlichen Leibs (z.B. durch neuartige Implantate), durch die bisher grundlegende körperliche und geistige Grenzen (und damit die Spezies Mensch) »transzendiert« werden sollen. Neben diesen im engeren Sinn transhumanistischen Vorstellungen ist eine weitere Voraussetzung die Entwicklung einer KI menschenähnlicher oder übermenschlicher Qualität, die an der Seite oder sogar anstelle der Menschheit zur Lenkerin der Evolution wird. Der Posthumanismus erscheint in diesem Kontext als eine (auch ideengeschichtlich) abgrenzbare intellektuelle Strömung und soziokulturelle Bewegung, die in der einen oder anderen Form die Schaffung nichtmenschlicher und dem Menschen kognitiv überlegener Wesen anstrebt (Coenen 2007). Eine scharfe Trennung (z.B. Krüger 2004) zwischen einem Posthumanismus, der eine Abschaffung des Menschen (oder zumindest aller Elemente menschlicher Körperlichkeit) voraussagt, und einem *Transhumanismus*, der cyborgartige Mischwesen aus Mensch und Technik bevorzugt, erscheint sowohl mit Blick auf die Akteure als auch auf das visionäre Ideensystem unangebracht (Coenen 2006). Die NBIC-Initiative hat sich zu einem wichtigen politischen Bezugspunkt der transhumanistischen Bewegung entwickelt.

TAB. 5 DIE STRUKTUR DES VISIONÄREN PROGRAMMS DER NBIC-INITIATIVE

Theme	Key visionary ideas/projects
A. Overall Potential of Converging Technologies (2025)	<ol style="list-style-type: none"> 1. NBIC strategy for technological and economical competitiveness 2. New patterns for S&T, economy, and society 3. Enhancing individual and group abilities, productivity, and learning 4. Sustainable and »intelligent« environments 5. Changing human activities towards the »innovation age«
B. Expanding Human Cognition and Communication (2030)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Human cognitive project and cognitive evolution 2. Brain-to-brain interactions and group communication 3. Spatial cognition and visual language using converging technologies 4. Enhanced tools for learning and creativity 5. Predictive science of societal behavior
C. Improving Human Health and Physical Capabilities (2025)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Healthcare, body replacements, and physiological self-regulation 2. Brain-machine interfaces and neuromorphing (<i>sic!</i>) engineering 3. Improving sensorial capacities and expanding functions 4. Improving quality of life of disabled people 5. Aging with dignity and life extension
D. Enhancing Group and Societal Outcomes (2050)	<ol style="list-style-type: none"> 1. The Communicator: enhancing group interaction and creativity 2. Cognitive engineering and enhancing productivity 3. Revolutionary products, including »aircraft of the future« 4. Networked society, with bio-inspired culture
E. National Security (2020)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Enhancing physical and mental capacity of a soldier 2. Enhancing readiness and threat anticipation tools 3. Globally linked detection devices 4. Uninhabited combat vehicles
F. Unifying Science and Education (2025)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Unifying science from the nanoscale and integrative principles 2. Cognitive, civic, and ethical changes in a networked society 3. Breadth, depth, »trading zones,« and reshaping education at all levels 4. Changing the human culture

Quelle: Roco/Bainbridge (2002), S. 14 (Die Angaben zum möglichen Realisierungszeitraum basieren auf einer Befragung von 26 nicht namentlich genannten Beitragenden zu den drei Publikationen der Initiative; vgl. Bainbridge 2006a)



Die Initiative hält auch bestehende *Grenzen zwischenmenschlicher Kommunikation* für überwindbar und erwartet, dass in der Zukunft Artefakte den zwischenmenschlichen Austausch massiv erleichtern, bis hin zur Vision einer quasitelepathischen Hirn-Hirn-Kommunikation (vgl. insbesondere Tab. 5, Themes B und D). In diesen Visionen wird der »cognitive science« (und vor allem der Hirnforschung) eine Schlüsselrolle zugewiesen: Ein mobiler, offenbar aufgrund KI auch als Lehrer nutzbarer »Communicator« soll u.a. neue Formen professioneller Kommunikation ermöglichen. Mit Hilfe von »cognitive science« soll dieses System so gestaltet werden, dass es auch zur Neutralisierung persönlicher und kultureller Vorurteile und zur Vermeidung von Missverständnissen und unnötigen Konflikten eingesetzt werden kann. Soweit ersichtlich soll der vor allem informations- und nanotechnologisch basierte, imaginierte »Communicator« eine umfassende und schnelle Vermittlung von Wissen sowie Verständigung über Gefühle erlauben. Als Schlagwort zur Forschungsförderung im Bereich einer so verstandenen »cognitive science« dient der Ausdruck »Human Cognome Project« (Tab. 5), in Anlehnung an das »Human Genome Project«. Diese Visionen zur Nutzung der »cognitive science« sind oft auf Widerspruch gestoßen und haben überdies zu »Sciencefiction«-Vorwürfen an die Initiative geführt.

Kritische Beachtung haben zudem *Vorstellungen der Initiative zur kulturellen und sozialen Entwicklung und zu deren politischer Gestaltung und Steuerung* gefunden. Auffällig ist hier zum einen, dass Kultur und Gesellschaft biologistisch verstanden werden (Tab. 5, D.4; s.a. Bainbridge 2004a u. dazu Coenen et al. 2004): Dadurch dass kulturelle und soziale Prozesse in Analogie zur biologischen Evolution verstanden werden, eröffnet sich die Perspektive einer methodisch »harten«, integrierten und ähnlich zuverlässig wie die Naturwissenschaften arbeitenden Kultur- und Sozialwissenschaft, durch die kultureller Wandel politisch steuerbar wird (Tab. 5; B.5 u. F.4). Bainbridge hat sich dabei auch mehrfach, in fragwürdiger Weise, auf die umstrittene Forschungsrichtung »Memetik« bezogen (Strong/Bainbridge 2002; Bainbridge 2004a). In diesem Zusammenhang wird der »cognitive science« die Rolle zugewiesen, *neurotechnische Eingriffe zur Determinierung und Steuerung individuellen Verhaltens* wissenschaftlich zu begründen. Diese technokratischen Visionen, die in einem Plädoyer für eine »voraussagende Wissenschaft sozialen Verhaltens« und eines »cultural« bzw. »memetic engineering« münden, werden ohne Umschweife mit politischen Zielsetzungen verbunden, wie z.B. der aktiven *Aufrechterhaltung US-amerikanischer kultureller Hegemonie* oder der *Bekämpfung des Terrorismus*. In Anlehnung an entsprechende Visionen aus der Diskussion über das Internet werden seitens der NBIC-Initiative auch die Entwicklung eines »*Global Brain*« und der Verwandlung der Menschheit in eine Art technisch-biologischen Riesenorganismus als möglich erachtet.

Überdies sind ein sehr *starker wissenschaftlich-technischer Machbarkeitsglauben* und ein großes Vertrauen in politische Gestaltungsmöglichkeiten festzustellen, verbunden allerdings mit einem *starken Technikdeterminismus* vor allem in Bezug auf gesellschaftliche und ethische Aspekte: Demnach haben sich Politik und Gesellschaft auf bestimmte Herausforderungen (z.B. durch die künftige Verbreitung von »Human-Enhancement«-Technologien) einzustellen, auch aufgrund der globalen Konkurrenz in der Technologieentwicklung (z.B. Canton 2004). Insofern erscheint die Einschätzung zutreffend, dass es sich beim Ansatz der NBIC-Initiative um eine Kombination von technokratischem Dezisionismus und Technikdeterminismus handelt (Jean-Pierre Dupuy, zitiert in Bernold 2004).

Bemerkenswert ist, dass *technologische Entwicklungen oft eher in vager Form thematisiert* werden. Das gilt nicht nur für das skizzierte visionäre Programm insgesamt, sondern zu einem großen Teil auch für die einzelnen Visionen zu verschiedenen FuE- und Anwendungsbereichen. In Tabelle 5 findet sich eine Auswahl von Visionen, die entweder bereits in der ersten Publikation (mit einem Realisierungshorizont von 10 bis 20 Jahren) auftauchen oder vom Mitherausgeber Bainbridge aus den verschiedenen Publikationen und Konferenzergebnissen der Initiative zusammengestellt wurden. Die Jahresangaben zu den möglichen Zeitpunkten der Realisierung der Visionen basieren zu einem großen Teil auf einer Befragung von 26 nicht namentlich genannten Beitragenden zu den drei Publikationen der Initiative (Bainbridge 2006a). Bei der eigenen Auswahl der Visionen für Tabelle 5 wurden schwerpunktmäßig Visionen zu »Human Enhancement« und zu neuen IKT (einschließlich »Künstlicher Intelligenz«) aufgenommen. Ausgelassen wurden vor allem Visionen zu Anwendungen im militärischen Kontext und im Transportwesen – z.B. Flugzeuge mit sich ständig verändernden Flügeln und Oberflächen oder unbemannte Waffensysteme, die weitgehend autonom agieren können – sowie einige Visionen, in denen erhebliche Chancen in verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen und im ökologischen Bereich vorausgesagt werden (vgl. aber Paschen et al. 2004). Die entsprechenden Visionen wurden vor allem deshalb ausgelassen, weil sie zwar die Lösung globaler Probleme oder erhebliche Verbesserungen der Leistungsfähigkeit von Unternehmen und anderen Akteuren annoncieren, dabei aber äußerst vage gehalten sind. Erhebliche Herausforderungen durch die CT werden seitens der Initiative nur im rechtlichen Bereich erwartet. Ebenfalls nicht in die Tabelle aufgenommen wurden allgemeine Aussagen zum Wandel des Wissenschaftssystems, die an anderen Stellen der vorliegenden Studie zitiert werden, und ebenfalls sehr vage bleiben.



TAB. 6

VISIONEN DER NBIC-INITIATIVE

-
- 2010: Neue realistische Trainingsumgebungen, wie z.B. »Virtuelle Realität«-Schlachtfelder und »War Gaming«-Simulationen, werden das Training von militärischem Personal revolutionär verändern. »Warfighters« in Stresssituationen werden stark verbesserte Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten und ein deutlich geringeres Risiko haben.
- 2015: Überall in der Welt wird ein Individuum sofortigen, individuell zugeschnittenen Zugang zu benötigten Informationen haben, ob praktischer oder wissenschaftlicher Natur. Frei zugängliche Informationen werden die Lebenssituation von benachteiligten Gruppen weltweit verbessern.
- Komfortable, tragbare Sensoren und Computer werden von jeder Person eingesetzt werden können, um Informationen zum eigenen Gesundheitszustand, der Umgebung (»environment«) und ihrer chemischen Verunreinigung, möglichen Gefahren (»potential hazards«) und über die lokale Wirtschaft, natürliche Ressourcen und dergleichen zu erlangen.
- Computer-Schnittstellen-Architekturen werden so verändert sein, dass behinderte Gruppen (»disabled groups«) einen so transparenten und schnellen Zugriff auf das Internet und andere Informationsquellen haben wie andere Menschen
- Die menschliche Biochemie wird so modifizierbar, dass Soldaten und Kampfpiloten Schlafentzug besser ertragen können, zu eine besseren physischen und psychologischen »Performance« in der Lage sein und höhere Überlebenschancen bei körperlichen Verletzungen haben werden.
- 2020: Individuen und Teams werden zu einer gewinnbringenden Kommunikation und Kooperation in der Lage sein, über traditionelle kulturelle und sprachliche Barrieren, Distanzen und professionelle Spezialisierungen hinweg.
- Ingenieure, Künstler, Architekten und Designer werden enorm ausgeweitete kreative Fähigkeiten haben, sowohl mittels einer Vielfalt neuer Werkzeuge als auch durch ein verbessertes Verständnis der Quellen menschlicher Kreativität.
- Durchschnittsmenschen (»average persons«) wie auch Politiker werden eine sehr stark verbesserte Fähigkeit haben, die kognitiven, sozialen und biologischen Kräfte zu verstehen, die ihr Leben bestimmen (»operating their lives«), wodurch weit bessere Möglichkeiten zur Anpassung, kreativen Betätigung und täglichen Entscheidungsfindung bestehen werden.
- Die Fabriken der Zukunft werden so organisiert sein, dass durch CT-Einsatz und verbesserte Mensch-Maschine-Fähigkeiten maximale Leistungen erreicht werden.
- Mit extrem effizienten neuen Forschungs-»Tools« werden bisher unbekannte biologische Informationen aus der DNA, Proteinen, Zellen, Gewebe, Organismen und der Gesellschaft als Ganzes gewonnen.
- »Sensory replacement«, z.B. die Kommunikation visueller Information durch Töne oder die Ersetzung des Tastsinns durch Gehör (»substituting touch for hearing«) werden im Leben von behinderten Menschen nützlich sein.
- Kommunikations- und Informationssysteme werden automatisch lernen und sich anpassen (»adapt«), basierend auf dem Verständnis menschlichen Verhaltens (»based upon understanding of human behaviour«).
- 2025: Roboter und Softwareagenten werden weit nützlicher für Menschen sein, weil sie auf der Basis von Prinzipien operieren werden, die mit menschlichen Zielen, menschlichem Bewusstsein und menschlicher Persönlichkeit kompatibel sind.
-

Der menschliche Körper wird haltbarer, dauerhafter (»more durable«), gesünder, energiegeladener (»more energetic«), einfacher zu reparieren (»easier to repair«) und widerstandsfähiger gegen viele Arten des Stress, biologische Gefahren (»threats«) und Alterungsprozesse sein.

Eine Kombination von Technologien und Heilbehandlungen wird viele physische und mentale Handicaps kompensieren und einige Behinderungen, die bisher das Leben von Millionen Menschen beeinträchtigt haben, völlig ausrotten.

Ein technisch ausgefeiltes Monitoring der Hirnaktivität und Biofeedback-Techniken werden Bildung und Ausbildung verbessern, durch die Einschätzung der Lernstärken der Schüler, Auszubildenden und Studenten sowie die Erhöhung ihrer Aufmerksamkeit.

Viele Menschen werden ein stark personalisiertes Computer-Datenbasis-System mit sich tragen, das die Gefühle des Nutzers versteht und als ein »Künstlicher Intelligenz«-Berater funktionieren wird, der dem Träger hilft, seine eigenen Gefühle und Entscheidungsoptionen zu verstehen.

Ein tiefes Verständnis der Bildsprache (»visual language«), also der Kommunikation mit Bildern, Icons und Diagrammen, wird eine effektivere Kommunikation, komplexeres Denken und Durchbrüche im Bildungsbereich ermöglichen.

Kontaktfähige Technologie (»sociable technology«) wird menschliche emotionale und kognitive Leistungen (»performance«) verbessern und uns dadurch nicht nur stärker befriedigende Beziehungen zu unseren Maschinen, sondern auch untereinander ermöglichen.

2030: Schnelle Breitband-Interfaces werden das menschliche Gehirn direkt mit Maschinen verbinden, wodurch die Fabrikarbeit transformiert wird, Automobile kontrolliert werden, militärische Überlegenheit gesichert werden kann und neue Sportarten, Kunstformen und generell menschliche Interaktionsmöglichkeiten entstehen.

Die Fähigkeit, die Genetik von Menschen, Tieren und Nutzpflanzen zu kontrollieren, wird großen Nutzen bringen (»greatly benefit human welfare«), wobei ein breiter Konsens über ethische, rechtliche und moralische Themen geschaffen wird (»widespread consensus about ethical, legal, and moral issues will be built in the process«).

Computergenerierte virtuelle Umgebungen werden so gut den menschlichen Sinnen angepasst sein, dass sich Menschen in der virtuellen Realität so wohl (»comfortable«) fühlen werden wie in der Wirklichkeit selbst.

Geräte mit direkter Verbindung zum Nervensystem werden die sensorischen, motorischen und kognitiven Leistungen (»performance«) von Menschen erheblich verbessern.

Ein neuer (»fresh«) wissenschaftlicher Ansatz zum Verständnis von Kultur, basierend auf Konzepten aus der Evolutionsbiologie und Klassifikationstechniken aus der Informationswissenschaft, wird in erheblichem Maß geisteswissenschaftliche Forschung, das Marketing von Musik und Literatur sowie künstlerische Innovation verbessern bzw. erleichtern helfen.

Neurozeptika, nicht süchtigmachende neurochemische Gehirnregler (»brain modulators«) von hoher Wirksamkeit und mit vernachlässigbaren Nebeneffekten, werden Geisteskrankheiten heilen und künstlerische Ausdrucksmöglichkeiten erweitern.

Die Mensch-Computer-Interaktion wird durch Schnittstellen optimiert, die auf Grundlage eines wirklichen Verständnisses der Funktionsweise des menschlichen Verstands (»human mind«) und menschlicher Sinne designt werden.



2035: Dreidimensionale Drucker werden weitverbreitet sein. Sie werden nicht für die schnelle Herstellung von Prototypen genutzt werden, sondern für die kostengünstige, lokale und schnelle Produktion von Kunstobjekten, Maschinenteilen und zahlreichen anderen Dingen aus verschiedensten Materialien.

Es wird technisch und ökonomisch machbar sein, den genetischen Code jedes Individuums zu sequenzieren, wodurch wir genetisch bedingte Unterschiede menschlichen Leistungsvermögens («genetic variations in human performance») vollständig verstehen werden.

Nanotechnologiebasierte Sensoren, implantiert im menschlichen Körper, werden den Stoffwechsel und Gesundheitszustand überwachen und jedes gesundheitliche Problem diagnostizieren, bevor die betroffene Person auch nur das erste Symptom registriert.

Technische Hilfsmittel («assistive technologies») werden Behinderungen wie Blindheit, Taubheit und Immobilität weitgehend überwinden.

2040: Menschliche bzw. menschenfreundliche Maschinen («humane machines») werden sich an Kommunikationsstile, soziale Kontexte und persönliche Bedürfnisse ihrer Nutzer anpassen und diese widerspiegeln («adapt and reflect»).

Eine Kombination verschiedener Techniken wird die menschlichen Beschränkungen bei der Informationsverarbeitung überwiegend überwinden («largely nullify the constraints associated with a human's inherent ability to assimilate information»).

Eine neue Form des Computing wird entstehen, in dem der Unterschied zwischen Hard- und Software aufgehoben ist und bei der biologische Prozesse das Verhalten komplexer, adaptiver Systeme berechnen.

Molekulare Nanomotoren werden in Massenproduktion hergestellt und in so verschiedenen Bereichen wie Materialherstellung und medizinischer Behandlung zum Einsatz kommen.

2045: «Warfighters» werden die Fähigkeit haben, nur durch das Denken von Befehlen (oder sogar vor Formung des Befehls in ihrem Geist) Fahrzeuge, Waffen- und andere Kampfsysteme ohne jegliche Zeitverzögerung zu kontrollieren.

2050: Die große Verheißung des Weltraums («vast promise of outer space») wird endlich realisiert, durch leistungsfähige Trägerraketen, die Konstruktion außerirdischer Stützpunkte durch Roboter und die profitable Ausbeutung der Ressourcen des Mondes, des Mars oder von Asteroiden.

Neue Forschung-«Tools» werden die Struktur und Funktionen des menschlichen Gehirns darstellen, einschließlich einer kompletten Karte des menschlichen Gehirns («a complete mapping of the connections of the human brain»).

Molekulare Maschinen werden zahlreiche Probleme auf globaler Ebene lösen.

Die Steigerung der Gedächtnisleistungen («memory enhancement») wird die menschliche Kognition verbessern, u. a. durch externe elektronische Speicherung und die Infusion von Nervenwachstumsfaktoren ins Gehirn.

Eine voraussagende Wissenschaft des Verhaltens von Gesellschaften wird uns erlauben, ein breites Spektrum von gesellschaftlich zerstörerischen («socially disruptive») Ereignissen vorauszusehen und entschärfende oder präventive Strategien umzusetzen, bevor der Schaden entsteht.

Ein Nano-Bio-Prozessor wird entwickelt, der billig eine Vielzahl von Medikamenten herstellen kann, die auf das Erbgut und die spezifischen Gesundheitsbedürfnisse eines Individuums zugeschnitten sind.

Nanoroboter werden tief im menschlichen Körper chirurgische Eingriffe durchführen (»perform«) und Behandlungen vornehmen (»administer«) und dabei von großem medizinischen Nutzen sein, mit minimalen Risiken.

2070: Wissenschaftler werden in der Lage sein, menschliche Absichten, Überzeugungen, Sehnsüchte, Gefühle und Beweggründe als klar bestimmbar, berechenbare Prozesse (»in terms of well-defined computational processes«) zu verstehen und zu beschreiben.

Anstatt einige Menschen stereotyp als behindert oder andere als talentiert einzustufen, wird die Gesellschaft jedem Menschen garantieren, für sich selbst zu entscheiden, welche Fähigkeiten er oder sie besitzen möchte.

2085: Die Entwicklung von Computern und der Wissenschaft wird so weit sein, dass Maschinen gebaut werden können, die einem menschlichen Gehirn funktional äquivalent sind.

Quelle: nach Bainbridge 2006a (eigene Auswahl und Übersetzung)

Zu den Ergebnissen der Befragung sind allerdings folgende *einschränkende Bemerkungen* zu machen: Zum einen weist Bainbridge darauf hin, dass in »seltenen Fällen« von den Befragten auch einige Visionen als niemals realisierbar eingeschätzt wurden, was nicht berücksichtigt worden sei. Zum anderen ist daran zu erinnern, dass Bainbridges Bekenntnisse zum Posthumanismus zuweilen den Eindruck eines starken Glaubens erwecken (z. B. Bainbridge 2004c, 2005 u. 2007), und er überdies seine eigenen Vorstellungen zu einem »cultural engineering« und der Zukunft der Sozial- und Kulturwissenschaften in der Initiative oft sehr stark gemacht hat. Da ein großer Teil der Visionen von ihm zusammengestellt wurde, ist überdies denkbar, dass bereits die Zusammenstellung eine starke technofuturistische und posthumanistische Schlagseite hatte. Schließlich sei darauf hingewiesen, dass die Befragten ebenfalls angeben sollten, wie sie den jeweiligen Nutzen (»benefit«) bei einer Realisierung der Visionen einschätzen. Dabei maßen die Befragten im Durchschnitt den besonders starkumstrittenen Visionen (zu einer neuen Form von Sozialtechnologie sowie zu militärischen Anwendungen) fast durchgängig niedrigere Werte zu als den anderen Visionen. Viele der als besonders nützlich eingeschätzten, möglichen Zukunftsanwendungen betreffen aber Formen des »Human Enhancement« und vor allem Verbesserungen für Behinderte.

Ungeachtet der genannten Einschränkungen bleibt es bemerkenswert, wie die in Bainbridges Beitrag vorgestellte Entwicklung *in den Jahren 2070 und 2085 in drei Visionen kulminiert*, die eine totale Selbstkontrolle des Individuums, eine tiefgehende, bis zu Gedanken und Gefühlen reichende Kontrollierbarkeit des Menschen und die Schaffung einer neuen autonomen, nichtmenschlichen Intelligenz annonciieren.

Auf jeden Fall kann die Liste von Visionen zur Veranschaulichung folgender inhaltlicher, auch unabhängig von dieser Zusammenstellung festzustellender *Charakteristika der Initiative* dienen:



- › Die starke *Betonung militärischer Nutzungsmöglichkeiten* der CT bis hin zu fantastisch anmutenden Visionen einer gleichsam vorbewussten Steuerung von Waffensystemen.
- › Das besondere Interesse an neuen, auch implantierbaren *Mensch-Computer-Schnittstellen*. Deren Entwicklung soll erklärtermaßen vor allem *körperbehinderten Menschen* dienen, letztendlich es aber *jedem Menschen* ermöglichen, frei seine (wissenschaftlich-technologisch avancierbaren) Fähigkeiten zu wählen.
- › Auch wenn weitreichende *Visionen zur KI-Forschung* in den einleitenden und zusammenfassenden Passagen der Berichte (im Gegensatz zu verschiedenen Einzelbeiträgen) keine herausgehobene Rolle einnehmen, so sind doch erhebliche Fortschritte in diesem Bereich offenkundig ein wichtiges Element der visionären Programmatik. Der Fortschritt führt dabei von mit KI ausgestatteten Maschinen, die zunehmend in der Lage sind, menschliche Absichten und Gefühle zu erfassen, bis hin zur Vision eines künstlichen Ersatzes für das menschliche Gehirn.
- › Mentale Probleme, künstlerische Ausdrucksmöglichkeiten und emotionale Beziehungen werden als mit wissenschaftlich-technologischen Mitteln lösbar bzw. erheblich verbesserbar angesehen. Ein solcher *technokratisch-szientistischer Ansatz* ist in Bezug auf das Individuum und auf gesellschaftlich-kulturelle Strukturen und Prozesse feststellbar. Ethisch-gesellschaftliche Herausforderungen werden selten erwähnt und ihre Lösung oft als unproblematisch eingeschätzt.
- › Ohne die Absicht, damit deren Realismus insgesamt infrage zu stellen, kann festgestellt werden, dass die Visionen oft *Zukunftserwartungen der Sciencefiction* entsprechen (dazu auch Milburn 2007). Überdies finden sich zahlreiche *Berührungspunkte und Übereinstimmungen mit posthumanistischen und anderen technofuturistischen Visionen*. In den Publikationen der Initiative stehen nur unzureichend erläuterte, fantastisch anmutende Visionen neben realistisch anmutenden. Dabei werden einige gemeinhin als bald realisierbar geltende Visionen in eine vergleichsweise ferne Zukunft verlegt. Die fantastischen anmutenden Visionen (einschließlich solcher zur Voraussage, Steuerung und »Verbesserung« gesellschaftlich-kultureller Prozesse) werden zumeist unter dem Label »Cognitive Science« eingebracht.

Den Schlüsselakteuren geht es anscheinend im besonderen Maß um eine *unmittelbare Leistungssteigerung und Transformation des menschlichen Körpers mit technologischen Mitteln* und weniger (bzw. nur als Mittel zum Zweck) um leistungsfähigere Maschinen und Materialien. So wird der zumeist eher vorsichtig formulierende Roco in einem japanischen Onlineinterview (Yamashiro 2004, o. S.) so zitiert: »One of the objectives of NBIC is maintaining and enhancing the everyday human performance. This may include improving sensorial capacity when aging, increasing group work productivity through better communication, and using implant devices and neuromorphic human-machine interfaces. We see a future where

we will focus on improving human performance rather than improving technology and the machines themselves. In this direction, main areas of focus will be improvement of human physical capabilities, learning, various intellectual capabilities, sensorial abilities, communication, and group creativity. ... We plan to replace parts of our bodies with artificial materials and devices. However, I am not saying that we will turn humans into robots. We treat ethical and legal concerns responsibly, respect individuals, and maintain an appropriate level of individual privacy.«

DIE NBIC-INITIATIVE AB 2003 UND REAKTIONEN (USA)

2.4

Im Folgenden wird zunächst auf die Aktivitäten und Publikationen der Initiative ab 2003 sowie auf solche Reaktionen und Bezugnahmen in den USA eingegangen, die als positiv oder neutral einzuschätzen sind (Kap. V.2.4.1). Anschließend erfolgen Hinweise auf kritisch-ablehnende Stimmen in den USA (Kap. V.2.4.2).

NEUERE AKTIVITÄTEN UND POSITIVE REAKTIONEN

2.4.1

In ihren weiteren Publikationen (Roco/Montemagno 2004; Bainbridge/Roco 2006a u. 2006b) zeigte sich die Initiative weitgehend unbeeindruckt von der z. T. scharfen Kritik an einigen Visionen und an ihrer Nähe zum Transhumanismus.

Zwar lassen sich *ab 2003 Zugeständnisse* an diejenigen Kritiker feststellen, die eine Vernachlässigung gesellschaftlicher Aspekte und eine fehlende Sensibilität für ethische Herausforderungen bemängelt hatten: In der zweiten Publikation (Roco/Montemagno 2004) und in zahlreichen anderen Diskussionsbeiträgen und Artikeln Rocos (2003a u. 2003b, 2005) werden nicht nur – allerdings eher rhetorisch – weithin akzeptierte Leitbilder (wie Nachhaltigkeit und Partizipation) angesprochen, sondern Roco verweist nun auch häufig auf die NSF-geförderte Begleitforschung zu gesellschaftlichen und ethischen Implikationen der Nanotechnologie. Einige an dieser beteiligte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind auch mit eigenen Beiträgen in einer 2007 erschienenen Publikation vertreten, die Ergebnisse der zwei wichtigsten Konferenzen zu ethischen und gesellschaftlichen Implikationen im NNI-Kontext vorstellt (Roco/Bainbridge 2007). Überdies lud die Initiative einen konservativen dezidierten Kritiker (Cameron 2006) zu ihrer Konferenz im Jahr 2005 ein, was allerdings der Strategie der Transhumanisten entspricht, das direkte öffentliche Gespräch mit ausgesuchten konservativen Kritikern zu suchen. Außen vor blieben da wie dort andere Kritiker des Posthumanismus. Die Zugeständnisse der Initiative erscheinen auch aus anderen Gründen eher wenig relevant. Zwei dieser Gründe seien beispielhaft genannt:

- > Zum einen lässt sich feststellen, dass keine schärfere Kritik in die Publikationen aufgenommen wurde und gleichzeitig auch der *Anteil stark aktivistischer Beiträge* zunahm, sowohl von Schlüsselakteuren (u.a. Bainbridge und Canton) als auch von neu hinzugekommenen Autoren, einschließlich erklärter Transhumanisten und anderer Befürworter eines Rechts auf »Human Enhancement«. Bemerkenswert ist, dass es gerade diesen Aktivisten oblag, sich mit der einschlägigen Forschung und den gesellschaftlichen *Diskussionen zu »Human Enhancement« und anderen ethisch heiklen Fragen* auseinander zu setzen. So zeigen die letzten Publikationen der Initiative (Bainbridge/Roco 2006a u. 2006b) zwar eine zunehmende Hinwendung zur Frage der gesellschaftlichen Implikationen konvergierender Technologien, es ist aber eine starke Präsenz transhumanistischer und anderer »Human-Enhancement«-Befürworter festzustellen (z.B. Canton 2006; Hughes 2006; Sandberg/Bostrom 2006; Savulescu 2006; Sententia 2006). Ansätze für eine zwar ebenfalls Chancen und den revolutionären Charakter der CT betonenden, aber wissenschaftlich anspruchsvolleren Diskussion (z.B. Khushf 2004a) entfalteten nur geringe Wirkung. Die letzten Publikationen und Aktivitäten von Schlüsselakteuren der Initiative weisen darauf hin, dass die Aufwertung der Transhumanisten – bei Berücksichtigung einiger konservativer Kritiker – fortgesetzt wird (z.B. CSPO/ACG 2006).
- > Zum anderen hat es den Anschein, dass der Einfluss des *Transhumanismus innerhalb der Initiative ein Tabuthema* war. Dafür spricht, neben empörten Reaktionen Rocos auf diesbezügliche Hinweise (Coenen 2005; Mason 2004), auch die Tatsache, dass nicht transhumanistisch orientierte Beteiligte sich in dieser Hinsicht zurückhielten. Grund dieser Zurückhaltung kann sicherlich auch die Einschätzung sein, dass der Transhumanismus intellektuell nicht ernstzunehmen und daher besser zu ignorieren sei. Auffällig ist aber das Missverhältnis zwischen den erwähnten werbend-aktivistischen Beiträgen einerseits und den eine politische Stellungnahme weitgehend vermeidenden Beiträgen von Sozial- und Geisteswissenschaftlern. Einige der beteiligten Sozial- und Geisteswissenschaftler haben allerdings an anderer Stelle weitreichende problematische Aspekte durchaus explizit und substantiell diskutiert (z.B. Baird 2007), auch unter *Einbeziehung möglicher politischer und privater Missbrauchsmöglichkeiten* neuer NBIC-Technologien (z.B. Khushf 2005).

Vor dem skizzierten Hintergrund nimmt es nicht Wunder, dass in den USA, jenseits der durch die NSF geförderten akademischen Institutionen, *kaum positive Bezugnahmen auf die NBIC-Initiative* und ihre zentralen Ideen festzustellen sind.

Bemerkenswert unter diesen Bezugnahmen ist vor allem ein Projekt zum Thema »Human Enhancement« des Scientific Freedom, Responsibility and Law Program (SFRL) der renommierten American Association for the Advancement of Science

(AAAS). Die AAAS ist die weltweit größte wissenschaftliche Gesellschaft und u. a. Herausgeberin der bedeutenden Zeitschrift Science. Neben vielen anderen für die konvergierenden Technologien und Wissenschaften relevanten Projekten werden im SFRL-Programm der AAAS seit 2006 auch Aktivitäten unter dem Titel »Human Enhancement« durchgeführt, in denen Ideen und Akteure der NBIC-Initiative (einschließlich transhumanistischer Aktivisten) eine wichtige Rolle spielen. Die beiden bisherigen Projekte waren den Themen Gendoping im Sport (2007) und »Human Enhancement: The Power, Promise, and Risks of Science and Technology« (2006/2007) gewidmet. Zu beiden Themen sollen weitere Aktivitäten erfolgen. Das letztgenannte Projekt wurde finanziell gefördert durch das National Cancer Institute, das National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering sowie durch das bekannte Biotechnologieunternehmen Genentech (www.aaas.org/spp/sftrl/projects/human_enhancement/). Hauptergebnis des Projekts ist der Bericht zu einem Workshop (Lane 2006), der im Sommer 2006 im Rahmen des Projekts durchgeführt wurde (Williams o.J.). Laut einer online verfügbaren Teilnehmer- und Beobachterliste waren u. a. Vertreter des Bioethikrats des US-Präsidenten, andere renommierte Ethiker sowie mehrere Vertreter der NBIC-Initiative (einschließlich ihrer Schlüsselakteure Mihail C. Roco und James Canton sowie des Transhumanisten James Hughes) anwesend. Der Bericht konstatiert, dass »Human Enhancement« und »NBIC« oft synonym zur Bezeichnung bestimmter wissenschaftlich-technischer Entwicklungen benutzt würden, definiert aber selbst die »*Human-Enhancement-Technologien als eine spezifische Untergruppe von Anwendungen der NBIC-Wissenschaften zur Beeinflussung der Leistungsfähigkeit (»performance«) des menschlichen Körpers.* Konvergenz wird als ein *Haupttreiber der Entwicklung von »Human-Enhancement«-Technologien* bezeichnet. Weitere Treiber seien der *globale Wettbewerb*, bei dem technologische Überlegenheit immer wichtiger werde, sowie wachsende Bedarfe aufgrund der *Lebensstilpräferenzen von Konsumenten*. Neben den vertrauten chirurgischen und pharmazeutischen Formen seien auch »emergierende Technologien« festzustellen, die neue Wege der Verbesserung der »human function« böten (z. B. Stammzellforschung, Gentherapie, Kybernetik, Prothetik, Nanotechnologie und Computerwissenschaft). In der *US-Öffentlichkeit* ständen sich die *extremen Auffassungen zum »Human Enhancement«* gegenüber, nämlich zum einen die Auffassung, dass zur menschlichen Natur ein Instinkt der Selbstverbesserung und Technikentwicklung gehöre, zum anderen die Ansicht, dass »Human Enhancement« durch die Modifikation unserer Körper die menschliche Identität und Würde unterminiere. Diese Polarisierung mache es in den USA extrem schwierig, einen Konsens zu erreichen. Zu den Vortragenden zählten auf dem Workshop zwei »Human Enhancement« befürwortende oder als unvermeidlich charakterisierende Teilnehmer an der NBIC-Initiative (James Canton und Zack Lynch), deren Ideen dann auch in einer Rede eines Staatssekretärs aus dem US-



Handelsministerium zustimmend aufgenommen wurden (Kap. V.2.5.2). Des Weiteren fand auf dem Workshop eine Pro-Contra-Podiumsdebatte über »Human Enhancement« statt, in der Eric Cohen, ein langjähriger Berater des Bioethikrats des US-Präsidenten, die Contra-Position und der transhumanistische Spitzenfunktionär James Hughes die Befürworterposition einnahm. Von anderen Teilnehmern wurde deren Auseinandersetzung als sehr zugespitzt wahrgenommen und damit auch als typisch für die gesamte Debatte über »Human Enhancement«. Anschließend suchten in separaten Sitzungen »konservative« und »fortschrittliche« Teilnehmer nach ihren gemeinsamen Werten.

Neben dieser und einer ähnlichen Veranstaltung, die von Schlüsselakteuren der *NBIC-Initiative* zusammen mit *Experten im Bereich der Technikfolgenabschätzung* geplant und organisiert wurde (CSPO/ACG 2006), sind in den USA auch – wie in Europa und anderen Weltregionen – ein gewisses Interesse unter renommierten Sozial- und Geisteswissenschaftlern sowie vereinzelt Diskussionen der NBIC-Thematik auf Konferenzen festzustellen (vgl. z.B. Igami 2004). Zudem gibt es Beispiele für das Aufgreifen des NBIC-Konvergenzkonzepts (oder die Nutzung vermutlich durch die Initiative inspirierter NBI-Konvergenzkonzepte) in Foresight-Aktivitäten. Zu nennen ist hier z.B. das American Council (AC) for the United Nations University (UNU). Beim AC handelt es sich um eine gemeinnützige Organisation, die der zentrale Kontaktpunkt für US-Amerikaner zu dieser Hauptforschungseinrichtung der Vereinten Nationen sein soll. Die Bezugnahmen auf die Konvergenzthematik erfolgten u. a. im Rahmen von internationalen Futurologiekonferenzen, an denen sich auch ein Schlüsselakteur der NBIC-Initiative (Bainbridge 2005) sowie verschiedene organisierte Transhumanisten beteiligten.

Trotz solcher vereinzelter Bezugnahmen scheint jedoch die *Wirksamkeit der Initiative eher gering* zu sein. Es gibt Hinweise aus dem Jahr 2005, dass zumindest im biomedizinischen Bereich die Konvergenzbegrifflichkeit bisher fast keine Rolle in FuE spielt (Shmulewitz et al. 2006). Bei einer im Rahmen des Projekts erfolgten Sichtung der online recherchierbaren wissenschaftlichen Literatur, die sich auf die NBIC-Initiative, ihre Akteure, deren einschlägige Publikationen oder das spezifische NBIC-Konvergenzkonzept bezieht, fanden sich fast keine Beiträge aus den Naturwissenschaften. Eine nähere *bibliometrische Untersuchung* zur Relevanz von NBIC-Konvergenzprozessen und -konzepten in den einschlägigen FuE-Feldern wurde seitens eines Auftragnehmers der NSF im Jahr 2006 angekündigt.

Zusammenfassend kann hier festgestellt werden, dass die erkennbare Strategie der Schlüsselakteure, selbst die Diskussion über die CT, deren ethische und gesellschaftliche Aspekte und die inhaltliche Ausrichtung der Initiative zu bestimmen, sowie die verstärkte Einbindung von Transhumanisten und anderen Aktivisten sich letztendlich negativ für sie ausgewirkt haben dürfte: Wären die durchaus vorhandenen An-

sätze einer wissenschaftlich anspruchsvolleren Auseinandersetzung mit den Chancen und Risiken der CT ausgebaut worden, hätten es einige nationale und internationale Kritiker wohl schwerer gehabt. So beschränkten sich diese oft im Wesentlichen darauf, die unreflektierte Nähe der Initiative zum Transhumanismus und die mangelhafte Einbindung sozial- und geisteswissenschaftlicher Expertise zu kritisieren. In gewisser Hinsicht ein Erfolg der Strategie der Initiative war die Erhöhung der Aufmerksamkeit für die eigenen Aktivitäten durch den stark visionären Ansatz, die sich aber insgesamt gesehen in engen Grenzen hält. Als weiterer Ertrag der gewählten Strategie kann gelten, dass die Initiative, im Gegensatz zu anderen Konvergenzinitiativen und deren Umfeld, eine relativ klare inhaltliche Fokussierung (vor allem auf »Human Enhancement«) und eine gewisse weltanschauliche Einheitlichkeit der Schlüsselakteure aufweist.

KRITIKER IN DEN USA

2.4.2

In Kapitel III wurde bereits auf das Spektrum der Kritik an der NBIC-Initiative und an posthumanistischen und anderen futuristischen Visionen zu »Human Enhancement« und weiteren Kernideen der Initiative hingewiesen. Im Folgenden soll daher das Augenmerk lediglich auf politisch besonders relevante negative Reaktionen speziell in den USA eingegangen werden.

Die unter politischen Gesichtspunkten zweifellos relevanteste Kritik an der NBIC-Initiative und ihren transhumanistischen Bündnispartnern erfolgte seitens des Bioethikrats des US-Präsidenten (President's Council on Bioethics, PCB) und einiger seiner Mitglieder und Mitarbeiter (zum Folgenden auch Coenen 2006 u. 2007). Der Rat wurde zu Beginn der Amtszeit des amtierenden US-Präsidenten George W. Bush eingerichtet (Kap. III). Neben Leon Kass (2002) – dem ersten, bis 2005 amtierenden Ratsvorsitzenden – ist hinsichtlich der Kritik am Posthumanismus unter den Ratsmitgliedern vor allem Francis Fukuyama erwähnenswert, ein renommierter Politikwissenschaftler. Ein wichtiges Forum konservativer Bioethiker, in der auch die Konvergenzthematik, ethische und gesellschaftliche Aspekte der Nanotechnologie sowie der Posthumanismus kritisch diskutiert wurden, ist die Zeitschrift *New Atlantis*. Dort und anderen Stellen haben Mitglieder oder wissenschaftliche Mitarbeiter des PCB auch die NBIC-Initiative und den Transhumanismus kritisiert. Der PCB hat im Zuge seiner intensiven, überwiegend kritischen Auseinandersetzung mit »Human-Enhancement«-Technologien an prominenter Stelle auch die NBIC-Initiative erwähnt (PCB 2004). Er charakterisierte sie als Beispiel für eine übertriebene und gefährliche Technikbegeisterung. Eine solche könne zu einer Art »Schöner Neuer Welt« führen, in der durch den Einsatz von »genetic engineering«, Nanotechnologien und psychotropen Drogen nur eine scheinbare Verbesserung der menschlichen Lebensbedingungen erfolgen würde, tatsächlich aber eine Dehumani-



sierung. Von einem wissenschaftlichen Mitarbeiter des PCB wurde diese Kritik an anderer Stelle (Levin 2003) vertieft und die Ausrichtung der Initiative als utopisch und politisch gefährlich charakterisiert.

Zum Teil in Zusammenarbeit mit dem PCB und seinem Umfeld haben verschiedene *religiöse und andere konservative Akademiker und Aktivisten* die NBIC-Initiative und den Posthumanismus kritisiert. Zu erwähnen ist hier z.B. das *Center on Nanotechnology and Society* des *Institute on Biotechnology and the Human Future*, das einen weltanschaulich breiteren Ansatz hat und dessen Leiter, Nigel Cameron, auch die direkte Diskussion mit der NBIC-Initiative und den Transhumanisten sucht. Cameron hat den einzigen Beitrag zu Publikationen der NBIC-Initiative verfasst, in dem die Begeisterung organisierter Transhumanisten für die NBIC-Initiative thematisiert wird (Cameron 2006). Er fordert in diesem Artikel – der in einem Band mit Beiträgen von Führungsfiguren und Vordenkern des Transhumanismus (Sandberg/Bostrom 2006; Savulescu 2006) steht –, dass die US-Politik eine klare Abgrenzung von den »bizarren Sehnsüchten« jener vornehmen möge, die eine »technoutopische« Rekonstruktion des Menschen anstreben, und empfiehlt eine Strategie, die gegenüber den Transhumanisten so »unfreundlich« ist wie gegenüber irrationalen Technikfeinden (Cameron 2006, S. 205 f.). Cameron betont, dass der erste Bericht der NBIC-Initiative irrelevant für die US-Politik zur Nanotechnologie sei, und lenkt Aufmerksamkeit auf die konservative Kritik an Versuchen, mit wissenschaftlich-technologischen Mitteln eine Veränderung der *Conditio Humana* anzustreben (EGE 2006, S. 31 ff.). Sein Ziel ist eine Wahrung der menschlichen Natur und der *Conditio Humana*, wobei er sich u. a. auf die Schriftsteller Aldous Huxley und C.S. Lewis, den PCB und Präsident Bush beruft (Kap. III). Christlich-konservative und andere religiöse Organisationen, Einzelpersonen und Forschungseinrichtungen haben ebenfalls z.T. sehr scharfe Kritik an der NBIC-Initiative und dem Transhumanismus geäußert.

Darüber hinaus gibt es auch in den USA eine Reihe von Organisationen, politischen Autoren und Gruppen, die zur *Ökologiebewegung oder globalisierungskritischen Bewegung* zu zählen sind und »Human-Enhancement«-Ideen, den Transhumanismus und vereinzelt auch die NBIC-Initiative kritisiert haben. Hinzu kommen einige amerikanische *Akademiker mit eher linksliberalem politischem Hintergrund*, die sich kritisch zu den Konvergenzvisionen und zum Posthumanismus geäußert haben. Beispielfhaft sei hier auf den Politikwissenschaftler und Technikforscher Langdon Winner hingewiesen, der nicht nur die Auseinandersetzung mit den Transhumanisten gesucht und den Posthumanismus kritisch analysiert hat (z.B. Winner 2005), sondern überdies bereits 2003 in einer Anhörung des Wissenschaftsausschusses des US-Kongresses (Kap. V.2.1.1) auf die Visionen der NBIC-Initiative hingewiesen hatte (Winner 2003). Seine Bedenken gegenüber »Human Enhancement«, Posthu-

manismus und der Förderung einschlägiger Projekte z.B. in der US-Militärforschung bringt er zwar aus einer nichtreligiösen Perspektive vor, aber unter relativ positivem Bezug auf vormoderne Ideentraditionen (wie z.B. »Hybris« und die mittelalterliche christliche Todsünde des Stolzes), in denen eine grenzenlose technische Selbstermächtigung und die »Selbstverbesserung« der Menschheit kritisch gesehen wurden (Winner 1989 u. 2005).

NBIC-KONVERGENZ IN DER US-FORSCHUNGSPOLITIK

2.5

Wie bereits aufgezeigt (Kap. V.2.1) bestehen unterschiedliche Wahrnehmungen hinsichtlich des *Status der NBIC-Initiative*: Zusammenfassend lässt sich hier feststellen, dass deren Positionen zwar weder regierungsoffiziell noch offizielle Positionen der *National Science Foundation (NSF)* sind, ihre Workshops und Publikationen aber nicht nur im Rahmen der *nationalen Nanotechnologieinitiative (NNI)* gefördert wurden, sondern überdies von Roco und seitens der Leitungsebene von NSF und Handelsministerium als zentrale strategisch-visionäre Aktivitäten der NNI eingestuft wurden. Ebenfalls sehr unterschiedlich fallen die Urteile über ihre *Bedeutung für die US-Forschungs- und Technologiepolitik* aus. Von einigen Beobachtern und den Hauptakteuren der Initiative selbst wird ihr hohe Relevanz zumindest für die NNI zugesprochen. US-amerikanische und europäische Experten, die der Initiative allerdings eher kritisch gegenüberstehen, vertreten hingegen die Auffassung, dass das NBIC-Konvergenzkonzept bisher keine nennenswerte Rolle in der US-Forschungspolitik gespielt habe, und schätzen die NBIC-Initiative als weitgehend folgenlos für die US-Politik zur Nanotechnologie und zu den anderen NBIC-Feldern ein (z.B. EGE 2006, S. 36).

Um hier zu einer genaueren Einschätzung zu kommen, werden im Folgenden zu analytischen Zwecken die *Nutzung des Konvergenzkonzepts* (und dabei speziell auch des NBIC-Konzepts) und die *forschungs- und technologiepolitische Relevanz und Anschlussfähigkeit der Ideen der NBIC-Initiative* unterschieden.

Das Ziel der unmittelbar folgenden Ausführungen ist mithin ein Überblick über die Bedeutung des Konzepts in der nationalen Forschungspolitik und -förderung der USA. Im Gegensatz zur Analyse der einschlägigen EU-Aktivitäten (Kap. V.3) wird aber fast nicht auf die Ebene der Einzelprojektförderung eingegangen. Was jedoch geleistet werden soll, ist eine kurze Überblicksdarstellung dazu, wie sich die Nutzung des Konzepts in solchen *Schlüsseldokumenten (zu den Budgets und Gesamtstrategien verschiedener Institutionen)* entwickelt hat, und wie sich relevante forschungspolitische Akteure zur Konvergenzthematik geäußert haben. Im *Fokus* stehen Dokumente und Aktivitäten der *NSF* (Kap. V.2.5.3) – insbesondere solche im Rahmen der NNI – sowie Auffassungen von Vertretern der im August 2007 aufge-



lösten *Technology Administration* des Handelsministeriums (Kap. V.2.5.2). Die *forschungs- und technologiepolitische Anschlussfähigkeit der Ideen der NBIC-Initiative* wird am Beispiel der Militär- und Sicherheitsforschung (und dabei insbesondere hinsichtlich des »Human-Enhancement«-Themas) untersucht (Kap. V.2.6).

ÜBERBLICK UND ZUSAMMENFASSENDE EINSCHÄTZUNG

2.5.1

Den zumindest symbolischen Höhepunkt seiner Wirksamkeit hatte das Konvergenzkonzept in den Jahren unmittelbar nach dem ersten Workshop der NBIC-Initiative. In den *Budgetdokumenten der US-Regierung für die Haushaltsjahre 2003 und 2004* wurde in den erläuternden Abschnitten zur Nanotechnologie die ökonomische Bedeutung von Konvergenzprozessen zwischen den NBI-Feldern und den Sozialwissenschaften betont: »The convergence of nanotechnology with information technology, modern biology and social sciences will reinvigorate discoveries and innovation in many areas of the economy« (US Office of Management and Budget 2002, S. 164, u. 2003, S. 178). Die Nennung der Sozialwissenschaften und die Auslassung der »Cognitive Science« erklärt sich vermutlich aus Besonderheiten der thematischen Prioritätsfelder der NSF, bei denen die Kognitionswissenschaft den Sozial- und Verhaltenswissenschaften zugeordnet ist.

In den Jahren 2002 und 2003 wurde überdies das NBIC-Konzept in zahlreichen Reden von Phillip J. Bond stark gemacht, dessen Engagement in der NBIC-Initiative in seine Amtszeit als »Under Secretary« für Technologie des Handelsministeriums (DoC) und Leiter der (im August 2007 aufgelösten) »Technology Administration« des Ministeriums fiel. Auf Bonds Website wurde noch Ende 2006 der erste NBIC-Bericht als ein Bericht der »Technology Administration« bezeichnet und überdies betonten Ministeriumsmitarbeiter verschiedentlich die große Bedeutung der NBI-Konvergenz. Auch der Nachfolger Bonds in diesem Amt hat (im Jahr 2006) zu verschiedenen Anlässen das NBIC-Konvergenzkonzept stark gemacht, im Zusammenhang mit den Themen *Nanotechnologie und Verbesserung kognitiver Funktionen* (»Improving Cognitive Function«) für Behinderte. Sonstige Aktivitäten des DoC, z.B. zu den rechtlichen Aspekten der NBIC-Konvergenz, sind jedoch anscheinend eher marginal.

In *programmatischen Dokumenten und Förderaktivitäten der NSF* finden sich die *einzigsten* Beispiele, die im Rahmen der vorliegenden Studie für eine politische Operationalisierung des NBIC-Konvergenzkonzepts in den USA gefunden werden konnten. Dass die NSF, als wichtigste Initiatorin, in dieser Weise tätig war, überrascht nicht, bemerkenswert erscheinen aber wiederum der relativ geringe Umfang sowie die Art und Begründung der Förderung. Sie beschränkt sich – legt man die Schlüsseldokumente (und einige recherchierte Förderbeispiele) zugrunde – im We-

sentlichen auf Nanogrundlagenforschung und verschiedene Projekte zu ethischen und gesellschaftlichen Aspekten. Eine gewisse Rolle spielen sie auch in den nationalen Nanoforschungszentren, auch da aber vor allem in Bezug auf begleitende Aktivitäten zu gesellschaftlichen und ethischen Aspekten. Überdies ist auch bei der NSF allgemein – trotz einer geringfügigen formalen Aufwertung des Konvergenzkonzepts in ihrem neuen Strategiepapier – ein Bedeutungsverlust speziell der NBIC-Konvergenzideen seit 2004 festzustellen. Schwer abzuschätzen ist, inwieweit die NBIC-Initiative einen über die ursprünglichen Impulse der NNI hinausgehenden »Mentalitätswandel« in Bezug auf inter- und transdisziplinäre FuE bewirkt hat. Derzeit ist eher eine Gegentendenz festzustellen, nämlich eine Abkehr von stark multi-, inter- oder transdisziplinären Perspektiven (im Zuge der Veränderung der Rollenaufteilungen in der nationalen Forschungspolitik und personeller Wechsel in der NSF- und NNI-Leitungsebene).

Neben den Aktivitäten von NSF und Handelsministerium lässt sich nur in geringem Maß bei anderen Akteuren (vor allem in der *Militär-, Sicherheits- und Weltraumforschung*) ein Interesse an neuen Konvergenzkonzepten feststellen.

Diese Beobachtungen sollten aber nicht dazu verleiten, von einer real niedrigen Bedeutung von NBIC-Konvergenzprozessen in der Forschungsförderung und Programmatik der zentralen politischen Akteure in den USA auszugehen. Es gibt im Gegenteil zahlreiche, hier allerdings kaum näher untersuchte Hinweise darauf, dass die *Innovationspotenziale von Konvergenzprozessen in den verschiedensten Bereichen gezielt gefördert* werden. Letztendlich lässt sich bereits die NNI selbst als ein Förderprogramm zu konvergierenden Wissenschaften und Technologien begreifen (EC RDG 2006). Und wichtige Akteure wie die National Institutes of Health (NIH) oder die DARPA fördern nicht nur eine Vielzahl einschlägiger Forschungsprojekte, sondern haben z.T. auch eigene Konzepte zu Fragen des »Human Enhancement« und zur verstärkten Förderung inter- und transdisziplinärer FuE entwickelt.

HANDELSMINISTERIUM

2.5.2

Der 2001 ernannte »*Under Secretary*« (*Staatssekretär*) für Technologie, Phillip J. Bond, war ein aktiver Teilnehmer der NBIC-Initiative und ist dementsprechend in mehreren Publikationen der Initiative mit Beiträgen vertreten (Bond 2004a u. 2004b; vgl. Paschen et al. 2004). In seine Amtszeit fiel auch die Durchführung eines Seminars im DoC zu ethischen, gesellschaftlichen und vor allem rechtlichen Implikationen der NBIC-Konvergenz im Jahr 2003. Auf einige *Ansichten Bonds zur Konvergenzdebatte* (Bond 2002 u. 2004a) sei hier hingewiesen, da er die strategische Ausrichtung der Initiative anscheinend stark geprägt hat:

- > Die Konvergenzperspektive war in seinen Reden ein zentrales Element zur Charakterisierung der Nanotechnologie als revolutionärer Technologie, die durch eine Strategie des Hypes und der Hoffnung politisch vorangebracht werden müsse (Paschen et al. 2004). Bei der NBIC-Konvergenz gehe es zudem letztlich um nichts anderes, als die Jugend (mit Blick auf den wissenschaftlichen Nachwuchs) auf ähnliche Weise zu motivieren wie dies im Fall der Weltraumforschung gelungen sei. Zu beachten sei allerdings die Anfälligkeit der Politik für das »virus of fear«, das aus irrationalen Ängsten in der Bevölkerung entstehe.
- > In seiner Zurückweisung der Auffassung, die EU sei im Nanofeld führend (Bond 2004a), verwies Bond auch auf die Aufnahme der eingangs zitierten Passage zur Konvergenz der NBI-Felder und Sozialwissenschaften in die Budgetdokumente des US-Präsidenten. Diese Passage, wie auch Bekundungen des Handelsministers und seines Stellvertreters zur NBIC-Konvergenz zeigten, dass die Nanokonvergenz von der Regierung als eine revolutionäre Entwicklung von höchster wirtschaftlicher Bedeutung angesehen werde.
- > Neben irrationalen Ängsten moderner Maschinenstürmer bestehe aber auch eine Reihe legitimer Sorgen und Befürchtungen sowie Herausforderungen in Bezug auf die ethischen und gesellschaftlichen Implikationen der NBIC-Konvergenz. Diese beträfen den Schutz der Privatsphäre, die Vision der Schaffung posthumaner Wesen (»Robo-Sapiens«) und einer grundlegenden Veränderung der *Conditio Humana* durch elektronische Gehirnimplantate und die Modifikation menschlicher Gene, die Struktur der Regulierungsbehörden, den Terrorismus sowie die Gefahr einer vertieften Spaltung zwischen Arm und Reich (durch »Enhancement« der Wohlhabenden). Zukünftige Wettbewerbsvorteile durch »*nano enhanced mental and physical capabilities*« (Bond 2004b, o. S.; Hervorh. im Orig.) würden nicht nur im Sport, sondern gesamtgesellschaftlich Wertefragen aufwerfen, wobei sich die verständliche Abneigung gegen Doping im Sport auf neue Möglichkeiten des »enhancement of human performance« durch NBIC-Entwicklungen auswirken könne.
- > Selbst wenn die NBIC-Konvergenzprozesse politisch gestoppt werden könnten, wäre es jedoch »unethisch«, dies zu tun, da diese u. a. Folgendes versprechen: ein Ende der Umweltverschmutzung und die Reparatur bereits erfolgter Umweltzerstörung, die Lösung des globalen Hungerproblems, die Fähigkeit, die Blinden sehend und die Tauben hörend zu machen, die Ausrottung von Krankheiten sowie die Verlängerung des Lebens und Erhöhung der Lebensqualität durch Heilung und ggf. Ersatz versagender Organe.

Der *Nachfolger Bonds*, *Robert Cresanti*, betonte gelegentlich auch den revolutionären Charakter der Nanotechnologie und NBIC-Konvergenz (Cresanti 2006a). Die Ergebnisse von NBIC-Konvergenzprozessen werden seiner Ansicht nach erheblich zur Verbesserung der Lebenssituation von *Behinderten* beitragen (Cresanti 2006b).

Technologien zur *Verbesserung kognitiver Funktionen* würden darüber hinaus aber schon bald eine *globale Wachstumsindustrie* sein, wobei es auch um die *kognitiven »Bedürfnisse« und Leistungen nichtbehinderter Menschen* gehe. Cresanti (2006b) zitiert hier als Beispiele die Aussagen dreier Experten, wobei er Ergebnisse der bereits angesprochenen Konferenz der American Association for the Advancement of Science (AAAS) zum Thema *»Human Enhancement« und NBIC-Konvergenz* (Lane 2006) referiert (Kap. V.2.4.1). Bemerkenswert ist, auf welche Weise er seine Ausführungen zu grundlegenden Veränderungen des Menschseins durch die NBIC-Technologien macht: Neben dem Hinweis auf eine wissenschaftliche Studie zu veränderten Gehirnaktivitäten jugendlicher Computerspieler bezieht sich Cresanti nur auf die Ansichten zweier an der NBIC-Initiative beteiligter Technologieberater (Zack Lynch und James Canton). Beide vertreten dem Transhumanismus stark ähnelnde Positionen. Unter Verweis auf Lynchs und Cantons Ansichten sprach der Staatssekretär folgende Themen an:

- > An der Entwicklung neuer »kognitiver Technologien« (Implantate, Gehirn-Computer-Schnittstellen, Gehirncanner, »Kognozeutika« zur Behandlung von Aufmerksamkeitsdefizitstörungen und Vergesslichkeit, »Emotizeutika« zur Behandlung von Stress und Depressionen) arbeiteten weltweit nach Lynchs Recherchen bereits ca. 450 Unternehmen.
- > Hier gehe es zwar nicht, so Cresanti, Lynch zitierend, um die Schaffung einer Rasse von Übermenschen. »Neuro-Enhancements« würden aber von Lynch als die »ultimativen Waffen im Wettbewerb« angesehen, die nicht nur von Individuen genutzt, sondern auch von der Wirtschaft und Industrie insgesamt zur Erreichung von Wettbewerbsvorteilen eingesetzt werden könnten.
- > Vor diesem Hintergrund werde schon von einer kommenden »enhancement society« gesprochen. (Es handelt sich um die Position Cantons, eines der Schlüsselakteure der NBIC-Initiative, der die Entstehung einer »Enhancementgesellschaft« als unvermeidlich betrachtet, aufgrund der voraussichtlich massenhaften Nachfrage nach »Human-Enhancement«-Technologien zur Verbesserung individueller Wettbewerbschancen auf dem Arbeitsmarkt.)

Auch wenn wahrscheinlich ist, dass Cresanti lediglich eine Rede vorgetragen hat, die von seinem Mitarbeiterstab im offenkundigen Rückgriff auf die AAAS-Konferenzergebnisse entworfen wurde, so lässt sich doch festhalten, dass mit dem Ausscheiden des Staatssekretärs Bond die Ideen der NBIC-Initiative nicht völlig irrelevant für die Leitung der »Technology Administration« wurden. Überdies ist festzuhalten, dass die »Human-Enhancement«-Thematik von Cresanti mit Ideen dazu verbunden wurde, wie Neurotechnologien durch nichtbehinderte Menschen sowie zur Erreichung von Wettbewerbsvorteilen der US-amerikanischen Unternehmen und Volkswirtschaft genutzt werden können. Dass die Ideen der NBIC-Initiative

und die extremen Visionen der posthumanistischen Vordenker wie Kurzweil im Handelsministerium bis heute zumindest vereinzelt zur Kenntnis genommen werden, zeigt eine Studie aus dem Frühjahr 2007, die ein hochrangiger Wirtschaftsexperte des Ministeriums für einen gemeinsamen Ausschuss beider Kammern des US-Parlaments verfasst hat (Kennedy 2007).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Handelsministerium, vor allem in Gestalt der »Technology Administration«, eine aktive Rolle in der politischen Diskussion über das NBIC-Konzept und, in den Anfangsjahren, in der NBIC-Initiative selbst gespielt hat. Dabei wurde vonseiten der Leitungsebene der »Technology Administration« fast die gesamte thematische Bandbreite der Konvergenzdebatte angesprochen. Offensichtlich ist aber, dass dabei konservativen und anderen kritischen Positionen weit weniger Raum eingeräumt wurde als den Ideen der NBIC-Initiative selbst. Die von Staatssekretär Bond geforderte Strategie des Hypes und der Hoffnung wurde in gewissem Umfang auch von seinem Nachfolger Cresanti fortgeführt, wobei insbesondere auch die Nutzung neuer Möglichkeiten der Steigerung kognitiver Fähigkeiten und das »Neuro-Enhancement« angesprochen wurden. Ob und, wenn ja, in welcher Weise das Handelsministerium in Zukunft die NBIC-Thematik aufgreifen wird, ist unklar. Im August 2007 wurde die Technology Administration per Gesetz aufgelöst. Ihre Aufgaben werden jetzt von einem Technologierat übernommen, der direkt beim Minister angesiedelt ist.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

2.5.3

Um den bereits zitierten Satz aus den Haushaltsdokumenten der US-Regierung für die Jahre 2003 und 2004 (»The convergence of nanotechnology with information technology, modern biology and social sciences will reinvigorate discoveries and innovation in many areas of the economy.«) inhaltlich und in seinem forschungspolitischen Kontext einschätzen zu können, ist es sinnvoll, sich zunächst einige *Spezifika der Förderung der NBIC-Felder (und insbesondere der Nanotechnologie)* in den USA vor Augen zu führen. Von besonderem Interesse ist dabei die NSF, die als unabhängige nationale Behörde (»federal agency«) nach eigener Auskunft in allen nichtmedizinischen Bereichen Grundlagenforschung und Entwicklung fördert. Neben ihrer wichtigen Rolle in der NNI erscheint im Kontext der CT-Debatte vor allem viererlei an ihrer *strategischen Ausrichtung* bemerkenswert:

- > Eine ihrer Direktionen befasst sich mit den Sozial-, Verhaltens- und Wirtschaftswissenschaften (»Social, Behavioral & Economic Sciences«) und steuert zu den NSF-Prioritätsbereichen das Programm »Human and Social Dynamics« bei. Hier sind auch die Aktivitäten zur *Kognitionswissenschaft, Psychologie und*



Neurowissenschaft institutionell verortet. Das CT-Konzept spielt hier auf programmatischer Ebene eine gewisse Rolle.

- › Neben der Forschungsförderung in traditionellen akademischen Gebieten unterstützt die NSF erklärtermaßen auch »Hohes-Risiko-Hoher-Ertrag-Ideen« (»high-risk, high pay-off«), neuartige Formen wissenschaftlicher und technologischer Zusammenarbeit (insbesondere auch *internationaler* Natur) und zahlreiche Projekte, die heute noch wie *Sciencefiction* erschienen, aber morgen schon als selbstverständlich erachtet würden. In dieser Hinsicht bestehen Ähnlichkeiten zur Vorgehensweise und zum Selbstverständnis anderer nationaler Einrichtungen wie z.B. der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) des Verteidigungsministeriums (Kap. III.2.6).
- › In diesem Jahrzehnt hat die NSF, zum Teil explizit aus der Konvergenzperspektive (einschließlich des NBIC-Konzepts), verschiedene »NSF-weite« Aktivitäten gefördert. Neben den Aktivitäten zur NNI handelte es sich z.B. um die NSF-Aktivität »Biocomplexity (in the environment)«, die neben den Nanoaktivitäten das von der Leitungsebene meist zitierte Beispiel für die grundlegende Bedeutung von NBIC-Konvergenzprozessen war. Allerdings läuft diese Aktivität zur Biokomplexität aus, was ein Beispiel für die *aktuelle Tendenz* ist, die Förderung von Projekten zu wissenschaftlich-technologischen Konvergenzprozessen zu einem großen Teil wieder in die verschiedenen Kernbereiche (Biologische Wissenschaften, IKT, Ingenieurwesen, Geowissenschaften, Mathematik/Physik und die erwähnten Sozial-, Verhaltens- und Wirtschaftswissenschaften) zurückzuverlagern.
- › Dementsprechend wirkt die Aufnahme von zwei Sätzen zu wissenschaftlich-technologischen Konvergenzprozessen im *Entwurf für den neuen strategischen Plan* (für die Jahre 2006 bis 2011) eher antizyklisch. Während im alten Plan Hinweise auf das Konvergenzkonzept gänzlich fehlten, taucht es nun zwar auf, aber in einem Fall lediglich im Kontext des Themas wissenschaftlicher interdisziplinärer und internationaler Kommunikation, im anderen Fall als Beteuerung, dass die NSF auch in Zukunft in der (nun wieder die Kernbereiche fokussierenden) Förderung von Grundlagenforschung an der Konvergenzperspektive festhalten werde. So wird auch vonseiten der *Direktion der NSF*, soweit ersichtlich, *in öffentlichen Reden* nur noch vereinzelt auf das Konvergenzkonzept Bezug genommen (und gar nicht mehr auf das spezifische NBIC-Konzept).

Zur Programmatik der NSF zu den nicht auf die Nanotechnologie und -wissenschaften bezogenen Förderaktivitäten lässt sich also festhalten, dass *insgesamt gesehen ein Bedeutungsverlust des Konvergenzkonzepts* (und insbesondere der NBIC-Vision) wahrzunehmen ist. Zwar ist es die erklärte Absicht der NSF und ihres Direktors Arden L. Bement, die Konvergenzperspektive außer bei den Aktivitäten zum Nanofeld zumindest auch bei der Förderung von naturwissenschaftlich-technischer Grundlagenforschung sowie in Überschneidungsbereichen von Natur-



und Sozialwissenschaften beizubehalten. Die derzeitige Nutzung des Konzepts steht aber im deutlichen Gegensatz zu der Emphase, mit der Rita Colwell, die Vorgängerin Bements in den Jahren 1998 bis 2004, die Bedeutung von Konvergenzprozessen, insbesondere auch zwischen den NBIC-Feldern, beschworen hatte: Diese hatte im Zusammenhang mit der übergreifenden strategischen Ausrichtung der NSF sowie den Aktivitäten zu Biokomplexität und Nanotechnologie u. a. gesagt, dass Historiker das 21. Jahrhundert womöglich als das *Zeitalter der Konvergenz* beschreiben werden und mehrfach auf »revolutionäre« Potenziale der Konvergenz zwischen den NBIC-Feldern (einschließlich der Sozialwissenschaften) hingewiesen.

Vor einem genaueren Blick auf die Relevanz des Konvergenzkonzepts sei zunächst noch dargelegt, welche Rolle die NSF innerhalb der NNI spielt. Die besondere *Bedeutung der NSF für die NNI* zeigte sich schon in der bereits skizzierten Vorbereitungs- und Frühphase der Initiative (Kap. V.2.2). Schlüsselfigur war hier der NSF-Mitarbeiter Roco, der dann auch vom Start der Initiative im Jahr 2000 bis Ende 2005 den Vorsitz des »Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology« (NSET) des nationalen Wissenschafts- und Forschungsrates innehatte. (Die beiden heutigen Kovorsitzenden kommen nicht von der NSF. Roco ist immer noch einer der NSF-Vertreter im NSET.) Die wichtige Rolle der NSF innerhalb der NNI zeigt sich bis heute daran, dass ihr *Anteil am Gesamtbudget erheblich* ist und sie eine *sehr aktive Rolle in den konzeptionellen Aktivitäten* spielt. Innerhalb der NSF werden die NNI-Aktivitäten felderübergreifend durchgeführt, als eine Gemeinschaftsaufgabe der verschiedenen Direktionen (»NSF-wide activity«). In gewisser Hinsicht erscheint daher die Einschätzung plausibel, dass die *NNI insgesamt als eine Konvergenzinitiative* zu begreifen sei.

Fragt man nach der tatsächlichen *Relevanz des NBIC-Konzepts und verwandter Konvergenzkonzepte in der Programmatik der NSF und in ihren Förderaktivitäten* wird dieses Bild allerdings relativiert, insbesondere beim vergleichenden Blick auf die einschlägigen EU-Aktivitäten (Kap. V.3):

- › In den Arbeitsprogrammen und Budgetdokumenten der NSF *dient das Konvergenzkonzept nicht zur übergreifenden Strukturierung* aller thematisch einschlägigen Aktivitäten und – im Gegensatz zum siebten Forschungsrahmenprogramm der EU (Kap. V.3.7.2) – auch nicht in den Kapiteln zur Förderung im Nanofeld.
- › In den jeweiligen Abschnitten zum *Nanofeld in den Budgetdokumenten* (www.nsf.gov/about/budget) taucht es zwar seit 2002 regelmäßig auf, insgesamt erscheint seine Relevanz aber begrenzt und stagnierend. Die Bezugnahmen beginnen in dem »Budget Request« für das Jahr 2003 mit einer Erwähnung des Potenzials der CT für eine Verbesserung der »human performance« (entsprechend dem Titel des ersten Workshops der NBIC-Initiative) in einem Unterpunkt zu gesellschaftlichen Implikationen, für deren Erforschung ca. 10 Mio. US-Dollar

(von insgesamt ca. 220 Mio. für das Nanofeld) aufgewendet werden sollen. Im Jahr 2003 (also in dem »Budget Request« für 2004) taucht »Converging Technologies from the Nanoscale« zusätzlich als ein Unterpunkt im Nanoschwerpunktbereich »Grundlagenforschung und Bildung« auf, mit allerdings nur ca. 3 von insgesamt 152 Mio. US-Dollar. (Die Förderung zum Nanofeld macht insgesamt ca. 250 Mio. US-Dollar aus.) Hier findet sich zur Erläuterung dann auch der Satz zur Konvergenz von Informationswissenschaft, moderner Biologie und Sozialwissenschaften aus den Budgetdokumenten der US-Regierung für 2003 und 2004. Als Unterthemen der Konvergenz werden Nano-Bio- und Nano-Info-Schnittstellen sowie (bezogen im Zusammenhang mit der »nano-biology«) »improving human performance« genannt. An der Struktur dieser Bezüge auf das Konvergenzkonzept in den nanobezogenen Kapiteln (und im Wesentlichen auch bei den Formulierungen) änderte sich danach nichts mehr. Ähnlich gering wie 2003 fiel (in absoluten Zahlen und im Vergleich zu den anderen Unterpunkten) die Förderung des Unterpunkts »Converging Technologies from the Nanoscale« auch im Folgejahr aus. Ab dann finden sich keine gesonderten Angaben für die Unterpunkte mehr. Aktuell, also im »Budget Request« 2008, heißt der Unterpunkt »Converging science and engineering at the nanoscale« und ist weiterhin in dem (mit ca. 140 Mio. US-Dollar veranschlagten) Grundlagenforschungs- und Bildungsbereich verortet.

- › Ein *weiterer, allerdings vereinzelter Verweis auf Konvergenz* findet sich in dem auf das Nanofeld bezogenen Abschnitt im »Budget Request« für das Jahr 2005. Von insgesamt ca. 305 Mio. US-Dollar entfielen dort ca. 58 Mio. auf die Unterstützung von fünf neu hinzukommenden *Exzellenzzentren und -netzwerken*. Als deren Fokus werden explizit »von der Nanoskala her konvergierende Wissenschaft und Technologie« genannt. Soweit ersichtlich halten sich die Bezüge auf das Konvergenzkonzept in den Aktivitäten der derzeit geförderten Netzwerke und Zentren aber in sehr engen Grenzen. Kognitions- und sozialwissenschaftliche Aspekte spielen in ihrer Arbeit zumeist keine Rolle. Von einigen Zentren wird aber nanobiotechnologische Grundlagenforschung und Entwicklung betrieben, und zumindest ein Zentrum befasst sich auch mit nano- und neuroethischer Forschung.
- › Die Jahre 2003 und 2004 stellen auch den *Höhepunkt der Nutzung des Konvergenzkonzepts* in anderen thematischen Bereichen der »Budget Requests« dar. Im »Budget Request« für 2004 wird das NBIC-Konzept im Rahmen der neuen *NSF-weiten Aktivität »Human and Social Dynamics«* (HSD; insgesamt ca. 24 Mio. US-Dollar) bei den langfristigen Zielen erwähnt. Der erste von sechs HSD-Schwerpunktförderbereichen gilt der Nutzung von NBIC-Konvergenzen (einschließlich Robotik und Sozialwissenschaften) für »Human Enhancement«. Andere Konvergenzaspekte finden vereinzelt in weiteren Themenbereichen Er-

wählung. Im Folgejahr stellt sich die Situation ähnlich dar. Im Jahr 2005 taucht der Konvergenzbegriff seltener auf, die NSF-weite Aktivität HSD, in der NBIC- und »Human-Enhancement«-Themen eine wichtige Rolle spielen, wird aber auf 39 Mio. US-Dollar erhöht. Im »Budget Request« für das Jahr 2007 finden sich neben den Erwähnungen in den Abschnitten zum Nanofeld aber lediglich zwei Erwähnungen von (unspezifischen) Konvergenzbegriffen und im (mit ca. 41 Mio. US-Dollar geförderten) HSD-Bereich werden die Bezüge zum »Human-Enhancement«-Thema deutlich abgeschwächt. Im »Budget Request« 2008 wird allerdings im Zusammenhang mit der Förderung der für den Bereich »Engineering« (ENG) relevanten disziplinären und interdisziplinären Forschung (insgesamt ca. 50 Mio. US-Dollar) betont, dass im Kern dieses Bereichs eine breite und synergistische Konvergenz zwischen Feldern, Disziplinen und »frontier opportunities« stehe (einschließlich neu emergierender Felder und längerbestehender Herausforderungen, bei denen erhebliche Fortschritte zu erwarten seien).

- › In den »Budget Requests« 2007 und 2008 werden überdies zwischen 5 und 6 Mio. US-Dollar für Forschung zu »broad implications of nanotechnology for society, including social, economic, workforce, educational, ethical, and legal implications« veranschlagt. In diesem Zusammenhang wird beide Male auch das »potential for converging technologies to improve human performance« als Unterthema genannt will sowie angekündigt, dass das »Nanotechnology in Society Network« (<http://cns.asu.edu/resources/nsf.htm>) im jeweils nächsten Jahr »fully operational« sein werde. Insgesamt betrug die für Forschung zu »societal dimensions« veranschlagte Summe jeweils 60 Mio. US-Dollar, wobei jeweils über 25 Mio. für bildungsbezogene Aktivitäten und für Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltthemen aufgewendet werden sollten.
- › Außer im Bereich der Aktivitäten zu Nanotechnologie und -wissenschaften (und mit Einschränkungen zu Kognitions- und Sozialwissenschaften) spielt in den »Budget Requests« das *Konvergenzkonzept in den Abschnitten zu den NBIC-Feldern* lediglich eine marginale Rolle. Sie erscheint eher noch geringer als in den nicht die Nanotechnologie betreffenden Passagen in EU-Dokumenten zum 7. Rahmenforschungsprogramm. (Die Relevanz des Konzepts für die Struktur der Förderung zum Nanofeld ist im Fall des neuen, siebten EU-Forschungsrahmenprogramms sogar deutlich höher als in den NSF-Dokumenten.) Insbesondere fällt auf, dass im Gegensatz zu den EU-Dokumenten NBIC-Konvergenzen in den auf IKT bezogenen Passagen der NSF-Arbeitsprogramme (nach einer einzelnen Erwähnung im Jahr 2005) überhaupt nicht mehr auftauchen. Eine *Ähnlichkeit zwischen den Aktivitäten der NSF und der EU* besteht darin, dass über einen längeren Zeitraum die Aufnahme des CT-Konzepts vor allem im Bereich der sozial-, kultur- und geisteswissenschaftlichen Begleitforschung bzw. Foresight sowie der Grundlagenforschung zum Nanofeld erfolgte.

Projekte zu *ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Implikationen* der Nanotechnologie, bei denen die Konvergenzthematik Beachtung gefunden hat, wurden u. a. an der University of South Carolina (Coenen 2005) und der Arizona State University (<http://cns.asu.edu/>) gefördert. (Letztere ist derzeit der diesbezügliche Schwerpunkt der Förderaktivitäten durch die NNI und seitens der NSF.) Aufbauend auf den einschlägigen Konferenzergebnissen und Publikationen, die seitens der NSF um das Jahr 2000 vorgelegt wurden, wurden Workshops, Konferenzen und Begleitforschung gefördert, auch mit dem Ziel einer internationalen Vernetzung (z. B. www.nanoandsociety.com/). Angekündigt wurden u. a. eine szientometrische Analyse zur Konvergenzthematik und die weitere Beschäftigung mit ethischen und gesellschaftlichen Aspekten konvergierender Technologien und Wissenschaften (wie den Entwicklungen und Visionen im Bereich »Human Enhancement«). Hinsichtlich der letztgenannten Aspekte werden zum einen eher politikberatende Aktivitäten durchgeführt (z. B. CSPO/ACG 2006; Wolbring 2006b). Zum anderen findet, im Rahmen schon länger laufender bzw. erneuerter Projektförderungen (z. B. Khushf 2007a u. 2007b), eine vor allem philosophisch orientierte Auseinandersetzung mit ethischen, gesellschaftlichen, politischen und rechtlichen Implikationen der CT statt. Der Transhumanismus findet dabei, im Gegensatz zu vorher, Beachtung – und zwar sowohl durch die (allerdings z. T. stillschweigende) Integration von Transhumanisten in die Diskussion (z. B. CSPO/ACG 2006) als auch durch eine kritische Auseinandersetzung mit ihm. Dennoch sind skeptische Positionen zur CT-Thematik – mit Ausnahme der konservativen – weiterhin eher selten und werden, wenn überhaupt, nur knapp (und nicht immer korrekt) referiert.

Insgesamt gesehen ergibt sich somit hinsichtlich der NSF der Eindruck, dass das spezifische *CT-Konzept* der NBIC-Initiative, trotz mehrjähriger starker Promotion durch die ehemalige Direktorin, *derzeit kein herausgehobenes Element der Gesamtprogramm* darstellt. Und auch die Nutzung ähnlicher Konvergenzbegriffe erfolgt selten. Hinweise auf eine größere *Relevanz im Bereich der Forschungsförderung* der NSF fanden sich ebenfalls nicht, wobei allerdings zu beachten ist, dass für die vorliegende Studie kaum Recherchen zu einzelnen Projektförderungen (jenseits der Projekte und Aktivitäten zu ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Implikationen der Nanotechnologie) durchgeführt wurden. Ganz *ähnlich wie im Fall der im August 2007 aufgelösten »Technology Administration« des Handelsministeriums* liegt der Höhepunkt der Wirksamkeit des NBIC-Konzepts anscheinend bereits einige Jahre zurück, was bei beiden Einrichtungen durch einen Wechsel in der Leitungsebene erklärbar sein könnte. Jedoch beziehen sich in geringem Umfang auch die beiden neuen Leiter auf das Konvergenzkonzept und sprechen dabei vereinzelt von revolutionären Potenzialen verschiedener Konvergenzprozesse.

SONSTIGE STAATLICHE AKTEURE AUF NATIONALER EBENE

2.5.4

Die *eingeschränkte Bedeutung des Konvergenzkonzepts* für die US-Forschungspolitik zeigt sich noch deutlicher, wenn man andere Institutionen als die NSF und das Handelsministerium in die Analyse einbezieht.

So haben z.B. in der Forschungsförderung durch die NASA NBI-Konvergenzen zwar über mehrere Jahre immer wieder (explizit oder ohne Verwendung des Konvergenzkonzepts) starke Beachtung gefunden. Ein in der NBIC-Initiative und ihrer Vorbereitung aktiver NASA-Repräsentant ist aber seit 2004 nicht mehr beteiligt. Durch die strategische Umorientierung auf Technologien für die Erforschung des Mondes wurden u.a. die Förderaktivitäten zum Nanofeld beendet. Auch in den neueren Schlüsseldokumenten spiegelt sich diese Abwendung von langfristig orientierter FuE und futuristischen Perspektiven wider, was insbesondere auch die personellen und inhaltlichen Berührungspunkte mit der NBIC-Initiative weniger werden lässt.

Das *Interesse anderer Regierungsinstitutionen* an der NBIC-Konvergenz beschränkt sich anscheinend auf vereinzelte Einladungen der Schlüsselakteure zu Konferenzen und die ebenso vereinzelte Auseinandersetzung mit dem Konzept im Rahmen von Aktivitäten der NBIC-Initiative oder in ihrem unmittelbaren Umfeld (im Kontext der NNI-Aktivitäten zu ethischen, rechtlichen und sozialen Implikationen der Nanotechnologie). In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass insgesamt gesehen die Präsenz von anderen Regierungseinrichtungen auf der zweiten und dritten Veranstaltung der NBIC-Initiative eher gering war. In gewisser Hinsicht bilden nationale Einrichtungen der Militär- und Sicherheitsforschung eine Ausnahme (Kap. V.2.6.). Aber auch hier zeigt sich beim Blick auf die dabei zentrale Akteurin DARPA, dass das Engagement vor allem in der Frühphase der Initiative stark war.

In US-geprägten Aktivitäten zu Foresight- und Ethikaspekten neuer Technologien wie auch an einzelnen Hochschulen findet das NBIC-Konvergenzkonzept Beachtung und überdies seitens einiger im Rahmen der NNI geförderter Kompetenzzentren. Bemerkenswert ist das vollständige Fehlen von Bezügen auf das Konvergenzkonzept in den *Regierungsdokumenten zur Nanotechnologie*, einschließlich der Schlüsseldokumente zur NNI.

ZUSAMMENFASSENDE EINSCHÄTZUNG

2.5.5

Auch wenn es, insbesondere mit Blick auf die NSF-Aktivitäten zu ethischen, gesellschaftlichen und rechtlichen Implikationen der Nanotechnologie, voreilig wäre, die NBIC-Initiative als »tot« zu bezeichnen, so ist *zusammenfassend* doch dem Urteil

einiger ihrer Kritiker und Beobachter zuzustimmen, dass die Initiative weit davon entfernt ist, eine ähnliche Bedeutung wie z.B. die NNI zu gewinnen. Überdies erscheint selbst bei den beiden Haupttreibern der politischen NBIC-Debatte, der *NSF* und dem *Handelsministerium*, der Höhepunkt der einschlägigen Aktivitäten bereits einige Jahre zurückzuliegen, und die Initiative selbst hat seit 2005 keine Konferenz mehr durchgeführt. Zugespißt ließe sich sagen, dass (mit Ausnahme einiger Förderaktivitäten der NSF) zumindest das NBIC-Konvergenzkonzept, mittlerweile wieder zu einem eher selten verwendeten Synonym für weitreichende und eher vage Zukunftsperspektiven der Nanowissenschaften und -technologien geworden ist.

Gleichwohl wird in den USA selbstverständlich eine *Vielzahl von FuE-Aktivitäten in den NBIC-Konvergenzbereichen unabhängig vom Konvergenzkonzept* gefördert. Beispielhaft wird dies im Folgenden (Kap.V.2.6) gezeigt, wo in der Diskussion der Relevanz von NBIC-Aktivitäten und Konvergenzkonzepten im militärischen Bereich zudem auch unabhängig davon auf militärische »Human-Enhancement«-Aktivitäten und -Visionen eingegangen wird. Um die bisherigen und nachfolgenden Ausführungen zumindest beispielhaft noch in den größeren forschungspolitischen Kontext zu stellen, sei hier aber ergänzend darauf hingewiesen, dass

- › die »Human-Enhancement«-Thematik auch außerhalb der Militärforschung seit mehr als 15 Jahren Beachtung findet, z.B. in bioethischen Aktivitäten der *National Institutes of Health (NIH)*, die überdies zahlreiche Projekte fördern, in denen der Aspekt der Steigerung physischer und kognitiver Fähigkeiten von Belang ist;
- › seitens der Hauptakteure der NBIC-Initiative immer wieder und zu Recht darauf hingewiesen wird, dass *zahlreiche Projektförderungen der NSF und anderer Institutionen* NBIC-Konvergenzprozessen gelten, z.B. im Rahmen der Forschungsförderung zu IKT (Bainbridge 2006b).

MILITÄR- UND SICHERHEITSFORSCHUNG

2.6

Im Folgenden wird, mit Schwerpunkt auf dem »Human-Enhancement«-Aspekt, zunächst auf frühe konzeptionelle Aktivitäten und Fördermaßnahmen in der Militärforschung hingewiesen (Kap. V.2.6.1), danach die Bedeutung militärischer Aspekte und Akteure in der NBIC-Initiative skizziert (Kap. V.2.6.2) und abschließend auf neuere Förderaktivitäten und Ideen im Bereich der Militär- und Sicherheitsforschung (Kap. V.2.6.3) eingegangen. Weitere Analysen zu diesen Themen finden sich in dem im Rahmen des TA-Projekts »Hirnforschung« (TAB 2007) in Auftrag gegebenen Gutachten des Fraunhofer-Instituts ISI (FhG-ISI 2005), das sich mit der Relevanz der CT-Thematik hinsichtlich der Hirnforschung beschäftigt hat. Es ist eine wichtige Quelle der folgenden Ausführungen und wird an verschiedenen Stellen zitiert. Allgemein kann hier festgestellt werden, dass hinsichtlich der NBIC-



Konvergenzthematik und -Initiative *Aktivitäten der DARPA* von besonderem Interesse sind.

FRÜHE AKTIVITÄTEN

2.6.1

Für die *Militärforschung*, die sich schon immer (und insbesondere während des »Kalten Krieges«) unter erheblichem *Innovationsdruck* sah, sind neue Chancen und Herausforderungen, die sich aus dem Zusammenwirken verschiedener FuE-Felder ergeben, von großem Interesse. Es nimmt so nicht Wunder, dass in Foresight-Aktivitäten und Technologieexpertisen der US-Militärforschung auch bereits frühzeitig auf die Bedeutung der *Nanotechnologie* und allgemein von FuE-Aktivitäten auf der Nanoebene hingewiesen wurde (z.B. BAST/NRC 1992). Dabei konnte an verschiedene vorherige FuE-Aktivitäten zur Miniaturisierung angeknüpft werden. Eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem sich herausbildenden neuen Konzept der Nanotechnologie erfolgte im Verlauf der 1990er Jahre.

Hinsichtlich des »Human-Enhancement«-Aspekts sind ebenfalls verschiedene *frühe Aktivitäten* von Interesse, da in ihnen konzeptionelle Grundlagen für die heutigen Aktivitäten gelegt wurden und da sie auch die NBIC-Initiative beeinflusst haben dürften. An Projekten der US-Militärforschung wurde auch bereits in den 1980er Jahren kritisiert, dass durch sie eine fragwürdige, posthumanistisch orientierte »Selbstverbesserung« des Menschen durch Symbiose mit Maschinen drohe (Winner 1989). In diesem Zusammenhang ist an die starke Förderung von FuE in den Bereichen der Computertechnologien, KI und Mensch-Maschine-Interaktion durch die *DARPA* (vormals ARPA) *in den späten 1960er und frühen 1970er Jahren* zu erinnern. Dabei wurden nicht nur technische Grundlagen z.B. für das Internet und technische Elemente des Personal Computers gelegt, sondern auch grundlegende Konzeptionen des Verhältnisses von Mensch und Computer entwickelt (z.B. Engelbart 1962; vgl. Bardini/Friedewald 2003; Friedewald 1999, 2000 u. 2005): Im Zusammenhang mit der NBIC-Initiative und aktuellen Konvergenzdebatte ist hier auf Douglas C. Engelbarts Ideen und technische Entwicklungen (u.a. die Computer»maus« und Hypertext) zu einer Koevolution von Mensch und Computer hinzuweisen, die in der zweiten Publikation der NBIC-Initiative starke Beachtung gefunden haben (u.a. im Titel und in einem Artikel, an dem sich Engelbart als Koautor beteiligte; Spohrer/Engelbart 2004). Von dem Schlüsselakteur der damaligen DARPA-Förderaktivitäten, Joseph Licklider, wurde ein Leitbild der Mensch-Computer-Symbiose entwickelt. Insbesondere in Engelbarts Ansatz ist die Vorstellung zentral, dass Menschen durch die Kommunikation mit immer weiter avancierter Computertechnologie ihre Intelligenz steigern (»augment«) können. Durch die Intelligenzsteigerung entstehen demnach wiederum weiter avancierte Maschinen, was weitere Lerneffekte mit sich bringen werde (und so weiter). Diese von Engel-

bart auch mit Blick auf andere Artefakte im menschheitsgeschichtlichen Rückblick vertretene Koevolutionsidee gewinnt hinsichtlich der Mensch-Computer-Schnittstellen ihre besondere Note, da die *menschliche Maschinennutzung als Kommunikation* begriffen wird und zudem auch stark auf die Nutzung des Computers als Kommunikationsmittel zwischen Menschen abgestellt wird. Diese Ansichten erscheinen heutzutage, auch durch die damals entwickelten innovativen Artefakte, so vielen als selbstverständlich, dass die damaligen konzeptionellen Überlegungen wohl zu Recht als Definitionen des aktuellen »Paradigma(s) der Mensch-Computer-Interaktion« charakterisiert werden (Friedewald 2000, S. 18).

Seit Mitte der 1980er Jahre erlangte das Konzept »Enhancing Human Performance« in anderen Zusammenhängen der Militärforschung Bedeutung. Mögliche Potenziale zur Leistungssteigerung von Soldaten wurden unter diesem Label ab 1984 systematisch untersucht (Druckman 2004), in Auseinandersetzung mit Ideen und *psychologischen Techniken*, die ursprünglich vor allem in der »Human-Potential«-Bewegung der 1960er und 1970er Jahre entwickelt worden waren. Das vom US Army Research Institute angeregte Committee on Techniques for the Enhancement of Human Performance arbeitete 12 Jahre zu diesen ganz überwiegend psychologischen Aspekten des »Human-Enhancement«-Themas. Zwischen der »Human-Potential«-Bewegung und den libertären und technikfuturistischen aktivistischen Rändern der NBIC-Initiative bestehen heute vereinzelte Berührungspunkte.

Anfang der 1990er Jahre – in derselben Zeit, als das Konzept der Nanotechnologie in der Militärforschung Beachtung fand – wurde auch der *Aspekt der bio-, neuro- und informationstechnologischen Steigerung menschlicher Leistung* (»enhancement of human performance«) im militärischen Kontext stark gemacht. So heißt es in dem Foresight-Kapitel eines umfassenden Berichts zu neuen wissenschaftlich-technologischen Entwicklungen: »Because the soldier is a biological system, biotechnology offers unique potential for enhancing the performance of this most complex, critical, and costly of the Army's systems« (BAST/NRC 1992, S. 151). Als ein Bereich der Biotechnologie wird »bionics« genannt, ein Begriff, der im englischen Sprachraum stark mit Mensch-Maschine-Schnittstellen und Prothetik verbunden wird (dazu TAB 2006, S. 22-29). In dem Bericht wird eine Erweiterung der menschlichen Leistungsfähigkeit durch direkte Verbindungen des Zentralnervensystems mit Maschinen und durch andere bionische und prothetische Entwicklungen vorausgesagt. Bionisch verbundene Mensch-Maschine-Systeme würden circa 2030 möglich sein. Weitere Möglichkeiten des »Human Enhancement« werden im Bereich der Stärkung des Immunsystems u. a. mit biotechnologischen Mitteln gesehen. Im Kontext von Aktivitäten zur NBI-Konvergenz taucht in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre als Leitbild das »new concept of enhancement (improving human



performance)« (Olson et al. 1997, o.S. nach Smith 1998, S. 50) auf, also in Parenthese ein zentraler Bestandteil der Titel aller Konferenzen der NBIC-Initiative.

DAS NBIC-THEMA IN DER MILITÄR- UND SICHERHEITSFORSCHUNG 2.6.2

In der ersten vom Handelsministerium veranstalteten *Nanotechnologiekonferenz*, bei der mehrere Personen anwesend waren, die sich danach an der NBIC-Initiative beteiligten, spielten militärische Aspekte fast keine Rolle. Die Veranstaltung fand in Kalifornien einen Tag vor den *9/11-Anschlägen* im Jahr 2001 statt. Im Vorwort der Publikation zur Konferenz heißt es, dass die »nano community« ihre möglichen Beiträge zum Kampf gegen den Terrorismus bereits kurz nach den Attacken diskutiert habe und auf den nächsten Konferenzen thematisieren werde (www.technology.gov/reports/TechPolicy/Nanotech/010910.htm). Die sich daraus ergebende Vermutung, dass die starke Berücksichtigung von Militär- und Sicherheitsaspekten auf der ersten NBIC-Konferenz erst in Reaktion auf die Anschläge erfolgte, wird auch von eingeladenen Teilnehmern an der Konferenz bestätigt, die in den Einladungsanschriften und der diesbezüglichen E-Mail-Kommunikation vor 9/11 keine Hinweise auf diese Schwerpunktsetzung fanden. Zu erinnern ist in diesem Zusammenhang aber daran, dass in *vorherigen Aktivitäten der NNI* militärische Nutzungsmöglichkeiten und Risiken der Nanotechnologie, unter Berücksichtigung futuristischer Ideen, eine Rolle gespielt hatten.

Welche Rolle spielen *Akteure, Themen und Projekte der Militär- und Sicherheitsforschung in der NBIC-Initiative* selbst, insbesondere was die »Human-Enhancement«-Thematik betrifft?

Unter den auf der ersten NBIC-Konferenz anwesenden Repräsentanten der Militär- und Sicherheitsforschung ragen die *DARPA* und ihre Vertreter hervor. Auf deren Beiträge und die thematisch einschlägigen Aktivitäten der Institution wird gleich ausführlicher eingegangen. Erwähnt sei aber schon, dass einer der am häufigsten in der CT-Debatte zitierten naturwissenschaftlich-technischen Beiträge zum ersten NBIC-Bericht (Nicolelis 2002) im Rahmen DARPA-geförderter Forschungsarbeiten entstand: Dabei handelt es sich um Arbeiten des Neurobiologen Miguel Nicolelis (Kap. IV.3.1.5), der demonstrierte, dass ein entsprechend trainierter Affe einen Bildschirmcursor oder einen Roboterarm allein durch ins Gehirn eingepflanzte Elektroden kontrollieren kann. Nicolelis, dessen Projekt starke, auch internationale mediale Aufmerksamkeit erfahren hat, betonte in seinem Beitrag für den ersten NBIC-Bericht, dass durch aktuelle Fortschritte in der Nanotechnologie die FuE im Bereich der Gehirn-Maschine-Schnittstellen erheblich vorangebracht werden könnte. Neben der DARPA und von ihr geförderten Wissenschaftlern beteiligten sich auch andere Einrichtungen der Militär- und Sicherheitsforschung an der NBIC-Initiative, u. a.

das Naval Research Office und die Sandia National Laboratories. Deren bereits erwähnte »Advanced Concepts Group« (ACG), spielte eine Schlüsselrolle beim Zustandekommen der Initiative und zeigt an der NBIC-Thematik bis heute starkes Interesse. Die ACG erwartet von NBIC-Konvergenzprozessen revolutionäre Veränderungen des gesellschaftlichen Zusammenlebens und im Bereich der globalen Sicherheit (Yonas/Johnson 2005). Auf der einen Seite würden sich in der Zukunft Terroristen neue Möglichkeiten für verheerende, zielgenaue Anschläge (z.B. mit Biowaffen) bieten und totalitäre Regimes bald über erheblich effizientere Unterdrückungsinstrumente verfügen. Andererseits ergäben sich für flexibel, ja chaotisch verfasste Gesellschaften neue Möglichkeiten, diesen Gefahren entgegenzuwirken. In diesem Zusammenhang plädierte die ACG im Rahmen der NBIC-Initiative für die Entwicklung einer neuen Sozialtechnologie, eines globalen Steuerungsinstruments, bei dem die NBIC-Felder und eine »harte« Sozialwissenschaft zusammenwirken, um das Verhalten von Individuen, Gruppen und Gesellschaften voraussagen und manipulieren zu helfen. Das *Heimatschutzministerium* beteiligte sich an der NBIC-Initiative in deren Frühphase, wobei es dem Vertreter des Ministeriums vor allem um die Nutzung von CT für die Entwicklung neuer Sensoren (z.B. zum Aufspüren gefährlicher Substanzen) ging.

Insgesamt gesehen nehmen im *ersten Bericht der NBIC-Initiative* (Roco/Bainbridge 2002) potenzielle militärische Anwendungen einen prominenten Platz ein (hierzu und zum Folgenden FhG-ISI 2005). Der Bericht enthält eine Sektion, in der über 32 Seiten hinweg Positionen und Visionen des Verteidigungsministeriums ausgeführt und militärische NBIC-Anwendungen dargestellt werden (Roco/Bainbridge 2002, Section E: »National Security«, S.287–320). Für den Bericht wurden offensichtlich bereits laufende Projekte des Verteidigungsministeriums daraufhin überprüft, ob sie mit dem CT-Konzept in Zusammenhang gebracht werden können. Die beschriebenen Projekte und Forschungsprogramme sind dabei hinsichtlich unterschiedlicher Konvergenzbereiche relevant (Nano-Info, Nano-Bio, Info-Bio-Cogno usw.). Insgesamt besteht die Sektion E »National Security« aus einer »Summary«, vier »Statements« und der Beschreibung von fünf »visionären Projekten«. Die Statements beschäftigen sich mit der jeweiligen Rolle der CT in existierenden Forschungsprojekten des Verteidigungsministeriums, speziell der DARPA, sowie des Heimatschutzministeriums. Die CT werden auch im Zusammenhang mit der Terrorbekämpfung und der militärischen Schulung betrachtet. Die fünf visionären Projekte beschäftigen sich mit dem »high-performance warfighter«, nichtinvasiven Techniken zur Verbesserung der menschlichen Leistungsfähigkeit, Mensch-Maschine-Schnittstellen, unbemannten Militärfahrzeugen sowie mit neuartigen Softwaresystemen für die Geheimdienste. Bei den visionären Projekten geht es z.B. um die Weiterentwicklung von IKT, neue Möglichkeiten der Verstärkung von Muskelkraft, die Vision eines »Cybersoldaten«, der mit fortgeschrittener Umwelt-, IKT- und Körpersenso-



rik zur Unterstützung von Entscheidungen im Kampfeinsatz ausgestattet werden soll, sowie um nichtdrogenbasierte »treatments for enhancement of human performance« und Anwendungen von Gehirn-Maschine-Schnittstellen. Bei den »non-drug treatments for enhancement of human performance« wird die Kombination von Verfahren und Methoden aus der Nano- und Biotechnologie angestrebt, mit dem Ziel, Schlafmangel und reduzierte Aufmerksamkeit zu kompensieren und die physische und psychologische Leistungsfähigkeit von Soldaten zu erhöhen. Die Effekte sollen sich durch entsprechende Manipulationen im menschlichen biochemischen System einstellen. Zu den möglichen Anwendungen von Gehirn-Maschine-Schnittstellen heißt es, dass geeignete Schnittstellen Soldaten in der Zukunft in die Lage versetzen sollen, Kampfflugzeuge und andere Geräte nur mit ihren Gedanken zu kontrollieren, d.h. ohne Zwischenschaltung von motorischen Handlungen und letztlich der bewussten Willensentscheidung vorgelagert (»prior to thoughts«).

Im ersten Bericht der NBIC-Initiative werden die *Steigerung menschlicher Fähigkeiten und die Realisierung von Mensch-Maschine-Schnittstellen* als verteidigungspolitisch besondere interessanteste NBIC-Forschungsbereiche unter Einschluss der Hirnforschung ausgewiesen (hierzu und zum Folgenden FhG-ISI 2005). In den »Statements« und visionären Projekten wird dies aber nur sehr bedingt durch die Darstellung von Forschungsprogrammen und exemplarischen Projektergebnissen untermauert. Tatsächlich beschränkt sich die Darstellung der Perspektive des Verteidigungsministeriums auf die Formulierung von Forschungsfragen und die Darstellung von relevanten Forschungsfeldern. Einige Artikel fokussieren darüber hin die Nanotechnologie. Lediglich im Aufsatz des damaligen, hochrangigen DARPA-Mitarbeiters Michael Goldblatt werden konkrete Forschungsprojekte vorgestellt, die im Zusammenhang mit den NBIC-Feldern und der Hirnforschung stehen. Goldblatt war bis Mitte 2003 Leiter der Defense Sciences Office (DSO), einer Unterabteilung der DARPA, die sich mit Humanbiologie beschäftigt und wechselte danach zu einer Biotechnologiefirma. In einem Interview mit dem Journalisten Joel Garreau beschrieb Goldblatt die Arbeit der DSO folgendermaßen: »Soldiers having no physical, physiological, or cognitive limitations will be key to survival and operational dominance in the future. ... Imagine if soldiers could communicate by thought alone. And contemplate a world in which learning is as easy as eating, and the replacement of damaged body parts as convenient as a fast-food drive-thru. As impossible as these visions sound ... we are talking about science action, not science fiction« (Garreau 2005, S. 22f.).

In seinem Beitrag für den NBIC-Bericht (Goldblatt 2002) klingen die Visionen nüchterner. Goldblatt stellt dort die *DARPA-Forschungsprogramme* Metabolic Engineering (künstliche Erzeugung von menschlichem Gewebe), Exoskeletons for Human Performance Augmentation (Außenskelette, um die Kraft von Soldaten zu

erhöhen), Augmented Cognition (neuro- und informationstechnisch bzw. -wissenschaftlich verbesserte Wahrnehmungsfähigkeit und Entscheidungsfähigkeit), Continuous Assisted Performance (Erhalt von kognitiven Fähigkeiten bei Schlafentzug) und Brain-Machine Interface (Steuerung von Maschinen und Fahrzeugen durch Gehirnaktivitäten) vor (Kap. V.2.6.3, Tab. 6).

Die auf der ersten NBIC-Konferenz vorgestellten Projekte und Ideen der DARPA trugen maßgeblich dazu bei, die *NBIC-Konvergenzperspektive eng mit der »Human-Enhancement«-Thematik zu verknüpfen*, auch hinsichtlich biologischer »enhancements«. Der hochrangigste anwesende Vertreter der DARPA forderte die anwesenden Wissenschaftler und Ingenieure auf, für die DARPA tätig zu werden. Auch auf der zweiten NBIC-Konferenz nahm noch ein – allerdings relativ niedrig-rangiger – DARPA-Mitarbeiter teil. Für die Zeit ab 2003 wurden im Rahmen der vorliegenden Studie keine Hinweise auf eine weiterbestehende enge Kooperation zwischen der Initiative und der DARPA gefunden.

Das *NBIC-Konzept* spielt auch, soweit aus den Schlüsseldokumenten und der Onlinepräsenz der DARPA sowie verschiedenen Publikationen (Garreau 2005; Moreno 2006) ersichtlich, keine Rolle in deren konzeptionellen Überlegungen oder Förderaktivitäten. Auch im Bereich der FuE für militärische Zwecke gibt es also bisher nur wenige Hinweise darauf, dass das Konzept bei der Förderung von FuE-Projekten von Bedeutung ist. Selbst wenn man die Technologieentwicklung im Rahmen der Weltraumforschung (wegen deren militärstrategischer Relevanz) mit berücksichtigt, lassen sich nur vereinzelt und vorübergehend Bezugnahmen auf NBI- oder NBIC-Konvergenzkonzepte feststellen. Dessen ungeachtet ist der Einschätzung zuzustimmen, dass die Militärforschung eine bedeutende Rolle bei der FuE zu »Human-Enhancement«-Technologien in den NBIC-Konvergenzbereichen spielt. Dies wird im Folgenden beispielhaft ausgeführt, wiederum vor allem mit Blick auf die DARPA.

THEMATISCH EINSCHLÄGIGE PROJEKTE UND AKTIVITÄTEN

2.6.3

Die (außer im Vergleich zu der NSF und dem Energieministerium) relativ starke Position des Verteidigungsministeriums in der nationalen Nanotechnologieförderung und der NNI ist vor dem Hintergrund der allgemein hohen Bedeutung der Militärforschung in den USA nicht bemerkenswert. Vor allem auch durch die DARPA fördert das Verteidigungsministerium aber überdies FuE, die hinsichtlich der meistdiskutierten und umfassenden NBIC-Konvergenzen, auch international gesehen, von herausragender Relevanz sind. In der US-Militärforschung gewinnt seit geraumer Zeit die für umfassende Konvergenzaspekte besonders relevante Förderung von »Bottom-Up«-Forschung im Nanofeld (Kap. IV.2) an Bedeutung, in



Ergänzung zu den Anstrengungen im Bereich der »Top-Down«-Miniaturisierung (z.B. Berube 2006).

Die DARPA agiert unabhängig von der konventionellen militärischen FuE und ist direkt der Leitung des Verteidigungsministeriums unterstellt (dazu und zum Folgenden FhG-ISI 2005). Im Jahr 2005 arbeiteten ca. 240 Personen (davon 150 technisches Personal) bei der DARPA. Sie ist im amerikanischen Forschungssystem generell ein wichtiger Träger der Grundlagenforschung und finanziert an vielen Instituten langfristig orientierte Forschung. Ein System wie in Deutschland, das sich durch eine Vielzahl außeruniversitärer Einrichtungen der Grundlagenforschung auszeichnet, existiert in den USA nicht. Kennzeichen von DARPA-Projekten ist, dass sie längerfristige, stärker an Visionen orientierte Fragestellungen verfolgen und dass sie oft Ideen generieren, die jenseits des wissenschaftlichen Mainstreams liegen. Dass oft Visionäre und Wissenschaftler mit hochambitionierten Programmen eine gute Chance auf Förderung haben, liegt u.a. am Auswahlverfahren, denn die Förderentscheidungen fallen nicht im Rahmen von Peer-Review-Verfahren, sondern werden von DARPA-Programmmanagern getroffen. Diese haben zwar meist ebenfalls einen wissenschaftlichen Hintergrund und kennen sich in der entsprechenden Forschungslandschaft gut aus. Dennoch wird über Förderzusagen in einem kleineren Kreis entschieden, sodass auch stark visionäre Projektanträge genehmigt werden, die in Peer-Review-Verfahren möglicherweise abgelehnt worden wären. Auch wenn die DARPA im Vergleich zu anderen Institutionen der Militär- und Sicherheitsforschung (z.B. den Geheimdienstinstitutionen) über ein relativ geringes Budget verfügt, spielt sie seit Langem eine herausragende, hochinnovative Rolle in der FuE-Förderung (Moreno 2006). Es gehört sozusagen zum »Mythos« der DARPA, dass sie extrem visionär erscheinende Forschung fördert. Zugleich legt sie weniger Wert auf Geheimhaltung als die anderen einschlägigen Einrichtungen und betont auch stärker die zivilen Anwendungsperspektiven der von ihr geförderten Forschung. Ihre Aktivitäten sind so gesehen nicht »1:1 mit militärischer Forschung« gleichzusetzen (FhG-ISI 2005), was aber nicht verhindert, dass die DARPA, wohl auch aufgrund der relativ hohen Transparenz ihrer Aktivitäten, oft zum Ziel öffentlicher Kritik wird (Moreno 2006). Die skizzierten Besonderheiten des Profils der DARPA zeigen sich gerade auch im »Human-Enhancement«-Zusammenhang und mit Blick auf NBIC-Konvergenzen (vor allem unter Einschluss der Hirnforschung).

Am Anfang dieses Jahrzehnts, zeitgleich mit dem Engagement in der NBIC-Initiative, betonten die zuständigen DARPA-Mitarbeiter zu verschiedenen Anlässen die Aussichten einer *Steigerung menschlicher Fähigkeiten durch NBIC-Konvergenzen*. Dabei spielten Kernideen des Technofuturismus und Posthumanismus eine Rolle, wie z.B. die Idee, dass durch Fortschritte in den NBIC-Bereichen die Evolution der menschlichen Gattung massiv beschleunigt und gesteuert werden könne

(Schmorrow 2002). Visionäre Projekte zur Entwicklung einer »starken« KI wurden ebenfalls besonders herausgestellt. Der DARPA geht es zum einen um eine umfassende Nutzung der »Revolution« im Bereich der Biowissenschaften und -technologien und deren Konvergenz mit den anderen NBIC-Feldern. Zum anderen soll, gerade auch durch neue Mensch-Maschine-Schnittstellen, der »menschliche Faktor« (»human factor«) optimal in die militärischen Gesamtsysteme integriert werden. Zur Mitte des Jahrzehnts stellt man eine *rhetorische Umorientierung in Bezug auf die »Human-Enhancement«-Thematik* fest, verbunden mit einem Abrücken von expliziten Bezügen auf die NBIC-Konvergenzperspektive. Diese Umorientierung geht aber anscheinend nicht mit einer grundlegenden Veränderung der programmatischen Schwerpunkte und Förderaktivitäten einher.

Bemerkenswert ist, dass es vor allem DARPA-Aktivitäten waren, die in *Diskussionen über ethische Aspekte* der Hirnforschung und auch in der CT-Debatte problematisiert wurden. Von verschiedener Seite wurde darauf hingewiesen, dass Rearrangements, Umformulierungen und neue Akzente in ihren Programmen als Reaktion auf öffentliche Kritik gedeutet werden können (FhG-ISI 2005; Garreau 2005; Moreno 2006). Hier mag auch der Grund dafür zu suchen sein, dass die DARPA ihr Engagement in der NBIC-Initiative und zur Konvergenzthematik aufgegeben hat: In der CT-Debatte haben ja gerade die ethisch problematischen Aspekte von »Human-Enhancement«-Technologien starke Beachtung gefunden. Beispielhaft zeigt sich die neue rhetorische Strategie hinsichtlich des Themas der Steigerung menschlicher kognitiver Fähigkeiten. Wurden in Bezug auf das »augmented cognition« anfangs stark visionäre Perspektiven und Möglichkeiten der Leistungssteigerung von Soldaten im Kampf und bei militärischen Operationen hervorgehoben, werden ab Mitte des Jahrzehnts vor allem neue Möglichkeiten für versehrte Veteranen und andere medizinische Aspekte betont (DARPA 2005).

Dessen ungeachtet lässt sich aber feststellen, dass die von DARPA-Vertretern um 2002 stark gemachten Ziele der *Steigerung menschlicher Leistungsfähigkeit* auch in der *aktuellen Agenda* eine wichtige Rolle spielen, vor allem beim Förderschwerpunkt »Bio-Revolution« (zum Folgenden DARPA 2005). Überdies zu nennen sind

- > der wichtige Förderbereich IKT, in dem es u. a. um Mensch-Roboter-Interaktion und die Steigerung menschlicher kognitiver Fähigkeiten geht;
- > der Förderschwerpunkt »Cognitive Computing«, der auf FuE zu »Künstlicher Intelligenz« zielt, mit dem Ziel, gewissermaßen bewusste Computer zu schaffen (»systems that know what they are doing«) und menschliche Leistungssteigerung durch Mensch-Maschine-Symbiose zu erreichen;
- > der Förderschwerpunkt »Networked Manned und Unmanned Systems«, der zur Optimierung des Zusammenwirkens von Mensch und Maschine dienen soll.

Der Schwerpunkt der Aktivitäten zu »Human Enhancement« liegt weiterhin beim Defense Sciences Office (DSO), das innerhalb der DARPA die am stärksten multidisziplinäre und visionäre Einheit ist, von der auch das Engagement in der NBIC-Initiative getragen wurde. (Hier darf nicht übersehen werden, dass selbst innerhalb des DSO »Human-Enhancement«-Technologien nur einen Bereich unter mehreren anderen ausmachen: Das DSO fördert z.B. auch die FuE zu militärischer Ausrüstung, Ausbildung und Grundlagenforschung, oft unter Einbezug von NBI-Konvergenzen.) Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang der Förderschwerpunkt »Bio-Revolution« der DARPA, bei dem die ganze Bandbreite bibezogener NBIC-Konvergenzprozesse für die Ziele des Schutzes von »menschlichen Beständen («human assets«), der Aufrechterhaltung menschlicher Kampffähigkeit sowie der Leistungssteigerung von Waffen- und anderen Militärsystemen nutzbar gemacht werden soll. Anfang 2006 wurde eine *Förderinitiative zu Anwendungen der Biologie für Verteidigungszwecke* angekündigt (Moreno 2006; S. 12f). NBIC-Konvergenzen und dabei gerade auch neurowissenschaftliche und -technologische Entwicklungen sind hier von herausragender Bedeutung. Genannt wurden u.a. biologische Ansätze zur Aufrechterhaltung der Kampffähigkeit und anderer Fähigkeiten des »warfighter« sowie für medizinische Zwecke und verschiedene Entwicklungen im NBI-Konvergenzbereich (einschließlich der Materialwissenschaft). Bei den neurowissenschaftlichen und -technologischen Forschungsbereichen, die von der DARPA gefördert werden sollen, fällt auf, dass der Schwerpunkt nicht auf der gleichsam autonomen Leistungssteigerung des Individuums liegen, sondern die erwünschte FuE auf die *Handlungs-, Analyse- und Überwachungsmöglichkeiten der Befehlshabenden* abstellen soll: Neurowissenschaften und -technologien sollen zur Gewinnung von Erkenntnissen und Entwicklung von Anwendungen dienen, mit denen in Echtzeit oder vorausschauend kognitive Fehlleistungen der Soldaten verhindert werden können. Angestrebt wird vor allem die Entwicklung neuer nichtinvasiver Mensch-Maschine-Schnittstellen, auch in »Non-contact«-Form.

Neben den in Tabelle 7 aufgeführten Projekten findet sich eine ganze Reihe von Projekten, in denen es um neue tragbare oder mit dem Soldaten aus Distanz interagierende *Artefakte* geht. Zu nennen sind hier z.B. Exoskelette, durch die normale Bewegung bei schwerer Beladung möglich sein soll, Ausrüstung nach Vorbild der Natur, mit der Soldaten z.B. ähnlich wie das Tier Gecko vertikale Wände ohne Seile u.ä. hinaufklettern können sollen, sowie diverse avancierte IKT.

Die Befassung der DARPA mit der Konvergenzthematik sowie die zumindest rhetorische Umorientierung (Garreau 2005, S.269-273) wurde von Anthony J. Tether, dem *Leiter der DARPA*, im *Mai 2005* gegenüber dem Wissenschaftsausschuss des US-Repräsentantenhauses folgendermaßen auf den Punkt gebracht: »A few years ago, we saw opportunity in the convergence of biology, information technology,

and microsystems. That led to our current work to combine neuroscience, biology, computers, actuators, sensors, and power systems in a multidisciplinary program to revolutionize prosthetics. Our goal is to dramatically improve the quality of life for amputees and allow them to return to a normal life with no limits whatsoever by developing limb prostheses that are fully functional, neurologically controlled limb replacements that have normal sensory abilities« (US House 2005, S. 89). Anstatt einer Betonung der Leistungssteigerung über »Normalmaß« hinaus, geht es also erklärtermaßen lediglich um dramatische Durchbrüche in der Prothetik. Bei diesem Anlass betonte der Direktor der DARPA auch, dass die Förderung multidisziplinärer Forschung von zentraler Bedeutung für ihre Arbeit sei.

TAB. 7 **DARPA-PROJEKTE MIT UNMITTELBAREM »HUMAN-ENHANCEMENT«-BEZUG**

Human-Assisted Neural Devices und Revolutionizing Prosthetics

Nutzung von Gehirnaktivität für die Kontrolle assistiver Technologien; nichtinvasive Sensoren zur Überwachung von Gehirnaktivität; bis 2010 Entwicklung sensorisch und motorisch voll funktionsfähiger Gliedmaßen

Improving Warfighter Information Intake Under Stress (AugCog)

Das AugCog-Programm soll zur Entwicklung von Systemen beitragen, in denen sich Computer an den Zustand des »Warfighter« anpassen, um dessen Leistungsfähigkeit erheblich zu verbessern, insbesondere wenn er unter Stress steht oder bei der menschlichen Kontrolle einer Vielzahl von Geräten.

Preventing Sleep Deprivation

Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Soldaten bei Schlafentzug, u. a. »novel pharmaceuticals that enhance neural transmission, nutraceuticals that promote neurogenesis, cognitive training, and devices such as transcranial magnetic stimulation« (vgl. FhG-ISI 2005).

Peak Soldier Performance

Toleranzerhöhung gegenüber extremen Temperaturen und Stärkung der körperlichen Leistungsfähigkeit

Quelle: eigene Zusammenstellung, u.a. auf Basis von Informationen in FhG-ISI (2005)

Zusammenfassend lässt sich zur DARPA feststellen, dass sie in der ersten Hälfte des Jahrzehnts auch gesellschaftlich weitreichende Nutzungsmöglichkeiten und Visionen zu »Human-Enhancement«-Technologien stark betonte. Damit einherging das Engagement im Rahmen der NBIC-Initiative. Diese strategischen Grundlinien im Bereich der Förderung von NBIC-Konvergenzen (und insbesondere von »Human-Enhancement«, Bio- und Neurotechnologien sowie der KI-Forschung) bestehen fort. Zumindest rhetorisch erfolgte aber eine Konzentration auf im engen Sinn militärische Aspekte (wie vor allem Anwendungen durch den und am Soldaten sowie dabei insbesondere auch auf medizinische Nutzungsmöglichkeiten, im Gegensatz zu Visionen einer Leistungssteigerung im Kampf).



Eine insbesondere in der Forschung und Diskussionen zu militärischen Implikationen und Nutzungsmöglichkeiten der Nanotechnologie vielzitierte Einrichtung der Militärforschung ist das »Institute for Soldier Nanotechnologies« (ISN) des »Massachusetts Institute of Technology« (MIT). Vorzeigeprojekt des ISN ist die geplante Entwicklung einer Rüstung, die ihrem Träger derart einschüchternde, »übermenschliche« Fähigkeiten verleihen soll, dass allein die psychologische Wirkung auf die Gegner erhebliche Vorteile in Konfrontationen bringen soll.

In der *internationalen Zusammenarbeit* der US-Militärforschungseinrichtungen spielte die Konvergenzthematik bei einer von kanadischen Einrichtungen durchgeführten Konferenz zu »disruptiven Technologien« eine Rolle. Ansonsten gilt auch in dieser Hinsicht, soweit durch Onlinerecherchen ermittelbar, dass das Konvergenzkonzept keine größere Rolle in den Aktivitäten der US-Militärforschung spielt.

RÜSTUNGSKONTROLLE UND ETHISCH-SOZIALE ASPEKTE

2.6.4.

Die militärischen Nutzungsmöglichkeiten von Entwicklungen in den NBIC-Feldern wurden insbesondere mit einem Fokus auf der *Nanotechnologie* untersucht und diskutiert (z.B. Altmann 2006; Altmann/Gubrud 2004), auch mit Blick auf den Einfluss der US-Militärforschung auf FuE im Nanofeld in Lateinamerika (Foladori 2006). In der Diskussion zu militärischen Aspekten der Nanotechnologie und CT fand neben nanofuturistischen Szenarien und der allgemeinen Gefahr eines Nanorüstungswettlaufs auch die Frage Beachtung, inwieweit mobile unbemannte Waffensysteme künftig gleichsam Entscheidungskompetenzen erlangen, also quasiautonom agieren könnten. Im Zusammenhang mit der Debatte über militärische Aspekte der Nanotechnologie wurde von Politik und Forschung zudem auf mögliche Implikationen eines »Human Enhancement« bei Soldaten hingewiesen, einschließlich der Ideen und Visionen zu einer Verschmelzung von Mensch und Maschine (z.B. Altmann 2006, Ibrügger 2005). Vonseiten Calvin Shipbaughs, eines Technologieexperten der RAND Corporation, wurde es als eine Aufgabe der Sozialwissenschaften definiert, sich mit Katastrophenszenarien zur zukünftigen militärischen und terroristischen Nutzung konvergierender Nanotechnologien auseinanderzusetzen (Coenen 2005).

In Bezug auf die *Nutzung von Neurotechnologien und -wissenschaften* für Militär- und Sicherheitszwecke fand in der wissenschaftlichen Community und zum Teil in US-Massenmedien in der ersten Hälfte dieses Jahrzehnts eine größere Diskussion statt. Ein renommierter Biosicherheitsexperte und -ethiker hat kürzlich vorgeschlagen, »Neurosicherheit« und ethische Aspekte der militärischen Nutzung von Neurotechnologien auf die politische Agenda zu setzen (Moreno 2006). Eine relevante Frage ist dabei auch, ob der militärische Einsatz von »Human-Enhancement«-

Technologien das Prinzip der »informierten Zustimmung« (»informed consent«) – zumindest bei Manipulationen mit großer Eingriffstiefe – unterlaufen könnte. Auch wenn die diesbezüglichen Ideen noch stark visionär erscheinen, wird bereits diskutiert, inwieweit die Nutzung von Erkenntnissen der Hirnforschung und künftigen Neurotechnologien durch staatliche und private Akteure Herausforderungen für den *Datenschutz und bürgerliche Freiheiten* mit sich bringen könnte. Warnende Stimmen weisen hier auf *Missbrauchsmöglichkeiten* durch totalitäre Regimes und demokratiegefährdende Machtverschiebungen (Khushf 2005) durch den Einsatz von NBIC-Technologien hin. Hoffnungen bestehen hinsichtlich der Entwicklung zuverlässiger Lügendetektoren (Moreno 2006) und der Identifikation aggressionsbereiter Individuen mit technischen Mitteln, Befürchtungen in Bezug auf einen drohenden »mental terrorism«. Ethische Aspekte neuer und visionärer Möglichkeiten der Neurotechnologien für den Heimatschutz wurden z.B. im September 2006 auf einer größeren, renommiert besetzten US-Konferenz diskutiert.

AUSBLICK

2.7

Als wesentliche Ergebnisse der Untersuchung kann zu den *Zukunftsperspektiven der Konvergenzthematik in den USA* auf zweierlei hingewiesen werden:

- › Zum einen wird vonseiten des die *NBIC-Initiative* tragenden Netzwerks die enge Kopplung der Konvergenzthematik mit dem »Human-Enhancement«-Thema und dem Transhumanismus aufrechterhalten und intensiviert (z.B. Bainbridge/Roco 2006b; vgl. auch CSPO/ACG 2006; Williams o.J.). Es ist ein Bemühen zu erkennen, zumindest einige konservative Kritiker aus den USA verstärkt in die eigenen Diskussionen einzubeziehen. Die (weiterhin weitgehend stillschweigend erfolgende) Aufwertung der Transhumanisten spiegelt Entwicklungen in den akademischen Diskussionen zu »Human Enhancement« und zu den ethischen Aspekten von Nanotechnologie und Hirnforschung wider. Im Gegensatz zur Situation auf EU-Ebene und in anderen Ländern spielen aber kritische Perspektiven keine größere Rolle. Es gibt allerdings Anzeichen dafür, dass diese Perspektiven wie auch historische und politisch-ethische Aspekte des Transhumanismus in der *Begleitforschung zur Nanotechnologie* zukünftig verstärkt berücksichtigt werden.
- › Zum anderen lässt sich aber *seit circa 2004 ein zumindest rhetorisches Abrücken* der vormals die NBIC-Initiative unterstützenden und die Konvergenzthematik stark machenden politischen Institutionen feststellen. Dies gilt z.B. für die DARPA, die NSF und das Handelsministerium. Dieses Abrücken geht aber nicht immer mit substanziellen Veränderungen der einschlägigen Förderaktivitäten einher, wie die DARPA-Aktivitäten zu »Human Enhancement« zeigen. Die Etablierung der NBIC-Initiative – die seit 2005 keine Konferenz mehr durchge-

führt hat – als Nachfolgerin der nationalen Nanotechnologieinitiative (NNI) oder eine vergleichbare Aufwertung erscheinen derzeit aber unwahrscheinlich. Ein etwaiger Regierungswechsel in den USA könnte allerdings eine veränderte Situation in Bezug auf die »Human-Enhancement«-Thematik mit sich bringen, da die Sensibilität für die ethischen Aspekte dieser Thematik bei wertkonservativen Unterstützern der derzeitigen Administration besonders hoch zu sein scheint (z.B. EGE 2006, S.31–37). Auch wenn die *Auswirkungen der NBIC-Initiative* auf die US-Forschungspolitik insgesamt gesehen eher gering sind, so haben die von der Initiative ausgehenden Impulse doch zweifelsohne international einige Entwicklungen in Gang gesetzt, insbesondere auf EU-Ebene.

EUROPÄISCHE UNION

3.

In diesem Kapitel werden die bisherigen *konzeptionellen und politischen Aktivitäten zur Konvergenzthematik* auf EU-Ebene analysiert. Im ersten Abschnitt finden sich eine Überblicksdarstellung, allgemeine Einschätzung und Chronik zur Relevanz der Konvergenzthematik auf EU-Ebene (Kap. V.3.1.). Die nächsten drei Abschnitte (Kap. V.3.2–V.3.5) behandeln die konzeptionell-programmatischen Aktivitäten vertieft, z.T. bereits unter Verweis auf abgeschlossene, laufende und geplante Projektförderungen. Ebenfalls eher unter konzeptionellen Gesichtspunkten sind die in Kapitel V.3.6 thematisierten Aktivitäten des Europäischen Parlaments von Interesse. Das anschließende Kapitel V.3.7 befasst sich hingegen vorrangig mit der Forschungsförderung im fünften und sechsten Forschungsrahmenprogramm sowie dem neuen siebten Forschungsrahmenprogramm, wobei sowohl auf die Programme und Förderstrategien eingegangen als auch exemplarisch auf einzelne Projektförderungen hingewiesen wird. Das Kapitel schließt mit einem kurzen Ausblick (Kap. V.3.8). Im Detail ist die *Struktur des Kapitels* wie folgt.

Zunächst wird in Kapitel V.3.1 überblicksartig dargestellt, welche Bedeutung der *Konvergenzthematik auf EU-Ebene* bisher zukommt, verbunden mit einer *allgemeinen Einschätzung* der anschließend dargelegten Untersuchungsergebnisse. Ergänzt wird dies durch eine detailreichere *Chronik*, die wie die Überblicksdarstellung zur allgemeinen Orientierung hinsichtlich der zum Teil unübersichtlichen Akteurslandschaft und Aktivitäten dienen soll.

Anschließend wird *vertiefend auf konzeptionelle EU-Aktivitäten* zur Thematik eingegangen, unter Berücksichtigung der für Nanotechnologie und -wissenschaften zuständigen Einheit der Europäischen Kommission (Kap. V.3.2), der frühen Foresight-Aktivitäten der Kommission (Kap. V.3.3), neuer und laufender sozialwissenschaftlicher und Foresight-Projekte der Kommission (Kap. V.3.4), anderer programmatisch-konzeptioneller Aktivitäten der Kommission (Kap. V.3.5) sowie der

eher vereinzelt Aktivitäten des *Europäischen Parlaments* (Kap. V.3.6), bei denen es sich vor allem um Foresight-Aktivitäten handelte. Bei den konzeptionellen Aktivitäten der *Europäischen Kommission* handelt es sich also im Einzelnen um

- › konzeptionelle und programmatische *Aktivitäten zu Nanotechnologie und -wissenschaft* und die Auseinandersetzung mit deren ethischen und gesellschaftlichen Implikationen, einschließlich Fragen wissenschaftlich-technischer Ausbildung und des öffentlichen Dialogs (Kap. V.3.2);
- › die relativ umfangreichen frühen *Foresight-Aktivitäten*, in denen die *vertiefte Auseinandersetzung mit dem Konvergenzkonzept (CTEKS-Agenda)* bisher vor allem stattgefunden hat (Kap. V.3.3);
- › einige *jüngst abgeschlossene oder laufende sozialwissenschaftliche Forschungsprojekte* zur Konvergenzthematik (Kap. V.3.4), die ebenfalls im Rahmen der *Foresight-Aktivitäten der Kommission* erfolgen;
- › *weitere konzeptionelle Aktivitäten zu NBIC-Konvergenzen*, vor allem in den Bereichen IKT, emergente Technologien und ethische Forschung (Kap. V.3.5).

Im Kapitel V.3.7 wird auf die Relevanz des Konvergenzkonzepts in den *Forschungsrahmenprogrammen* eingegangen. Dabei sollen zum einen die *Auswirkungen der frühen konzeptionellen Aktivitäten* der Kommission und der programmatische Hintergrund der neueren und laufenden sozialwissenschaftlichen Projekte sowie einige ihrer Ergebnisse kurz aufgezeigt werden. Zum anderen wird, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, auf *abgeschlossene, laufende und geplante Förderaktivitäten zu den NBIC-Bereichen* selbst eingegangen:

- › In der zusammenfassenden *Überblicksdarstellung* (Kap. V.3.7.1) zur Bedeutung des Konvergenzkonzepts bis 2006 wird vor allem resümiert, welche Veränderungen diesbezüglich im *sechsten Forschungsrahmenprogramm (2002–2006)* ab 2004 erfolgten. Überdies wird ansatzweise dargelegt, inwieweit das Konzept bereits in *Förderaktivitäten zu wissenschaftlich-technologischen Konvergenzprozessen* eine Rolle spielte, und beispielhaft auf Förderaktivitäten und *Projekte zu den NBIC-Feldern* eingegangen, die hinsichtlich der CT-Debatte von besonderem Interesse sind.
- › Anschließend werden Veränderungen thematisiert, die im Zuge des *siebten Forschungsrahmenprogramms (2007–2011)* vonstatten gingen (Kap. V.3.7.2). Dabei wird insbesondere auf Anzeichen für eine *Aufwertung des Konvergenzkonzepts* und die *geplante einschlägige Projektförderung* eingegangen.

Das Kapitel wird durch einen knappen *Ausblick* (Kap. V.3.8) abgeschlossen, in dem noch einmal zentrale Aspekte der bereits erfolgten, laufenden und geplanten EU-Aktivitäten genannt werden, verbunden mit einigen begründeten Vermutungen zur weiteren Entwicklung.

ÜBERBLICK UND ZUSAMMENFASSENDE EINSCHÄTZUNG

3.1

Mit dem Seventh Framework Programme for Research and Technology Development, dem neuen, siebten *Forschungsrahmenprogramm (FP) der EU*, hat sich das *Konvergenzkonzept auf EU-Ebene* etabliert:

- > Im neuen FP (insgesamt ca. 50,5 Mrd. Euro Förderung) findet das Konvergenzkonzept innerhalb des Themenblocks »Cooperation« (insgesamt ca. 32,5 Mrd. Euro) Berücksichtigung und zwar in den Themenbereichen »Food, Agriculture and Biotechnology«, »Information and Communication Technologies (ICT)« und »Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies (NMP)« (»NMP«).
- > Im spezifischen Arbeitsprogramm zum NMP-Themenbereich (ca. 3,5 Mrd. Euro) sind die Konzepte »Konvergierende Wissenschaften« (CS), »Konvergierende Technologien« (CT) und »Exploitation of the convergence of technologies« zentrale Strukturelemente. Thematisch vielfältige Förderungen wurden bereits ausgeschrieben, weitere angekündigt.
- > In den Arbeitsprogrammen und zukünftigen Förderaktivitäten zu den Bereichen IKT und »Food, Agriculture and Biotechnology« spielt das CT-Konzept ebenfalls eine größere Rolle als bisher, wobei im IKT-Bereich (und insbesondere bei den »Future and Emerging Technologies«/FET) die konzeptionellen und praktischen Aktivitäten deutlich weiter fortgeschritten sind.
- > Verschiedene Hinweise und die bisherige Praxis legt die Vermutung nahe, dass neben den Aktivitäten im Themenblock »Cooperation« auch in den anderen Themenblöcken des 7. FP (»Capacities«, »Ideas« und »People«) das Konvergenzkonzept Berücksichtigung finden wird.

Der Charakter des Konvergenzkonzepts ist zwar immer noch relativ offen. Vor allem im Rahmen von Foresight-Aktivitäten der Kommission und des Parlaments werden aber bereits seit einigen Jahren vielfältige Aktivitäten zur Ausarbeitung und vertieften Auseinandersetzung mit dem Konzept entfaltet. Hierbei spielen gesellschaftliche, sozioökonomische und ethische Aspekte eine herausragende Rolle und überdies die Frage nach möglichen Beiträgen der Sozial- und Geisteswissenschaften zum Verständnis von Konvergenzprozessen und deren mögliche Rollen in diesen. Vielfach ist in den Aktivitäten die implizite oder explizite Abgrenzung von Ideen und Visionen der NBIC-Initiative in den USA festzustellen. Dabei wurde das Konvergenzkonzept auch ohne den Fokus auf (insbesondere kognitives) »Human Enhancement«, einschließlich seiner militärischen Implikationen, weiterentwickelt, bis hin zur umfassenden Konzeption »konvergierender Technologien für die europäische Wissensgesellschaft« (CTEKS), bei der die Konvergenzperspektive, über die NBIC-Bereiche hinaus, auf eine Vielzahl anderer wissenschaftlicher und technolo-

gischer Felder ausgedehnt wurde. Zu den Stärken dieser Konzeption zählen die Entwicklung eines Rahmens für eine umfassende gesellschaftlich, politische und wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Konvergenzthematik sowie deren philosophische und sozialwissenschaftliche Analyse.

Neben *Projekten zur Untersuchung gesellschaftlicher, ökonomischer und ethischer Aspekte von Konvergenzprozessen* (insbesondere unter Einschluss der Sozial- und Geisteswissenschaften) wurde bereits im 6. FP eine *Reihe von naturwissenschaftlichen, technologischen und medizinischen Projekten* explizit unter dem Konvergenzlabel gefördert. Darüber hinaus wurde in den Förderaktivitäten zu den NBIC-Feldern sowie speziell zu emergierenden Technologien und Wissenschaften eine Vielzahl thematisch relevanter Projekte gefördert. Ein für die Nanokonvergenzthematik zuständiger Kommissionsmitarbeiter hat einige laufende Projekte in einem Onlineartikel in den weiteren Kontext der CT-Debatte gestellt, unter Bezug auf stark visionäre Perspektiven einer »Rekonstruktion des Menschen« (Bonazzi 2006).

Ausgangspunkt der Einführung des Konvergenzkonzepts in die EU-Politik war eine Serie von Veranstaltungen zur Nanotechnologie, die ab dem Jahr 2000, zum Teil in Zusammenarbeit mit der US-amerikanischen NSF, stattfanden. Generell lässt sich feststellen, dass das *Konvergenzkonzept* seit dem Jahr 2000 immer wieder in Dokumenten und Informationsmaterialien für die Öffentlichkeit (insbesondere zur Nanotechnologie) auftaucht, allerdings selten mit näheren Ausführungen. Gleiches gilt für Reden der jeweiligen Kommissare für Wissenschaft und Forschung, während Mitarbeiter der Kommission gelegentlich in Vorträgen vertieft auf die verschiedenen Aspekte des Konzepts eingingen. Von parlamentarischer Seite wurde es bisher vor allem in zwei größeren Veranstaltungen (in den Jahren 2003 und 2006) und im Rahmen eines Foresight-Projekts thematisiert.

Überdies besteht schon seit Langem weitgehend Konsens auf EU-Ebene darüber, dass das *Zusammenspiel verschiedener Technologiebereiche* sowie *Multi-, Inter- und Transdisziplinarität* gefördert werden sollen. Chancen und Herausforderungen, die sich dabei ergeben, finden in unterschiedlichen Zusammenhängen Beachtung. Das *sechste Forschungsrahmenprogramm* (FP) wies eine Vielzahl von Erklärungen und Projektförderungen auf, in denen Multi- oder Interdisziplinarität generell (und verschiedenen *Kombinationen von Nano-, Bio- und Informationstechnologien* im Besonderen) große Bedeutung beigemessen wurde. Die *Kognitionswissenschaften und Hirnforschung* nehmen bis heute keine gleichrangige Rolle ein, werden aber vor allem im medizinischen Bereich und in einigen speziellen Förderaktivitäten – vor allem auch zu neuen und visionären wissenschaftlich-technologischen Entwicklungen – seit Längerem gezielt gefördert, unter Berücksichtigung von NBIC-Konvergenzen.



Ausgehend von Foresight-Aktivitäten und insbesondere der Agenda »Converging Technologies for the European Knowledge Society« (CTEKS), die durch eine hochrangige Expertengruppe konzipiert wurde (EU HLEG FNTW 2004), kam es zur nachträglichen Aufnahme des Konvergenzkonzepts in Dokumente des 6. FP und ansatzweise auch in die Projektförderung (insbesondere in den Gebieten Foresight und Nanotechnologie und -wissenschaft). Die Nutzung des Konzepts und die vertiefte Auseinandersetzung mit diesem ließen sich dementsprechend vor allem bei den Einheiten der *Generaldirektion Forschung* feststellen, die sich mit diesen Gebieten befassen (s. Kasten).

**VERORTUNG DES KONVERGENZTHEMAS BIS 2006
(VOR DER UMSTRUKTURIERUNG IM ZUSAMMENHANG MIT DEM 7. FP)**

1) Europäische Kommission

- a) *Generaldirektion Forschung*: Direktion G (»Industrial technologies«) und Direktion K (»Social sciences and humanities; foresight«) seit Längerem besonders aktiv, insbesondere im Zusammenhang mit Aktivitäten zur Nanotechnologie; relevante Aktivitäten auch seitens der Direktionen B (»Structuring the European Research Area«), C (»Science and society«) und E (»Food, Agriculture and Biotechnology«).
- b) *Generaldirektion Informationsgesellschaft und Medien*: Direktion F (»Emerging Technologies and Infrastructures«)
- c) *Generaldirektion Gesundheit und Verbraucherschutz* (Risikoabschätzung zur Nanotechnologie)

2) Europäisches Parlament:

Frühzeitiges Interesse seitens der grünen Fraktion (Workshop im Jahr 2003, zusammen mit Abgeordneten anderer Fraktionen und verschiedener NRO) und in jüngster Zeit Aktivitäten im *Foresight-Bereich* sowie im Rahmen interinstitutioneller *Aktivitäten zur Nanotechnologie*.

Von anderen Einheiten der *Generaldirektion Forschung* wurden ebenfalls thematisch relevante Aktivitäten (zum Teil unter Bezug auf das Konvergenzkonzept) durchgeführt. Im speziellen Aktivitätsbereich »New and emerging science and technology« (NEST) des 6. FP, der im 7. FP nicht mehr existiert, erfolgte eine Förderung zahlreicher Projekte von unmittelbarer Bedeutung für visionäre und emergente Aspekte der NBIC-Konvergenz, wobei vereinzelt auch das Konvergenzkonzept thematisiert wurde. Die zuständige Einheit im Direktorat B der *Generaldirektion Forschung* machte es sich jedoch nicht zu Eigen. Die Direktion E veranstaltete

Ende 2005 einen Expertenworkshop zur Nutzung konvergierender *NBIC-Technologien in der Lebensmittelindustrie*.

Auch bei *anderen Generaldirektionen* sowie bei Beratungsgremien der Kommission fand das Konzept vereinzelt Beachtung: In den Planungen für das 7. FP spielte es im Bereich »zukünftige und emergente Technologien für die Informationsgesellschaft« (Future and Emerging Technologies, FET) eine *herausragende Rolle*, wobei mit expliziten Bezügen auf das NBIC-Konvergenzkonzept systematisch zentrale Aspekte der CT-Thematik (einschließlich »Human Enhancement«) aufgegriffen wurden. Diese starke Betonung der Konvergenzperspektive hat sich zum Teil auch in den FET betreffenden Passagen des neuen, 7. FP und in dem *aktuellen Arbeitsprogramm zum IKT-Bereich* niedergeschlagen, in dem überdies auch unabhängig von den FET-Aktivitäten technologische Mikro/Nano-Bio-Info-Konvergenzprozesse gefördert werden sollen. Die *Generaldirektion Gesundheit und Verbraucherschutz* organisierte im Jahr 2004 einen auch in der wissenschaftlichen Diskussion vielbeachteten Workshop zur Risikoanalyse der Nanotechnologie, bei dem von französischer Seite philosophische Aspekte der NBIC-Konvergenz thematisiert und Ideen der amerikanischen NBIC-Initiative kritisch thematisiert wurden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, auch mit Blick auf neuere Entwicklungen (Tab. 8), dass die stark visionäre Prägung des Themas offensichtlich zunächst vor allem zu einer Verankerung in prospektiven Aktivitäten geführt hat, was der Vorgehensweise in verschiedenen Nationalstaaten entspricht. Auf der Ebene der Projektförderung schlug sich dies bisher darin nieder, dass explizite Bezüge auf das Konvergenzkonzept hauptsächlich in Foresight-Studien und Innovationsanalysen vorkamen. Als ein Konzept der Forschungsförderung in FuE-Bereichen, insbesondere des Nanofeldes, hat das CT-Konzept aber im siebten Forschungsrahmenprogramm eine starke Aufwertung erfahren. In diesem Zusammenhang und darüber hinaus wird vielfach ein Bedarf für die Weiterentwicklung einer gesellschaftlichen Vision zu den konvergierenden Wissenschaften und Technologien festgestellt und eine noch stärkere Berücksichtigung ethischer und sozioökonomischer Aspekte befürwortet. Durch abgeschlossene und laufende Foresight-Aktivitäten der Kommission und des Parlaments ist dafür eine breite Basis gelegt worden, deren Tragfähigkeit derzeit in verschiedenen Projekten untersucht wird.



TAB. 8 KARRIERE DES CT-THEMAS AUF EU-EBENE (CHRONIK)

2000:	Beginn einer Serie von gemeinsamen <i>Workshops der Kommission und der US-amerikanischen National Science Foundation (NSF) zur Nanotechnologie</i> , die bis 2004 reicht und von anderen internationalen Folgeaktivitäten (ebenfalls mit der NSF) abgelöst wird. Der Kommissar für Wissenschaft und Forschung spricht auf der ersten Konferenz im Jahr 2000 von einer Konvergenz zwischen den traditionellen Disziplinen Physik, Chemie und Biologie sowie von Konvergenzen zwischen den Life Sciences, der Informationstechnologie und der Materialwissenschaft, die sich aufgrund des gemeinsamen Fokus auf die Nanoskala ergäben. Der multi- und interdisziplinäre Charakter der Nanotechnologie wird (wie in den Folgejahren) stark betont.
ab 2003:	<i>Foresight-Aktivitäten der Kommission</i> zur CT-Thematik (mit zahlreichen Berührungspunkten mit Aktivitäten zur Nanotechnologie sowie zu zukünftigen und emergenten Technologien, insbesondere IKT)
2003 und 2004:	In mehreren <i>Konferenzen</i> , die von diversen Akteuren auf EU-Ebene organisiert werden, findet das Konvergenzkonzept im Kontext der <i>Debatte über Nanotechnologie</i> Beachtung. Dabei wird von verschiedener Seite – auch von Mitarbeitern der Kommission – das US-amerikanische NBIC-Konzept kritisiert und die Notwendigkeit betont, einen europäischen Ansatz zu entwickeln. In Aktivitäten zum Feld »Wissenschaft und Gesellschaft« betonen Kommissionsmitarbeiter in den Bereichen Foresight und Ethik die herausgehobene Bedeutung der NBIC-Konvergenzthematik und des »Human Enhancement« für die <i>ethische Forschung</i> . Im Rahmen einer vor allem von »Microsoft Research« (Großbritannien) getragenen Konferenz zu <i>Konvergierenden Wissenschaften und IKT</i> stellen Kommissionsmitarbeiter in den Bereichen Foresight, »Future and emerging technologies for the information society (FET)« und »New and emerging science and technology (NEST)« die Aktivitäten ihrer Einheiten in den Konvergenzzusammenhang.
September 2004:	<i>Abschlussbericht »Converging Technologies for the European Knowledge Society« (CTEKS)</i> der hochrangigen <i>Expertengruppe »Foresighting the New Technology Wave«</i> (EU HLEG FNTW 2004) im Rahmen der Foresight-Aktivitäten der Kommission. Sozial- und Geisteswissenschaftler waren in der Gruppe stark vertreten. Der Endbericht ist implizit ein Gegenentwurf zum ersten Bericht der amerikanischen NBIC-Initiative (z.B. in Bezug auf militärische Nutzung der CT und auf transhumanistische Ziele der technischen »Verbesserung« des Menschen). Das CT-Konzept wird auf weitere Technologien und Wissenschaften ausgeweitet, bei besonderer Betonung der Sozial- und Geisteswissenschaften. Kommissionsmitarbeiter mit Zuständigkeit für das Nanofeld und den speziellen Aktivitätsbereich »New and emerging science and technology« (NEST) nehmen an der Abschlusskonferenz teil und bekunden auf dieser, dass in ihren Arbeitsgebieten eine Projektförderung im Sinne der Konvergenzperspektive bereits in erheblichem Ausmaß erfolge.
ab Ende 2004:	Veränderungen im sechsten Forschungsrahmenprogramm (2002-2006): Aufnahme des Themas »New converging technologies and their wider implications for a European knowledge-based Society« in das Arbeitsprogramm zum 6. FP in einem Aktionsfeld des Themenbereichs »Citizens and Governance in a knowledge based society«. Inhaltlich wird an die vorangegangenen Foresight-Aktivitäten angeknüpft, ab 2005 werden einige Projekte mit unmittelbarem Bezug auf das CT-Konzept gefördert. Aufnahme des Themas »Towards >converging< technologies« in ein Aktionsfeld

des Themenbereichs *Nanotechnologie und Nanowissenschaften*. Konvergenz wird dort definiert als »crossing the boundaries between previously separate scientific and engineering disciplines, including also the social, cognitive and neuro-sciences«. »Topics related to security« werden ausgeschlossen, und es erfolgt ein Verweis auf neue Chancen für Menschen mit Behinderungen. Ausgehend davon werden verschiedene Projekte gefördert, z.B. mit drei Mio. Euro das Dreijahresprojekt NANOBIOACT, in dem ein »biomimetischer Finger« entwickelt werden soll, eine künstliche Kopie des menschlichen Fingers (einschließlich taktile Wahrnehmung), die direkt an das Zentralnervensystem anschließbar sein soll.

Soweit aus den *offiziellen Projektkurzbeschreibungen* ersichtlich, hält sich jedoch im 6. FP die Förderung von Projekten mit explizitem Bezug auf das Konvergenzkonzept weiter in sehr engen Grenzen. Ungeachtet dessen werden weiterhin viele Projekte gefördert, die aus der Perspektive der NBIC-Konvergenz relevant sind, u.a. (zahlreiche) ausgewiesene Nano-Bio-Projekte, in der Mikrosystemtechnik, im spezifischen Aktivitätsbereich »New and emerging science and technology« (NEST), in dem auch mehrere visionäre Projekte zu NBIC-Konvergenzen gefördert wurden, sowie im Gebiet »zukünftige und emergente Technologien« (»FET«) des Themenbereichs »Technologien für die Informationsgesellschaft«. Es gibt Hinweise darauf, dass bei der Förderung zahlreicher Nano- und IKT-Projekte Konvergenzkonzepte bereits zugrunde gelegt wurden.

Mai 2005: Vorschlag der Kommission für das *siebte Forschungsrahmenprogramm*:

Im Feld (»area«) »Nanowissenschaft- und Technologien« werden die Erkundung neuer Konzepte einschließlich der Konvergenz emergenter Technologien sowie die Entwicklung neuer »engineering concepts exploiting the convergence of technologies« angekündigt.

Im Feld »Informations- und Kommunikationstechnologien« werden als zentrale Herausforderungen das globale Miniaturisierungswettrennen, die Medienkonvergenz, die Konvergenz mit anderen Wissenschaften und Disziplinen sowie die Entwicklung lernender und sich entwickelnder Systeme genannt. Eine neue Welle von Technologien wird vorausgesagt. Die Forschungsaktivitäten zu IKT müssten stärker auf andere Disziplinen (einschließlich der Biologie und der Kognitions- und Sozialwissenschaften) zurückgreifen.

Im Feld »Food, Agriculture and Biotechnology« wird die Förderung von CT in Aktivitäten zur nachhaltigen Produktion und zum Management biologischer Ressourcen angekündigt.

Im Feld »Socio-economic Sciences and the Humanities« werden Foresight-Aktivitäten u. a. zu »future developments in and across major research domains and scientific disciplines« angekündigt, allerdings ohne Bezug auf das Konvergenzkonzept.

In der Folgezeit werden weitere Vorschläge oder Absichten zur Integration des Konvergenzkonzepts ins 7. FP öffentlich gemacht, insbesondere im Aktivitätsbereich »zukünftige und emergente Technologien« (»Future and emerging technologies«; FET) des Prioritätsfelds »Technologien für die Informationsgesellschaft«, aber auch in den Empfehlungen des European Research Advisory Board (EURAB) zur Förderung sozial- und geisteswissenschaftlicher Forschung (mit der Umsetzung der CTEKS-Agenda als erster Empfehlung).

Juni 2005: *Mitteilung der Kommission* »Nanowissenschaften und Nanotechnologien: Ein Aktionsplan für Europa 2005-2009«, in der in Bezug auf die Nanowissenschaft –



neben der Erwähnung von Begriffen wie »Schlüsselwissenschaft« und »enabling science« – »konvergierend« als alternativer Begriff zu »interdisziplinär« verwendet wird. Die Erwähnung der hochrangigen Expertengruppe, die die *CTEKS-Agenda* entwickelt hat, erfolgt unter Verweis auf den brisanten Charakter gesellschaftlicher Auswirkungen der Nanotechnologie. In einem *Arbeitsdokument der Kommission zu den Life Sciences und der Biotechnologie* (COM(2005) 286 final) wird auf Konvergenzen zwischen den NBI-Feldern hingewiesen, während »Konvergierende Wissenschaften und Technologien« insgesamt zu den »emerging issues« gezählt werden (unter Verweis auf die einschlägigen Aktivitäten der CT-Expertengruppe und der European Group on Ethics, EGE).

ab Mitte
2005:

Berücksichtigung der CT-Thematik und -Debatte in verschiedenen *Aktivitäten zur Nanotechnologie* (Nanobiomedizin, Dialog mit der Öffentlichkeit, Ethik), z.B. auf dem von der Kommission geförderten »EuroNanoForum 2005« zu Gesundheitsaspekten der Nanotechnologie und im Rahmen des *Dialogprojekts* »Nanologue« zu ethischen und gesellschaftlichen Aspekten der Nanotechnologie. Fortsetzung der Förderung einschlägiger naturwissenschaftlich-technologischer Projekte im Nanofeld, zum Teil unter Einbeziehung von Konvergenzperspektiven.

Förderung mehrerer *Forschungsprojekte zur CT-Thematik* im sechsten Rahmenprogramm (in Verantwortung der *Foresight-Einrichtungen der Kommission*): Schwerpunktthemen sind die Aufgaben und Perspektiven der Sozial- und Geisteswissenschaften, die Rolle der Kognitionswissenschaft sowie die Identifikation von »converging clusters« aus den NBIC-Bereichen (u.a. durch bibliometrische Analysen). Abschluss der Arbeit der 2004 eingesetzten hochrangigen *Expertengruppe* »Key Technologies«, die an die Arbeitsergebnisse der CT-Expertengruppe angeknüpft hatte.

Auseinandersetzung mit *ethischen Fragen der NBIC-Technologien* und dabei auch Berücksichtigung von Konvergenz- und »Human-Enhancement«-Aspekten (Arbeiten der *European Group on Ethics in Science and New Technologies*, EGE, zu IKT-Implantaten im menschlichen Körper und zur Nanomedizin; Förderung ethischer Forschung und von Dialogprojekten im Bereich »*Science and society*«; Forschungsförderung in den NBIC-Bereichen unter Einbeziehung ethischer Aspekte und Expertise; diverse Konferenzen und andere Veranstaltungen)

Im Juni 2005 Beginn der Arbeiten des ERA-NET (Maßnahme zur Stärkung des Europäischen Forschungsraums) mit dem Titel »Scientific Knowledge for Environmental Protection« (SKEP), an dem sich 17 Ministerien oder Ämter aus 13 Mitgliedstaaten beteiligen. Unter Federführung Frankreichs wurde in den (noch bis Mai 2009 laufenden) Aktivitäten ein Schwerpunkt auf die Folgen der NBIC-Konvergenz gelegt, in einem »Arbeitspaket« zu emergierenden Themen für zukünftige umweltwissenschaftliche Forschungsplanung.

Im September 2005 betont der *Kommissar für Wissenschaft und Forschung* in einer Konferenzansprache die Notwendigkeit, multidisziplinäre Konvergenzansätze auch in Bezug auf *Biotechnologien und -wissenschaften* zu fördern (Konvergenz mit anderen Technologien wie Nano- und Informationstechnologien). Auf der *Konferenz*, die sich mit dem Konzept einer »wissensbasierten Bioökonomie« befasste, wurde u.a. auf Chancen durch CT im forstwissenschaftlichen und waldwirtschaftlichen Bereich verwiesen. Im Dezember 2005 Organisation eines Expertenworkshop durch das *Direktorat E (Biotechnologie, Landwirtschaft und Ernährung)* der *Generaldirektion Forschung* zur Nutzung von NBIC-Technologien und -Wissenschaften im Ernährungsbereich.

Aktivitäten der parlamentarischen Technikfolgenabschätzung auf EU-Ebene zur CT-Thematik: im Oktober 2005 Konferenz des Netzwerks europäischer parlamentarischer TA-Einrichtungen (EPTA) zur NBIC-Konvergenz; im Juni 2006 Workshop »Converging Technologies in the 21st Century: Heaven, Hell or Down to Earth?« des *Scientific Technology Options Assessment* (STOA) des Europäischen Parlaments (zur Diskussion des Endberichts einer eigenen Foresight-Studie zum Thema).

Durchführung des *interinstitutionellen »European Forum on Nanosciences: A Converging Approach Across Disciplines«* (Oktober 2006), bei dem auch forschungspolitische und gesellschaftlich-ethische Aspekte der CT erörtert wurden und das dazu dienen sollte, insbesondere NBIC-Konvergenzprozesse voranzubringen. Die Generaldirektion Forschung und »Microsoft Research« (Großbritannien) veranstalten im November 2006 eine hochrangig besetzte, nichtöffentliche Konferenz, auf der (unter Beteiligung des Microsoft-Gründers Bill Gates und des Kommissars für Wissenschaft und Forschung) auch mögliche Folgen emergenter und konvergierender Technologien für den Menschen (Körper und Geist) diskutiert werden sollten. Auch in diversen Beiträgen zum »EuroNanoForum« 2007 in Düsseldorf wird auf den Konvergenzaspekt eingegangen.

Im *siebten Rahmenprogramm* findet die sich vorher abzeichnende *Aufwertung des Konvergenzkonzepts* statt, insbesondere im Themenbereich *Nanotechnologien und -wissenschaften*, aber auch im *IKT-Feld* und (in geringem Umfang) im Bereich »Food, Agriculture and Biotechnology«. Dies schlägt sich auch in den entsprechenden *Arbeitsprogrammen zu den Themenbereichen* und den ersten *Ausschreibungen* (beide im Dezember 2006) nieder. Im Arbeitsprogramm zum Nanofeld hat das wissenschaftlich-technologische Konvergenzkonzept zentrale Bedeutung, vielfältige Förderaktivitäten laufen unter den Labels »konvergierende Wissenschaften« und »konvergierende Technologien« an oder werden angekündigt. Die für Nanowissenschaften und -technologien zuständige Einheit der Generaldirektion Forschung nimmt dementsprechend »Convergent Science and Technologies« in ihren Namen auf. Im Arbeitsprogramm zum IKT-Feld sind Konvergenzprozesse ein wichtiges Thema, insbesondere in Bezug auf zukünftige und emergierende Technologien.

Quelle: eigene Zusammenstellung

KONZEPTIONELLE AKTIVITÄTEN IM NANOBEREICH

3.2

Von den Themenbereichen der Forschungsrahmenprogramme, die sich den NBI-Feldern zuordnen lassen – zur Kognitionswissenschaft gibt es keinen eigenen Themenbereich –, ist eine längere und vertiefte Auseinandersetzung mit dem Konvergenzkonzept nur beim Themenbereich Nanowissenschaft und -technologien festzustellen. Dies entspricht der *Herkunft und Verankerung der internationalen CT-Debatte* in Aktivitäten zur Nanotechnologie und deren gesellschaftlichen und ethischen Implikationen (Kap. V.2). Auf ausgesuchte konzeptionell-programmatische Aktivitäten zur Nanotechnologie, einem *selbst genuin interdisziplinären Themenbereich*, wird im Folgenden eingegangen.

ÜBERBLICK

3.2.1

In diesem Zusammenhang ist an die *Zusammenarbeit zwischen der Europäischen Kommission und der US-amerikanischen National Science Foundation (NSF)* zur Nanotechnologie zu erinnern, im Zuge deren es ab 2000 zur Organisation von insgesamt vier gemeinsamen Workshops kam (und in den Folgejahren zu weiteren internationalen Workshops, unter Beteiligung weiterer Akteure). In seinen einleitenden Worten zum ersten *Workshop im Jahr 2000* sagte Philippe Busquin, der damalige EU-Kommissar für Wissenschaft und Forschung, dass am Anfang des neuen Jahrhunderts deutlich werde, dass die Forschung in den *Life Sciences, der Informationstechnologie und den Materialwissenschaften* aufgrund des gemeinsamen Fokus auf dem Nanometerbereich konvergiere. In allen drei Bereichen hänge technologischer Fortschritt von Knowhow und der Kontrolle von Materialien auf der Nanoebene ab. Es handele sich um eine Konvergenz der traditionellen Disziplinen Physik, Chemie und Biologie an einer gemeinsamen »research frontier«. In dem Workshop-Bericht, der ansonsten auf den Konvergenzbegriff verzichtet, werden u.a. der multidisziplinäre Charakter der Nanotechnologie und Berührungspunkte zwischen Bio- und Nanotechnologie betont, aufgrund derer auch einige der traditionellen Ansätze zur wissenschaftlich-technischen Ausbildung (Kap. V.3.2.4) überdacht werden müssten. Die *Kognitionswissenschaft* kommt hier noch nicht vor.

Ab 2004 wurde das Konvergenzkonzept von der *EU-Kommission* auf programmatischer Ebene im *Kontext der Planung und Zukunftsforschung zur Nanotechnologie* verortet (EU-Kommission 2004). Dabei wurde auf die entsprechenden Foresight-Aktivitäten der Kommission (Kap. V.3.3.1) Bezug genommen. Überdies wurde die Forderung nach einer deutlichen Erhöhung der europäischen öffentlichen Investitionen auf dem Gebiet der Nanotechnologie unter explizitem Verweis auf Konvergenzprozesse begründet: Die Investitionen sollten sich auf »die anspruchsvollsten Aspekte konzentrieren« und insbesondere auf »wissensgestützte industrielle Innovation (>Nanofertigung<), Integration der Makro-, Mikro- und Nanoebene und interdisziplinäre (konvergierende) FuE« (EU-Kommission 2004, 3.1.1., S.11). Auch eine Synergie mit der EU-Strategie für Biowissenschaften und -technologie könne von Vorteil sein.

In den Jahren 2003 bis 2005 fanden mehrere *Veranstaltungen zu Nanowissenschaften und -technologien* statt (z.B. Fantechi/Tomellini 2004; Healey/Glimell 2004; Mason et al. 2006; Monk/Rachamim 2005), bei denen auch, vor allem im Zusammenhang mit gesellschaftlichen, ethischen und bildungspolitischen Aspekten, das Konvergenzkonzept diskutiert wurde. Neben den Experten aus Politik und Wissenschaft spielten dabei NRO (wie vor allem die ETC Group) eine Rolle (Fiedeler 2003; Healey/Glimell 2004; Rogers 2003b), die z.B. zusammen mit der grünen

Fraktion im Jahr 2003 einen Workshop im Europäischen Parlament organisierten (Kap. V.3.6), an der auch Mitarbeiter der Kommission teilnahmen. Angesprochen oder kritisch diskutiert wurden auf diesen Veranstaltungen u. a. die Prominenz militärischer Interessen an der NBIC-Konvergenz in den USA, neue Chancen durch CT im medizinischen Bereich (Mason et al. 2006) und ethische Probleme, die sich aus neuen Möglichkeiten des kognitiven (und anderer Formen von) »Human Enhancement« ergeben könnten sowie mögliche Herausforderungen durch Konvergenzprozessen in der Ausbildung von Wissenschaftlern und Ingenieuren (Bayot 2004; Monk/Rachamim 2005).

Überdies waren weitere Veröffentlichungen, eine Reihe von *Roadmapping-Aktivitäten* und diverse Forschungsprojekte und Aktivitäten zu *ethischen und gesellschaftlichen Aspekten* (oder unter Einbezug dieser) zu verzeichnen. Bei letzteren hat das CT-Konzept auch explizit häufiger Beachtung gefunden, wie im Folgenden zunächst exemplarisch aufgezeigt wird. Anschließend wird kurz auf das Thema Bildung/Ausbildung und aktuelle konzeptionelle Aktivitäten eingegangen.

ETHISCHE, RECHTLICHE UND GESELLSCHAFTLICHE ASPEKTE

3.2.2

Eine vertiefte Auseinandersetzung vor allem mit ethischen, anderen philosophischen und gesellschaftlichen Fragen (und insbesondere dem Thema »Human Enhancement«) erfolgte z.B. im Rahmen der Aktivitäten des »Nanoforums« (Malsch 2005), eines von der EU-Kommission erstmals im fünften Forschungsrahmenprogramm geförderten thematischen Netzwerks. Die dort geführten Diskussionen weisen zahlreiche Verbindungen zu den Foresight-Aktivitäten und Diskussionen zur Konvergenzthematik auf, die seitens der Kommission (Kap. V.3.3), des Parlaments (Kap. V.3.7) oder auf nationaler Ebene in verschiedenen Ländern stattgefunden haben. Gleiches gilt auch für Teile der wissenschaftlichen Forschung und Beratung zu ethischen Fragen der Nanotechnologie, für Projekte zur Nano-Bio-Konvergenz, bei der ethische und gesellschaftliche Aspekte berücksichtigt werden, sowie für Aktivitäten zum öffentlichen Dialog über Nanotechnologie, die allesamt von der Kommission gefördert wurden oder noch werden (Kap. V.3.7).

Die Diskussionen, die im Rahmen dieser EU-geförderten Aktivitäten geführt werden, spiegeln die *ganze thematische Breite der CT-Debatte* wider. Beispielhaft sei hier auf einen gemeinsamen Workshop der beiden laufenden Nano-Bio-Projekte NANOBIORAISE und NANO2LIFE hingewiesen, der im Januar 2006 in Münster durchgeführt wurde und sich mit *ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Aspekten von Mensch-Maschine-Schnittstellen, Implantaten und Neurobionik* befasste (Lüttenberg 2006; vgl. Grunwald 2007c). Der Workshop wurde durch die Zusammenstellung einiger gemeinsamer *Empfehlungen* abgeschlossen. In diesen wur-



de zum einen eine verstärkte und systematische Untersuchung der visionären Aspekte und ihrer Relevanz im politischen, akademischen und gesellschaftlichen Diskurs («Vision Assessment») vorgeschlagen. Zum anderen wurden vier spezifische ethische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte zur vertieften Diskussion vorgeschlagen (Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen von *Nanopartikeln*, die Gefahr eines »*Nano Divide*«, *geistiges Eigentum und Patentfragen* sowie Patientenschutz und eventuell notwendige Regulierung bei *Eingriffen ins menschliche Gehirn*). Mit einigen dieser Fragen hat sich, auch unter rechtlichen Aspekten, bereits die *European Group on Ethics in Science and New Technologies* (EGE 2005, 2006 u. 2007) beschäftigt (Kap. V.3.5.2).

Hinsichtlich der »*Human-Enhancement*«-Frage und der anderen ethisch relevanten Themen sowie der stark visionären Aspekte der CT sei auch noch auf den Inhalt des bereits erwähnten Onlineartikels hingewiesen, der von einem für die Nanokonvergenzthematik zuständigen Mitarbeiter der Kommission verfasst wurde (Bonazzi 2006): Mehrere neuere Projekte (Kap. V.3.7.1), überwiegend mit neurotechnologischer und medizinisch-prothetischer Ausrichtung, werden dort in den weiteren Kontext der CT-Debatte gestellt, unter Hinweis darauf, dass es in ihnen allen um den technischen Ersatz oder die Veränderung menschlicher Sinne geht. Die sich abzeichnenden Möglichkeiten einer »Rekonstruktion des Menschen«, die sich aus der Entwicklung neuer behinderungskompensierender und medizinischer Anwendungen auch ergäben, würfen eine Reihe grundsätzlicher ethischer Fragen auf und veränderten den Blick auf das alte philosophische Problem des Körper-Geist-Gegensatzes. Die Projekte werden unter Titeln präsentiert, die stark visionäre Anklänge haben (z.B. »*Lord, let me see!*« für ein Neuroprothetik-Projekt).

BILDUNG UND AUSBILDUNG

3.2.3

Die bereits um das Jahr 2000 in den USA und auf EU-Ebene mehrfach konstatierten *Herausforderungen durch Konvergenz im Bereich der wissenschaftlichen Bildung* wurden in den folgenden Jahren zu verschiedenen Anlässen vertieft diskutiert. Mögliche Herausforderungen, die sich aus Konvergenzprozessen bei der *Ausbildung von Nanowissenschaftlern und -ingenieuren* ergeben könnten, gehörten z.B. auch zu den Themen eines Workshops im April 2005 (Monk/Rachamim 2005). Dort wurden von den Experten sehr unterschiedliche Auffassungen vertreten. Drei *unvereinbare Positionen* waren festzustellen:

- › Einschätzung von Konvergenzen als (aktuelle oder zukünftige) Selbstläufer;
- › Notwendigkeit gezielter Förderung von Interdisziplinarität;
- › Leugnung der Relevanz (oder sogar Existenz) von Konvergenzen.

Nennenswerte Ansätze zur Integration des Konvergenzkonzepts im Ausbildungsbereich wurden nicht festgestellt. Auch in den *Schlussfolgerungen* des Berichts wird es nicht aufgegriffen. Einige der Forderungen betreffen aber das *Thema Interdisziplinarität*, dessen Relevanz (nicht nur) für Nanowissenschaften und -technologien betont wird. Zugleich erfolgt aber die Warnung, eine *solide disziplinäre Ausbildung* (insbesondere in den frühen Phasen der Ausbildung) nicht zu vernachlässigen. Interdisziplinäre und -institutionelle *Masterkurse* seien zu fördern, wobei Benchmarking erfolgen solle. Netzwerke (auch online) könnten die *Entwicklung eines gemeinsamen Vokabulars für verschiedene Disziplinen* erleichtern. Ebenfalls nützlich zur Förderung interdisziplinärer Kompetenzen seien

- > eine verstärkte Orientierung auf »problembasiertes und induktives Lernen«;
- > die systematische Nutzung von Beispielen aus anderen Disziplinen in der Lehre;
- > verstärkte Förderung der Mobilität von Wissenschaftlern;
- > interdisziplinäre Sommerschulen und ähnliche Veranstaltungen.

Das bereits erwähnte EU-geförderte Netzwerk »Nanoforum« wird lobend erwähnt, u. a. weil kostenlos zugängliche Onlineinformationen zur Stärkung der europäischen »nano community« nützlich seien.

NEUERE ENTWICKLUNGEN

3.2.4

Im Zuge der *Vorbereitung des siebten Forschungsrahmenprogramms* (Kap. V.3.7.2) kam es zu einer deutlichen *Aufwertung des Konvergenzkonzepts*: Insbesondere im spezifischen Arbeitsprogramm zum Nanofeld (NMP) und durch die Umbenennung des zuständigen Referats 4 der Direktion G (»Industrial Technologies«) der Generaldirektion Forschung, das nun »Nano- and converging Sciences and Technologies« heißt, zeigt sich, dass das Konvergenzkonzept nun erklärtermaßen von zentraler Bedeutung für diesen Bereich ist. Allerdings werden hier z.T. bestehende Arbeitsschwerpunkte umgetauft und mit der Konvergenzrhetorik beschrieben.

Auch wenn bereits Ausschreibungen in erheblichem Umfang unter den Labels »Konvergierende Wissenschaften« und »Konvergierende Technologien« stattgefunden haben (Kap. V.3.7.2), wird weiterhin ein *Bedarf für konzeptionelle Aktivitäten* gesehen und die *verstärkte Berücksichtigung ethischer, rechtlicher und sozio-ökonomischer Aspekte (sowie der entsprechenden Disziplinen) bis hin zur Entwicklung einer umfassenden gesellschaftlichen Vision* befürwortet. Dies wurde nicht nur in Dokumenten zum siebten Forschungsrahmenprogramm betont, sondern auch auf einer interinstitutionellen Konferenz der »nano community« im Oktober 2006, dem »European Forum on Nanosciences: A Converging Approach Across Disciplines«. Zu den Organisatoren zählten u. a. das Netzwerk »European Co-operation in the field of Scientific and Technical Research« (COST), die Europäische Kommis-

sion, das Parlament (in Gestalt seiner TA- und Foresight-Einrichtung STOA; Kap. V.3.6) und die European Science Foundation (ESF). Auf der Konferenz wurde deutlich, dass

- > das Konvergenzkonzept eine herausgehobene Rolle bei der Auseinandersetzung mit den umfassenden gesellschaftlichen sowie ethischen Aspekten der Nanowissenschaft und -technologien und ihrer Überschneidungsbereiche mit den anderen NBIC-Feldern spielen soll;
- > in dieser Hinsicht ein Bedarf für eine Weiterentwicklung des Konzepts gesehen wird, vor allem auch hinsichtlich zentraler Leitbilder der EU-Politik (wie Wissensgesellschaft und Lebensqualität);
- > innerhalb der politischen und akademischen »nano community« tatsächlich ein starkes Interesse an NBIC-Konvergenzen und insbesondere auch an Entwicklungen im Bereich der Hirnforschung besteht.

Seitens des Referats »Nano- and converging Sciences and Technologies« wurde auf der Konferenz betont, dass im Bereich Nanomedizin, bei dem die Kommission einen hohen Bedarf für ethische Reflektion sieht (dazu EGE 2006 u. 2007), der Schwerpunkt auf dem Ziel der Behandlung von Krankheiten liege und nicht auf »Human Enhancement« (Tomellini 2007).

Im Folgenden wird zunächst aufgezeigt, wie sich die *Auseinandersetzung mit dem Konzept und der CT-Debatte* seitens der Kommission entwickelt hat und welche Ergebnisse diese Auseinandersetzung zeitigte, auch was die Entwicklung einer umfassenden gesellschaftlichen Vision betrifft (Kap. V.3.3). Dabei steht die *CTEKS-Agenda* im Mittelpunkt, die auch in der internationalen Diskussion weithin als zentral für die Position der EU angesehen wird und zahlreiche EU-Folgeaktivitäten mitgeprägt hat. In Kapitel V.3.4 wird auf aktuelle *sozialwissenschaftliche Forschungsaktivitäten* eingegangen, die, gefördert von der Kommission, die CT-Debatte, die sozioökonomische und forschungspolitische Bedeutung der NBIC-Konvergenz (auch im internationalen Vergleich) sowie gesellschaftliche Aspekte und die Rolle der Sozial- und Geisteswissenschaften vertieft untersuchen. Von diesen überwiegend noch laufenden Projekten sind weitere Impulse und Beiträge zur Weiterentwicklung des Konvergenzkonzepts und zur Einschätzung der sozioökonomischen und forschungspolitischen Relevanz von Konvergenzprozessen zu erwarten. In Kapitel V.3.5 wird auf die Bedeutung des Konvergenzkonzepts und die Auseinandersetzung mit diesem in *anderen Themenbereichen und Aktivitäten der EU-Forschungsförderung* eingegangen, vor allem in Bezug auf den *IKT-Bereich* und die *ethische Forschung*. Die Ausführungen zur inhaltlich-konzeptionellen Auseinandersetzung mit der Konvergenzthematik auf EU-Ebene werden durch ein gesondertes Kapitel (Kap. V.3.6) zum *Europäischen Parlament* (und insbesondere zu dessen einschlägigen *Foresight-Aktivitäten*) abgerundet.

FRÜHE FORESIGHT-AKTIVITÄTEN: DIE CTEKS-AGENDA

3.3

Foresight-Aktivitäten der Kommission waren bisher von herausragender Bedeutung für die EU-Aktivitäten zur CT-Thematik, sowohl was die *Auseinandersetzung mit dem Konzept* betrifft als auch hinsichtlich erster Versuche (Kap. V.3.4), die reale Bedeutung von NBIC-Konvergenzen in der europäischen Forschungslandschaft und darüber hinaus zu bestimmen. Treibende Kraft dieser Aktivitäten war, ihrer Funktion entsprechend, die Einheit *Science and Technology Foresight (S&T Foresight Unit)* der Generaldirektion Forschung der EU-Kommission, bis 2006 angesiedelt bei der *Direktion Sozial- und Geisteswissenschaften/Foresight*.

Einfluss auf die internationale CT-Debatte ab 2004 (und in den Folgejahren auch auf weitere europäische forschungspolitische Aktivitäten und Programme) haben die Foresight-Aktivitäten der Kommission vor allem durch die Beauftragung einer hochrangigen Expertengruppe zur CT-Thematik (namens »Foresighting the New Technology Wave) genommen. Diese *Expertengruppe* entwarf eine Agenda »Converging Technologies for the European Knowledge Society«, die sogenannte *CTEKS-Agenda* (Kap. V.3.3.1). Eine weitere Expertengruppe befasste sich im Rahmen ihrer Arbeit zu Schlüsseltechnologien auch mit Konvergenzaspekten und entwickelte einige Ansätze der CTEKS-Expertengruppe weiter (Kap. V.3.3.2). Umfangreiche Zusammenstellungen von Arbeitspapieren beider Expertengruppen und weitere Dokumente zu ihren Aktivitäten sind (neben dem jeweiligen Endbericht) online verfügbar. Im Folgenden sind die Darstellung und Analyse aber im Wesentlichen auf die beiden Endberichte beschränkt.

DIE CTEKS-AGENDA

3.3.1

Im Juni 2003 veröffentlichte die S&T Foresight Unit der Kommission einen *Newsletter mit dem Themenschwerpunkt »Converging Technologies«* (Rogers 2003a). In diesem wurde die Bedeutung kognitiver Technologien betont, die durch ihre Konvergenz mit den NBI-Feldern potenziell zu einer tiefgreifenden Umgestaltung der Gesellschaft genutzt werden könnten. Hauptbezugspunkt der Ausführungen waren die beiden ersten Konferenzen der NBIC-Initiative in den USA. Überdies berichtete im selben Newsletter ein Kommissionsmitarbeiter (Rogers 2003b) über den erwähnten Workshop im Europäischen Parlament, bei dem auf Einladung der grünen Fraktion verschiedene NRO insbesondere die US-amerikanischen Aktivitäten zur Nanotechnologie und NBIC-Konvergenz kritisierten. In dem Newsletter wurden die Aktivitäten zum Thema »Foresighting the New Technology Wave« angekündigt. Eine hochrangige *Expertengruppe* nahm daraufhin unter diesem Titel die Arbeit zur CT-Thematik auf, wobei sie gemäß den Vorgaben der S&T Foresight



Unit auf einen integrierten Ansatz abzielte, der auch die *Sozial- und Geisteswissenschaften und die nichtnaturwissenschaftlichen Aspekte der Kognitionswissenschaft* umfasste.

Die Expertengruppe entwickelte in ihrer Arbeit von Ende 2003 bis Ende 2004 das Konzept »Converging Technologies for the European Knowledge Society« (CTEKS). Die Arbeitsergebnisse der Expertengruppe wurden in der Folgezeit in weiteren einschlägigen Foresight-Aktivitäten der Kommission (Kap. V.3.3.2 u. V.3.4) und des Parlaments (Kap. V.3.6), anderen Aktivitäten der Kommission (Kap. V.3.4 u. V.3.5) und auf der Ebene der EU-Mitgliedstaaten und international aufgenommen und weiterentwickelt (Kap. V.4–V.7). Überdies beeinflussten sie offenkundig einige der Änderungen des sechsten Forschungsrahmenprogramms der EU (Kap. V.3.7.1). Als *Hintergrund der Arbeit der Expertengruppe »Foresighting the New Technology Wave«* ist die Tatsache zu beachten, dass die US-amerikanische NBIC-Initiative von Mitarbeitern der S&T Foresight Unit zum Teil sehr kritisch beurteilt wurde. Diese habe

- > das entscheidende Feld im NBIC-Bereich, nämlich kognitive Systeme, am wenigstens behandelt;
- > Risiken, moralische Fragen und die Aufgaben der Sozialwissenschaften völlig ignoriert;
- > soziale Aspekte sowie die Marktchancen möglicher CT-Produkte vernachlässigt;
- > militärische Aspekte überbetont.

Im Unterschied zu solch harscher Kritik enthält der Abschlussbericht der Expertengruppe keine längere explizite Auseinandersetzung mit der US-Initiative und erwähnt lediglich kurz, dass einige der US-Visionen als »transhumanistisch« kritisiert würden. Dennoch erscheint der Bericht in wesentlichen Teilen als ein *Gegenentwurf zum Ansatz der US-Initiative*. Dies zeigt sich u. a. an den Ideen und Ansichten

- > zur Technikgestaltung und Einbeziehung der Öffentlichkeit;
- > zur Einbeziehung von Sozial- und Geisteswissenschaften in Konvergenzprozesse;
- > zur Rolle von Begleitforschung;
- > zum Verständnis der »cognitive science«;
- > zu ethischen Aspekten (insbesondere von Implantaten zur Verbesserung und Ausweitung menschlicher Fähigkeiten, von unsichtbaren intelligenten Umgebungen und der Auflösung der Grenzen zwischen Natur und Artifiziellem);
- > zur Nutzung von CT für militärische Zwecke.

Die Expertengruppe entwickelte einen an sozialen Bedürfnissen, der ökonomischen Nachfrage und dem Ziel einer kulturell vielfältigen europäischen Wissensgesellschaft orientierten *Konvergenzansatz*, in dem den Sozial- und Geisteswissenschaften hohe Bedeutung beigemessen wird. Eine strikte Trennlinie solle zu militärischen

Nutzungsaspekten der CT gezogen werden. In Bezug auf die »cognitive science« werden deren geistes- und sozialwissenschaftlichen und philosophischen Aspekte betont. Auf die eigentümliche, in der US-Initiative erfolgte Kopplung der »cognitive science« (einschließlich der Hirnforschung) mit »sozialtechnologischen« Ansätzen und angewandter, »memetischer« Kulturwissenschaft wird verzichtet (und dieser neuartige Ansatz kritisiert). Die naturwissenschaftliche Hirnforschung hat einen geringeren Stellenwert und gegen die Visionen leistungssteigernder Hirnimplantate und anderer Manipulationen des menschlichen Körpers wird das *Leitbild eines »engineering for the mind«* (statt »engineering of the mind«) gesetzt.

Ein wesentlicher Unterschied zeigt sich auch in der *CT-Definition*, die von der Expertengruppe vorgenommen wird. In dem Bericht werden an herausgehobener Stelle (und vermutlich als ironische Pointierung der eigenen konzeptionellen Herangehensweise) nach den Abkürzungen »Nano«, »Bio«, »Info« und »Kogno« auch noch »Sozio«, »Anthro«, »Philo«, »Geo«, »Öko«, »Urbo«, »Orbo«, »Makro«, »Mikro« und wiederum (als Abschluss der Reihe) »Nano« aufgeführt.

Die Gruppe versteht unter konvergierenden Technologien »enabling technologies and knowledge systems that enable each other in the pursuit of a common goal«, wobei mit Wissenssystemen (»knowledge systems«) Formen eines »technology-enabling scientific knowledge« gemeint sind. Diese technologische Entwicklung »ermöglichenden« (»enabling«) wissenschaftlichen Erkenntnisse können gerade auch aus nichtnaturwissenschaftlichen Disziplinen (wie den *Sozial-, Wirtschafts- und Geisteswissenschaften*, der *Philosophie*, der *Sozialpsychologie* und Teilen der *Kognitionswissenschaften*) stammen.

Neben dieser *Ausweitung des Konvergenzkonzepts (durch Relativierung des NBIC-Fokus)* zeichnet sich das CT-Verständnis der EU-Expertengruppe auch durch ihre Auseinandersetzung mit der Frage der *Zielbestimmung von Konvergenzprozessen* aus. Die Konvergenzthematik sei besonders gut geeignet für die Einbeziehung öffentlicher und politischer Anliegen und zur Beförderung strategischer Ziele wie die der Lissabon-Agenda.

Trotz der Orientierung an Zielen einer Europäischen Wissensgesellschaft sah es die Gruppe aber nicht als ihre Aufgabe an, übergeordnete Ziele technologischer Konvergenz selbst zu definieren. Ihr ging es vielmehr um die *Organisation des Prozesses der Zieldefinition*, wozu sie u. a. folgende Vorschläge machte:

- > eine Initiative zur schrittweisen Schaffung einer multidisziplinären »research community« (»widening the circles of convergence«);
- > CTEKS-Exzellenzzentren;
- > Pilot-Forschungsprogramme zu konvergierenden Technologien (z. B. zur Verarbeitung natürlicher Sprache und zu »intelligenten« Wohnungen);



- › die Integration des Themas in das *sechste Forschungsrahmenprogramm*.

Technologische Konvergenz wird hier also nicht als eine selbstlaufende Entwicklung aufgefasst, die verstanden und deren Folgen abgeschätzt werden müssen, sondern als ein Prozess der politisch-gesellschaftlichen Zielsetzung und Gestaltung.

Der Berichterstatter der EU-Expertengruppe, Alfred Nordmann, fasst in einem Interview, das im Jahr 2006 im Rahmen der Arbeit an der vorliegenden Studie geführt wurde, den *Unterschied zwischen der Philosophie der US- und EU-Initiative* folgendermaßen zusammen: Während sich die NBIC-Initiative in den USA von Technologien die Realisierung der wahren Potenziale des Menschen erhoffe, gehe die EU-Initiative davon aus, dass erst durch gesellschaftliche Innovationen die wahren Potenziale von Technologien verwirklicht werden können. Letzteres, gleichsam ein nachfrageorientierter Ansatz, sei ökonomisch nachhaltiger als die politische Setzung einer CT-Agenda. Hierfür sei nicht die Gründung von Instituten für konvergierende Technologien notwendig, sondern vor allem eine verbesserte multidisziplinäre Zusammenarbeit, unter Einbezug der nichtnaturwissenschaftlichen bzw. nichttechnologischen Bereiche. An anderer Stelle hat Nordmann (2007c) betont, dass wir Gefahr liefen, in der Fixierung auf unwahrscheinliche Zukunftsszenarien (vor allem zum »Human Enhancement«) die transformativen Potenziale gegenwärtiger technischer Entwicklungen zu übersehen, zu denen er z.B. globale Erwärmung und Ubiquitäres Computing zählt. Technik dürfe auch nicht als Weg zum menschlichen Heil und zur Erlangung von Transzendenz missverstanden werden. Die NBIC-Initiative in den USA stehe aufgrund solcher problematischen Züge nicht in der Tradition von Wahrheitssuche, Kritik und Aufklärung, in der aber die wissenschaftsbasierte Technikentwicklung verwurzelt sei und die auch die politische Verfassung in den USA hervorgebracht habe. Die Grenzen des Machbaren kritisch anzuerkennen, Freiräume für eine Entscheidungsfindung und ein Agenda-Setting in der Politik zu schaffen, gesellschaftlichen Nutzen von öffentlichen Investitionen zu erwarten – diese Prinzipien seien keine regionalen Besonderheiten, sondern würden in allen Teilen der Welt geschätzt.

Neben den Vorschlägen für den Prozess der gesellschaftlichen Zielbestimmung lassen sich auch in dem Bericht der Expertengruppe eine *implizite Kritik der auf »Human Enhancement« fokussierten Vision der NBIC-Initiative* in den USA und eine *eigene gesellschaftliche Vision für die konvergierenden Technologien und Wissenschaften* feststellen. Besonders betont wird die Vielfalt der Chancen und Herausforderungen, die sich durch die CT jenseits des »Human Enhancement« in so wichtigen Bereichen wie der Entwicklung einer Wissensgesellschaft und dem Umweltbereich und hinsichtlich zentraler Herausforderungen Europas ergeben (z.B. alternde Gesellschaften und im Gesundheitswesen). Es ist eine deutliche Distanz gegenüber einer Überbetonung bestimmter Visionen zum kognitiven »Enhancement« durch

IKT-Implantate festzustellen, deren philosophische Voraussetzungen und praktische Relevanz kritisch hinterfragt werden. In Bezug auf die Kognitionswissenschaft wird auf den Reichtum dieser Disziplin hingewiesen, die von der NBIC-Initiative in den USA z. T. mit eher randständigen sozialwissenschaftlichen Strömungen identifiziert, z. T. auf Neurotechnologie reduziert wird. Während die Distanzierung von zentralen Elementen der amerikanischen NBIC-Agenda in dem Abschlussbericht weitgehend implizit erfolgt, wurde auf der *Abschlusskonferenz* zur Arbeit der Gruppe (http://cordis.europa.eu/foresight/ntw_conf2004.htm; vgl. Bernold 2004; Coenen et al. 2004) sowie in *anderen Dokumenten* zu den Arbeitsergebnissen der Gruppe (http://cordis.europa.eu/foresight/ntw_expert_group.htm; Arnaldi 2005; Bernold 2004) vereinzelt auch explizit Kritik an der NBIC-Initiative geübt. So wurde z. B. von einem Mitglied der Expertengruppe an verschiedener Stelle vor negativen Implikationen der NBIC-Visionen für die *Conditio Humana* gewarnt und der Ansatz der NBIC-Initiative als eine »interessante Kombination« aus technokratischem Devisionismus und Technikdeterminismus eingestuft (Bernold 2004).

Als *allgemeine Eigenschaften aktueller und künftiger CT-Anwendungen* nannte die Expertengruppe:

- > »Einbettung« (Veränderungen des Selbstverständnisses von Personen und Gruppen durch künstliche Umgebungen mit Computern, intelligenten Werkstoffen und allgegenwärtigen Sensoren);
- > »unbegrenzte Reichweite« (Erwartung einer immer weiter reichenden Kontrolle und Manipulation der belebten und unbelebten Natur, basierend auf dem kybernetischen Ansatz, alles in Information zu verwandeln, seiner Übernahme in anderen Feldern und der »Eroberung des Nanokosmos«);
- > »Konstruktion von Geist und Körper« (neben den transhumanistischen Hoffnungen auf eine technische Verbesserung des Menschen durch elektronische Implantate und physische Modifikationen auch der von der Expertengruppe empfohlene *Einsatz konvergierender Technologien »für Geist und Körper«* mit potenziell neuen Möglichkeiten medizinischer Selbstkontrolle und Gesundheit);
- > »Spezifität« (bei der Problemlösung für bestimmte Zielgruppen, z. B. im Fall der sogenannten »individualisierten Medizin«).

In den Ausführungen zu den besonderen Chancen und Herausforderungen, die sich aus den genannten Eigenschaften ergeben, wird allerdings deutlich, dass sich diese Aspekte zum Teil überschneiden.

Den Vorteilen, die sich aus einer »intelligenten« und weitgehend »unsichtbaren« *technologischen Infrastruktur* ergeben würden, stellt die Expertengruppe u. a. die Risiken gegenüber, dass

- > wir uns immer mehr um kurzzeitig erstellte, künstliche Umgebungen sorgen;



- › unser Verhältnis zur Natur und zu anderen Menschen unter der Allgegenwart nichttransparenter IKT-Infrastrukturen leiden könnte;
- › die Frage, wer diese Infrastruktur wie kontrolliert, heikel und womöglich politisch nicht lösbar wäre.

Hinsichtlich der *unbegrenzten Reichweite der CT* verweist die Expertengruppe auf die Gefahr, dass künftig nicht nur von der Konstruierbarkeit von Mensch und Natur ausgegangen wird, sondern für soziale und ökologische Probleme vorrangig technische Lösungen gesucht werden. Überdies wird auf die Problematik hingewiesen, dass durch die technologische Konvergenz Ingenieursansätze in Bereichen zur Anwendung kommen könnten, die dafür bisher nicht als geeignet erschienen. Im Geiste des nanotechnologischen Traums einer vollständigen Kontrolle aller Molekularen und durch die informations- und biotechnologische Verwandlung aller Materie in Information könne der Eindruck entstehen, dass sich von emotionalen Zuständen über den Geist bis hin zu sozialen Interaktionen alles technisch konstruieren lasse. Eine solche Sichtweise begünstige, unabhängig von den spezifischen Realisierungschancen einzelner Anwendungsvisionen, einen technikfixierten Blick auf die Welt und sei auch die Basis für die Visionen einer neuen Sozialtechnologie (mit großer Eingriffstiefe in Körper und Psyche des Individuums und in soziale und kulturelle Prozesse). Sowohl bei möglichen *Manipulationen und Modifikationen des menschlichen Körpers* als auch bei allgegenwärtigen »intelligenten« Infrastrukturen stellten sich zudem die Fragen nach der moralischen Selbstbestimmung und den Wahlmöglichkeiten des Individuums in Bezug auf die Nutzung der Technologien (einschließlich der Möglichkeit des Verzichts). Die *Zielgruppenspezifität* bringe schließlich u.a. die Gefahr mit sich, dass sich soziale Ungleichheiten auf gesellschaftlicher Ebene und im globalen Maßstab vergrößern oder verfestigen.

Trotz dieser z.T. starken Bedenken betonte die Expertengruppe die Chancen, die in einer wohl verstandenen und entsprechend geförderten wissenschaftlich-technologischen Konvergenz für Europa lägen. Das »enorme Transformationspotenzial« sei mit »enormen Unsicherheiten« verbunden. Es gehe um die *Schaffung eines günstigen Klimas* durch eine angemessene Einbeziehung öffentlicher Bedenken, damit die Forscher und Investoren in Ruhe arbeiten können, ohne fürchten zu müssen, dass ihre Arbeiten abgelehnt oder überreguliert werden.

Die Expertengruppe teilt durchaus viele der Einschätzungen, die seitens der US-amerikanischen NBIC-Initiative *hinsichtlich der Realisierbarkeit technologischer Visionen* gemacht wurden. In ihrem Abschlussbericht lässt sie aber eine deutliche Distanz zu einigen der extremen Visionen erkennen. Die Ansichten eines transhumanistische Visionen unterstützenden Futuristen, der Mitglied der Gruppe war und z.B. die Idee einer »mentalen Unsterblichkeit« einbrachte, fanden aber, im Gegensatz zur Offenheit der NBIC-Initiative für solche posthumanistischen Ideen, keinen

Eingang in die Synthese der Arbeitsergebnisse. Dennoch werden von einigen Beobachtern und Kritikern (wie der NGO ETC Group) die Zielrichtung und Visionen der CTEKS-Initiative als nur in Nuancen verschieden von denen ihres US-amerikanischen Pendant eingeschätzt, also als ein ebenfalls stark visionärer und technokratisch-expertenorientierter Ansatz (Berthoud 2007). Oder es wird konstatiert, dass die CTEKS-Gruppe zwar das gesellschaftliche Ziel von Konvergenzprozessen undefiniert habe und sich dabei von der »Human-Enhancement«-Orientierung abgegrenzt habe, eine überzeugende eigene Vision aber vermissen lasse (z.B. Torgersen 2007). Bei diesen Einschätzungen wird allerdings entweder ausgeblendet, dass in dem Abschlussbericht sowohl die Realisierungschancen als auch die Wünschbarkeit einiger extremer Visionen infrage gestellt werden, oder es wird ein zentrales Anliegen der Gruppe übergangen: Ihr ging es offenkundig weniger um die Auseinandersetzung mit bestimmten Technologieentwicklungen oder die Vorabfestlegung von Prioritäten in Bezug auf konkrete Anwendungsfelder, sondern vielmehr darum, eine angemessene Reaktion der EU-Forschungspolitik auf die neuen ökonomischen, politischen, sozialen und ethischen Herausforderungen durch Konvergenzprozesse vorzubereiten. Dabei legte sie ein umfassendes Konzept interdisziplinärer Zusammenarbeit unter besonderer Betonung der Sozial- und Geisteswissenschaften (auch als Vermittler gesellschaftlicher Anliegen) vor, das u.a. von dem *European Research Advisory Board* (EURAB) mehrfach unterstützt wurde. (Das EURAB hat empfohlen, sozial- und geisteswissenschaftliche Forschung zu den CT verstärkt zu fördern und dabei insbesondere die CTEKS-Agenda umzusetzen.) Die verstärkte Einbindung sozialwissenschaftlicher und ethischer Expertise soll zudem erklärtermaßen im Rahmen und mit dem Ziel einer umfassenden politischen *Mobilisierung gesellschaftlicher Akteure zur Partizipation in der Zielbestimmung wissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse* erfolgen. Überdies ging es der Gruppe offensichtlich um eine Kritik bestimmter Besonderheiten der NBIC-Initiative in den USA, die auch bei deren schärfsten Kritikern (z.B. der ETC Group) besondere Beachtung gefunden haben (vor allem die Betonung militärischer Aspekte, der Fokus auf »Human Enhancement« und einige Visionen, die in Bezug auf Gesellschaft, Kultur oder menschlichen Geist naiv oder, vor allem im Fall der sozial-technologischen Visionen, besorgniserregend vermessen und technokratisch wirken; vgl. auch Bernold 2004). Die Gruppe nahm mit ihrer Herangehensweise anscheinend bewusst in Kauf, keine ähnlich spektakuläre und euphorische Gesamtvision zu den CT vorlegen zu können wie es die NBIC-Initiative in den USA getan hatte.

International wurde das CTEKS-Konzept dennoch in den Folgejahren u.a. in kanadischen, deutschen und spanischen Initiativen zur Konvergenzthematik aufgenommen, und es fand einige Beachtung in den USA, seitens der dortigen NBIC-Initiative, aber auch einiger ihrer Kritiker. Innerhalb der NBIC-Initiative zeigten dabei vor allem Sozial- und Geisteswissenschaftler und Philosophen Interesse, die



z.T. seit längerem im engen Austausch mit Schlüsselakteuren der EU-Expertengruppe stehen (im Bereich der Forschung zu ethischen und gesellschaftlichen Aspekten der Nanotechnologie). Für die Hauptinitiatoren der NBIC-Initiative sind die Arbeiten der EU-Expertengruppe vor allem ein wichtiger Referenzpunkt bei der Darstellung der internationalen Auswirkungen ihrer eigenen Aktivitäten. US-amerikanische Kritiker der NBIC-Initiative heben hinsichtlich der CTEKS-Agenda insbesondere die implizite Kritik am Transhumanismus, den Wertpluralismus und die starke Betonung gesellschaftlicher Akzeptanzfragen positiv hervor. Aufgegriffen wurden Ideen der CTEKS-Gruppe auch im Kontext der Risikodiskussion zu konvergierenden Technologien (z.B. NRC 2005) sowie in verschiedenen fachwissenschaftlichen Beiträgen zur Konvergenzthematik.

Im Kontext der *Foresight-Aktivitäten der EU-Kommission* setzte (Ende 2004 bis September 2005) eine weitere hochrangige Expertengruppe (»Key Technologies for Europe«) die Beschäftigung mit Konvergenz fort, in Studien zur Entwicklung von Schlüsseltechnologien. Überdies wurden im sechsten Forschungsrahmenprogramm Projekte zur Rolle der Kognitionswissenschaft und der Geistes- und Sozialwissenschaften in Konvergenzprozessen sowie zur Bedeutung von NBIC-Konvergenzen in FuE gestartet (Kap. V.3.4).

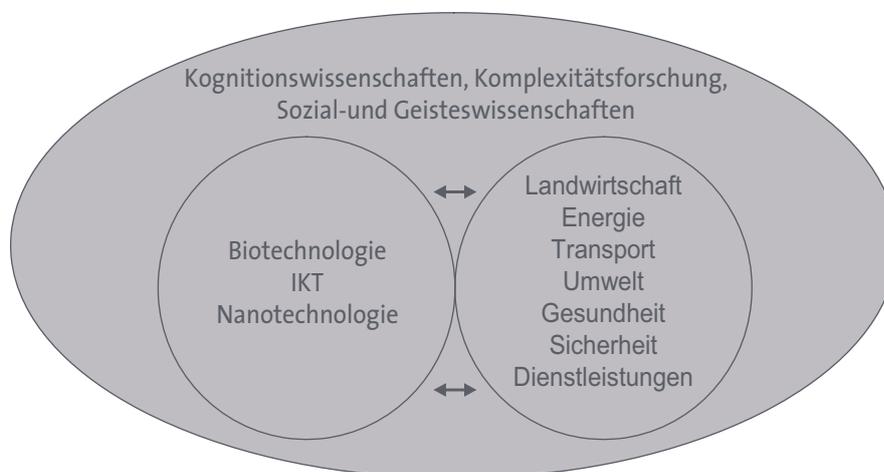
EXPERTENGRUPPE ZU SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN

3.3.2

Die »Key Technologies«-Expertengruppe, die personelle Überschneidungen mit der CTEKS-Gruppe aufwies, ging in ihrer umfassenden Auseinandersetzung mit Schlüsseltechnologien auch auf die CT-Thematik ein. Auf der Abschlusskonferenz verwies Janez Potocnik, der Kommissar für Wissenschaft und Forschung auf die hohen Erwartungen, die an die NBIC-Konvergenz hinsichtlich medizinischer Anwendungen gehegt würden.

Konzeptionell nahm die »Schlüsseltechnologien«-Expertengruppe in Bezug auf wissenschaftlich-technische Konvergenzen einige geringfügige Veränderungen im Vergleich zu den Arbeiten der CTEKS-Gruppe (EU HLEG Key Tech 2006) vor: Als »konvergierend« werden die als »technologieintensive Sektoren« bezeichneten NBI-Felder und die Materialwissenschaft aufgefasst. Die »cognitive science«, deren geistes- und sozialwissenschaftliche Aspekte noch einmal verstärkt betont werden, und alle Sozial- und Geisteswissenschaften (ergänzt durch Komplexitäts- und Systemtheorie) gelten hingegen als grundlegend für das Verständnis der technologieintensiven Sektoren, der zwischen diesen ablaufenden Konvergenzprozesse sowie ihrer Interaktionen mit den für Europa zentralen Anwendungsbereichen (Dienstleistungen, Energie, Gesundheit, Landwirtschaft, Sicherheit, Transportwesen, Umwelt).

ABB. 3 FORSCHUNGS-, ENTWICKLUNGS- UND ANWENDUNGSBEREICHE



Quelle: EU HLEG Key Tech 2006, S.20, modifiziert

Besonders betont wird die Notwendigkeit, die Öffentlichkeit in den Prozess konvergierender Technologie- und Wissenschaftsentwicklung einzubeziehen, auch um das Entstehen übertriebener Erwartungen und Ängste zu verhindern.

Die wichtigsten inhaltlichen Übereinstimmungen der Berichte beider Expertengruppen sind somit:

- > NBI-Konvergenzen stehen im Mittelpunkt der technologischen Konvergenzprozesse.
- > Die Resultate technologischer Konvergenzprozesse, die gesellschaftlich gestaltet werden müssen, weisen ein breites Spektrum möglicher Anwendungsfelder auf.
- > Bei der Gestaltung dieser Prozesse ist die Öffentlichkeit vermehrt einzubeziehen, und den Sozial- und Geisteswissenschaften kommt grundlegende Bedeutung zu.
- > Hinsichtlich der Kognitionswissenschaften werden deren Überschneidungsbereiche und Berührungspunkte mit den Sozial- und Geisteswissenschaften betont.

Im Rahmen der Tätigkeiten der Schlüsseltechnologienexpertengruppe wurden einzelne Berichte u.a. zu allen vier NBIC-Feldern verfasst (vgl. die Materialien unter http://cordis.europa.eu/foresight/kte_expert_group_2005.htm).

SOZIALWISSENSCHAFTLICHE PROJEKTE ZUR KONVERGENZ 3.4

Zu den *Foresight-Aktivitäten der Kommission* zählt auch eine Reihe abgeschlossener oder noch laufender sozialwissenschaftlicher Forschungsprojekte, in denen die Konvergenzthematik eine zentrale Rolle spielt. Untersucht wurden bzw. werden



dabei Chancen und politische Herausforderungen, die sich für Europa aus Konvergenzprozessen ergeben, wobei u.a. auch internationale Perspektiven, die Rolle der Sozial- und Geisteswissenschaften und der Aspekt der Wissensgesellschaft besondere Berücksichtigung gefunden haben. Anregungen der beiden Expertengruppen wurden dabei an verschiedenen Stellen aufgenommen.

Für die politische Auseinandersetzung mit dem Konvergenzkonzept dürfte diesen abgeschlossenen oder noch laufenden Projekten eine besondere Bedeutung zukommen, weshalb sie im Folgenden näher vorgestellt werden. Im sechsten Forschungsrahmenprogramm machte die Förderung dieser Projekte überdies auch den größten Anteil der Projektförderung explizit zur NBIC-Konvergenz aus, was den bis dato überwiegend visionär-prospektiven Charakter der einschlägigen EU-Aktivitäten widerspiegelt. Von diesen Projekten wurde oder wird erwartet, dass sie

- › die sozioökonomische und forschungspolitische Relevanz *realer naturwissenschaftlich-technologischer NBIC-Konvergenzprozesse* analysieren;
- › deren *Zukunftsaussichten und sozioökonomische Potenziale* abschätzen;
- › die praktische Relevanz und konzeptionell-analytische *Bedeutung der Sozial- und Geisteswissenschaften für NBIC-Konvergenzprozesse* aufzeigen;
- › die CT-Thematik mit den *übergeordneten Zielen und Leitbildern der EU-Politik* (wie z.B. die Entwicklung der Wissensgesellschaft) verknüpfen helfen.

Dabei stehen die Projekte im *Kontext der internationalen akademischen und forschungspolitischen Aktivitäten* zur NBIC- und CT-Thematik, was auch den Austausch und die Kooperation mit Forschern aus Nordamerika und anderen Weltregionen einschließt.

NBIC-KONVERGENZEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

3.4.1

Das *Institute for Prospective Technological Studies* (IPTS) in Sevilla, eines der »Joint Research«-Zentren der Kommission, beschäftigt sich mit der Konvergenzthematik vor allem im Rahmen von *Foresight-Aktivitäten zu Technologien der Informationsgesellschaft*. Neben der Aufarbeitung einschlägiger Dokumente zur CT-Debatte, bei der frühzeitig der Blick nicht nur auf die Aktivitäten in den USA und Europa, sondern auch in Kanada gelenkt wurde (Rader 2004 und 2005), erfolgte bisher insbesondere eine Auseinandersetzung mit *Entwicklungen in der internationalen und europäischen FuE-Landschaft*, die hinsichtlich der NBIC-Konvergenz relevant sind.

In Zusammenarbeit u.a. mit TNO – Organisation for Applied Research, der Universität Leiden (beide Niederlande) und dem Verein deutscher Ingenieure wurden bibliometrische *Analysen zu Konvergenzprozessen zwischen den IKT und den drei*

anderen NBIC-Feldern sowie den Materialwissenschaften durchgeführt (Kap. IV.3), ergänzt durch eine Patentanalyse zur Info-Cogno-Konvergenz und einen Vergleich von einschlägigen strategischen Dokumenten (Foresight, Visionspapiere und Roadmaps), Forschungsprogrammen und Exzellenzzentren. Im internationalen Vergleich wurden insbesondere die EU, USA und Japan untersucht. Unter dem Vorbehalt, dass vor allem die Daten zur Nano-Info-Konvergenz schwierig zu interpretieren seien, kam die Studie (Van Lieshout et al. 2006) u. a. zu folgenden Ergebnissen zu Konvergenzen zwischen den NBIC-Feldern (vgl. auch EC IPTS 2006):

- › Die EU ist, was die Zahl wissenschaftlicher Publikationen betrifft allein führend in allen untersuchten »Convergent Clusters« (also Nano-Info-, Bio-Info- und Cogno-Info-Kombinationen), mit Ausnahme der Bio-Info-Konvergenz, wo die USA ungefähr gleichauf liegt.
- › Beim Wirkungsgrad der Publikationen (gemessen an Literaturverweisen auf diese) führen hingegen die USA in fast allen Bereichen allein.
- › Bei den als »high end« eingestuften Exzellenzzentren liegen die USA und die EU ungefähr gleichauf, bei den als »middle average« eingestuften Exzellenzzentren fällt die EU jedoch gegenüber den USA ab.
- › Gegenüber Japan liegt die EU nur im Wirkungsgrad der Publikationen zur Info-Cogno-Konvergenz zurück.
- › Innerhalb der EU nimmt Deutschland in allen drei untersuchten Konvergenzbereichen (alleine oder mit Großbritannien bzw. Frankreich) Spitzenplätze ein. Nur im Bereich der Info-Cogno-Konvergenz liegt es deutlich hinter einem anderen Staat (Großbritannien) auf dem zweiten Platz. Verbesserungbedürftig erscheint auch die Lage bei den herausragenden Exzellenzzentren im Bereich der Bio-Info-Konvergenz. Besonders stark ist die innereuropäische Position Deutschlands in den Bereichen der Nano-Info-Konvergenz sowie der Konvergenz von IKT und Materialwissenschaften.
- › Eine Zunahme wissenschaftlicher Publikationen ist seit dem Jahr 2000 in allen drei Bereichen der Konvergenz von IKT und den NBC-Feldern festzustellen.

Überdies kam die Studie zu dem Ergebnis, dass die EU auch im Bereich der NBIC-Konvergenz bei der *kommerziellen Nutzung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse* schlechter als die USA abschneide. In einem Folgeprojekt mit den gleichen Projektpartnern werden »Converging Clusters« insbesondere im NBIC-Bereich weiter untersucht (auch mit Blick auf die Emergenz von FuE-Bereichen, durch vertiefte Analyse bestimmter Konvergenzbereiche und unter Einbeziehung historischer Perspektiven).

Die *Generaldirektion Forschung der Europäischen Kommission* stimmt in einem Bericht zur Stellung Europas in der globalen Forschungslandschaft im Wesentlichen den Einschätzungen zu, die in der Studie getroffen werden, und resümiert, dass die



USA gegenüber der EU im Bereich der CT knapp führe (EC RDG 2007b). Offenkundig ist, dass hinsichtlich der CT einige der gleichen Herausforderungen bestehen, die sich allgemein für die *europäische FuE- und Innovationslandschaft* oder in den einzelnen NBIC-Feldern stellen, wie z.B. der geringe Anteil an privatwirtschaftlichen Investitionen in die Nano-FuE (Hullmann 2006), das gemischte Bild im IKT-Bereich – mit Stärken bei den generischen Kommunikationstechnologien, aber Schwächen bei konsumentennahen Kommunikationstechnologien und bei den Informationstechnologien – (EC RDG 2007b) sowie generell das Problem, bestehende wissenschaftlich-technologische Stärken in entsprechendem Umfang für Innovationen in Europa zu nutzen.

POLITISCHE PRIORITÄTEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

3.4.2

Im Rahmen der europäischen »S&T Foresight Knowledge Sharing Platform« förderte die Kommission eine Foresight-Studie zu *emergenten Wissenschafts- und Technologieprioritäten in der europäischen, US-amerikanischen und japanischen Forschungspolitik*. Im Abschlussbericht (März 2006) findet die Konvergenzthematik starke Beachtung (EC RDG 2006). Grundsätzliche Aussagen sind:

- › Der Konvergenzansatz wird als ein Leitbild der US-Forschungs- und Technologiepolitik begriffen und die US-amerikanische nationale Nanotechnologieinitiative (NNI) als ein multidisziplinäres Vorhaben zur Förderung konvergierender Technologien charakterisiert. Bei der NNI gehe es vor allem um Grundlagenforschungsförderung, wobei aber zu beachten sei, dass die Initiative insgesamt weniger als ein Prozent der föderalen FuE-Förderung ausmache.
- › Bei dem Ansatz werde davon ausgegangen, dass nationale wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit nicht mehr auf der Kompetenz in großen Technologiefeldern (vor allem Nano, Bio und Info) basiert, sondern auf der Fähigkeit, Konvergenzen zwischen verschiedenen Wissenschaften zu nutzen. Die Konvergenzthematik handle allgemein weniger von konvergierenden Technologien als vielmehr von konvergierenden Wissenschaften. Es gehe derzeit vor allem darum, diese wissenschaftlichen Konvergenzen für die Entwicklung von Anwendungen nutzbar zu machen und weniger für die jeweilige Stärkung der NBI-Felder. Daraus ergäben sich spezifische Chancen und Herausforderungen für Europa.

Hinsichtlich der einzelnen *NBI-Felder* kommt die Studie zu folgenden Einschätzungen in Bezug auf die Konvergenzperspektive, wobei Kognitions- und Neurowissenschaften nicht gesondert, sondern nur in Bezug auf »konvergente Anwendungen« berücksichtigt werden:

- › *Nanotechnologien* seien »von Natur aus« konvergierende Technologien. Die genaue Abgrenzung des Nanofeldes geschehe noch immer nicht einheitlich, was

sich auf die Konvergenzen verschiedener Wissenschaften in diesem Feld zurückführen lasse. Im Bereich der Forschungs- und Technologiepolitik gehe es hier in Europa weniger um den Umfang der Förderung als vielmehr darum, wie diese Förderung zu organisieren sei. Die verstärkte Förderung multidisziplinärer Laboren sowie neue Richtlinien und Programme für die Förderung multidisziplinärer Forschung seien angeraten.

- > Zu den *Technologien für die Informationsgesellschaft* heißt es, dass in Europa verstärkt »konvergente Anwendungen« gefördert werden sollten. Dabei biete sich vor allem der Gesundheitsbereich an, in dem IKT eine wichtige Rolle spielen können.
- > In Bezug auf die *Life Sciences, Genomik und Gesundheitsbiotechnologien* – die insgesamt als wichtigster Bereich emergenter Wissenschaften und Technologien eingeschätzt werden – wird besonders der Einfluss sozioökonomischer Faktoren auf die Forschungs- und Technologiepolitik in Europa betont. Im Vergleich zu den USA und Japan seien diese auf mehr Ziele ausgerichtet. Es empfehle sich daher, eine (Nischen-)Strategie zu verfolgen, bei der – ähnlich wie in den Nano- und Infobereichen – der Fokus auf der Entwicklung konvergenter Anwendungen liegt. Beispielhaft genannt werden u.a. die Neuroinformatik und die computergestützte Chirurgie. Europa könne die wissenschaftliche Spitzenposition in einigen technologischen Nischen einnehmen.

Diese Aussagen über die (»Nischen«)strategien und »Mikroszenarien« zu den NBI-Feldern gehen in der Studie in die Entwicklung dreier *übergeordneter strategischer Szenarien* ein. In zwei Szenarien spielt die CT-Thematik eine zentrale Rolle:

- > In dem *optimistischsten Szenario*, in dem EU und Mitgliedstaaten eine sehr aktive und gut koordinierte Forschungs- und Technologiepolitik betreiben, würde eine *dreiteilige (Nischen-)Strategie* gewählt werden: ein Ausbau bestehender technologischer Stärken, die Förderung von emergierenden Technologien entlang europäischer sozioökonomischer Prioritäten (vor allem Umwelt und Gesundheit) sowie die Nutzung wissenschaftlicher Konvergenzen für die Entwicklung bestimmter Anwendungen.
- > Auf ähnliche Weise könnte bei einer weitgehenden *Beschränkung oder Fokussierung auf die Life Sciences* verfahren werden, wobei dann die »konvergenten Anwendungen« vor allem im Gesundheitsbereich lägen.

In den Beispiellisten für Anwendungen, die auf der Basis wissenschaftlicher Konvergenzen entwickelt werden, zeigt sich, dass der Neurotechnologie und -wissenschaft (wie auch der Robotik) ebenfalls hohe Bedeutung beigemessen wird. So empfiehlt der Bericht z.B. eine verbesserte Vernetzung von wissenschaftlichen Communities (zur Förderung von Konvergenz), z.B. aus den Bereichen Mikrorobotik, virtuelle Realität und computergestützte Chirurgie, Mobilkommunikation im Gesundheits-



bereich, Neurologie und Nanosensoren sowie Neuroinformatik. Zur Konvergenzthematik zählt der Bericht auch die verstärkte Kooperation zwischen Forschungsinstituten und sehr kleinen Unternehmen und Vereinigungen (z.B. im Überschneidungsbereich von Kunst und Forschung zu virtueller Realität), die er ebenfalls zu fördern empfiehlt.

Bemerkenswert an dieser (auf Foresight-Literaturstudien und Expertenbefragungen basierenden) Untersuchung erscheint vor allem, dass

- › sie *Nanotechnologien explizit als konvergierende Technologien definiert* und der US-Politik zum Nanobereich ein Konvergenzleitbild attestiert;
- › *Konvergenzen von Wissenschaften* und weniger von Technologien zentrale Bedeutung beimisst;
- › vor allem die Nutzung wissenschaftlicher Konvergenzen für die Entwicklung von Anwendungen fordert, bei denen die Grenzen der NBI-Felder (unter besonderer Berücksichtigung neurotechnologischer Anwendungen) überschritten werden.

Die auch in anderen EU-Foresight-Arbeiten zur Thematik festzustellende Betonung sozioökonomischer Faktoren erfolgt in der Studie ebenfalls, wird aber ergänzt durch einen Ansatz, bei dem auch bestehende technologische (»Nischen«-)Stärken Europas eine zentrale Rolle spielen.

SOZIAL- UND GEISTESWISSENSCHAFTLICHE ASPEKTE

3.4.3

Zwei weitere laufende, von der Kommission geförderte Projekte befassen sich mit der NBIC-Konvergenz aus sozial- und geisteswissenschaftlicher Perspektive und im Rahmen der Technikfolgenabschätzung (TA).

Im *Projekt CONTECS* (www.contecs.fraunhofer.de/) wird, unter besonderer Berücksichtigung kognitionswissenschaftlicher Perspektiven, vor allem untersucht, welche Beiträge die Sozial- und Geisteswissenschaften zum Verständnis naturwissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse leisten können und welche Rolle sie selbst innerhalb von Konvergenzprozessen spielen können. Hinsichtlich der Kognitionswissenschaft wird, auch aufgrund personeller Überschneidungen, eng an die entsprechenden Arbeiten der beiden hochrangigen EU-Expertengruppen angeknüpft (Kap. V.3.3). Eine Arbeitshypothese des Projekts ist dabei, dass die *Kognitionswissenschaft* eine Schlüsselrolle hinsichtlich der CT spiele. In Anknüpfung an die Aktivitäten der beiden Expertengruppen wurden die historische Entwicklung, die disziplinär-thematische Bandbreite, die Vielfalt der Definitionen sowie die Unterschiede der europäischen und US-amerikanischen Verständnisse der Kognitionswissenschaft herausgearbeitet (Anderl/Pagarde 2006). Als eine besondere Chance Europas wird die mögliche Entwicklung einer integrierten, stark interdisziplinären

Kognitionswissenschaft angesehen, wobei die Sozial- und Geisteswissenschaften (insbesondere mit Blick auf gesellschaftliche Anwendungen) eine wichtige Funktion einnehmen könnten. Auf die explosionsartig gewachsene Bedeutung der Hirnforschung für die Kognitionswissenschaft wird ebenso hingewiesen wie auf das starke Interesse Japans, Chinas und Indiens an dem Forschungsbereich. Problematisch erscheint an der *Situation in Europa* das häufige *Weiterbestehen traditioneller Trennungen* zwischen theoretischer und angewandter Kognitionswissenschaft, die relativ geringe Zahl technologischer Plattformen und moderner Ausrüstung und eine Vernachlässigung der kostengünstigen und wichtigen theoretischen Forschung. Als ein grundlegendes, aber auch besondere Chancen bietendes Problem in Kontinentaleuropa (mit einigen Ausnahmen, insbesondere Skandinavien) wird die *relative Schwäche der analytischen Philosophie* im Vergleich zur angelsächsischen Welt genannt. Die analytische Philosophie habe sich nicht nur auf die Entwicklung der Kognitionswissenschaft allgemein günstig ausgewirkt, sondern auch deren Berührungspunkte und Überschneidungsbereiche mit den Humanwissenschaften gestärkt. In vielen Ländern Kontinentaleuropas stelle man, im Einklang mit dem dortigen allgemeinen *Zeitgeist*, ein starkes Unbehagen gegenüber dem traditionellen wissenschaftlich-technologischen Fortschrittsoptimismus und gegenüber rein naturalistischen Erklärungen menschlichen Verhaltens fest (z. B. hinsichtlich des Einsatzes von psychoaktiven Substanzen). Die gegenseitige Abgrenzung der Disziplinen wie auch die Kluft zwischen den »zwei Kulturen« der Geistes- und Naturwissenschaften erscheine hier als sehr stark. In gewisser Hinsicht lägen darin aber auch *Chancen*: In dem national und regional sehr vielfältigen Europa bestehe auch eine große *Vielfalt intellektueller Traditionen*, deren Beharrungsvermögen gegenüber über intellektuellen Moden größer sei als anderswo. Insbesondere in der theoretischen Forschung könnten daher von Europa wichtige Impulse ausgehen. Eine weitere Chance, die sich aus dem Bedeutungszuwachs der Kognitionswissenschaft für die kontinentaleuropäischen Forschungs- und Wissenschaftspolitiken ergebe, liege in der Tatsache begründet, dass sie die bestehenden *Grenzen zwischen den Ideentraditionen und institutionell-disziplinäre Strukturen der Forschungslandschaft unterläuft*. Ihre verstärkte Förderung könnte somit, wenn politisch erwünscht, grundlegende Veränderungen bewirken. Hinsichtlich der Entwicklung konvergierender Technologien und Wissenschaften könne die *Kognitionswissenschaft als Modell* dienen, da sie bereits einen großen Teil dieser Disziplinen und Technologien integrierte. Ihre Geschichte lasse sich dann als eine Art *Lehrstück hinsichtlich der CT-Debatte* begreifen. Eine weitere Chance liege darin, dass in Europa eine vergleichsweise sehr hochqualifizierte und – vor dem Hintergrund der stärkeren Förderung in anderen Weltregionen – auch hochmotivierte *Expertise* bestehe. Viele Forschungszentren seien gleichwertig zu oder besser als alle in den USA existierenden, ungefähr die Hälfte der wichtigsten Zeitschriften europäisch und hier organisierte Konferenzen häufig



innovativer als anderswo. Besondere Chancen, auch im Zusammenhang mit den CT, beständen bei *Anwendungen im Bildungsbereich* und bei Lösungen für den *Umgang mit der europäischen Sprachenvielfalt*. Diese überwiegend konzeptionellen und allgemeinen forschungspolitischen Überlegungen zur Kognitionswissenschaft wurden im Rahmen des Projekts durch eine erste explorative Studie zu industriell-technologischen Tendenzen und Kapazitäten in Europa, die den Überschneidungsbereich der Kognitionswissenschaft mit den anderen NBIC-Feldern betreffen.

Neben diesem Schwerpunkt auf der Kognitionswissenschaft werden in dem Projekt, entsprechend dem Gesamtauftrag, auch weitere und umfassendere Aspekte der *Sozial- und Geisteswissenschaften* berücksichtigt, sowohl hinsichtlich ihrer *analytischen Potenziale* in Bezug auf wissenschaftlich-technologische Konvergenzprozesse als auch mit Blick auf ihre *möglichen Rollen* innerhalb dieser Prozesse selbst. Das Projekt soll dabei einen Beitrag leisten zur Erstellung einer Forschungs- und Förderungsagenda, insbesondere hinsichtlich der Nutzung konvergierender Technologien und Wissenschaften für eine europäische Wissensgesellschaft. In vorliegenden Publikationen (Anderl et al. 2006; Rader et al. 2006; Woolgar 2006) wird dazu in Bezug auf die analytischen Potenziale der Sozial- und Geisteswissenschaften bereits ein weiter Bogen aufgespannt, der von einer Liste relevanter Forschungsthemen (Anderl et al. 2006, Annex 1) über eine Analyse möglicher Beiträge der »Science and Technology Studies (STS)« (Woolgar 2006), einer ersten Diskussion zentraler Konzepte und Themen der CT-Debatte (»Human Enhancement«, »Einheit des Wissens«, Interdisziplinarität, Transhumanismus, forschungspolitische Relevanz der NBIC-Initiative in den USA; Anderl et al. 2006; Beckert et al. 2006 u. 2007; Rader et al. 2006), die Strukturierung des Feldes nach NBIC-Konvergenzen, Anwendungsfeldern und gesellschaftlich-ethischen Aspekten (Beckert et al. 2006) bis hin zur Aufstellung möglicher prioritärer Forschungsfragen reicht, die in Expertenworkshops (auch mit außereuropäischen Wissenschaftlern) diskutiert wurden (Anderl et al. 2006).

Als hinsichtlich der NBIC-Konvergenzprozesse besonders relevante größere *FuE-Bereiche* werden u.a. die kognitive Hirnforschung, »computational neuroscience«, Nanomedizin, KI, Nanoelektronik und Bio-IKT-Synergien genannt (Beckert et al. 2006). Diesen werden die Themen »Neuro/Brain Enhancement«, »Physical Enhancement and Biomedicine«, »Human-Machine Interfaces«, »Sensors«, »Computational Modelling of the World«, »Speech, Image and Pattern Recognition« und »Robots and intelligent Systems« zugeordnet, wobei jeweils erste Analysen zu den Visionen und dem jeweiligen Stand von FuE durchgeführt wurden. Es wird betont, dass eine Verengung auf den »Human-Enhancement«-Aspekt der CT-Thematik nicht gerecht werde. Stark visionäre Aspekte werden angesprochen, aber ihre Relevanz

für die real bereits ablaufenden Konvergenzprozesse infrage gestellt. Hirnforschung und Kognitionswissenschaft werden als zentrale Impulsgeber aufgefasst.

Neben diesen überwiegend konzeptionellen und strukturierenden Analysen zu relevanten Forschungsbereichen, Anwendungsfeldern und gesellschaftlich-ethischen Aspekten (Kap. IV) erfolgten Recherchen zur *internationalen Entwicklung im Bereich der politischen Nutzung des Konvergenzkonzepts, ähnlicher Ansätze und der Diskussion über die für das Projekt zentralen Konvergenzprozesse* (Rader et al. 2006). Ergebnisse dieser Untersuchungen flossen in die entsprechenden Kapitel der vorliegenden Studie ein.

Im Projekt KNOWLEDGE NBIC (www.converging-technologies.org) sollen in einer umfassenden Perspektive, unter Beteiligung von Forschungseinrichtungen aus Europa und Israel, historische, forschungspolitische, regulatorische und ökonomische Aspekte der NBIC-Konvergenz untersucht werden. Besondere Berücksichtigung erfahren öffentliche Debatten zu ethischen und gesellschaftlichen Aspekten, insoweit diese hinsichtlich der politischen Gestaltung der NBIC-Konvergenz relevant sind. Der Schwerpunkt liegt auf der Herausarbeitung der Akteurskonstellationen und Förderstrategien im NBIC-Bereich. Eine Konferenz im Mai 2007 widmete sich der Thematik »Konvergierende Wissenschaft und Technologien«.

KONZEPTIONELLE AKTIVITÄTEN IN ANDEREN BEREICHEN 3.5

Im Folgenden wird auf *inhaltlich-konzeptionelle Aktivitäten und Vorstellungen zur Konvergenzthematik* hingewiesen, die im Rahmen forschungspolitischer Aktivitäten zu IKT und emergenten Technologien (Kap. V.3.5.1), zu den Biotechnologien und -wissenschaften (Kap. V.3.5.2), zur Umweltwissenschaft (Kap. V.3.5.3) sowie zu ethischen Aspekten der NBIC-Felder und der Robotik und dem Dialog über diese (Kap. V.3.5.4) entwickelt wurden.

IKT UND EMERGIERENDE TECHNOLOGIEN 3.5.1

Auf Ebene der Forschungsrahmenprogramme (FP; Kap. V.3.7) spielt im Feld der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) das neue CT-Konzept erst ab dem 7. FP eine nennenswerte Rolle. Im IKT-Kapitel des 7. FP werden das globale Miniaturisierungswettrennen, die Medienkonvergenz, die *Konvergenz der IKT mit anderen Wissenschaften und Feldern* sowie die Entwicklung lernender und sich entwickelnder Systeme als zentrale Herausforderungen genannt. Eine neue Welle von Technologien wird vorausgesagt. Die Forschungsaktivitäten zu IKT müssten stärker auf verschiedene natur-, sozial-, human- und geisteswissenschaftliche Dis-



ziplinen zurückgreifen. Im aktuellen *IKT-Arbeitsprogramm* wird insbesondere auf die *Mikro/Nano-Bio-Info-Konvergenz* sowie auf Konvergenzprozesse im *Bereich zukünftiger und emergierender Technologien* Bezug genommen. Innerhalb des IKT-Handlungsfeldes findet auch ein Mikro/Nano-Bio-Info-Konvergenzkonzept zur Förderung von Mikro-Nano-Systemen verstärkte Erwähnung (z.B. EC ISM DG 2006; Ibanez 2007). IKT-relevant war zudem das spezielle Aktivitätsfeld »New and emerging science and technology« (NEST) des 6. FP, das aber im 7. FP nicht mehr existiert.

Die Auseinandersetzung mit der CT-Debatte wurde im Rahmen der IKT-Politik der EU-Kommission frühzeitig im thematischen *Netzwerk FISTERA* (Foresight on Information Society Technologies in the European Research Area) gefördert, in dem federführend u.a. das Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) der Kommission und von deutscher Seite das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe aktiv waren. Durch eine Auseinandersetzung u.a. mit den US-amerikanischen, kanadischen und europäischen CT-Initiativen (Rader 2004 u. 2005) und die Teilnahme von Mitgliedern des Netzwerkes auf einschlägigen Konferenzen hat FISTERA die konzeptionelle Diskussion zur Konvergenzthematik auf EU-Ebene mitgeprägt. Die NBIC-Konvergenz wurde im Rahmen der Arbeit des Netzwerkes als ein möglicher zukünftiger Megatrend identifiziert und die Forschung in diesem Bereich als »front-edge« und potenziell hochbedeutsam für die gesamtgesellschaftliche und ökonomische Entwicklung eingeschätzt (Compano/Pascu 2005). Es wurde aber darauf hingewiesen, dass es sich bei der NBIC-Thematik möglicherweise auch lediglich um ein Zeitgeist- und »Hype«-thema handeln und eine massive Förderung von NBIC-Konvergenzprozessen eventuell zulasten anderer vielversprechender Bereiche gehen könne. In diesem Zusammenhang wurde auch auf ähnliche Auffassungen des deutschen BMBF und schwedischer Foresight-Experten hingewiesen. Eine gewisse inhaltliche Distanz zur US-amerikanischen NBIC-Initiative ist festzustellen, sowohl was die stark visionären Züge betrifft als auch in Bezug auf die Themen »Human Enhancement« und militärische Nutzung (Compano/Pascu 2005). Hinsichtlich »konvergierender Anwendungen« aus den NBIC-Feldern werden als wichtigste »policy issues« ethische Fragen und die Schaffung öffentlicher Aufmerksamkeit, als sozioökonomisch relevanteste Anwendungsgebiete Gesundheit und Medizin sowie als wichtigste FuE-Themen NIC-Konvergenzen genannt (EC IPTS 2006).

Neben diesen Foresight-Aktivitäten im engeren Sinn lassen sich im Rahmen der IKT-Politik der EU auch diverse andere Bezugnahmen auf das CT-Konzept feststellen, vor allem im Gebiet »Zukünftige und emergierende Technologien« (»Future and emerging technologies«, FET), das in den Themenbereichen »Information Society Technologies« (IST) des 6. FP und »Information and Communication Tech-

nologies« (ICT) des 7. FP (Kap. V.3.7) verankert wurde. FET diene dem speziellen Aktivitätsfeld »New and emerging science and technology« (NEST) des 6. FP z.T. als Vorbild.

Die FET-Aktivitäten sind in konzeptionell-programmatischer Hinsicht besonders bemerkenswert: In der FET-Strategie für das 7. FP spielt das CT-Konzept nicht nur (neben Prozessen der Medienkonvergenz und verschiedenen Aspekten des Ubiquitären Computings) eine zentrale Rolle, sondern es wurden dabei, mit *expliziten Bezügen auf die NBIC-Konvergenz*, Ideen entwickelt, die *systematisch zentrale Punkte der CT-Debatte* in Bezug auf zukünftige IKT und emergierende Technologien aufgreifen. So wird in dem *FET-Strategiepapier zum siebten Forschungsrahmenprogramm* (EC ISM DG o.J.) z.B. festgestellt:

- › Vorbereitet durch die gegenseitigen Befruchtungen zwischen den NBI-Wissenschaften und der Hirnforschung, kündige sich derzeit ein *neues Zeitalter technologischer Konvergenz zwischen den Nano-, Bio-, Info- und Neurowissenschaften* an. Dabei seien die Begriffe der Information und »computation« zentral für das Verständnis dieser Konvergenzprozesse und eröffneten den Weg einer vertieften Integration von IKT, Physik und Life Sciences. Im Verlauf des nächsten Jahrzehnts würden IKT zunehmend mit der physischen und biologischen Welt verschmelzen. Es werde programmierbare Materialien geben wie auch technische Artefakte, die verstärkt lebende Materie einbeziehen und nutzen (z.B. in Form direkter Gehirnschnittstellen).
- › Die Konvergenz der NBIC-Wissenschaften werde erhebliche Fortschritte bei der Realisierung der übergeordneten Ziele der EU-Politik (Lissabon-Agenda) ermöglichen – mit besonders deutlichen Auswirkungen im Gesundheitssektor –, aber auch die Entwicklung von IKT-Anwendungen, die der *Steigerung menschlicher Fähigkeiten* dienen sollen (»implementations of ›human augmentation‹: the ICT-based enhancement of human capabilities«; EC ISM DG o.J., S. 3). Das Papier sagt voraus, dass sich somit die *Grenze zwischen der virtuellen Welt der Information und der realen Welt der Materie und des Lebens* schrittweise auflösen werde. Für FET ergebe sich daraus nicht nur ein stark multidisziplinärer Förderansatz, sondern es sei auch abzusehen, dass sich die *grundlegenden Begriffe und Modelle von Information, »computing« und Kommunikation* verändern werden.

Hierbei handelt es sich nicht um eine vereinzelte Bezugnahme auf die Konvergenzthematik. Im 7. FP wie auch in dem aktuellen IKT-Arbeitsprogramm ist die Bio-IKT-Konvergenz eines der Schwerpunktthemen der Aktivitäten zu zukünftigen und emergierenden Technologien, das eng mit laufenden und neuen Aktivitäten zu den Nano- und Neuro-Forschungsbereichen verbunden ist. Anvisiert wird für *FET im IKT-Arbeitsprogramm* u.a. die proaktive, zielgerichtete Förderung

- ^
 - >
 - v
- > informations-, material- und kommunikationswissenschaftlicher Grundlagenforschung;
- > der Entwicklung »sozial intelligenter« IKT-Artefakte und -Infrastrukturen sowie von IKT, die mit biologischen Systemen »natürlich kombiniert« werden können;
- > neuer Ansätze in der kognitionswissenschaftlichen und KI-Forschung, u.a. mit dem langfristigen Ziel der Entwicklung einer Vielfalt neuer, kostengünstiger Roboter;
- > stark multidisziplinärer, umfassender Forschungsarbeiten zur Mensch-Maschine-Interaktion und maschinellen Wahrnehmung (»machine perception«) unter dem Leitbild des »Zusammenflusses« von Mensch und Computer (»Human-Computer Confluence«).

Im *Schwerpunkt Bio-IKT-Konvergenz* sollen vor allem Projekte gefördert werden, die relevant für die Entwicklung von Biocomputern, biomimetischen Artefakten, bidirektionalen Schnittstellen zwischen elektromechanischen Systemen und lebenden Entitäten oder von biohybriden Artefakten (z.B. neuen Entitäten aus IKT und neuronalem Gewebe) sein können. In diesem und anderen Schwerpunktbereichen kann oft an frühere FET-Förderaktivitäten angeknüpft werden (Kap. V.3.7.1).

Eine Besonderheit der Herangehensweise von FET an die Konvergenzthematik ist die – der thematischen Ausrichtung und institutionellen Verankerung von FET entsprechende – Konzentration auf die *Nutzung von NBIC-wissenschaftlichen Konvergenzprozessen für die IKT-Entwicklung*. Ein geeignetes Forum für diesen Ansatz stellten zwei von »Microsoft Research« und der Universität Trento (Italien) durchgeführte Konferenzen in den Jahren 2004 und 2006 dar, u.a. weil »Microsoft Research« die Relevanz der konvergierenden NBIC-Wissenschaften für den IKT-Bereich ähnlich wie FET einschätzt und auch sonst Interesse an der Konvergenzthematik gezeigt hat. Auf beiden Konferenzen wurden seitens leitender FET-Mitarbeiter die FET-Konzeption und einschlägige Aktivitäten vorgestellt (Van der Pyl 2004; Van Hove 2006). Dabei war u.a. von einer »neuen Renaissance in den konvergierenden Wissenschaften und Technologien« (Van der Pyl 2004) die Rede, im Anklang an die Visionen der NBIC-Initiative in den USA, sowie von dem Ziel der FET-Förderaktivitäten, die »konvergierenden Wissenschaften einzubringen, um IKT neu zu erfinden« (Van Hove 2006). Bemerkenswert ist die Strukturierung von Konvergenzprozessen zwischen den NBIC-Feldern nach der folgenden *Unterteilung in vier Formen von »Convergence«* (Van Hove 2006):

- > »Konvergenz von Information« (Information in der lebendigen Welt);
- > »Konvergenz von Materie« (Biologische Mechanismen und Manipulation auf der atomaren Ebene);
- > »Konvergenz von Werkzeugen und Konzepten« (IKT als Basis der Auflösung der Grenzen von Virtualität und Realität und technisch verkörperter Intelligenz);

- > »Ambient Intelligence« (menschenzentrierte IKT mit umfassenden gesellschaftlichen Auswirkungen).

Abgeschlossen seien die beispielhaften Darlegungen konzeptioneller Aktivitäten zu IKT und allgemein zu emergierenden Technologien mit einem Hinweis auf einen weiteren EU-Akteur im Bereich emergenter und visionärer Entwicklungen im wissenschaftlich-technologischen Bereich: Im Rahmen des im sechsten Forschungsrahmenprogramms (FP) mit insgesamt 215 Mio. Euro ausgestatteten, im 7. FP aber nicht mehr bestehenden speziellen Aktivitätsbereichs »New and emerging science and technology« (NEST) wurden zahlreiche Projekte von unmittelbarer Bedeutung für visionäre und emergente Aspekte der NBIC-Konvergenz gefördert. Die zuständige Einheit im Direktorat B der Generaldirektion Forschung stand dem CT-Konzept (und insbesondere der CTEKS-Agenda) aber offensichtlich distanziert gegenüber. Sie machte sich das *Konvergenzkonzept* nicht zu Eigen, und es spielte auch auf der Ebene der NEST-Projektförderung explizit keine nennenswerte Rolle. Ungeachtet dessen wurden im NEST-Rahmen viele Projekte gefördert, die aus der Perspektive der NBIC-Konvergenz relevant sind. Neben der Förderung nach dem »Bottom-Up«-Ansatz (bzw. ADVENTURE-Modus; Kap. V.3.7.1) handelt es sich hier auch um Projekte im Rahmen thematisch spezifischer Initiativen (insbesondere in den PATHFINDER-Initiativen) u. a. zu den übergeordneten Themen Komplexitätsforschung, »synthetische« und menschliche Biologie sowie Veränderungen des Menschenbildes. Weil die NEST-Aktivität nicht fortgesetzt wird, sei in Bezug auf die konzeptionellen Arbeiten lediglich beispielhaft auf ein hinsichtlich des Kontexts der CT-Debatte besonders relevantes Projekt hingewiesen, nämlich das zur Frage, was Menschsein bedeute. Im Rahmen dieser Initiative wurde seitens einer hochrangigen Expertengruppe der Vorschlag gemacht, ein großangelegtes europäisches »Human Mind Project« zu starten (EU HLEG WIMTBH 2005). Seitens der Gruppe wurde zwar nicht auf das Konvergenzkonzept verwiesen, inhaltlich bestehen aber starke Ähnlichkeiten zu den Ideen der NBIC-Initiative in den USA, sowohl was die Hoffnung auf eine neue Einheit der Wissenschaften und Technologien betrifft als auch hinsichtlich der polemischen Spitzen gegen bestehende sozial- und kulturwissenschaftliche »Schulen«. Ein breitangelegtes »Human Mind Project« könne, so die Expertengruppe, ähnlich grundstürzende Auswirkungen haben wie Charles Darwins Ideen im 19. Jahrhundert.

BIOTECHNOLOGIEN UND -WISSENSCHAFTEN

3.5.2

In EU-Aktivitäten zum Feld der Biotechnologien und -wissenschaften wurde die Konvergenzthematik bisher zumeist eher vage als ein »emerging issue« aufgefasst. Im 7. FP (Kap. V.3.8) ist in dem Kapitel zum Themenbereich »Food, Agriculture and Biotechnology« nur an einer Stelle von CT die Rede, im Zusammenhang mit



der nachhaltigen Nutzung der Biodiversität von Mikroorganismen, Tieren und Pflanzen. Im Bereich »Health« kommt der Konvergenzbegriff nicht vor. Entsprechend stellt es sich in den aktuellen Arbeitsprogrammen zu den beiden Bereichen dar, wobei aber zu beachten ist, dass viele der geplanten Förderungen NBIC-Konvergenzen betreffen. Konzeptionell erscheint besonders bemerkenswert, dass in den Aktivitäten zum »Health«-bereich Synergien u.a. mit den IKT- und Nanofeldern genutzt werden sollen, wobei insbesondere auch an gemeinsame Anstrengungen zur Förderung der Hirnforschung und zur FuE zum Thema Altern gedacht ist. Überdies wurde seitens des Kommissars für Wissenschaft und Forschung die Bedeutung der NBI-Konvergenz für die Schaffung einer *wissenschaftsbasierten Bioökonomie* betont und von anderen Akteuren in konzeptionellen Aktivitäten zu dieser Thematik die Konvergenzperspektive vereinzelt eingenommen. In Forstwissenschaft und -wirtschaft soll erklärtermaßen das Potenzial der CT genutzt werden. Überdies wurde in EU-Projekten zur Nano-Bio-Konvergenz und in einschlägigen ethischen Forschungsprojekten die CT-Thematik verschiedentlich aufgegriffen. *Insgesamt gesehen* spielt das Konvergenzkonzept aber bisher keine größere Rolle in den forschungspolitischen Aktivitäten zu Biotechnologien und -wissenschaften und auch die inhaltlich-konzeptionellen Überlegungen sind nicht weit fortgeschritten. Ein gewisser Bedeutungszuwachs ist aber insofern festzustellen, als dass der Begriff nun vereinzelt auftaucht und dabei auch von der Leitungsebene eingebracht wird.

Erwähnt sei abschließend eine hochrangig besetzte Konferenz im Jahr 2004 zu den *Auswirkungen der modernen Biologie auf das Menschenbild*, an der auch der Kommissar für Wissenschaft und Forschung teilnahm. In einem der Beiträge für den Konferenzband (European Communities 2004) wird die CT-Debatte als Beispiel für das Heraufziehen eines neuen Leitbildes gedeutet, das von der modernen Biologie ausgeht, aber deren Grenzen überschreitet (Knorr Cetina 2004): Dieses neue Leitbild sei die *Perfektibilität des Lebens*, also die Vision, dass menschliches wie nichtmenschliches Leben mit technologischen Mitteln verbessert werden solle. Hier zeichne sich ein Bruch mit der *Tradition der Aufklärung* ab, in der die Verbesserung der Gesellschaft und die Bildung des menschlichen Individuums das Fortschrittsdenken bestimmt hätten. In der *NBIC-Debatte*, die um die Idee einer Steigerung und Ausweitung menschlicher Fähigkeiten kreise und von transhumanistischen Vorstellungen geprägt sei, werde demnach das neue Leitbild über die Grenzen der Biologie hinaus auf andere wissenschaftlich-technologische Felder ausgeweitet. Trotz des fantastisch anmutenden Charakters einiger posthumanistischer Visionen seien diese politisch und kulturell relevant. In ihnen würden sich umfassendere und tiefer gehende Veränderungen des Menschen- und Gesellschaftsbilds ankündigen als es in den konkreteren bioethischen Fragestellungen der Fall sei.

NBIC-KONVERGENZ UND UMWELTWISSENSCHAFT**3.5.3**

Seit Juni 2005 besteht ein ERA-NET (eine Maßnahme zur Stärkung des Europäischen Forschungsraums) zum Thema »Scientific Knowledge for Environmental Protection« (SKEP), an dem sich 17 Ministerien oder Ämter aus 13 Mitgliedstaaten beteiligen und dessen Aktivitäten im Mai 2009 enden sollen. Eines der sechs »Arbeitspakete« ist emergierenden Themen für die zukünftige umweltwissenschaftliche Forschungsplanung gewidmet. Federführend sind hier das französische Ministerium für Ökologie und nachhaltige Entwicklung sowie das französische Amt für Umwelt und Energiemanagement.

Die *NBIC-Konvergenz* ist in dem angesprochenen Arbeitspaket das zentrale Thema. Es fällt auf, dass die CT-Debatte in einer umfassenden, international vergleichenden und die akademische Diskussion berücksichtigenden Weise aufgearbeitet wurde – also nicht beschränkt auf umweltwissenschaftliche und -politische Themen im engeren Sinn, sondern z.B. auch unter Einbeziehung von philosophischen Fragestellungen und des Forschungsstandes zur sog. »Nanoethik« (SKEP 2007). Diese breite und philosophisch interessierte Herangehensweise entspricht dem Charakter der CT-Debatte in Frankreich (Kap. V.1.3).

Hinsichtlich der NBIC-Technologien werden im Einklang mit den verschiedenen CT-Initiativen die *Chancen* im umwelt- und energiepolitischen Bereich betont. Besondere *Herausforderungen* stellen sich aber bei der Regulierung (z.B. in Bezug auf Nanopartikel) und auch durch die ethisch-gesellschaftliche Brisanz verschiedener neuer oder für die Zukunft erwarteter Entwicklungen in den NBIC-Feldern. Die Ergebnisse der Untersuchung dieser Chancen und Herausforderungen sollen in eine im Jahr 2008 zu erstellende umweltwissenschaftliche Forschungsagenda eingehen.

ETHISCHE ASPEKTE UND ÖFFENTLICHER DIALOG**3.5.4**

Die im Aktivitätsfeld »Science and Society« (bzw. im siebten Forschungsrahmenprogramm: »Science in Society«) laufenden Förderungen umfassen auch eine *Reihe von Projekten zur ethischen Forschung und zum öffentlichen Dialog*. Überdies werden zahlreiche Projekte in den NBI-Bereichen und vor allem zur Biotechnologie ethisch begleitet, was im Rahmen dieser Studie allerdings nicht untersucht wird. Neben den bereits erwähnten Projekten zur ethischen Forschung und zum gesellschaftlichen Dialog zur Nanotechnologie (Kap. V.3.2), von denen nur die reinen Ethikprojekte im Rahmen von »Science and Society« gefördert werden, ist auch eine Reihe weiterer Projekte zu ethischen und gesellschaftlichen Aspekten anderer und konvergierender Technologien erwähnenswert. Sie befassen sich u. a. mit visionäre Aspekten der NBIC-Felder und mit »Human Enhancement« (Kap. V.3.7.1).

Der Förderung dieser Projekte war eine *relativ frühe öffentliche Befassung mit der Konvergenzthematik* durch Mitarbeiter der Kommission vorausgegangen, die für Foresight (z.B. Rogers 2003a) oder ethische Aspekte zuständig waren. Hierbei wurde von einem Foresight-Verantwortlichen im Jahr 2004 die NBIC-Initiative in den USA als »schwach« in der Berücksichtigung ethischer sowie kognitions- und sozialwissenschaftlicher Aspekte eingeschätzt und eine gesellschaftlich akzeptable, kognitionswissenschaftlich getriebene Forschungsagenda eingefordert.² Ein für ethische Aspekte (bis April 2006) zuständiger Kommissionsmitarbeiter ging ebenfalls im Jahr 2004 mit Blick auf kommende EU-Förderungen zu ethischer Forschung auf das Thema »Human Enhancement« ein:

- > »Enhancement« wurde dabei definiert als »Improvement or extension of some characteristic, capacity or activity«, eine *Definition*, die der Mitarbeiterstab des Bioethikrats des US-Präsidenten entwickelt hatte.
- > Als *Typen* von »Enhancement« wurden »physical«, »intellectual« und »behavioural« unterschieden.
- > Diese könnten *mechanisch* (Robotik und Bionik), *pharmakologisch* (Immunisierung und Antidepressiva), *neurologisch* (neuronale Implantate), *genetisch* (genetische Therapie und Modifikation), *nanotechnologisch* (Sensoren und Tarnung) und *informationstechnologisch* (Steigerung von Gedächtnis- und Wahrnehmungsleistungen und Kommunikation) sein.
- > Als wichtige *ethische Themen* wurden u.a. mögliche Schäden für das Individuum und die Gesellschaft, Menschenwürde, Datenschutz und Wahrung der Privatsphäre sowie die Frage des »informed consent« genannt.

Im Jahr 2005 stellte derselbe Mitarbeiter dann die mittlerweile angelaufenen ethischen Forschungsprojekte (Projekte BITE zur Biometrie, REPROGENETICS zur Modifikation des menschlichen Erbguts, ENHANCE zu den verschiedenen Aspekten des »Human Enhancement« sowie ETHICBOTS zu ethischen Fragen der Robotik) und Dialogaktivitäten (Projekt ECD, eine europäische Bürgerkonferenz zur Hirnforschung) in den CT-Zusammenhang (Coles 2005). Neben den bereits 2004 genannten ethischen Themen zählte er auch Tierversuche für nichtmedizinische Zwecke, die Nutzung embryonaler Chimären und den »Dual-use«-Aspekt (u.a. hinsichtlich des Sicherheitsbereichs) zu den *Herausforderungen durch neue und konvergierende Technologien*. Die genannten Projekte und Aktivitäten haben inhaltlich (und auch personell) fast durchgängig *starke Bezüge zur CT-Debatte*:

- > Das laufende Projekt *ETHICBOTS* berücksichtigt stark visionäre Perspektiven und zählt neben renommierten Robotik- und Ethikexperten und Forschern aus anderen Bereichen auch den bekannten posthumanistischen Kybernetiker und

2 Diese Präsentation und die im Folgenden angesprochene sind nicht mehr online verfügbar.

Robotiker Kevin Warwick zu seinen Mitarbeitern. Dieser will erklärtermaßen zu einem *Cyborg* werden. Die Zusammensetzung der Projektgruppe und deren Onlineveröffentlichungen deuten erstens darauf hin, dass *kognitionswissenschaftliche Aspekte* in dem Projekt eine zentrale Rolle spielen, da sie hinsichtlich möglicher *Sicherheitsprobleme* von in lebensweltlichen Zusammenhängen agierenden Robotern von besonderem Interesse seien. Zweitens sind von dem Projekt wesentliche Beiträge zum Verständnis der aktuellen *Bedeutung ethischer Fragen in der Robotik-Community* zu erwarten. Drittens sollen Fragen des »Human Enhancement« berücksichtigt und grundlegende Aspekte des Verhältnisses zwischen *Mensch und Maschine auch in historischer Perspektive* behandelt werden, u.a. mit Blick auf die Frühzeit der Kybernetik.

- › Im laufenden Projekt *ENHANCE* beteiligen sich vor allem Philosophen und u.a. auch Forscher, die herausgehobene Positionen im organisierten *Transhumanismus* einnehmen (z.B. Bostrom/Sandberg 2006) oder diesem nahe stehen und auch in einer der neueren Publikationen der US-amerikanischen NBIC-Initiative vertreten sind (Sandberg/Bostrom 2006; Savulescu 2006). Schwerpunktthemen des Projekts sind »Cognitive Enhancement«, »Life Extension«, »Mood Enhancement« und »Physical Performance«. Personell bestehen Überschneidungen zum Projekt *ETHICBOTS*. Soweit aus den Onlinepublikationen ersichtlich, wird (auf Basis einer Auseinandersetzung mit dem aktuellen Stand von FuE; Bostrom/Sandberg 2006) u.a. stark betont, dass die *Zukunft des »Human Enhancement« in gesellschaftlicher und ethischer Hinsicht offen und gestaltbar* sei.
- › Das im Herbst 2006 abgeschlossene Projekt *BITE* wurde von einem Bioethiker geleitet, der sich seit mehreren Jahren mit der CT-Thematik befasst (Mordini 2004) und u.a. die reduktionistisch-kybernetische Auffassung des menschlichen Körpers als Information, die ethischen Herausforderungen durch militärische Nutzung von NBIC-Entwicklungen und »Human Enhancement« sowie eine Verengung der Sicht auf rein technische Lösungen (»technical fixes«), z.B. in Bezug auf »Behinderung«, kritisiert.
- › In der »European Citizens Deliberation« zur Hirnforschung (»Meeting of Minds«; TAB 2007) wurde die spezifische CT-Thematik zwar nur ganz am Ende der Laufzeit kurz angesprochen. Viele der Fragestellungen berührten aber den Kern der CT-Debatte, und als Experten haben sich auch einige Teilnehmer an der internationalen Konvergenzdebatte beteiligt. Ein bemerkenswertes Ergebnis war die gleichzeitige Befürwortung erheblicher Anstrengungen in diesem Forschungsfeld und einer besonderen Sensibilität in Bezug auf problematische Normalitäts-, Behinderungs- und Krankheitskonzepte.

Im Projekt *ETHICSCHOOL* – das zwar zu dem Aktivitätsfeld »Science and Society« des sechsten Forschungsrahmenprogramms zählt, aber erst im September 2007 (mit einer Laufzeit von anderthalb Jahren) startete – sollen im Jahr 2008 zwei



Sommerschulen zur Nanoethik durchgeführt werden. Die zweite wird ethischen Aspekten der konvergierenden NBIC-Technologien gewidmet sein. In dem Projekt soll auch ein E-Learning-Modul zum Thema für den universitären und schulischen Gebrauch entwickelt werden.

Zudem sind verschiedene Arbeiten der *Europäischen Gruppe für Ethik der Naturwissenschaften und der Neuen Technologien bei der Europäischen Kommission* (European Group on Ethics in Science and New Technologies, EGE) von hoher inhaltlicher Relevanz für die CT-Debatte. Mit einem Kernthema der CT-Debatte hat sich die EGE z.B. im Zuge ihrer Arbeiten an einer Stellungnahme zu *IKT-Implantaten im menschlichen Körper* (EGE 2005) beschäftigt. Sie nennt, in Auseinandersetzung mit dem aktuellen Stand von FuE und den visionären Perspektiven, folgende Punkte, die verstärkter *Reflexion und Diskussion* bedürften:

- › Verletzung der Menschenwürde;
- › Instrumentalisierung des Menschen;
- › Wahrung der Privatsphäre;
- › Diskriminierung bei der Bereitstellung von medizinischen Leistungen;
- › Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips;
- › Wertekonflikte in der Technologieentwicklung.

Die Gruppe weist ebenfalls darauf hin, dass in einer ganzen Reihe von Bereichen noch *erhebliche Wissenslücken* beständen, deren Schließung zur Beurteilung von weitergehenden Risiken notwendig sei. Es sei beispielsweise nicht klar, unter welchen Umständen Gehirnimplantate die Autonomie des Menschen beeinträchtigen könnten. Offen sei auch die Frage irreversibler Folgen von Implantaten für Körper oder Psyche. Im Mittelpunkt ständen Fragen nach der Würde des Menschen, speziellen Implikationen für den Schutz der Privatsphäre und Überwachung, Konsequenzen für das menschliche Selbstverständnis bei der Verbesserung menschlicher Fähigkeiten, sozialen Aspekten und der Vorhersehbarkeit der Risiken. Die EGE warnt auch vor einem *informationstheoretischen Reduktionismus*, der Leib und Psyche auf Daten reduziere und weist darauf hin, dass die Frage der IKT-Implantate zwischen *zwei Extremen* stehe: einerseits die Bewahrung des menschlichen Körpers, also die medizinische Nutzung, andererseits die Eliminierung des menschlichen Leibs, so wie wir ihn heute kennen, und seine Ersetzung durch einen »posthumanen« künstlichen Körper (mit allen möglichen Zwischenstufen). *Menschliche Würde* betreffe aber das menschliche Selbst als verkörpertes. In ihrer Arbeit zu *ethischen Aspekten der Nanomedizin* hat sich die EGE auch mit dem Thema »Human Enhancement« sowie der anthropologischen Frage nach möglichen Veränderungen der *Conditio Humana* auseinandergesetzt (EGE 2007) und dabei auch die Kritik an der US-amerikanischen NBIC-Initiative und ihrer Nähe zum Transhumanismus berücksichtigt (EGE 2006, S. 31 ff.).

In einem neueren Arbeitspapier eines für Governance und Ethik im Forschungsbereich zuständigen Kommissionsmitarbeiters werden – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – folgende *ethische Themen im Zusammenhang mit Nanotechnologie und CT* identifiziert (Von Schomberg 2006, S.20):

- > Respect for fundamental ethical principles (EU charter for Human Rights etc);
- > Rights of access to information, protection of personal data (in the context of medical and security applications);
- > Dual use of technology (e.g. military use, use by terrorists);
- > Issues of human dignity: of ICT implants in the human body which raises: nontherapeutic human enhancement, shifting self-images of human beings once the border-line between machine and human biology may fade in future man-machine interactions;
- > Surveillance society issues (availability of nanotracers, nanocameras?), balance of privacy, limits to personal freedom, and security;
- > Non-discrimination and equity: The ethical principle that everybody should have fair access to the benefits under consideration. The fear for a nanotech-divide with the developing world;
- > Early identification for the susceptibility for diseases without prospects of cure or medication;
- > The ethics of risk-assessment: which risks are deemed to be acceptable in terms of hazards for human health and environmental pollution, how do distinguish between risks, individuals voluntary take and collective risks?;
- > The issue of particular technologies, presented as a »hype« in the public sphere, (and its consequences for the funding of research and research priority setting) and the often associated technological optimism that particular problems can be solved (only) by technological means.

Verschiedene Maßnahmen und auch Verbote (z.B. im Bereich des »Human Enhancement«) wurden in einer öffentlichen Konsultation der Generaldirektion Forschung zu einem Verhaltenskodex für die Nanowissenschaften und -technologien diskutiert (EC RDG 2007a).

Zusammenfassend lässt sich zu den EU-geförderten Aktivitäten zu ethischen Aspekten der NBIC-Konvergenzen feststellen, dass dort eine *Vielfalt von Perspektiven* einbezogen wird, unter Berücksichtigung aktueller FuE und verschiedener, auch weitreichender Visionen. Wie in den einschlägigen Diskussionen und Forschungsaktivitäten in den USA findet sich der Gegensatz zwischen einem mehr oder weniger emphatischen Trans- und Posthumanismus einerseits und Warnungen vor einer Dehumanisierung und Verletzungen der Menschenwürde andererseits. Die verstärkte Auseinandersetzung mit dem Stand naturwissenschaftlich-technologischer FuE sowie die Integration diverser Perspektiven befördern anscheinend, ebenfalls



wie in den USA, Tendenzen zur Versachlichung und Entpolarisierung der Debatte. Es ist aber noch unklar, ob die Extrempositionen – nämlich der auf »Human Enhancement« setzende Posthumanismus einerseits und die Kritik an einer »Dehumanisierung« durch neue Technologien andererseits – letztlich überhaupt politisch-gesellschaftlich miteinander vermittelt werden können. Zusammen betrachtet mit den einschlägigen Diskussionen zur Nanoethik, den Ergebnissen der diversen Foresight-Aktivitäten und den gesellschaftlichen Debatten (Kap. II) gewinnt man den Eindruck, dass die im engeren Sinn politisch-ethische *Debatte über Posthumanismus und Dehumanisierung* bereichert werden könnte durch

- › die Einbeziehung weiterer philosophischer, sozial-, geistes- und kulturwissenschaftlicher Ansätze und Traditionen;
- › die Beteiligung eines breiteren Spektrums gesellschaftlicher Akteure;
- › die verstärkte Befassung mit historischen sowie umfassenden kulturellen Aspekten wissenschaftlich-technologischer Innovationen und Visionen;
- › eine weitere Intensivierung und Vertiefung der internationalen Diskussion (unter stärkerer Einbeziehung afrikanischer, asiatischer und lateinamerikanischer Stimmen).

Hinsichtlich ethisch brisanter Aspekte und umfassender gesellschaftlicher Implikationen der NBIC-Konvergenzprozesse stellt sich dabei insbesondere auch die Frage nach der Rolle und den möglichen Beiträgen parlamentarischer Akteure und der Parlamente allgemein, als Schlüsselinstitutionen moderner Demokratien.

EUROPÄISCHES PARLAMENT

3.6

Die in der CT-Debatte im Zentrum der Aufmerksamkeit stehenden Technologie- und Forschungsfelder beschäftigen das Europäische Parlament (EP) selbstverständlich in unterschiedlichen Zusammenhängen. Zu erinnern ist hier beispielsweise an die wiederholte Artikulation technikethischer Bedenken in Bezug auf die Biotechnologie, bei der – vor allem in Bezug auf die embryonale Stammzellforschung – eine Berücksichtigung der kulturellen Wertevielfalt innerhalb Europas gefordert wurde. Die diesbezüglichen parlamentarischen Aktivitäten, zu denen u.a. ein temporärer Ausschuss zur Humangenetik zählte, haben zum Teil zu entsprechenden Modifikationen der Kommissionsvorschläge für das siebte Forschungsrahmenprogramm geführt. Das Konvergenzkonzept spielt in diesem Zusammenhang aber keine nennenswerte Rolle. In der parlamentarischen Auseinandersetzung mit den Nanowissenschaften und Nanotechnologien kommt das Konvergenzkonzept nicht vor, aber es wurde seitens des Parlaments z.B. die Bedeutung von Konvergenzprozessen zwischen den NBI-Feldern sowie auch die ethische Relevanz des eng mit der CT-Thematik verbundenen Thema »Human Enhancement« betont (EP 2006).

Eine *Auseinandersetzung mit dem Konvergenzkonzept* fand jedoch im und durch das Parlament *bereits vereinzelt* statt, insbesondere in neueren Aktivitäten des Parlaments zu Foresight und Technikfolgenabschätzung. Vor allem auf die *Foresight- und TA-Aktivitäten* wird im Folgenden relativ ausführlich eingegangen, vor allem weil in ihnen die *CT-Debatte in ihrer ganzen Breite* aufgegriffen wurde und Grundlinien derzeit geplanter Folgeaktivitäten sichtbar werden.

FRÜHE AKTIVITÄTEN MIT NICHTREGIERUNGSORGANISATIONEN 3.6.1

Soweit ersichtlich hat vor Beginn der Foresight-Aktivitäten zur CT-Thematik im Jahr 2005 das Konvergenzkonzept im EP vor allem dadurch ein gewisses Maß an Aufmerksamkeit gefunden, dass die Nichtregierungsorganisation ETC Group, zusammen mit anderen NRO und auf Einladung der grünen Fraktion, das Seminar »Atomtechnology: Nanotechnology and converging technologies« (Juni 2003) organisierte. An diesem nahmen u.a. einige umweltpolitisch interessierte Parlamentarier aus verschiedenen Fraktionen, Vertreter der Kommission, Wissenschaftler und zivilgesellschaftliche Aktivisten teil. Die ETC Group hatte wenige Monate zuvor ihre sehr kritische Analyse der US-amerikanischen NBIC-Initiative und der sich entfaltenden CT-Debatte veröffentlicht. Auf dem Workshop wurden dann aber vor allem die wirtschaftliche sowie forschungspolitische Bedeutung der Nanotechnologie, Fragen des umwelt- und Verbraucherschutzpolitischen Regulierungsbedarfs, der militärischen Relevanz sowie der gesellschaftlichen Akzeptanz nanotechnologischer Forschung und Entwicklung diskutiert, unter Einbeziehung der Perspektive der Entwicklungsländer (Fiedeler 2003). Die Kritik der ETC Group an den EU-Aktivitäten zur Nanotechnologie im sechsten Forschungsrahmenprogramm und sogar ihre damalige Forderung nach einem zehnjährigen Moratorium im Nanotechnologiebereich wurde von vielen Teilnehmern unterstützt (Healey/Glimell 2004; Rogers 2003b). Sie unternahm zudem den *Versuch, umfassende Aspekte der NBIC-Konvergenz zu problematisieren* – wie die Hoffnung auf eine extreme Ausweitung der menschlichen Manipulationsmöglichkeiten belebter und unbelebter Natur. Solche Aspekte wurden jedoch auf der Veranstaltung kaum thematisiert, und die Konvergenzthematik insgesamt fand in der Folgezeit im EP zunächst keine weitere Beachtung. Das Seminar trug aber, auch bei einigen teilnehmenden Parlamentariern, zur Sensibilisierung für die Thematik bei und machte die Vorstellungen der NBIC-Initiative in den USA in Europa bekannter.

FORESIGHT- UND TA-AKTIVITÄTEN 3.6.2

Seit 2005 findet das Thema »Converging Technologies« in *TA- und Foresight-Aktivitäten des Europäischen Parlaments (EP)* Beachtung, z.T. in inhaltlicher An-



knüpfung an Foresight-Aktivitäten der Kommission. Das EP organisiert die Beratung zu wissenschaftlich-technologischen Fragen aus TA-Perspektive durch sein Panel »Scientific Technology Options Assessment« (STOA). Es wird gebildet aus 15 Abgeordneten verschiedener Ausschüsse. Seit 2005 erbringt die European Technology Assessment Group (ETAG), eine Gruppe von fünf parlamentarischen TA-Einrichtungen, wissenschaftliche Dienstleistungen für STOA, wobei der Vertragspartner des EP das Forschungszentrum Karlsruhe (Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, ITAS) ist.

STOA führte im Oktober 2005 im EP einen *Workshop zur CT-Thematik* durch. Zeitnah organisierte das Netzwerk European Parliamentary Technology Assessment (EPTA), in dem sich eine größere Zahl europäischer parlamentarischer TA-Einrichtungen (einschließlich STOA) zusammengeschlossen haben, *im Flämischen Parlament (Brüssel) eine Konferenz zum selben Thema*, mit dem Titel »The Next Technology Wave«. An beiden Veranstaltungen nahmen Parlamentarier, andere politische Akteure sowie wissenschaftliche Experten (insbesondere aus dem TA- und Foresight-Bereich) teil, an dem Workshop im EP auch Vertreter der Generaldirektion Forschung der EU-Kommission. Zentrale Themen auf beiden Veranstaltungen waren Unterschiede zwischen den CT-Initiativen in den USA und auf EU-Ebene, die Möglichkeiten eines international abgestimmten Umgangs mit zu erwartenden gesellschaftlichen und ethischen Implikationen der NBIC-Konvergenz und die Aufgaben für Foresight und TA bei der Untersuchung der Thematik. Die Organisatorin des Workshops im EP, die TA-Einrichtung des flämischen Parlaments (Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek, viWTA), hielt als ein zentrales Ergebnis fest, dass sich die CT-Initiativen in den USA und auf EU-Ebene zwar tatsächlich grundlegend unterschieden: Die NBIC-Initiative in den USA setze mit einem individualistischen Ansatz vor allem auf eine Form- und Herstellbarkeit eines leistungsfähigeren Menschen, der europäische CTEKS-Ansatz hingegen sei kollektiver und betone die Gestaltbarkeit der Gesellschaft. Dieser Gegensatz könne aber durch einen (von einem Foresight-Experten der Kommission auf dem Workshop vorgeschlagenen) prospektiven Ansatz versöhnt werden: Voraussetzung einer sinnvollen Entwicklung und Innovationspolitik im Konvergenzbereich sei die Bestimmung zukünftiger Bedürfnisse auf der individuell-persönlichen, der unmittelbar lebensweltlichen (Nahumgebung des Individuums) und der gesamtgesellschaftlichen Ebene.

Im Jahr 2006 führte STOA dann mittels der ETAG (und federführend durch die niederländischen und flämischen parlamentarischen TA-Einrichtungen) ein Projekt (Literaturstudie und »Vision Assessment«) zu konvergierenden Technologien durch, in dessen Rahmen im Juni 2006 ein Workshop im EP mit dem Titel »Converging Technologies in the 21st Century: Heaven, Hell or Down to Earth?« durchgeführt

wurde. Im Projektendbericht (STOA 2006), der auf dem Workshop diskutiert wurde, erfolgt vor allem ein »Vision Assessment« zur CT-Debatte. (Die Ausführungen zu bereits ablaufenden NBIC-Konvergenzprozessen basieren im Wesentlichen auf einer oben bereits erwähnten Studie im Auftrag der Kommission: Van Lieshout et al. 2006; Kap. V.3.4.1) Im Zuge der Untersuchung visionärer Aspekte der Konvergenzthematik wurden folgende Einschätzungen getroffen und Ergebnisse erzielt:

- › In der CT-Debatte wird ein »Reich neuer Möglichkeiten« beschworen, ein fundamentaler Wandel unserer Art, zu denken, unserer gesellschaftlichen Lebensweisen und des Umgangs mit dem Tod, bis hin zur Vision individueller Unsterblichkeit. So weitreichend sind die Erwartungen, dass weniger ein »age of changing« als vielmehr ein »changing of an age« prognostiziert wird.
- › Das Heraufziehen eines neuen Zeitalters wird von seinen Propheten durch eine Vielzahl steiler Entwicklungskurven illustriert, in denen Konzepte wie die Nanotechnologie und die Kognitionswissenschaft von herausragender Bedeutung sind. Fluchtpunkt zumindest der extremen Visionen ist ein Umschlagspunkt der zivilisatorischen Entwicklung (»Singularity«), von dem ab diese von Maschinen mit übermenschlicher Intelligenz vorangetrieben wird und Menschheit und Maschinenwelt verschmelzen.
- › Im militärischen Bereich (insbesondere in den USA) kündigen sich weitaus leistungsfähigere Soldaten als bisher an sowie gleichzeitig eine fortschreitende Ersetzung menschlicher durch »intelligente« maschinelle Komponenten. Im medizinischen Bereich wächst die Bedeutung neuer Technologien weiter, und es kursieren Visionen einer erheblichen Verlängerung der menschlichen Lebensdauer und sogar einer Überwindung oder zumindest einer Art Überlistung des Todes. Von der weiteren Verbreitung von IKT im privaten und öffentlichen Raum (»ambient intelligence«) wird ein starker Wandel sozialer Interaktion erwartet, von Visionen einer Stärkung der Demokratie und gesellschaftlicher Partizipation bis hin zu Dystopien einer allgegenwärtigen Überwachung oder gar totalitärer Regimes wie das von George Orwell in seinem Werk »1984« erdachte.
- › Durch die CT werden nicht nur technologie- und forschungspolitische Fragen aufgeworfen und neue Lösungen entstehen, sondern es rücken auch philosophische Aspekte in den Mittelpunkt des Interesses, die das Verhältnis von Menschheit, Natur und Leben betreffen. Hinsichtlich der visionären Auseinandersetzung mit diesen Themen lässt sich der Diskurs über die CT, soweit sie auf den menschlichen Körper und Geist zielen, anhand einer Unterteilung in drei grundlegende Positionen strukturieren (nach Garreau 2005): Visionen des Himmels (»heaven«) und der Hölle (»hell«) sowie ein Ansatz (»prevail«), bei dem zwar einige der extremen Visionen zurückgewiesen werden, dennoch aber gewaltige Herausforderungen und Chancen durch rasante Entwicklungen im wissenschaftlich-technologischen Bereich gesehen werden.

- > Die Anhänger der »Himmel«- und »Hölle«-Szenarios hätten vieles gemeinsam: Sie glauben an eine extrem schnelle Entwicklung der NBIC-Technologien mit revolutionären Auswirkungen, auch in Bezug auf die menschliche Natur. Sie erwarteten daher, dass sich bereits abzeichnende Konflikte im technikethischen Bereich zu zentralen politischen Fragen des 21. Jahrhunderts würden. Ein Ende des politischen Spektrums werde der Transhumanismus sein, der sich als fortschrittliche Emanzipationsbewegung sehe, die für das Recht völlig freier Selbstbestimmung und -modifikation (vor allem durch Technologie) kämpft. Auf der anderen Seite würden Technik- und Kulturkritiker stehen, die diese neuen Freiheiten mit großer Skepsis oder entschiedener Ablehnung betrachten. Ein vorteilhafter Effekt der extremen Visionen sei, dass sie tatsächlich die ethisch und gesellschaftlich heikelsten Fragen der Konvergenzthematik ins Licht rückten, bei denen zudem bereits »biopolitische« Konfliktlinien festzustellen seien. Gerade wenn aber durch NBIC-Konvergenzen wirklich »biopolitische« und andere technologiepolitische Fragen in den Mittelpunkt des Interesses rücken sollten, bestehe zugleich die Gefahr, dass die Polarisierung zwischen Heils- und Schreckensvisionen, die beide auf übertrieben anmutenden Entwicklungsprognosen beruhten, eine rationale gesellschaftliche Technikgestaltung unmöglich machen wird.
- > Der Bericht spricht sich daher (mit einigen Vorbehalten) für den dritten, in der Debatte festzustellenden Ansatz aus, der gegen diese Polarisierung gerichtet ist. Mit ihm soll eine gesellschaftliche Auseinandersetzung mit den großen Chancen und Herausforderungen durch die CT erfolgen, unter Zurückweisung fantastischer Visionen und bei einer Konzentration auf kurz- bis mittelfristige Anwendungsperspektiven. Die Stärke dieses Ansatzes liege in der Überwindung der Konfrontation zwischen Heils- und Schreckensvisionären und in der Eröffnung gesellschaftlicher Gestaltungsspielräume. Es drohten aber auch eine gewisse Kurzsichtigkeit und die Gefahr, dass den Schlüsselfragen im Bereich der auf den Menschen bezogenen CT ausgewichen wird.
- > Während die transhumanistische Weltanschauung einen starken Einfluss auf die Militär- und Weltraumforschung in den USA ausübe und in der CT-Debatte zu forschungspolitischer Bedeutung erlangt habe, werde auf EU-Ebene, in der sozialwissenschaftlichen Technikforschung und auch bei den meisten Foresight-Experten der dritte Ansatz bevorzugt. Insbesondere die CT-Initiativen im Auftrag der Kommission wichen allerdings anscheinend den ethisch heiklen Fragen des »Human Enhancement« aus.

In dem Bericht werden vor allem drei Gründe genannt, warum eine *politisch-öffentliche Debatte zu den CT dringlich* sei:

- > die technologisch-wissenschaftliche Entwicklung selbst, in der »Samen« der Konvergenz in den NBIC-Feldern bereits gesät seien;

- > die bereits erfolgende Nutzung des Konvergenzkonzepts durch die Politik;
- > Tendenzen eines immer weiter gehenden Verwischens der Grenzen zwischen Belebtem und Unbelebtem und die wachsende Bedeutung von Technologien, die nicht der Manipulation nicht-menschlicher Natur dienen, sondern auf den Körper und Geist des Menschen zielen.

In der *Diskussion dieses Berichts auf dem Workshop im EP* nahmen neben einer kleinen Zahl, zum Teil prominenter Abgeordneter auch EU-Mitarbeiter und Experten aus verschiedenen Ländern teil. Die *Abgeordnete Dorette Corbey bekundete in ihren einleitenden Worten*, dass die CT im Kernbereich der Arbeit von STOA ständen. Die in dem Bericht dargestellten drei Positionen (»heaven«, »hell« und »down-to-earth«) sind nach Ansicht Corbeys schon in vielen Technologiedebatten festzustellen gewesen. Es sei sicherlich nicht falsch, länger und gesünder leben zu wollen, aber es gebe auch eine *Schattenseite der Visionen zur Verbesserung des Menschen*. Beispielsweise drohe eventuell die Entstehung einer Oberschicht aus Übermenschen, weshalb technokratisch-elitäre Visionen mit Skepsis zu betrachten seien. Die Hoffnungen auf Unsterblichkeit erinnerten an alte religiöse Heilsversprechungen, und es habe den Anschein, dass bei einem fortschreitenden Sinnverlust und verstärkter individueller Frustration in unseren Gesellschaften die *Dehumanisierung als ein erstrebenswertes Ziel* erscheinen könnte. Zwei entscheidende Fragen seien, wer die technologische Entwicklung kontrolliert und ob diese überhaupt kontrolliert werden kann: Gibt es machtpolitische Gegengewichte, ähnlich der alten Arbeiterbewegung, zur rein von Profitinteressen bestimmten Entwicklung? Corbey nannte als *Ergebnisse des Workshops*, dass

- > sich die Technologieentwicklung anscheinend nicht so rasant darstelle wie es in den extremen Visionen behauptet wird;
- > die faszinierenden Bilder der »Heaven«- und »Hell«-Szenarios zu vereinfachend seien und Technologien nicht korrekt beschrieben;
- > zahlreiche grundlegende Fragen der Folgenabschätzung zu CT noch nicht geklärt seien (z.B. Wertaspekte und Beurteilungskriterien);
- > die Selbstreflexivität der wissenschaftlichen Community weiter gestärkt werden solle, als eine Voraussetzung für einen umfassenden gesellschaftlichen Dialog über die CT;
- > die Entwicklung der CT nicht vorrangig durch die Privatwirtschaft bestimmt werden dürfe;
- > das Parlament vor allem diesen gesellschaftlichen Dialog durch die Schaffung von »Arenen« stärken müsse.

STOA beteiligte sich auch an der Durchführung des bereits erwähnten interinstitutionellen »European Forum on Nanosciences; A Converging Approach Across Disciplines« (Oktober 2006). Ziel dieses Forums war, zu einer vertieften Auseinander-



setzung mit dem Konvergenzkonzept beizutragen und die Förderung von Konvergenzprozessen insbesondere zwischen den NBIC-Feldern voranzubringen. Inwieweit in kommenden STOA-Projekten die Konvergenzthematik aufgegriffen werden soll, ist noch nicht geklärt, aber zumindest das Thema »Human Enhancement« (im Zusammenhang mit behinderungskompensierenden und assistiven Technologien) wird STOA weiter beschäftigen.

SECHSTES UND SIEBTES FORSCHUNGSRAHMENPROGRAMM 3.7

Im Folgenden wird skizziert und an einigen Beispielen aufgezeigt, welche Rolle neue Konvergenzkonzepte bereits im sechsten Forschungsrahmenprogramm (2002–2006) der EU spielten (Kap. V.3.7.1) und welche Veränderungen mit dem aktuellen 7. FP (Kap. V.3.7.2) festzustellen sind.

KONVERGENZ IM SECHSTEN FP 3.7.1

Wie stellt sich im Überblick die *Relevanz des Konvergenzkonzepts im 6. FP* (2002–2006) dar, inwieweit hatte es in diesem bereits *Auswirkungen auf der Ebene der Projektförderung* und welche sonstigen *Förderaktivitäten zu den NBIC-Feldern, (ohne systematischen Bezug auf das Konzept)* sind hinsichtlich der Konvergenzthematik von besonderem Interesse?

Zum Jahreswechsel 2004/2005 erfolgten zwei Veränderungen im 6. FP, die das Konvergenzkonzept betrafen:

- › Aufnahme des Themas »New converging technologies and their wider implications for a European knowledge-based Society« in das Arbeitsprogramm zum 6. FP in einem Aktionsfeld des Themenbereichs »*Citizens and Governance in a knowledge based society*«. Inhaltlich wurde dabei an die vorangegangenen Foresight-Aktivitäten angeknüpft.
- › Aufnahme des Themas »Towards ›converging‹ technologies« in ein Aktionsfeld des Themenbereichs Nanotechnologie und Nanowissenschaften. Konvergenz wird dort definiert als »crossing the boundaries between previously separate scientific and engineering disciplines, including also the social, cognitive and neuro-sciences«. »Topics related to security« werden ausgeschlossen, und es erfolgt ein Verweis auf neue Chancen für Menschen mit Behinderungen.

In dem Feld »*Citizens and Governance in a knowledge based society*« wurden – im Rahmen der Initiative zur Abschätzung und Mitgestaltung der systemischen Implikationen technologischer Konvergenz – in Form von »specific support actions« (SSA) *Projekte zu sozial- und geisteswissenschaftlichen Gesichtspunkten und zur*

Technikfolgenabschätzung und Innovationsanalyse der NBIC-Konvergenz vergeben. Sie wurden in der vorliegenden Studie bereits im Detail vorgestellt (Kap. V.3.4).

TAB. 9 ÜBERBLICK ZUM SECHSTEN FORSCHUNGSRAHMENPROGRAMM

Aktivitätsgebiete (ohne Nuclear Energy)	einzelne Aktivitäten
Thematic areas	Life sciences, genomics and biotechnology for health Information society technologies Nanotechnologies and nano-sciences, knowledge-based multifunctional materials and new production processes and devices Aeronautics and space Food quality and safety Sustainable development, global change and ecosystems Citizens and governance in a knowledge-based society
Structuring the ERA (European Research Area)	Research and innovation Marie Curie Actions – Human resources and mobility Research infrastructures Science and society
Strengthening the foundations of ERA (European Research Area)	Co-ordination of research activities Development of research/innovation policies
Cross-cutting research activities	Research for policy support New and emerging science and technology (NEST) Specific SME activities International co-operation activities JRC activities

Quelle: <http://cordis.europa.eu/fp6/activities.htm>

Aktivitäten, die explizit oder implizit *ethischen Aspekten* von NBIC-Konvergenzen gewidmet waren, fanden im 6. FP vor allem im Feld »Science and Society« (Aktivitätsbereich »Structuring the ERA«) statt. Hier sind auch Aktivitäten zum *gesellschaftlichen Dialog* angesiedelt, in denen zum Teil das Konvergenzkonzept eine Rolle spielte, wie z.B. die »European Citizens Deliberation« zur Hirnforschung und diverse Projekte zur gesellschaftlichen Kommunikation über die Nanotechnologie.

Neben der bereits erwähnten Förderung von Projekten zur ethischen Forschung und zum gesellschaftlichen Dialog zur Nanotechnologie (Kap. V.3.2), von denen nur die Ethikprojekte im Rahmen von »Science and Society« gefördert werden, ist



auch eine Reihe weiterer Projekte zu ethischen und gesellschaftlichen Aspekten anderer und konvergierender Technologien erwähnenswert (Kap. V.3.5.4). Sie betreffen u.a. visionäre Aspekte der NBIC-Felder und das »Human-Enhancement«-Thema. Relevante Aktivitäten sind hier

- › die im Rahmen des 6. FP gestartete, überwiegend noch laufende *Förderung von wissenschaftlichen Projekten zu ethischen Fragen* (Coles 2004; Kap. V.3.4), z.B. der Robotik (ETHICBOTS), des »Enhancement« menschlicher Fähigkeiten (ENHANCE) und der genetischen Veränderung menschlichen Erbguts (REPROGENETICS);
- › *Aktivitäten zum gesellschaftlichen Dialog*, in denen z.T. das Konvergenzkonzept eine Rolle spielte, wie z.B. die »European Citizens Deliberation« zur Hirnforschung (»Meeting of Minds«), deren Erprobung länderübergreifender bürger-schaftlicher Partizipation zu einem NBIC-Feld möglicherweise das Vorbild für eine im Dezember 2006 angekündigte Bürgerkonferenz zur Nano- und CT-The-matik ist.

Zudem sind, wie erwähnt, Arbeiten der *Europäischen Gruppe für Ethik der Na-turwissenschaften und der Neuen Technologien* (»European Group on Ethics in Science and New Technologies«, EGE), von hoher inhaltlicher Relevanz für die CT-Debatte (Kap. V.3.5.4; TAB 2007).

Ab 2005 ist vereinzelt eine Nutzung des Konvergenzbegriffs auch in der *Förderung von Nano-Info- und Nano-Bio-Projekten* festzustellen, die nicht dem Nanofeld zugeordnet sind. Nur sehr vereinzelt wird explizit auf Konvergenzen in den Kurz-beschreibungen von »Marie Curie Actions« verwiesen, obwohl in diesem Bereich zahlreiche ausgewiesene Nano-Bio-Projekte gefördert werden. (Diese »Actions« bzw. Maßnahmen dienen der Förderung der Mobilität und Weiterbildung von Wissenschaftlern und zum Wissenstransfer.) In einigen wenigen anderen *Projekten zur Stärkung und Integration des Europäischen Forschungsraums* spielt das Kon-zept eine Rolle (z.B. Kap. V.3.5.3). Seit 2004 wurden überdies im 6. FP in ver-schiedenen Themenbereichen *Konferenzen und andere Veranstaltungen* gefördert, auf denen die Konvergenzthematik im Mittelpunkt stand oder zumindest gesondert berücksichtigt wurde (Kap. V.3.1 bis V.3.3 u. V.3.5).

Rein oder überwiegend naturwissenschaftlich-technologisch orientierte Förderakti-vitäten fanden unter explizitem Bezug auf das CT-Konzept bisher fast ausschließ-lich zum Nanofeld statt. Konvergenzprozesse zwischen den NBIC-Feldern spielen aber auch in den Förderaktivitäten zu den Bio- und IKT-Feldern und in bereichs-übergreifenden Förderaktivitäten seit längerer Zeit eine wichtige Rolle. Für eine vertiefte Untersuchung der Relevanz von Konvergenz in der EU-Forschungsför-derung böte sich hier eine nach den verschiedenen NBIC-Kombinationen und For-

schungs-, Entwicklungs- und Anwendungsfeldern strukturierte Analyse auf der Projektebene an. Durch eine solche Analyse ließe sich überprüfen, inwieweit sich die schon seit Langem erfolgende starke programmatisch-konzeptionelle Betonung multi-, inter- und transdisziplinärer Aspekte und felderübergreifender Technologieentwicklung in der konkreten Projektförderung niedergeschlagen hat.

In der vorliegenden Studie wurde als erster Schritt vor allem Hinweisen auf *Initiativen und Einzelprojektförderungen* nachgegangen, die unter *Berücksichtigung möglichst vieler NBIC-Felder* und der *in der CT-Debatte zentralen Themen und Aspekte* erfolgten. Dabei erfolgte eine Konzentration auf die *Nano- und IKT-Felder*.

NANOTECHNOLOGIE UND NANOWISSENSCHAFTEN

Im Bereich *Nanotechnologie und Nanowissenschaften* fand, soweit aus den via Internet öffentlich einsehbaren offiziellen Projektkurzbeschreibungen ersichtlich, bis Herbst 2006 fast keine *Förderung von rein naturwissenschaftlich-technischen Projekten* statt, die sich an herausgehobener Stelle explizit auf das Konvergenzkonzept beziehen. Es gibt aber in den Onlinedokumenten zur Projektförderung Hinweise darauf – und dies wird durch die zuständigen Mitarbeiter auch bestätigt –, dass eine ganze Reihe von solchen Förderaktivitäten im Nanofeld bereits unter der Konvergenzperspektive erfolgte. Relevante thematische Schwerpunktsetzungen und Förderlinien zielten dabei u. a. auf FuE zu Schnittstellen zwischen biologischen und nichtbiologischen Entitäten und zu verschiedenen anderen *Nano-Bio-Konvergenzprozessen*, zu molekularen Motoren und zur Nanoelektronik. In dem bereits erwähnten Onlineartikel, in dem laufende Förderungen in den Kontext der Diskussion über NBIC-Konvergenz und eine mögliche »Rekonstruktion des Menschen« gestellt werden, sind beispielhaft folgende »neue Projekte in konvergierenden Technologien« aufgeführt (Bonazzi 2006):

- > NEURONANO (bis Mitte 2009; EU-Projektförderung ca. 1,8 Mio. Euro): »integrate carbon nanotubes (CNT) with multielectrode array (MEA) technology to develop a new generation of biochips to help repair of damaged central nervous system (CNS) tissues«;
- > SINGLEMOTOR-FLIN (bis Mitte 2008; ca. 1,5 Mio. Euro): »develops ancillary research on biological and artificial machines and motors«; »should help to design artificial interfaces between the biological and non-biological dynamics of neuronal networks and to treat more specifically the neurodegenerative syndromes«;
- > SMARTHAND (bis 2008; keine Informationen zur Fördersumme; womöglich Nachfolger des Projekts CYBERHAND; Kap. V.3.7.2): »promotes the uptake of converging sciences in the area of rehabilitation«; »aims at developing an intelligent artificial hand looking and feeling like a real human limb, relieving phan-



- tom pains«; »a tendon driven highly dexterous robotic hand will be developed, supported by an implantable neural interface and artificial skin displaying sensibility, all equipped with an external cognitive training system for tuning the device to the user«; »the essential novelty comes from exploiting the potentials of nanotechnology to interface preserved sensory-motor mechanisms«;
- › NANOBIOCONTACT (laut nicht EU-offizieller Onlinequellen bis 2009 und ca. 3 Mio. Euro): »develop an articulated artificial finger with embedded nano-sensors to sense and interpret touch by mimicking the neural processes that have evolved in people«; »its broad range of applications include tactile testing of new products, prosthetic limbs with a very vivid sense of touch, robotics with controlled grip and tele-activities, applicable to remote surgery«; »the design of new products will be revolutionised, by being able to exploit high throughput screening techniques in several sectors, such as sporting, personal care and car industry«; »a major impact is expected in the quality of life, enabling the design of more effective treatments for ageing and for patients with impaired neurological functions«;
 - › DREAMS (keine Informationen zu Laufzeit und Förderung): »develop fully biocompatible and stable devices for retina stimulation«; »develop innovative diamond-based nanotransducers to improve the neuroelectronic interface which supports vision«; »expected to pave the way for the development of hybrid neuro-nanoelectronic architectures for biosensing and biological computing, whose range of applications broadens from drug detection to cancer diagnosis«; »the major impact of this research is expected to be on neural prosthetics«.

Hinsichtlich der CT-Debatte ist eine Reihe von Projekten und Aktivitäten von besonderem Interesse, die sich (ausschließlich oder zum Teil) mit *ethischen und gesellschaftlichen Implikationen Nano-Bio-Konvergenzprozessen* befasst und dabei auch die *NBIC-Konvergenzperspektive* berücksichtigt haben. Zu nennen sind hier z.B. die im 6. FP geförderten Projekte NANOBIOCONTACT, in dem, bezogen auf Nanobiotact, auch philosophische und andere Grundsatzfragen der NBIC-Konvergenz sowie das Thema »Human Enhancement« behandelt wurden, DEEPEN, in dem es sowohl um ethische Fragen als auch gesellschaftliche Partizipation in der Nanotechnologie gehen soll, und das im Oktober 2006 abgeschlossene Projekt NANOLOGUE zum gesellschaftlichen Dialog über Nanotechnologie, in dem bei der inhaltlichen Vorbereitung auch Schlüsseldokumente der CT-Debatte aufgearbeitet wurden. Die NBIC-Konvergenz (mit einem Schwerpunkt auf medizinischen Anwendungen für neurodegenerative Erkrankungen) und ethische Aspekte der Nano-Bio-Konvergenz und CT-Thematik werden überdies systematisch seitens des ab 2004 geförderten Exzellenznetzwerks NANO2LIFE berücksichtigt, das in Bezug auf ethische und gesellschaftliche Aspekte der NBIC-Konvergenz und das Thema

»Human Enhancement« (insbesondere im Neurobereich) auch mit NANOBIO-RAISE kooperiert (Lüttenberg 2006).

IKT UND EMERGIERENDE TECHNOLOGIEN

Wie auch in den Aktivitäten zur Biotechnologie und medizinischen FuE findet sich in den Förderaktivitäten zum IKT-Feld und zu bereichsübergreifenden emergierenden wissenschaftlich-technologischen Entwicklungen eine *Vielzahl von Projektförderungen und Initiativen*, die auf die *Nutzung oder Förderung von NBIC-Konvergenzen* abzielen. Auf einige Beispiele wird im Folgenden eingegangen.

Thematisch einschlägige naturwissenschaftlich-technische Projekte, bei denen Konvergenzen zwischen allen NBIC-Bereichen zum Tragen kommen, wurden im 6. FP z.B. im Rahmen von Aktivitäten zu *emergierenden Technologien und Wissenschaften* (zum Teil unter Bezug auf das Konvergenzkonzept) gefördert. Neben Projekten zur Nanobiomedizin sind diese gerade auch hinsichtlich einiger *zentraler Aspekte der CT-Debatte (insbesondere »Human Enhancement« und neue Mensch-Maschine-Schnittstellen)* von Interesse.

So wurden im Rahmen der insbesondere auf neuartige Entwicklungen und visionäre Aspekte abzielenden Aktivität »Future and Emerging Technologies« (FET) (Kap. V.3.5.1) im Prioritätsfeld »Information Society Technologies« gezielt bzw. proaktiv Projekte gefördert, die (zum Teil in Anknüpfung an Initiativen im fünften FP) den FET-Initiativen »Beyond Robotics«, »Complex Systems« und »Presence Research« zugeordnet waren. (Daneben verwendete FET auch noch das Instrument der Open Scheme«-Förderung, bei der ein »Bottom-Up«-Ansatz verfolgt wird, Forschergruppen also die Möglichkeit geboten wird, ohne enge inhaltliche Vorgaben eigene Projektvorschläge zu machen.) Im Gegensatz zu den anderen proaktiven Initiativen, in denen u.a. auf »unsichtbare«, »allgegenwärtige« IKT-Infrastrukturen, Nano-Info-Konvergenzen und KI-Robotik-Entwicklungen abgezielt wird, wurden durch diese vier Initiativen (sowie in den »Neuro-IT«-Initiativen »Neuroinformatics for living artefacts« und »Life-like Perception Systems« des 5. FP) auch Projekte gefördert, die hinsichtlich der *Kognitionswissenschaft und Hirnforschung* von unmittelbarem Interesse sind, wie z.B.:

- > CYBERHAND (Development of a Cybernetic hand prosthesis; 5. FP);
- > MIRROR (Mirror Neurons based Robot Recognition; 5. FP);
- > NEUROBIT (A bioartificial brain with an artificial body: training a cultured neural tissue to support the purposive behavior of an artificial body; 5. FP);
- > PRESENCIA (Presence: Research Encompassing Sensory Enhancement, Neuroscience and Cognition, with Interactive Applications; 5. FP);
- > SIGNAL (Systemic Intelligence for Growing up Artifacts that Live; 5. FP);



V. POLITISCHE AKTIVITÄTEN

- > COGNIRON (The Cognitive Robot Companion; 6. FP: »Beyond Robotics«);
- > ECAgents (Embodied and Communicating Agents; 6. FP: »Complex Systems«);
- > IPCITY (Interaction and Presence in Urban Environments; 6.FP: »Presence Research«);
- > MAIA (Brain-computer interfaces to robots; 6. FP: »Presence Research«);
- > PRESENCIA (Research Encompassing Sensory Enhancement, Neuroscience, Cerebral-Computer Interfaces and Application; 6. FP: »Presence Research«);
- > NEUROBOTICS (The Fusion of Neuroscience and Robotics for Augmenting Human Capabilities; 6. FP: »Beyond Robotics«).

Die Fördersummen lagen hier, soweit ermittelbar, in der Regel pro Projekt im einstelligen Millionen-Euro-Bereich.

Besondere Beachtung hinsichtlich umfassender kognitions-, sozial- und kulturwissenschaftlicher Aspekte verdienen die Aktivitäten zu »Presence Research« (bzw. Präsenzforschung), in der es vor allem um die Verbindung von Kognitionswissenschaft und neuen Medien und IKT geht. Allein die vier integrativen Projekte, die (neben einigen in dieser Hinsicht relevanten »Open Scheme«-Projekten) durch FET gefördert werden, erhalten in den Jahren 2006 bis 2010 insgesamt 23 Mio. Euro.

Ebenfalls gesonderte Beachtung unter den FET-Aktivitäten verdient die Förderung des im 5. FP gestarteten Exzellenznetzwerks »Neuro-IT«, bei dem es um Konvergenzprozesse zwischen Neurowissenschaften und der Informationstechnik geht, erklärtermaßen jenseits der herkömmlichen Neuroinformatik und KI-Forschung. Seitens des Netzwerks wurde eine (2003 in einer ersten Version vorgelegte) Roadmap zu diesem Forschungsbereich erstellt (Knoll/De Kamps 2006; Kap. V.3.5.1), und es dient seit einigen Jahren auch zur Vernetzung der verschiedenen einschlägigen FET-Projekte. Zwei eng miteinander verbundene Punkte sind hier beachtenswert: Mit »NeuroIT« wird der Schwerpunkt auf die Befruchtung der Informationstechnik durch die Neurowissenschaften gelegt (und nicht umgekehrt wie in der Neuroinformatik), wobei ein hohes Maß an Interdisziplinarität erforderlich ist (z.B. Expertise zum Sehsinn der Primaten und avancierte IKT-Kenntnisse; vgl. auch De Kamps/Knoll 2007).

Insgesamt gesehen lässt sich in Bezug auf FET feststellen, dass im Rahmen dieser Aktivität *FuE zu NBIC-Konvergenzen in ihrer ganzen Breite* gefördert werden, wobei auch die Kognitionswissenschaft und Hirnforschung starke Beachtung finden. Das in den konzeptionell-strategischen FET-Aktivitäten (Kap. V.3.5.1) sichtbar werdende starke Interesse an CT- und NBIC-Konzepten (einschließlich des »Human-Enhancement«-Aspekts) findet z.T. auch auf Projektebene seinen Niederschlag, wie z.B. im Projekt NEUROBOTICS, bei dem es erklärtermaßen um die Steigerung menschlicher Fähigkeiten durch das Zusammenwirken von Neurowissenschaften und Robotik geht.

Nur eine marginale oder gar keine Rolle spielte das CT-Konzept hingegen in den konzeptionellen Aktivitäten, Projektbeschreibungen und Projektarbeiten im speziellen Aktivitätsbereich »New and emerging science and technology« (NEST) des 6. FP (Kap. V.3.5.1), der im 7. FP nicht mehr besteht. In diesem mit insgesamt 215 Mio. Euro ausgestatteten Bereich wurden aber ebenfalls mehrere *erklärtermaßen* »unkonventionelle und visionäre« Projekte zu NBIC-Konvergenzen gefördert, z.T. unter Einbeziehung der Kognitionswissenschaft und Hirnforschung. Ein Schwerpunkt der NEST-Förderaktivitäten war das emergierende Feld der »Synthetischen Biologie«. Neben den zielgerichtet (vor allem im Rahmen der PATHFINDER-Initiativen) geförderten Projekten eher konzeptioneller Natur (Kap. V.3.5.1), erfolgte auch eine »Bottom-Up«-Förderung von Projekten, die z.T. NBIC-Konvergenzprozesse betreffen, insbesondere unter dem Titel »ADVENTURE Projects«. Der Begriff »Bottom Up« meint hier die Möglichkeit, dass Forschergruppen ohne enge inhaltliche Vorgaben eigene Projektvorschläge machen können. Zu nennen sind hier z.B. die noch bis 2008 laufenden Projekte

- > CONTACT (2 Mio. Euro Förderung), in dem das Thema Lernen unter Einbeziehung von Expertise aus den Neurowissenschaften, der Robotik und der Forschung zu kindlicher Entwicklung untersucht wird;
- > IDEA (ca. 1,5 Mio. Euro), in dem es, auch mit Blick auf zukünftige Einsatzmöglichkeiten für neuroelektrische Schnittstellen, um die Weiterentwicklung von Instrumenten der Neurowissenschaften geht;
- > MCCOOP (ca. 1 Mio. Euro), in dem bio- und neurowissenschaftliche Erkenntnisse dafür genutzt werden sollen, die Fähigkeit von Computern zu erhöhen, visuelle Stimuli zu erkennen und auf diese zu reagieren (»Computer Vision«);
- > NEURO (ca. 2 Mio. Euro), in dem der Prototyp einer neuronalen Maschine bzw. eines Neurocomputers entwickelt werden soll, mit Blick auf einen denkbaren kommerziellen Einsatz von Neurocomputern in der Forschung zu KI, »Computer Vision« und Robotik.

Insgesamt gesehen lässt sich zu NEST feststellen, dass neben eher konzeptionellen Arbeiten auch Grundlagenforschung und erste Entwicklungstätigkeiten in verschiedenen Konvergenzbereichen zwischen den NBIC-Feldern gefördert wurden.

Gesonderte Erwähnung verdient – aufgrund der Schwerpunktsetzung der deutschen Aktivitäten zur Nutzung des Konvergenzkonzepts – die Nutzung eines Mikro/Nano-Bio-Info-Konvergenzkonzepts zur Förderung von *Mikro-Nano-Systemen*, die ebenfalls innerhalb des Handlungsfeldes Informations- und Kommunikationstechnologien stattfindet (EC ISM DG 2006; Ibanez 2007). Die für den deutschen Ansatz charakteristische starke Betonung der zukünftigen Rolle der Kognitionswissenschaft (Kap. VI.1) lässt sich hier aber nicht feststellen.

VERÄNDERUNGEN MIT DEM 7. FP

3.7.2

Das 7. FP (2007–2013) weist auf struktureller Ebene folgende, hinsichtlich der Konvergenzthematik relevante *Veränderungen gegenüber dem 6. FP* (Tab. 9) auf:

- > In den »Thematic Areas« erfolgen Umbenennungen (insbesondere wird »Citizens and Governance in a knowledge-based society« zu »Socio-economic Sciences and Humanities«), die Weltraumforschung (»Space«) wird mit dem neuen Bereich »Security« lose zusammengeführt und die biowissenschaftlich und technologisch relevanten Bereiche (Gesundheit, Landwirtschaft, Umwelt etc.) werden neu strukturiert.
- > Von den sonstigen strukturellen Veränderungen sind hinsichtlich der Konvergenzthematik vor allem das Wegfallen der Aktivität »New and emerging science and technology (NEST)« und die *Gründung des Europäischen Forschungsrats* (European Research Council, ERC) bemerkenswert.

Insgesamt gesehen (Tab. 10) ist die geplante Förderung in den *NBI-Feldern* wieder erheblich. *Hirnforschung und Kognitionswissenschaft* werden in verschiedenen Zusammenhängen berücksichtigt (z.B. im Themenblock »Cooperation« in den Bereichen »Health«, »ICT« und »NMP«).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass im siebten Forschungsrahmenprogramm eine weitere *Stärkung interdisziplinärer Forschung* angestrebt wird, insbesondere auch hinsichtlich emergenter Forschungsfelder. Die disziplinenübergreifende Perspektive wurde nicht nur in Bezug auf das Nanofeld gestärkt, sondern generell in allen thematischen Bereichen. Die Förderung interdisziplinärer Forschung (unter besonderer Berücksichtigung emergenter Bereiche und unter Einschluss der Sozial- und Geisteswissenschaften) ist auch Aufgabe des ERC. Gleiches gilt für weitere geplante Maßnahmen und auch für das von der Kommission vorgeschlagene Europäische Forschungsinstitut. Das Konvergenzkonzept hat eine Aufwertung erfahren.

DAS FORSCHUNGSRahmenPROGRAMM

In dem neuen FP (insgesamt ca. 50,5 Mrd. Euro) findet das Konvergenzkonzept innerhalb des Programms »Cooperation« (insgesamt ca. 32,5 Mrd. Euro) Berücksichtigung in den Themenbereichen »Food, Agriculture and Biotechnology« (ca. 19,5 Mrd. Euro), »Information and Communication Technologies (ICT)« (ca. 9 Mrd. Euro) und »Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies (NMP)« (ca. 3,5 Mrd. Euro). Im Einzelnen sei auf Folgendes hingewiesen:

TAB. 10 ÜBERBLICK ZUM SIEBTEN FORSCHUNGSRAHMENPROGRAMM

Themenblöcke (ohne Nuclear Energy)	Themenbereiche (Budget in Mrd. Euro)
COOPERATION (ca. 32,5 Mrd. Euro)	Health (ca. 6) Food, Agriculture (and Fisheries) and Biotechnology (ca. 19,5) Information and Communication Technologies (ICT) (ca. 9) Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new Production Technologies (NMP) (ca. 3,5) Energy (ca. 2,5) Environment (including Climate Change) (ca. 2) Transport (including Aeronautics) (ca. 4) Socio-economic Sciences and Humanities (SS&H) (ca. 0,5) Space (ca. 1,5) Security (ca. 1,5)
IDEAS – European Research Council (ca. 7,5 Mrd. Euro)	Frontier research actions
PEOPLE – Human Potential, Marie Curie Actions (ca. 4,5 Mrd. Euro)	Initial training of researchers – Marie Curie Networks Life-long training and career development – Individual fellowships Industry-academia pathways and partnerships International dimension – outgoing and incoming fellowships, international cooperation scheme, reintegration grants Excellence Awards
CAPACITIES – Research capacities (ca. 4 Mrd. Euro)	Research infrastructures Research for the benefit of SMEs Regions of Knowledge Research Potential Science in Society Support to the coherent development of research policies Specific activities of international cooperation

Quelle: <http://ec.europa.eu/research/fp7>

- › In Bezug auf den Bereich *NMP* werden im 6. FP die Erkundung neuer Konzepte einschließlich der Konvergenz emergenter Technologien und die Entwicklung neuer »engineering concepts exploiting the convergence of technologies« genannt. Eine explizite Nennung der NBIC-Felder wurde gestrichen, nachdem sich das Parlament für die zusätzliche Aufnahme der Kürzel »geo« und »optical« ausgesprochen hatte. Dem Wunsch des Parlaments, die Relevanz von Nano-Bio-Bereichen, Nanomedizin und gesellschaftlichen Aspekten deutlicher zu betonen, wurde hingegen entsprochen.



- › In Bezug auf den Bereich *ICT* werden das globale Miniaturisierungswettrennen, die Medienkonvergenz, die Konvergenz mit anderen Wissenschaften und Disziplinen sowie die Entwicklung lernender und sich entwickelnder Systeme als zentrale Herausforderungen genannt. Eine neue Welle von Technologien wird vorausgesagt. Die Forschungsaktivitäten zu IKT müssten stärker auf Disziplinen wie Biologie, Chemie und Life Sciences, Psychologie, Pädagogik, Kognitions- und Sozialwissenschaften sowie – dies war eine Anregung des Parlaments – die »Humanities« (Geisteswissenschaften) zurückgreifen.
- › In Bezug auf den Bereich »Food, Agriculture and Biotechnology« wird die Förderung von CT in Aktivitäten zur nachhaltigen Produktion und zum Management biologischer Ressourcen angekündigt. Keine Hinweise auf das Konvergenzkonzept finden sich im Bereich »Health« (ca. 6 Mrd. Euro). Äußerungen des Kommissars für *Wissenschaft und Forschung* (September 2005) weisen jedoch darauf hin, dass multidisziplinäre Konvergenzansätze auch in Bezug auf Life Sciences und Biotechnologie (durch Konvergenz mit anderen Technologien, z.B. Nano- und Informationstechnologien) gefördert werden sollen.
- › In Bezug auf den Bereich »Socio-economic sciences and the humanities« (600 Mio. Euro) werden Foresight-Aktivitäten u.a. zu »future developments in and across major research domains and scientific disciplines« angekündigt, allerdings ohne Bezug auf das Konvergenzkonzept. Es taucht aber am Rande in einem Agendaentwurf auf, der Gegenstand einer im Sommer 2006 beendeten Konsultation zum 7. FP war. Außer in Bezug auf den Foresight-Bereich werden naturwissenschaftlich-technologische Themen nicht erwähnt.

EINZELNE THEMENBEREICHE

Im spezifischen Arbeitsprogramm zum *NMP-Themenbereich* (ca. 3,5 Mrd. Euro) sind die Konzepte »Konvergierende Wissenschaften« (CS), »Konvergierende Technologien« (CT) und »Exploitation of the convergence of technologies« *zentrale Strukturelemente*. Dies hat sich u.a. auf folgende Weise niedergeschlagen:

- › In den *ersten Ausschreibungen* (vom 22. Dezember 2006) ging es unter dem CS-Label u.a. um Aktivitäten zur Forschungsvernetzung, Methodenentwicklung, Risikoabschätzung, »nano-scale mechanisms of bio/non-bio interactions« und »self-assembling and self-organisation«. Unter dem CT-Label ging es um Aktivitäten zur Untersuchung, Entwicklung und Weiterentwicklung von nanotechnologiebasierten Prozessen, zu »Equipment and methods of nanotechnology«, zur Koordination in Nanometrologie, zur Untersuchung des »capacity building« im Bereich Nanobiotechnologie und zur Analyse ethischer, regulatorischer, sozialer und ökonomischer Aspekte der Nanomedizin. Die Nutzung der Konvergenz von Technologien (»Exploitation of the convergence of technologies«) soll gefördert

werden in Bezug auf die industrielle Produktion dreidimensionaler Nanooberflächen und des »micro manufacturing«.

- > Als »indikative Prioritäten« für *zukünftige Ausschreibungen* wird eine lange Reihe weiterer Förderaktivitäten unter dem Konvergenzlabel genannt. Unter dem CS-Label sind dies Aktivitäten allgemein zu »auf der Nanoebene konvergierenden Wissenschaften«, zum Verständnis der Funktionsweise von Zellen, zur Nachahmung der Natur, zu Nanomotoren und -maschinen, zur Geschmackswahrnehmung und Verarbeitung von Nährstoffen, zur Qualifikation von Beschäftigten in der Nanotechnologieindustrie sowie wiederum zur Forschungsvernetzung, Risikoabschätzung und zu ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Aspekten. Unter dem CT-Label wurden überdies u.a. Aktivitäten angekündigt zu neuartigen nanobiotechnologiebasierten Prozessen, zur Nutzung »konvergierender Technologien für sauberes Wasser«, diverse Aktivitäten zum gesellschaftlichen Dialog (einschließlich einer Bürgerkonferenz sowie der Realisierung eines Euro-Nanotrucks, vermutlich nach deutschem Vorbild) sowie eine gemeinsame Ausschreibung mit dem Themenbereich »Wissenschaft und Gesellschaft«, der im Rahmen des Themenblocks »Capacities« (insgesamt über 4 Mrd. Euro) des FP gefördert wird. Im Unterbereich »Integration« des NMP-Arbeitsprogramms wurden Förderaktivitäten zur Nutzung von CT in der Forstwirtschaft, im Energiebereich und im Sicherheitsbereich (nanotechnologiebasierte tragbare Sensoren; schützende sowie funktionale Textilien) angekündigt.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass derzeit eine Reihe von Projektförderungen (Kap. V.3.7.1) läuft, die ein zuständiger Kommissionsmitarbeiter in den NBIC-Zusammenhang gestellt hat (Bonazzi 2006), unter Verweis auf das »Human-Enhancement«-Thema und stark visionäre Aspekte einer »Rekonstruktion des Menschen«. Auch in *gemeinsamen Förderaktivitäten zu den verschiedenen Themenbereichen des Programms »Cooperation«* soll das CT-Konzept, in Bezug auf das Nanofeld, zum Einsatz kommen. Es ist davon auszugehen, dass bei solchen Aktivitäten die Profile der verschiedenen Themenbereiche nicht beeinträchtigt werden.

Auch *in anderen Themenbereichen*, sowohl in Arbeitsprogrammen als auch in Förderankündigungen, findet das Konvergenzkonzept verstärkt Berücksichtigung:

- > Im *IKT-Bereich* (insgesamt ca. 9 Mrd. Euro) werden, neben der Medien- und IKT-Konvergenz, auch NBIC-Konvergenzen angesprochen (Kap. V.3.5.1). Konvergenzkonzepte spielen im *IKT-Arbeitsprogramm* unter anderem bei geplanten Förderungen zur Nano/Mikro-Bio-Info-Konvergenz eine Rolle sowie in den Ankündigungen und Aktivitäten zu »Future and emerging technologies« (FET). Ein Förderbereich sind Mikro- und Nanosysteme, wobei speziell auch die technologische *Mikro/Nano-Bio-Info-Konvergenz* für Anwendungen u.a. in den Bereichen Umweltmonitoring, Landwirtschaft, Sicherheit, Biomedizin, Lifestyle (z.B.



innovative Biosensoren, »Lab-on-chip«-Mikrosysteme, autonome Implantate u. Bioroboter) gefördert werden soll, unter Berücksichtigung ethischer Aspekte. Ausschreibungen zu den Themen Bio-Info-Konvergenz und zu »kognitiven Systemen« (einschließlich Robotik) sind im Dezember 2006 bereits erfolgt. Im Bereich *zukünftige und emergierende Technologien* (»Future and emerging technologies«, FET; ca. 1 Mrd. Euro) werden im »proaktiven Bereich« u.a. Förderungen zur *Bio-Info-Konvergenz* angekündigt. Ob explizite CT-Projekte im »Open Scheme«-Bereich gefördert werden, ist offen, da hier (wie bisher schon) als »ICT-related«, »foundational«, »novel« und »risky« charakterisierte Projekte mit einem »Bottom-up«-Ansatz gefördert werden sollen, also ohne vorherige genaue thematische Bestimmungen. Auch FET-Projekte aus den beiden vorherigen Forschungsrahmenprogrammen (Kap. V.3.7), die z.T. noch laufen, werden von dem zuständigen Kommissionsmitarbeiter in den Konvergenzzusammenhang gestellt (Dahlsten 2006). Als Hintergrund ist hier zu beachten, dass bereits seit einigen Jahren (und insbesondere in den strategischen Planungen der FET-Verantwortlichen zum siebten FP) das NBIC-Konzept und andere visionäre Konvergenzperspektiven eine zentrale Rolle gespielt haben (Kap. V.3.5.1).

- › Auch im Arbeitsprogramm zum Themenbereich »Food, Agriculture and Biotechnology« findet das CT-Konzept (in geringem Umfang) Beachtung (Kap. V.3.5.2). Ein Projekt zur Nutzung von NBIC-Konvergenzen im Nahrungsmittelbereich und eines zur CT-Nutzung im Bereich »Precision Livestock Farming« in europäischen Tierproduktionssystemen wurden angekündigt. Im Arbeitsprogramm zum »Health«-Bereich, in dem der Konvergenzbegriff nicht auftaucht, wird die Nutzung von *Synergien u.a. mit den NMP- und ICT-Bereichen* angekündigt, wobei insbesondere schwerpunktmäßig auch die *Hirnforschung* und das Thema *Altern* (einschließlich ihrer gegenseitigen Bezüge) Berücksichtigung finden sollen.
- › In den Themenbereichen »Energy«, »Space« und »Security« wird das CT-Konzept, soweit ersichtlich, nicht aufgegriffen.

Es ist davon auszugehen, dass die Konvergenzthematik, auch nach Auslaufen der aktuellen Projekte, im Themenbereich Sozial-, Wirtschafts- und Geisteswissenschaften (»Socio-economic sciences and the humanities«; insgesamt ca. 600 Mio. Euro) weiter eine Rolle spielen wird (u.a. aufgrund der starken Betonung von ethischen und sozialen Aspekten in den NMP- und IKT-Arbeitsprogrammen, der Ankündigung verschiedener Aktivitäten zum gesellschaftlichen Dialog über Nanowissenschaften und CT, der Planung einer gemeinsamen Ausschreibung von NMP und »Science and Society« zur Konvergenzthematik und den gemeinsamen Bekundungen von NMP- und Foresight-Vertretern auf der erwähnten Brüsseler Konferenz der »nano community« im Oktober 2006.) In welchem Maße im 7. FP neue wissenschaftliche *Forschungsprojekte speziell zu ethischen Fragen* im Konvergenzzusammenhang gefördert werden sollen, ließ sich im Jahr 2007 noch nicht abschät-

zen. Sollte es neue Projekte geben, dürften diese im nun »Science in Society« benannten, im Themenblock »Capacities« angesiedelten Aktivitätsbereich stattfinden.

AUSBLICK

3.8

Offenkundig hat das Konvergenzkonzept mit dem siebten Forschungsrahmenprogramm auf der strategisch-programmatischen Ebene und in der Projektförderung an Bedeutung gewonnen, da

- > es im Nanofeld erheblich aufgewertet wurde;
- > sich die Aktivitäten des sozialwissenschaftlichen Foresight weiter intensivierten;
- > seine Bedeutung im IKT-Feld deutlich zunahm (insbesondere im Gebiet Zukünftige und emergierende Technologien);
- > es nun vereinzelt auch in Aktivitäten zu Biotechnologien und -wissenschaften Erwähnung findet;
- > sich abzeichnet, dass es in Projekten zu ethischen Aspekten und zum gesellschaftlichen Dialog über die NBIC-Technologien weiter zum Einsatz kommen wird.

Es ist davon auszugehen, dass die gezielte Förderung wissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse, vor allem zwischen den NBIC-Bereichen, verstärkt unter Bezug auf das Konzept erfolgen wird. Das Konzept ist dabei flexibel nutzbar. Es kann zum Einsatz kommen, wenn inter- und transdisziplinäre Forschung und felderübergreifende Technologieentwicklung gefördert werden sollen. Dennoch ist zu erwarten, dass man in den NBI-Bereichen, wie bisher schon oft, NBIC-Konvergenzen auch ohne Rückgriff auf das Konzept fördern wird, schon allein deshalb, weil die Profile der entsprechenden Themenbereiche und Einheiten zu wahren sind.

Es wird ein besonderer Bedarf für die Weiterentwicklung einer umfassenden gesellschaftlich-politischen Vision zu den CT gesehen, angebunden an zentrale Leitbilder der EU-Politik (z.B. zur Wissensgesellschaft oder Lebensqualität). Aufbauend auf den vorangegangenen konzeptionellen Aktivitäten der CTEKS-Expertengruppe und anderer Akteure untersuchen dementsprechend mehrere jüngst abgeschlossene und laufende Projekte soziale, ökonomische und ethische Aspekte wissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse. Im Bereich der ethischen Forschung und Politikberatung ist eine große Spannweite von Auffassungen und Themen festzustellen, und Mitarbeiter der Kommission haben eine erste Liste von ethischen Themen im Zusammenhang mit Nanotechnologie und CT erstellt (von Schomberg 2006, S.20; Kap. V.3.5.4). Bemerkenswert ist auch ein Konsultationspapier der Kommission vom Juli 2007, in dem Vorschläge für einen Verhaltenskodex zu den Nanowissenschaften und -technologien zur Diskussion gestellt werden (EC RDG 2007a). Dort werden – neben den grundsätzlichen Prinzipien – mögliche zusätzliche Elemente



aufgeführt (EC RDG 2007a, S.4 f.). Unter dem Titel »Protection of Fundamental Rights« heißt es, dass es in den Nanowissenschaften und -technologien – wie in anderen wissenschaftlich-technologischen Gebieten – FuE-Bereiche geben könnte, in denen noch nicht einmal ein Vorsorgeansatz in Erwägung gezogen werden dürfe – weil allgemein akzeptierte ethische Standards oder grundlegende Rechte verletzt würden. Solche Bereiche könnten in dem Verhaltenskodex präzise definiert werden, und dieser könne auch Vorschläge zur Verhinderung oder Verlangsamung der FuE in diesen Feldern umfassen. Als mögliche Beispiele werden hauptsächlich »Human-Enhancement«-Technologien und -Anwendungen genannt.³ Auch sonst, z.B. bei den für Nanotechnologie und CT zuständigen Einheiten, stellt man Distanz gegenüber »Human-Enhancement«-Visionen fest (z.B. Tomellini 2007).

Bei der Förderung von Projekten, die für zentrale Aspekte der Konvergenzdebatte von besonderer Relevanz sind, wie auch bei konzeptionellen Aktivitäten dürften die bisherigen Haupttreiber der Konvergenzagenda weiterhin bestimmend bleiben, also die für das Nanofeld und für Foresight zuständigen Einheiten der Generaldirektion Forschung der Kommission, die dort für zukünftige und emergierende Technologien insbesondere im IKT-Feld (FET) Zuständigen sowie eventuell die Foresight-Einrichtung des Parlaments (STOA). Die für das Nanofeld zuständige Einheit trägt »converging sciences« und »converging technologies« mittlerweile im Namen.

Noch offen sind die Fragen, inwieweit das Konvergenzkonzept über den Nano-, Foresight- und IKT-Bereich und die ethische Forschung hinaus von Bedeutung sein wird und inwieweit durch den Einfluss der Aktivitäten auf EU-Ebene die internationale CT-Debatte den bisherigen Fokus auf »Human Enhancement« verlieren wird. Ebenfalls noch offen ist die Zukunft des auf EU-Ebene auch häufig genutzten NBIC-Konzepts: Ob und, wenn ja, wie die Kognitionswissenschaft sozusagen zur gleichberechtigten Partnerin der drei anderen Felder werden kann (und soll), ist noch weitgehend unklar. Konkretisierungs- und vor allem Handlungsbedarf besteht hinsichtlich des bereits in der CTEKS-Agenda gemachten Vorschlags, durch die systematische Einbeziehung weiterer wissenschaftlich-technologischer Perspektiven und gesellschaftlicher Gruppen die Debatte und Aktivitäten zu den CT auf eine breitere Basis zu stellen.

3 Beispielhaft werden genannt: »Free release of solid insoluble nanoparticles into the environment (without the knowledge of the impacts); Remote control of human behaviour; Physical alteration or enhancement of the human brain or of the heritable genetic code for non therapeutic purposes; Human enhancement with the sole purpose to increase achievements in competitive sports; Non-therapeutic enhancement of human capabilities that create a risk of dependence, or are irreversible or are beyond the range of normal human capabilities« (EC RDG 2007a, S.5).

ZENTRALE ERGEBNISSE MIT BLICK AUF DEUTSCHLAND**4.**

Wenn man sich auf die zwei Hauptakteure, die *USA und EU*, konzentriert, stellen sich der bisherige Verlauf der politischen Diskussionen und Aktivitäten zur Konvergenzthematik folgendermaßen dar: Die stark technofuturistisch-visionär und auch transhumanistisch geprägte NBIC-Initiative in den USA verhalf den CT seit anfangs des Jahrzehnts zu einiger Aufmerksamkeit als einem forschungs- und technologiepolitischen Thema. Sowohl beim Blick auf die institutionellen Treiber der *NBIC-Initiative*, die NSF und das Handelsministerium, als auch mit Blick auf andere US-Akteure zeigt sich aber, dass zumindest das spezielle NBIC-Konvergenzkonzept in den Jahren 2003 und 2004 den Höhepunkt seiner (ohnehin begrenzten) politischen Wirksamkeit erreicht hat. Die NBIC-Initiative, die seit 2005 keine Konferenzen mehr durchgeführt hat, ist weit davon entfernt, eine ähnlich relevante Initiative wie die offizielle nationale Nanotechnologieinitiative (NNI) zu werden. Gerade auch beim Blick auf die Mittel, die in Budgetdokumenten unter Bezug auf das Konvergenzkonzept veranschlagt werden, wird deutlich, dass die *EU mittlerweile der mit Abstand aktivste Treiber konkreter politischer Aktivitäten* zu den CT ist. Das sagt selbstverständlich nichts darüber aus, in welchem Maß die USA – oder Länder wie Japan, die dem Konvergenzkonzept bisher fast keine Beachtung geschenkt haben – tatsächlich NBIC-Konvergenzen fördern. (Das Beispiel DARPA zeigt, dass NBIC-basierte Technologien, die für »Human Enhancement« eingesetzt werden könnten, trotz einer rhetorischen Umorientierung auf therapeutische und andere unumstrittene Anwendungsbereiche, in der US-Forschungsförderung weiterhin eine Rolle spielen.) Überdies ist zu beachten, dass die *auf EU-Ebene erfolgte erhebliche Aufwertung des Konvergenzkonzepts* im siebten Forschungsrahmenprogramm sich konkret vor allem als »Umtaufe« von seit Längerem bestehenden Förderschwerpunkten und -bereichen entpuppen könnte. Nicht nur in dieser Hinsicht ist festzuhalten, dass die erklärte Absicht der EU-Verantwortlichen, das Konvergenzkonzept (vor allem hinsichtlich ethisch-gesellschaftlicher Aspekte der Nanotechnologien) weiter zu präzisieren und mit Inhalt zu füllen, auf einen realen Bedarf hinweist. Insgesamt sind – nicht nur mit Blick auf die USA und EU – die politischen Aktivitäten zur Konvergenzthematik weitgehend auf *Konferenzen, Foresight- und Technikfolgenabschätzungsstudien sowie Nanotechnologiebegleitforschungen* zu gesellschaftlichen und ethischen Aspekten beschränkt. Von den Früchten der politischen und akademischen konzeptionellen Arbeit zur Konvergenzthematik, auch in den USA, kann eine deutsche CT-Strategie profitieren.

Offenkundig ist, dass die Bestimmung der Bedeutung der *Kognitionswissenschaft* – auch unter ethisch-gesellschaftlichen Aspekten – eine, wenn nicht *die* Schlüsselfrage der Konvergenzthematik ist. Die Art und Weise, wie sie und ihr Zusammenspiel



mit den NBIC-Feldern in der US-amerikanischen NBIC-Initiative konzeptionalisiert wurden, zeigt vor allem, dass eine (auch ideologisch aufgeladene) unklare Bestimmung der Rolle der Kognitionswissenschaft kontraproduktiv sein kann. Insbesondere auf *EU-Ebene* wurden hier für die deutsche Politik relevantere Konzeptionen entwickelt. Bemerkenswert an den EU-Aktivitäten sind überdies die Berücksichtigung sehr unterschiedlicher ethischer Ansätze und politischer Auffassungen zum »Human Enhancement« sowie das Bemühen, um eine Konkretisierung und Operationalisierung des Konvergenzkonzepts. Weitere Beachtung verdienen ebenfalls der politische und zivilgesellschaftliche Umgang mit den z.T. radikalen Protesten gegen Nanotechnologie und CT in *Frankreich* sowie die weitere Auseinandersetzung mit der Konvergenzthematik in *Japan* (und insbesondere etwaige Versuche, das Konvergenzkonzept in die sowieso schon stark auf transdisziplinäre Forschung und felderübergreifende Technologieentwicklung ausgerichtete Förderstrategien zu integrieren). Auch von den kanadischen und spanischen CT-Initiativen lassen sich Anregungen für die deutsche CT-Strategie ziehen: An den *kanadischen Aktivitäten* ist zum einen bemerkenswert, dass in ihnen auch Felder wie die Umweltwissenschaft und Medizin verstärkt unter Konvergenzperspektive betrachtet werden, zum anderen die Versuche, CT-Regionalstrategien zu entwickeln, die eventuell auch für die deutschen Länder von Interesse wären. Die CT-Initiativen in *Spanien* zeichnen sich nicht nur dadurch aus, dass sie – wie die Aktivitäten der deutschen Bundesregierung (Kap. V.1) – einen Schwerpunkt auf die Mikro-Nano-Integration und die Entwicklung von konvergenten Mikro- und NBIC-Technologien legen wollen, sondern auch durch den Versuch, die nationale FuE-Landschaft systematisch unter Konvergenzperspektive zu sichten.

Perspektivisch dürfte von den internationalen Entwicklungen für die deutsche Politik vor allem von Interesse sein, in welchem Maß die Aufwertung des Konvergenzkonzepts auf *EU-Ebene* sich konkret in Fördermaßnahmen und weiteren konzeptionellen Aktivitäten niederschlagen wird. In dieser Hinsicht sind nicht nur die angekündigten Förderungen im siebten Forschungsrahmenprogramm von Interesse, sondern auch die Ergebnisse von laufenden Projekten und Aktivitäten, die aus den beiden vorherigen Forschungsrahmenprogrammen hervorgegangen sind. Es ist auch nicht auszuschließen, dass in den USA – seitens der NBIC-Initiative oder durch einen neuen Treiber – die Konvergenzthematik über die laufenden, eher engbegrenzten Aktivitäten hinaus wieder verstärkt aufgegriffen wird (z.B. im Fall eines Regierungswechsels, nach dem dann z.B. auf konservativ-religiöse Bedenken gegen weitreichende Konvergenz- und »Human-Enhancement«-Visionen womöglich weniger Rücksicht genommen werden müsste).

HANDLUNGSOPTIONEN UND FORSCHUNGSBEDARF VI.

Hinsichtlich der folgenden abschließenden Ausführungen zu politischen Handlungsoptionen und Forschungsbedarfen sollte man sich noch einmal den *Charakter des Untersuchungsgegenstandes* »Konvergierende Technologien« vergegenwärtigen: Wir haben es hier vor allem mit konzeptionellen Fragen und einer Metadiskussion über eine Vielzahl von FuE-Bereichen zu tun, die überdies stark durch hochgradig visionäre sowie weltanschauliche Aspekte geprägt ist und anscheinend nur auf wenig Resonanz in den Naturwissenschaften stößt. Alle Überlegungen zum Ausbau politischer Nutzungen des Konvergenzkonzepts oder zur Entwicklung neuer Strategien sollten eingedenk dieses Hintergrunds erfolgen.

Im Folgenden werden daher – nach einer Darstellung der diesbezüglichen Ausgangslage in Deutschland (Kap. VI.1) – zwar *Handlungsoptionen und Forschungsbedarfe* (Kap. VI.2) vorgestellt und diskutiert. Dies geschieht aber weder in der Annahme, dass zwingende Gründe für eine stärkere politische Befassung mit der CT-Debatte beständen, noch in der Erwartung, dass die ethisch-gesellschaftliche Auseinandersetzung mit thematisch relevanten FuE-Gebieten und ihre politische Förderung notwendig eines Konvergenzkonzepts bedürften. Es sei auch noch einmal betont, dass der spezifische Charakter der US-amerikanischen NBIC-Initiative – die ihren Zenit anscheinend seit Mitte dieses Jahrzehnts überschritten hat – sowie die Eigenheiten der bisherigen CT-Debatte erhebliche Risiken mit sich bringen würden, wollte man sich ohne eine gründliche Auseinandersetzung mit kritischen Aspekten (wie dem »Human Enhancement«) – oder gar in Form eines »Hypes« – die Förderung von CT auf die Fahne schreiben. Die Art der *Verankerung des Konvergenzkonzepts in der EU-Forschungsförderung* (insbesondere zu Nanotechnologien und -wissenschaften) sowie ansatzweise in der *deutschen Förderung der Mikrosystemtechnik* bietet auf jeden Fall gute Chancen, diese Risiken zu vermeiden.

AUSGANGSLAGE IN DEUTSCHLAND

1.

In Deutschland wurden u.a. seitens des *Bundesministeriums für Bildung und Forschung* (BMBF), im Kontext wissenschaftlicher Politikberatung und Technikfolgenabschätzung sowie im universitären Bereich *bereits seit einigen Jahren Aktivitäten zur CT-Thematik* entfaltet, die aber z.T. durch eine abwartende, die Diskussion (insbesondere in den USA) beobachtende Haltung gekennzeichnet waren. Bis dato wurden auch *noch keine umfangreichen politischen Dokumente zur Konvergenzthematik* vorgelegt.

Dennoch fand bereits ansatzweise eine forschungspolitische Verortung der Thematik statt, und es gibt im Gegensatz zu vielen anderen Ländern bereits *erste konkrete Absichten zur Förderung naturwissenschaftlich-technischer Forschung unter dem Konvergenzlabel* und zwar im Bereich Mikrosystemtechnik. Eine Auseinandersetzung mit »konvergierenden Technologien« fand auch im Rahmen der *Foresight-Initiative »Futur«* des BMBF statt. Überdies spielen deutsche Wissenschaftler und Ingenieure eine wichtige Rolle in den *europäischen und internationalen Diskussionen* zur Thematik.

DIE CT-THEMATIK IN DEUTSCHLAND

- 1) BMBF und Ingenieursverbände
 - a) Förderaktivitäten im BMBF Rahmenprogramm Mikrosysteme (2004–2009) und einschlägige konzeptionelle Aktivitäten des BMBF-Projektträgers für das Rahmenprogramm (VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, VDI/VDE-IT)
 - b) Berücksichtigung des Konvergenzkonzepts in konzeptionellen Aktivitäten und Programmen des BMBF zur Nanotechnologie
 - c) Foresight-Initiative »Futur« des BMBF (bis 2005)
 - d) Foresight-Arbeiten des VDI Technologiezentrums (VDI-tz), z. T. im Auftrag des BMBF
 - e) Interdisziplinäre Schwerpunkte des BMBF (allerdings mit wenigen Bezügen zum CT-Konzept)
- 2) Technikfolgenabschätzung, Technologieberatung, universitäre und andere sozial- und geisteswissenschaftliche Aktivitäten, Technikethik

Das BMBF (2004) geht erklärtermaßen davon aus, dass bedeutende Innovationen nicht mehr in den »Kernwissenschaften« (wie Physik oder Chemie), sondern in *Grenzbereichen* stattfinden, in denen z. B. Bio-, Nano-, Informations- und Kommunikationstechnologien und auch die Kognitionswissenschaften miteinander verschmelzen.

Der konzeptionell-programmatische Rahmen, in dem die BMBF-Aktivitäten zur Nutzung des Konvergenzkonzepts zu sehen sind, ist der *Aktionsplan zur Nanotechnologie* (BMBF 2006a). Dort heißt es abschließend – am Ende eines gesonderten Kapitels zur Identifikation zukünftigen Forschungsbedarfs und unter der Unterüberschrift »Konvergierende Technologien« –, dass die »Forschungs- und Technologiefelder Nanotechnologie, Biotechnologie, Informationstechnologie und Kognitionswissenschaft« in Zukunft »stärker zusammenwachsen (konvergieren)« werden (BMBF 2006a, S.28). Die Erwartungen, die mit dem Einsatz der CT verbunden

werden, reichten »von der Heilung Querschnittsgelähmter über die Entwicklung neuer Therapiemöglichkeiten und Ersatzorgane bis hin zu einer signifikanten Verlängerung der Lebensspanne bei zumindest gleich bleibender Lebensqualität«. Längerfristig könnten demnach »mehr und mehr Funktionen des menschlichen Körpers von Artefakten aus dem Bereich der Konvergierenden Technologien übernommen werden und eines Tages in der Lage sein, die sensorischen und mentalen Fähigkeiten des Menschen zu verbessern.« Für das »menschliche Selbstverständnis« seien mit derartigen Entwicklungen »zentrale ethische Fragestellungen« verbunden. Die europäische Kommission habe dazu aufgerufen, eine Initiative unter dem Titel »Wissen für die Menschheit« zu starten, um einen integrierten Ansatz zum Verständnis der Phänomene der Konvergierenden Technologien und deren gesellschaftlichen, kulturellen und politischen Implikationen zu entwickeln (dazu in Kap. V.3.4.3 erwähnte Projekte). Es gelte, so das BMBF, erwünschte Entwicklungen zu fördern und negative Folgen zu verhindern. Dies erfordere »eine breit angelegte öffentliche Diskussion um ethische Leitbilder und die Steuerungsfähigkeit der Konvergierenden Technologien durch eine engagierte Innovations- und Forschungspolitik«. Die Bundesregierung wolle diesen Prozess – in Zusammenarbeit mit allen gesellschaftlichen Gruppen – aktiv gestalten.

Man sieht, dass das BMBF die NBIC-Konvergenz als wichtiges Thema einschätzt, dabei aber vor allem noch in den Bereichen Foresight, Technikfolgenabschätzung, öffentliche Kommunikation über Wissenschaft und Technik sowie Technikethik ansiedelt. Dies entspricht dem Stand der internationalen Aktivitäten zur Konvergenzthematik. Wie die EU, aber an weniger prominenter Stelle, hat die Bundesregierung allerdings bereits auch Schritte unternommen, das Konvergenzkonzept in der Förderung naturwissenschaftlich-technischer FuE einzusetzen.

MIKROSYSTEMTECHNIK

1.1

Das *BMBF* verfolgt die Aktivitäten der US- und EU-Initiativen zur CT-Thematik bereits seit geraumer Zeit und hat seit 2005 auch seine eigenen diesbezüglichen Aktivitäten verstärkt. Dabei wurde die Auseinandersetzung mit der Thematik vor allem im Kontext von Aktivitäten zur Mikrosystemtechnik (MST) initiiert. Bei der Verortung der CT-Thematik in den MST-bezogenen Aktivitäten des BMBF spielen der *Verein Deutscher Ingenieure (VDI)* und der *Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE)* zentrale Rollen. Deren Gesellschaft *VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (VDI/VDE-IT)* ist »Projekträger MST« des BMBF und hat seit Längerem – und mit besonderem Nachdruck in den letzten Jahren (z.B. Coskina 2005; Coskina/Kaminorz 2005; Giesecke 2004 und 2005; Heinze 2007a und b) – die Bedeutung der Konvergenzthematik betont.

Im aktuellen *Rahmenprogramm Mikrosysteme* (2004–2009) spielen Konvergenzen zwischen den Mikro-, Nano-, Bio- und IKT-Feldern eine zentrale Rolle. Inspiriert u.a. durch das NBIC-Konvergenzkonzept findet in Aktivitäten zum Rahmenprogramm in letzter Zeit die Kognitionswissenschaft – einschließlich oder neben den Neurowissenschaften und -technologien – verstärkt Beachtung. Im Rahmenprogramm Mikrosysteme (BMBF 2004) konzentriert sich die Förderung auf vier *Innovationsbereiche*, die als wichtig für den Wirtschaftsstandort Deutschland eingeschätzt werden:

- › *Industrielle Prozesse* (MST-basierte Prozessinnovationen für die Investitionsgüterindustrie; »neue Chemie« durch Mikroverfahrenstechnik; neue Möglichkeiten im Bereich der Automatisierung sowie der Robotik durch »dynamisches 3D-Sehen«; kompakte, hybride Systeme; MST-basierte innovatorische Impulse für den Maschinen- und Anlagenbau);
- › *Lebenswissenschaften* (Bereiche: Gesundheitsvorsorge/Wellness, Diagnose und individualisierte Therapie von Krankheiten sowie Mikrochirurgie und intelligente Implantate; Innovationen: Gesundheitsmonitoringsysteme; überall einsatzbereite Biochips, auch – zusammen mit Radio-Frequency-Identification- bzw. RFID-Technik – für den Bereich der Überwachung von Lebensmittelketten);
- › *Mobilität* (miniaturisierte Energieversorgung durch Mikrobrennstoffzellen oder energieautarke Systeme; »Internet der Dinge«, zunächst für den Bereich Logistik und auch durch RFID-Etiketten; Assistenzsysteme für Autofahrer);
- › *Systemintegration* (MST-Techniken zur Integration von Komponenten zu einem intelligenten Gesamtsystem, u.a. um die Nano- mit der Mikro- und diese wiederum mit der Makrowelt zu verbinden; wichtige Themen: Aufbau- und Verbindungstechnik, Mikro-Nano-Integration, Zuverlässigkeitsbetrachtungen, Mess- und Prüftechniken sowie Simulation und Designfragen).

Die Konvergenzperspektive ist hinsichtlich aller vier Innovationsbereiche relevant und wird in konzeptionellen Aktivitäten der VDI/VDE-IT dementsprechend diskutiert. Der grundlegende Vorteil der MST im Konvergenzzusammenhang ist nach Ansicht des BMBF (2004), dass diese unterschiedliche Basistechnologien wie die Mechanik, die Optik, die Fluidik, die Polymerelektronik und neue Materialien vereine. Außerdem liefere sie die nötigen Schnittstellen, um innovative Entwicklungen aus neuen Technologiefeldern wie der Bio- oder der Nanotechnik in Produkte zu integrieren, da die meisten neuen Entwicklungen der Nanotechnologie ohne MST nicht nutzbar seien.

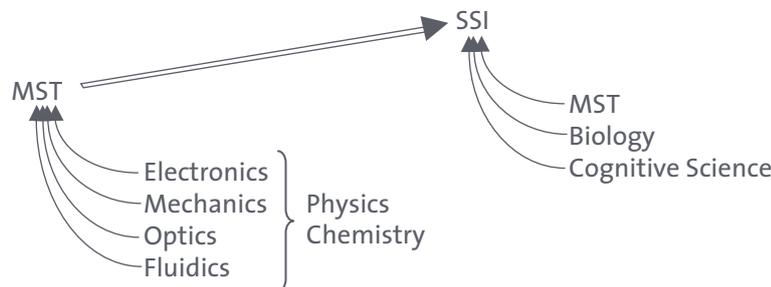
Ein expliziter Bezug auf das *Konvergenzkonzept* in Förderaktivitäten erfolgte in einer Bekanntmachung zum *Innovationsbereich* »Systemintegration« und zwar zum thematischen Schwerpunkt »Mikro-Nano-Integration« (BMBF 2006). Im Mittelpunkt steht das neue Leitbild »Smart Systems Integration«, das vor allem hin-

sichtlich des Ubiquitären Computing und allgemein des IKT-Feldes stark gemacht wird. Um jedoch der »evolutionären Entwicklung« der MST Rechnung tragen zu können, sei überdies »eine frühzeitige Weiterentwicklung von Technologien, Prozessen und Materialien« notwendig (BMBF 2006b, S. 1 der Onlineausgabe). Innovative Ansätze seien zu untersuchen und weiterzuentwickeln, wobei aufgrund der komplexen Herausforderungen »die Interdisziplinarität bzw. die Konvergenz von Spitzentechnologien« eine wichtige Rolle spielen werde. Durch die »Konvergenz der Spitzentechnologien (Nanotechnologie, Biotechnologie, Informationstechnik, Kognitionswissenschaften)« würden »neue Möglichkeiten des wissenschaftlich-technologischen Fortschritts und wirtschaftlichen Wachstums« erwartet. Der MST und insbesondere bereits der »Mikro-Nano-Integration« komme dabei zentrale Bedeutung zu, auch wenn diese noch nicht den notwendigen Reifegrad aufwiesen, um in einen industriellen Maßstab überführt zu werden. Als »potenzielle Themenfelder der MST«, die durch eine Weiterentwicklung der Mikro-Nano-Integration kurz-, mittel- und langfristig profitieren werden, identifizierte das BMBF »Automotive (z.B. Systemzuverlässigkeit)«, »Medizintechnik (z.B. intelligente Implantate)«, »Packaging (z.B. Weiterentwicklung der klassischen Aufbau- und Verbindungstechnik)« sowie »Konvergierende Technologien für Smart System Integration«. Hinsichtlich des letzten Themenfeldes werden insbesondere »neue Möglichkeiten und Ansätze für smarte intelligente kognitive Mikro-/Nanosysteme« angesprochen (BMBF 2006b, S. 2 der Onlineausgabe).

Was ist mit diesen Ausführungen in der Bekanntmachung (vom November 2006) gemeint? Um diese Frage zu beantworten, empfiehlt sich ein Blick auf die *konzeptionellen Aktivitäten und Überlegungen seitens der VDI/VDE-IT*, des BMBF-Projektträgers für das Rahmenprogramm Mikrosysteme: Die *VDI/VDE-IT* hat (u.a. auf internationalen Konferenzen) bereits frühzeitig auf die CT-Debatte hingewiesen. Ende 2004 wurde dann aus innovationspolitischer Perspektive angemahnt, dass Deutschland das Thema der »Konvergenz der Spitzentechnologien« nicht »verschlafen« dürfe (Giesecke 2004). Ansätze zu einer solchen Konvergenz fänden sich zweifelsfrei schon in transdisziplinären Forschungszusammenhängen. Die *VDI/VDE-IT* bezeichnete es als *Gefahr*, dass – trotz der CTEKS-Initiative der EU und vereinzelter Kenntnismahnen der Thematik hierzulande – die stark von der Optimierbarkeit des Menschen geprägten amerikanischen Leitbilder nach Deutschland diffundieren könnten, ohne auf eine eigenständige forschungspolitische Position zu stoßen. Das Weltbild, das diese Leitbilder auszeichne, werde in Deutschland auf wenig Akzeptanz stoßen. Die *VDI/VDE-IT* plädierte deshalb dafür, eine *breit-angelegte und öffentliche forschungspolitische Debatte* zu initiieren, um eigene Leitbilder zu entwerfen, die mit dem deutschen Innovations- und Wertesystem kompatibel sind und sich klar von der US-amerikanischen Initiative abgrenzen. Durch die Konvergenzprozesse – und dabei insbesondere durch die neuartigen wis-

senschaftlich-technischen Manipulationsmöglichkeiten auf der kleinsten elementaren Ebene – würde unter ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Aspekten weitgehend *Neuland* betreten. Neben der Auseinandersetzung mit diesen Aspekten und einer Potenzialanalyse über bestehende Forschungsvorhaben und unterstützende Maßnahmen sei vor allem der *Reformbedarf des tradierten deutschen Innovations-systems* abzuschätzen (Giesecke 2005). Nachteilig wirkten sich in dieser Hinsicht oft die stark disziplinär ausgerichtete Ressortforschung und »überkomplexe föderale Strukturen« aus. Deutsche Innovationspolitik könne hinsichtlich aller genannten Aspekte aktiv die Entwicklung gestalten. Aufsetzen lasse sich hier auf den in Deutschland systematisch entwickelten Kompetenzen in verschiedenen Nanotechnologien sowie in hybrider Systemtechnologie. Seitens der VDI/VDE-IT werden aber auch spezifische Herausforderungen gesehen: Ihr geht es (Heinze 2006 u. 2007; Abb. 4), im Einklang mit Strategien und Programmen auf EU-Ebene, um eine verstärkte Orientierung der MST hin zur »Smart Systems Integration« (SSI). Dabei stehen zwar neue NBI-Konvergenzen aktuell noch im Mittelpunkt des Interesses, perspektivisch komme aber der Kognitionswissenschaft hohe Relevanz zu.

ABB. 4 VON DER MIKROSYSTEMTECHNIK (MST) ZUR SMART SYSTEMS INTEGRATION (SSI)



Quelle: Heinze (2007b), S. 39

Neue »Integrationstechnologien« sollen den Systemen Qualitäten wie Selbstorganisation, Lernfähigkeit, Individualisierung und Personalisierung verleihen helfen. Von der Kognitionswissenschaft, die vom VDI/VDE-IT bisweilen (Heinze 2007) als reine Geisteswissenschaft begriffen wird, erhofft man sich, dass sie Robotern ein »inneres Weltbild« und damit der Robotik erst die entscheidenden Durchbrüche ermöglichen könnte. Während es bei einem künftigen Einsatz von »Converging Technologies for Smart Systems Integration« (CT4SSI) mit Sicherheit langfristig zu Konvergenzen zwischen der Biologie, Informationstechnik und MST kommen werde, sei dies aber bei der *Kognitionswissenschaft* mit großen Schwierigkeiten verbunden. Der Hauptgrund für diese Einschätzung ist anscheinend ihre Wahrnehmung als reine Geisteswissenschaft: Man spürt eine gewisse Unsicherheit, ob es gelingen kann,

die Kognitionswissenschaft in einem umfassenden, systemorientierten Ingenieursansatz zu integrieren. Hinzu kommt eine starke Sensibilität für mögliche ethisch-gesellschaftliche Implikationen neuer Neurotechnologien und Erkenntnisse aus der angewandten Hirnforschung, die gelegentlich auch zur Kognitionswissenschaft im weiten Sinn gezählt werden (z.B. Coskina/Kaminorz 2005). Den Akteuren ist bewusst, dass durch die Wechselwirkungen zwischen biologisch-neurologischen und geistes- und sozialwissenschaftlichen Aspekten im kognitionswissenschaftlichen Feld besondere Herausforderungen auch in ethisch-gesellschaftlicher Hinsicht entstehen können, z.B. im Zusammenhang mit den Visionen zu einem »Human Enhancement«.

Die VDI/VDE-IT hat diesen Herausforderungen in ihren *Aktivitäten* systematisch Rechnung getragen und in sie z.B. einschlägige Expertise zur Hirnforschung, zu sozial- und geisteswissenschaftlichen Aspekten, zur Technikfolgenabschätzung und speziell zur Konvergenzdebatte einbezogen: Sie verfolgt, auch durch die Teilnahme an Veranstaltungen der US-amerikanischen NBIC-Initiative, die amerikanischen Aktivitäten und steht in engem Kontakt zu den deutschen Mitgliedern der CTEKS-Expertengruppe der EU und zu deutschen Forschungseinrichtungen, die an EU-Foresight-Aktivitäten zu den CT beteiligt sind. Anfang 2005 organisierte die VDI/VDE-IT einen nichtöffentlichen *Workshop zur CT-Thematik*, an der neben Wissenschaftlern und Ingenieuren auch Vertreter des BMBF teilnahmen. Dabei wurde in Bezug auf die MST und technologische Konvergenzprozesse festgestellt, dass potenzielle CT-Anwendungsfelder zu identifizieren seien. Große Potenziale wurden in der *Verschmelzung mit »Humanwissenschaften«* wie der Kognitionswissenschaft, der Humanbiologie und der Medizin gesehen. Auf dem *Mikrosystemtechnik Kongress* im Oktober 2005 bot die Mitveranstalterin VDI/VDE-IT dann einen »BMBF-Zukunftsworkshop« zum Thema »Mikro-Nano-Bio-Integration« an. Die MST wurde von der VDI/VDE-IT dabei als ein Feld definiert, in dem Nano-, Bio- und Informationstechnologien mit Mikroelektronik, Fluidik und Optik zusammenkommen. In dem nichtöffentlichen Teil des Workshops wurden die CT-Potenziale Deutschlands mit Blick auf verschiedene Anwendungsfelder diskutiert. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei den Anwendungsperspektiven zuteil, die sich aus der *Konvergenz mit den Kognitionswissenschaften* ergeben könnten. Die Teilnehmenden diskutierten auch, ob ein Ansatz zur Realisierung der CT-Potenziale über spezifische gesellschaftliche Herausforderungen oder über die einsetzbaren Technologien zu entwickeln sei. Eine *Konzentration auf die NBIC-Konvergenz* wurde als sinnvoll eingeschätzt. Als nächster Schritt seien strategische Partner (Industrie und gesellschaftliche Stakeholder) zu identifizieren und gewinnen. In einer *Studie der VDI/VDE-IT zur Ausbildung von Fachkräften in der Mikrosystemtechnik* vom März 2005 (VDI/VDE-IT 2005), die ebenfalls im Auftrag des BMBF erfolgte, wurde auch auf Herausforderungen im Aus- und Weiterbildungssystem der MST und



anderen Schlüsselfelder eingegangen, die sich durch visionäre Entwicklungen im Bereich der NBIC-Konvergenz ergeben könnten.

WEITERE AKTIVITÄTEN DER BUNDESREGIERUNG

1.2

Erwähnenswert ist auch eine durch das BMBF beauftragte Studie des *VDI Technologiezentrums* (Seiler et al. 2004), in der hinsichtlich der *US-amerikanischen NBIC-Initiative* festgestellt wird, dass diese zwar Visionen zu ermöglichenden (enabling) Funktionen der Nanotechnologie (einschließlich der Materialtechnik) sowie der Elektronik diskutiere, aber technologische Einzelheiten der Realisierung dabei wenig berücksichtige (Seiler et al. 2004, S. 70). In der Studie wird der erste Konferenzbericht mit anderen Technologieprognosen verglichen und in den Schlussfolgerungen festgestellt, dass die Konvergenz von Technologiefeldern zentrales Motiv aller Prognosen sei: Vier große Technologiesegmente fänden besondere Aufmerksamkeit, nämlich die Bio-, Nano-, Material- sowie Informations- und Kommunikationsfelder. Es werde eine Auflösung der Grenzen zwischen den Disziplinen und eine zunehmend wichtige Rolle der Interdisziplinarität für die technologische Entwicklung gesehen. Die in den betrachteten Studien entfaltenen Perspektiven und Visionen spannten einen weiten Bogen an Möglichkeiten auf, weshalb auch hier externe, politische Vorgaben zur Priorisierung notwendig seien.

Die CT wurden überdies in der BMBF-Initiative »Futur« (www.futur.de; nicht mehr online) thematisiert. In dieser im Herbst 2005 abgeschlossenen, partizipativen Foresight-Aktivität wurden zum einen – durch interdisziplinäre Expertenteams und unter Einbeziehung der Öffentlichkeit – weitreichende Visionen zur wissenschaftlich-technologischen Entwicklung erarbeitet, die z.T. hinsichtlich der Konvergenzthematik von Interesse sind. Zum anderen wurden die CT auch explizit angesprochen: »Konvergierende Technologien« zählten zu den 45 von der Initiative behandelten Zukunftsthemen. Als übergreifende Zielsetzung von Konvergenzprozessen wurde die *Verbesserung der Lebensqualität* bestimmt: Zu den »konvergierenden Technologien« zählte die Initiative lediglich die NBIC-Felder und stellte fest, dass Zweierkombinationen (wie z.B. Nanobiotechnologie und Neurocomputing) bereits vielfach erfolgreich erprobt würden, während die Dreier- und Viererkombinationen neu seien. Als Trend werde die *Konvergenz aller vier Bereiche nur langfristig* Form annehmen. Als Voraussetzung dafür nannte das BMBF erhebliche Fortschritte in der Grundlagenforschung in verschiedenen Bereichen. Weiteren Forschungsbedarf sieht das BMBF u.a. in Bezug auf ethische und insbesondere auf gesellschaftliche Herausforderungen, auf wirtschaftliche Potenziale der Konvergenz (systematische Analyse von Projekten und deren Marktfähigkeit; Wettbewerbssituation Deutschlands) und hinsichtlich der mittelfristig realisierbaren Konsumenten- und Nutzer-

wünsche. Es bestehe die Herausforderung, die Grenzen zwischen den Disziplinen zu überwinden und bestimmte Fachrichtungen für neue Technologien zu öffnen. Denkbar seien *interdisziplinär orientierte Programme*, die in Verbundprojekten eine fachübergreifende Zusammenarbeit bewirken. Dadurch ließe sich klären, inwieweit realistische Szenarien über die bestehenden Ansätze hinaus entwickelt werden können, um in absehbarer Zeit Erfolge in der Medizin, Datenverarbeitung und auf anderen Gebieten zu erzielen. In einer der Expertendiskussionen wurde ein integrativer, *nutzer- und anwenderorientierter Ansatz* zur Gestaltung von Konvergenzprozessen befürwortet, wobei gesellschaftliche und ethische Aspekte auf jeden Fall zu berücksichtigen seien. In einer Zwischenbilanz zum »Futur«-Prozess und den entwickelten Leitvisionen (BMBF 2003) wurde dann die Konvergenzthematik aber nicht explizit angesprochen, einige ihrer zentralen inhaltlichen Aspekte kommen jedoch z.B. in der Leitvision »Das Denken verstehen« vor. Als Hintergrund dieses Umgangs mit der CT-Thematik ist die Einschätzung eines leitenden Organisations des »Futur«-Prozesses (ebenfalls nicht mehr online) bemerkenswert, dass zu den Nachteilen der CT *fehlende konzeptionelle Klarheit* und der mögliche Charakter als reines »Hype«-Thema zählten. Es stelle sich daher die Frage nach der Eignung der technologischen Konvergenz als Leitbild, auch wenn die infrage stehenden Technologie- und Wissenschaftsfelder einzeln schon in erheblichem Maß gefördert würden.

SONSTIGE AKTEURE

1.3

Foresight-Aktivitäten und Technikfolgenabschätzung zu den CT fanden in Deutschland auch über den »Futur«-Prozess hinaus statt. Neben dem engen Austausch mit deutschen Mitgliedern der EU-Expertengruppe hat z.B. die VDI/VDE-IT auch Einrichtungen wissenschaftlicher Technikfolgenabschätzung wie das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe in ihre Aktivitäten miteinbezogen.

Das ITAS beteiligt bzw. beteiligte sich überdies an den bereits angesprochenen Foresight-Aktivitäten der EU-Kommission (Kap. V.3.4.3) und des Europäischen Parlaments (Kap. V.3.6) zur CT-Thematik. Neben weiteren eigenen Aktivitäten (z.B. Coenen et al. 2004; Fiedeler 2003; Fleischer/Decker 2005; Fleischer 2006; Grunwald 2007a) hat ITAS auch die Organisation einer einschlägigen internationalen Konferenz an der Universität Budapest im Dezember 2005 (u.a. zusammen mit der UNESCO) unterstützt (Banse et al. 2007). Das TAB, das vom ITAS betrieben wird, setzte sich mit der Konvergenzthematik zuerst im Rahmen seines im Juli 2003 abgeschlossenen Projekts »Nanotechnologie« (Paschen et al. 2004) auseinander. In einem eigenen Kapitel und verschiedenen anderen Stellen des Abschlussberichts

erfolgte eine Auseinandersetzung mit futuristischen Technologievisionen, wobei auch auf den Entstehungskontext, das kulturelle Umfeld und die Programmatik der US-amerikanischen NBIC-Initiative eingegangen wurde. Politische Chancen und Herausforderungen durch Konvergenzprozesse identifizierte das TAB vor allem hinsichtlich der Nanobiotechnologie, visionärer Zukunftserwartungen und der Bildungspolitik. In Projekten zur Bionik (TAB 2006), Hirnforschung (TAB 2007) und zum Thema »Gendoping«, die wie alle TAB-Projekte durch den Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestags beauftragt wurden, hat sich das TAB am Rande ebenfalls mit der CT-Thematik befasst. Bei der Durchführung des TAB-Arbeitsprogramms kooperiert das Forschungszentrum Karlsruhe mit dem *Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung* (FhG-ISI), das z.B. im Rahmen des TAB-Projekts »Hirnforschung« (TAB 2007) ein Gutachten zur Rolle der Hirnforschung in der CT-Debatte verfasst hat (FhG-ISI 2005; s.a. Beckert et al. 2007a u. 2007b) und die CT-Thematik auch in anderen Kontexten, vor allem in einem der genannten Projekte auf EU-Ebene (vgl. z.B. Beckert et al. 2006), verstärkt untersucht. Die Konvergenzthematik wurde auch in anderen deutschen Beiträgen zur Technikfolgenabschätzung berücksichtigt (z.B. Schmid et al. 2006), z.T. in Kooperation mit Treibern der US-amerikanischen und internationalen Konvergenzdebatte (z.B. Renn/Roco 2006)

In der internationalen forschungspolitisch-akademischen Diskussion zur CT-Thematik spielen deutsche universitäre Wissenschaftler und Ingenieure eine wichtige Rolle. Hingewiesen sei z.B. auf Aktivitäten an der *Technischen Universität Darmstadt*, die in der CTEKS-Expertengruppe der EU – u. a. in Gestalt des Berichterstatters – prominent vertreten war und deren Fachbereich Gesellschafts- und Geschichtswissenschaften die Forschung zu ethischen, sozialen und rechtlichen Aspekten der Nanotechnologie und CT maßgeblich mitprägt – u. a. durch vielfältige Verbindungen zur einschlägigen US-amerikanischen »research community«. Neben einer langen Reihe von relevanten Veröffentlichungen zur Nano- und Konvergenzthematik, die seitens oder auf Initiative der Darmstädter Wissenschaftler entstanden (z.B. Baird et al. 2005; Lösch 2006; Nordmann 2003, 2004, 2007a u. 2007b; Nordmann et al. 2006; Schummer 2004 u. 2006), ist auch die Einrichtung des »Nanobüros« an der TU Darmstadt erwähnenswert (www.zit.tu-darmstadt.de/cipp/tudzit/custom/pub/content,lang,1/oid,848/ticket,guest). Die CT-Thematik hat seitens deutscher Forscher zudem in verschiedenen EU-geförderten Projekten zu ethischen und gesellschaftlichen Aspekten der Nano(bio)technologie Beachtung gefunden (Kap. V.3). Auch in kirchlichen und ökologiebewegten Kreisen wurde die Nanotechnologie- und Konvergenzdebatte bereits thematisiert (z.B. Evangelische Akademie Iserlohn 2006).

Mit den besonderen politischen Herausforderungen und Chancen durch die *Kognitionswissenschaft unter Konvergenzaspekten* hat sich international vergleichend eine weitere Studie des *VDI Technologiezentrums* (VDI-tz 2005) auseinandergesetzt. Die Studie analysierte einschlägige Foresight-Aktivitäten auf EU-Ebene, in Dänemark, Deutschland, Großbritannien und den USA (einschließlich der NBIC-Initiative und der CTEKS-Agenda; Kap. V.2 u. V.3) und integrierte die Ergebnisse eines eigenen Projektworkshops zum Thema. Als Ergebnis wurde festgehalten, dass hinsichtlich der politischen Strategie für die Kognitionswissenschaft in Europa noch viele offene Fragen bestehen und dass es überdies eine Reihe von grundsätzlichen Kritikpunkten an diesem Feld gibt (u.a. in Bezug auf zentrale Probleme wie die Rolle der Emotionen, des Bewusstseins, der physischen Umgebungen sowie des menschlichen Körpers für das Denken und hinsichtlich des informationstheoretischen Reduktionismus). Die Studie endet mit drei Empfehlungen, nämlich, relevante kognitionsbezogene Ansätze in den Hauptdisziplinen zu fördern, das Potenzial der vielfältigen kognitionswissenschaftlich einschlägigen Forschung besser zu nutzen und hochrangig besetzte Foresight-Gruppen zur Politikberatung über dieses Thema zu schaffen. Im Gegensatz zu diesen in Bezug auf die Kognitionswissenschaft und ihre aktuelle politische Förderung eher skeptisch-kritischen Einschätzungen, fällt das Resümee in einer zweiten Version der Studie (Braun/Zweck 2006) positiver aus: Dort werden – im Einklang mit den Ansichten eines an dem Workshop beteiligten Experten (Ander/Pagard 2006) – die sehr großen Potenziale der Kognitionswissenschaft im umfassenden Sinn betont und eine verstärkte Förderung in Europa empfohlen. Die grundsätzliche Kritik an deren Ansätzen fehlt. Es wird empfohlen, eine europäische Vision und Roadmap für die Kognitionswissenschaft zu entwickeln, auf Basis einer »State-of-the-art«-Analyse und unter Berücksichtigung der Ergebnisse nationaler Foresight-Aktivitäten sowie epistemologischer und institutioneller Probleme und der öffentlichen Wahrnehmung des Feldes. Auf EU-Ebene fehle eine Plattform für die Kognitionswissenschaft, sie sei nicht einmal im Förderbereich Sozialwissenschaften sichtbar.

ZUSAMMENFASSENDE EINSCHÄTZUNG

1.4

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass

- > die offiziellen deutschen Aktivitäten zur Konvergenzthematik bereits einen im Vergleich zu allen anderen Nationalstaaten (außer vielleicht den USA) relativ hohen Grad an Konkretion (in punkto Forschungsförderung) erreicht haben;
- > mit der Fokussierung offizieller Aktivitäten auf die Mikrosystemtechnik ein aussichtsreicher anwendungsorientierter Ansatz gewählt wurde, bei dem aber – wie

- allgemein in der CT-Debatte – noch unklar ist, welche Bedeutung der Kognitionswissenschaft innerhalb der NBIC-Konvergenz zukommen kann;
- › sowohl die internationalen Foresight- und Technikfolgenabschätzungsaktivitäten als auch die internationale akademische Diskussion und Forschung zu den gesellschaftlichen, ökonomischen, philosophischen und kulturellen Aspekten der CT maßgeblich von deutschen Einrichtungen mitgeprägt werden;
- › es Hinweise darauf gibt, dass in den im Mittelpunkt der Konvergenzdebatte stehenden FuE-Bereichen Forscher in Deutschland eine wichtige Rolle spielen.

Diese Befunde, von denen der Letztgenannte noch empirisch näher geprüft werden müsste, lassen die vor einigen Jahre getroffene Aussage, dass Deutschland die Konvergenz der Spitzentechnologien »verschlafen« (Giesecke 2004) habe, zweifelhaft erscheinen. Es ist aber tatsächlich zu fragen (Giesecke 2005), ob die CT-Debatte zum Anlass genommen werden sollte, den gesellschaftlichen Dialog über Wissenschaft und Technik (und insbesondere das Thema »Human Enhancement«) politisch zu befördern, und inwieweit die neuen Konvergenzkonzepte Anlass dafür geben, forschungs- und innovationspolitische Strategien zu hinterfragen.

HANDLUNGSOPTIONEN UND FORSCHUNGSBEDARF

2.

Die Analysen, die für die vorliegende Studie durchgeführt wurden, lassen vier Ansätze für politisches Handeln zur Konvergenzthematik als vorrangig erscheinen. Bei diesen vier Ansätzen geht es nicht um die Förderung der verschiedenen zu den »konvergierende Technologien und Wissenschaften« gezählten Felder allgemein, da diese bereits in vielfältiger Weise gefördert werden. Vielmehr sollen *politische Handlungsoptionen* aufgezeigt werden, die sich direkt auf das *Konvergenzkonzept und CT-Thema* beziehen. Die vier, einander nicht ausschließenden Ansätze sind:

- › Konvergenz als ein Aspekt der Förderaktivitäten zur *Nanotechnologie und Mikrosystemtechnik*;
- › die Konvergenzperspektive als ein neuer Ansatz zur Förderung *multi-, inter- und transdisziplinärer Forschung* sowie *felderübergreifender Technologieentwicklung*;
- › die politisch-gesellschaftliche Diskussion und eventuell gezielte Förderung konvergierender Technologien und Wissenschaften hinsichtlich avancierter und sich abzeichnender *Möglichkeiten des »Human Enhancement«*;
- › die Konvergenzthematik als Ausgangspunkt einer *breit und dialogisch angelegten politisch-gesellschaftlichen Auseinandersetzung* mit der aktuellen wissenschaftlich-technologischen Entwicklung und mit deren Zukunftsperspektiven.

Wie aufgezeigt, ist bei allen vier Optionen zu berücksichtigen, dass insbesondere vonseiten US-amerikanischer Akteure das *Konvergenzkonzept in einer bestimmten, posthumanistisch-futuristischen Richtung stark normativ aufgeladen* wurde. Selbst wenn, wie bei den ersten beiden Handlungsoptionen, eine Konzentration auf im engeren Sinn naturwissenschaftlich-technische FuE ohne besonderen »Human-Enhancement«-Bezug erfolgen würde, erschiene daher eine Auseinandersetzung mit den *visionären Aspekten der Konvergenzdebatte* angezeigt, zumal diese sich auf relevante Traditionslinien in der Ideengeschichte des »Westens« (also nicht nur der USA) zurückführen lassen (z.B. Coenen 2006 u. 2007, Euchner 2001 u. 2005; Grunwald 2007a u. b; Kettner 2005).

NANOKONVERGENZ UND MIKROSYSTEMTECHNIK

2.1

Bei der ersten Handlungsoption, also der weitgehenden Beschränkung der Konvergenzperspektive auf die Nanogrundlagenforschung und die systemanwendungsorientierte Mikro-Nano-Integration, ginge es vor allem um die Fortführung und den Ausbau bisheriger einschlägiger Aktivitäten des BMBF.

Angeraten erscheinen weiterhin die *Auswertung ähnlicher Aktivitäten außerhalb Deutschlands*, insbesondere auf EU-Ebene (z.B. EC ISM DG 2006; Ibáñez 2007) sowie in den USA, und die weitere Vernetzung. Fraglich erscheint noch, wie ohne Einbeziehung der umfassenden, stark visionären Aspekte der CT-Debatte die von der VDI/VDE-IT – dem BMBF-Projektträger für das Rahmenprogramm Mikrosysteme – angestrebte verstärkte Berücksichtigung der Kognitionswissenschaft und Neurotechnologien sinnvoll möglich sein wird. Bei einer verstärkten *Berücksichtigung der Kognitionswissenschaft und speziell der Neurowissenschaften und -technologien* böte es sich an, zuvor

- > systematische Bezüge zu der bereits erfolgenden *Förderung stark interdisziplinärer und transdisziplinärer FuE* (z.B. in neuro- und kognitionswissenschaftlichen Bereichen, in den Bereichen Ubiquitäres Computing, der KI-Forschung und anderen Gebieten) verstärkt herzustellen;
- > bestehende und mögliche *Strategien zur Förderung der Kognitionswissenschaft umfassend* zu überprüfen;
- > die *gesellschaftlichen, ethischen und ökonomischen Aspekte der Hirnforschung und des »Human Enhancement«* verstärkt zu untersuchen und öffentlich zu diskutieren (TAB 2007), auch unter Einbeziehung der Erkenntnisse, die in den der-

- zeit von der Bundesregierung und anderen Akteuren geförderten Forschungsarbeiten erreicht werden⁴;
- > den u. a. von der VDI/VDE-IT selbst empfohlenen breiten *gesellschaftlichen Dialog* über konvergierende Technologien zu intensivieren, unter Einbeziehung der relevanten sozial- und geisteswissenschaftlichen Expertise.

Zu den *Vorteilen* eines an der Mikro-Nano-Integration und der Entwicklung von »Smart Systems« orientierten Ansatzes gehören die starke Anwendungsbezogenheit, der relativ hohe Konkretionsgrad und die Anknüpfung an eine etablierte FuE-Tradition. Offen erscheint aber, ob man sich mit der verstärkten Einbeziehung der Kognitionswissenschaft einen Gefallen tut. Als *warnendes Beispiel* kann hier die US-amerikanische NBIC-Initiative gelten. Aus diesem ist auf jeden Fall zu lernen, dass der erhoffte Schub durch die Einbeziehung des »Human Potential« nur auf der *Basis tatsächlicher kognitionswissenschaftlicher Expertise* angestrebt werden sollte und unter Verzicht auf reduktionistische Ansätze. Gerade bei dem in Deutschland gewählten Fokus der »Smart Systems Integration« wären zudem auch *weitere sozial- und geisteswissenschaftliche Forschungsergebnisse und -ansätze* verstärkt zu berücksichtigen.

MULTI-, INTER- UND TRANSDISZIPLINARITÄT

2.2

Bei der zweiten Handlungsoption stellen sich zum Teil ähnliche Herausforderungen, vor allem in Bezug auf die Abstimmung bestehender stark inter- oder transdisziplinärer Forschungsförderprogramme mit einer etwaigen neuen Konvergenzinitiative. Hier böte es sich überdies an, die Aktivitäten zur *Evaluation bereits erfolgter oder existierender Programme und Aktivitäten zur Förderung von Multi-, Inter- und Transdisziplinarität* sowie *felderübergreifender Technologieentwicklung* unter der Konvergenzperspektive zu intensivieren, auch unter Einbeziehung der EU-Ebene, auf der nun mit dem siebten Forschungsrahmenprogramm eine weitere Stärkung interdisziplinärer Forschung angestrebt wird.

Ähnlich wie ansatzweise bereits in Spanien und Kanada erfolgt, sollte zudem in Vorbereitung einer größeren CT-Initiative eine *Bestandsaufnahme der deutschen FuE-Landschaft aus Konvergenzperspektive* erfolgen. Hier könnte auch erprobt werden, inwieweit sich die *Sozial- und Geisteswissenschaften* systematisch in naturwissenschaftlich-technologische Konvergenzprozesse und entsprechende Innova-

4 Vgl. z.B. das laufende BMBF-geförderte Projekt »Potentiale und Risiken des pharmazeutischen Enhancements psychischer Eigenschaften« der Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technologischer Entwicklungen.

tionsstrategien einbeziehen lassen, also über traditionelle »Begleitforschung« zu gesellschaftlichen, ethischen und rechtlichen Aspekten hinaus.

Eine entscheidende Voraussetzung für eine sinnvolle Nutzung des Konvergenzkonzepts dürfte eine Weiterentwicklung sein, die über die bisher oft oberflächlichen, eher rhetorischen Ansätze der US-amerikanischen und anderer CT-Initiativen hinausgeht. Eine Möglichkeit ist ein *disziplinen- und technologieutrales Konvergenzkonzept*, wie es vom Ansatz her bereits auf EU-Ebene vorgeschlagen wurde (EU HLEG FNTW 2004). Ein solches hätte den Vorteil, dass nicht von vorneherein bestimmte FuE-Gebiete im Fokus ständen und andere, womöglich hochinnovative und sozioökonomisch relevantere Gebiete vernachlässigt würden. Es sollten verstärkt Versuche unternommen werden, *Konvergenzen zu hierarchisieren*, wobei z.B. »Kernwissenschaften« (wie Chemie u. Physik; BMBF 2004), breite FuE-Felder (wie z.B. die Biotechnologie) sowie etablierte, neue und emergente FuE-Bereiche stark inter- und transdisziplinärer Natur zu unterscheiden und erst danach die vielfältigen Konvergenzen systematisch zu analysieren wären (z.B. Andler et al. 2006; Beckert et al. 2006).

Bei einer solchen Analyse, die ggf. auch eine *Reorganisation der Forschungsförderungsfelder* anleiten könnte, böte es sich zudem an, zwischen verschiedenen *Arten von Konvergenz* zu unterscheiden: »Schwache« *Konvergenzen*, bei denen FuE-Ergebnisse aus anderen Gebieten nur »Hilfsmittelcharakter« haben, wären von *Konvergenzen per Inspiration* (im Sinne konzeptionell-theoretischer Befruchtung) und jenen »starken« *Konvergenzen* zu unterscheiden, bei denen sich neue FuE-Bereiche mit eigenen Entwicklungspfaden herausbilden und Erkenntnisse oder Kompetenzen aus mehreren Gebieten unmittelbar in Innovationen eingehen.

Ebenfalls zu bedenken ist, dass selbst in Forschungsbereichen, die durch ein hohes Maß an Konvergenz zwischen verschiedenen NBIC-Feldern gekennzeichnet sind (z.B. »Lab-on-a-chip«-Technologien), es *in der Praxis* oftmals als nicht zweckmäßig oder als zu aufwendig angesehen wird, eine umfangreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit über die eigenen Kernkompetenzen hinaus zu versuchen (Rafols 2007): Wie intensiv das Engagement der Forscher (z.B. in der Nanobiotechnologie) in Bezug auf die Ermöglichung weitreichender Konvergenzprozesse ist, hängt davon ab, welche konkreten Ziele in den Projekten verfolgt werden. Wenn nicht eine entsprechende politische Steuerung erfolgt, wird sich daher eine solche Forschung wohl eher selten an großen wissenschaftlich-technologischen Einheits- und Konvergenzvisionen orientieren.

Als Leitbild bietet sich vor diesem Hintergrund eine *problemorientierte, sach- und bedarfsbezogene Konvergenzförderung* an (EU HLEG FNTW 2004; Schmidt 2007a u. 2007b), bei der

- > einerseits eine Unabhängigkeit von flüchtigen »Hypes« und konsequente Innovationsorientierung erreicht werden;
- > andererseits aber die Förderstrategien – auch hinsichtlich der politischen Strukturierung von FuE nach Anwendungsbereichen – genügend flexibel sind, um neu auftretende Konvergenzprozesse zu berücksichtigen und einzelne Projekte nicht mit weitreichenden Anforderungen an Inter- und Transdisziplinarität zu überfordern.

Obwohl deren Durchführung z. T. kritisch zu bewerten ist, ließe sich hier an Aktivitäten der EU und anderer Akteure zu neuen und emergierenden FuE-Bereichen anknüpfen (Kap. V.3). In einer solchen, thematisch offene Elemente integrierenden Strategie ließen sich verstärkt *Inputs sowohl von der »scientific community« als auch von zivilgesellschaftlichen Gruppen* einholen, idealiter ohne Privilegierung etablierter Akteure. Dass dazu verstärkte Anstrengungen zur Information und Einbeziehung der Öffentlichkeit und der Wissenschaften in ihrer ganzen Breite (also einschließlich nichtnaturwissenschaftlicher Disziplinen) angezeigt sind, versteht sich von selbst.

HUMAN ENHANCEMENT

2.3

Bei der dritten Handlungsoption, auf die auch in dem Projekt des TAB (2007) zur Hirnforschung hingewiesen wurde, läge der Schwerpunkt auf den sogenannten »Human-Enhancement«-Technologien (HET). Deren Potenziale und Risiken wären systematisch auszuloten, unter Einschluss übergeordneter Fragen von Menschen- und Gesellschaftsbildern und ideengeschichtlicher Aspekte (Grunwald 2007a, 2007b u. 2007e). Gerade hier erscheint ein frühzeitiger gesellschaftlicher Dialog wünschenswert, der bisher nur vereinzelt und selten unter Berücksichtigung der Konvergenzperspektive stattfindet.

Insbesondere mit Blick auf die EU-Ebene und laufende Aktivitäten der Bundesregierung wäre es unangebracht, das *Konvergenzkonzept* auf Technologien zur Steigerung menschlicher Leistungsfähigkeit und »Verbesserung« menschlicher Eigenschaften zu beschränken. Da die infrage stehenden Technologien (z.B. im Bereich der neuroelektrischen Schnittstellen) aber einen relativen hohen Grad an Konvergenz aufweisen, wäre eine Einbettung des Themas in Aktivitäten zu den CT denkbar. »Human Enhancement« könnte so als ein Aspekt der CT-Entwicklung betrachtet werden. Dabei sollte auch systematisch untersucht werden, welche medizinisch-therapeutischen Potenziale diese Technologien haben und welche Folgen es hätte, wenn man – wie vereinzelt in den USA politisch gefordert – *HET als einen Wachstumsbereich* mit Blick auf nichttherapeutische Luxus-, Lifestyle- oder Massenwendungen förderte. *Weit vor der Marktreife* möglicher neuer Angebote der zum

»Human Enhancement« besteht die Möglichkeit, durch Forschungsförderung steuernd einzuwirken, und die Herausforderung, die Gesellschaft für dieses Thema zu sensibilisieren, auch in Auseinandersetzung mit weltanschaulichen Strömungen wie dem Transhumanismus (Grunwald 2006e). Dies könnte dann auch Folgen für den gesellschaftlichen Umgang mit Bereichen wie der Schönheitschirurgie, dem Konsum von leistungssteigernden Drogen und dem Doping im Sport haben.

Angezeigt erscheint, in der Analyse *stärker zwischen den verschiedenen HET zu differenzieren* (z.B. Khushf 2005; Merkel et al. 2007): Zum einen sollten eher konventionelle pharmazeutische und chirurgische »Enhancements« von sich abzeichnenden oder futuristischen Möglichkeiten »radikalerer« Art (z.B. durch Genetik und Hirn-Computer-Schnittstellen) unterschieden werden. Dabei wäre, angesichts verschiedener Negativbeispiele in der bisherigen Diskussion, insbesondere auch darauf Wert zu legen, aktuelle Möglichkeiten und realistisch erscheinende Visionen von eher spekulativen Ideen abzugrenzen. Zum anderen bieten sich bestimmte Aspekte als Schwerpunktthemen an, insbesondere *HET zur Kompensation von Behinderungen* und *militärische Nutzungsperspektiven*, einschließlich der bereits laufenden Aktivitäten im Bereich der Militär- und Sicherheitsforschung (insbesondere der USA). Bei diesen beiden möglichen Schwerpunkten handelt es sich nicht nur um die Bereiche, in denen konkrete Forschungs- und Förderaktivitäten bisher zumeist angesiedelt sind, sondern es stellen sich dort auch die dringlichsten ethischen und gesellschaftlichen Fragen. *Konzeptionell unterscheiden* ließen sich zum einen Werkzeuge oder Hilfsmittel (z.B. Nachtsichtbrillen) von mit dem Körper fest verbundenen oder implantierten Geräten, zum anderen langfristige oder dauerhafte Verbesserungen der Leistungsfähigkeit von kurzfristigen Leistungssteigerungen (z.B. durch Drogen). Zum »Human Enhancement« *im engeren Sinn* würden dann nur solche langfristig wirksamen oder dauerhaften, auf Verbesserung abzielenden Modifikationen der menschlichen Leistungsfähigkeit zählen, die durch wissenschaftlich-technisch ermöglichte Eingriffe in den menschlichen Körper bewerkstelligt werden.

GESELLSCHAFTLICHER DISKURS ÜBER WISSENSCHAFT UND TECHNIK

2.4

Bei der vierten Handlungsoption ginge es um die Stimulierung, Bereicherung und Ausweitung des *gesellschaftlichen Diskurses* über Wissenschaft und Technik insgesamt, wobei die *Konvergenzperspektive als strukturierendes Element* eingeführt würde.

Neben den Ideen, die auf EU-Ebene zur *systematischen Ausweitung der Konvergenzdiskussion* entwickelt wurden (z.B. die Vorschläge in der CTEKS-Agenda; Kap. V.3.3), könnten hier auch verschiedene neuere *Instrumente und Konzepte der*



Technikfolgenabschätzung zum Einsatz kommen. Eher handlungsunterstützenden und orientierenden Charakter hat dabei das Instrument der Visionsanalyse und -bewertung (»vision assessment«), das vor allem der politisch-gesellschaftlichen Selbstverständigung, aber auch dem politischen »Management« von Visionen dienen soll. Zur politisch-wissenschaftlichen Organisation und Stimulierung des gesellschaftlichen Diskurses über Wissenschaft und Technik bestehen verschiedene, zum Teil bereits seit längerem erprobte Verfahren, Methoden und Konzepte der Technikfolgenabschätzung und Foresight. An einschlägige Projekte der Bundesregierung, auf EU-Ebene und in anderen Zusammenhängen ließe sich anknüpfen.

Erstrebenswert erscheint auch die verstärkte Einbindung von Akteuren und thematisch relevanten Forschungsergebnissen aus *sozial- und geisteswissenschaftlichen Feldern*, die in der forschungspolitischen Diskussion und wissenschaftlichen Politikberatung bisher eher selten Berücksichtigung gefunden haben.

Schließlich wären sinnvollerweise auch die *Politikberatung und Forschung zu ethischen Aspekten* der verschiedenen konvergierenden Technologien und Wissenschaften zu berücksichtigen, deren Bedeutungszuwachs sich in den letzten Jahren nicht nur im politisch-institutionellen Bereich niedergeschlagen hat, sondern auch in einer fortschreitenden Ausdifferenzierung (mit der Ergänzung der Bio- und Informationsethik und anderer etablierter technikethischer Felder durch die Neuro- und Nanoethik).

Insbesondere bei dieser – aber auch bei der dritten – Handlungsoption könnte der *Deutsche Bundestag* als *Forum und Brennpunkt politisch-gesellschaftlicher Diskussionen* zweifellos eine wichtige (und dann international wohl auch stark beachtete) Rolle spielen. Die aufgezeigte große Vielfalt thematischer Aspekte und weltanschaulicher Konflikte, die der CT-Debatte zu Eigen ist, lässt dabei aber eine vorsichtige Vorgehensweise angezeigt erscheinen. Die *Erkenntnisse laufender Forschungen* zur Konvergenzthematik sollten Berücksichtigung finden.

Angesichts des bisherigen Verlaufs der CT-Debatte wäre es empfehlenswert, bei einer etwaigen Initiative zur politisch-gesellschaftlichen Diskussion über konvergierende Technologien und Wissenschaften von Anfang an die ganze *Bandbreite von Wertvorstellungen* und (aktuell und potenziell) interessierter bzw. betroffener gesellschaftlicher Akteursgruppen einzubeziehen.

Eine Verzahnung solcher Aktivitäten mit denen anderer europäischer Parlamente sowie die verstärkte Einbeziehung politikberatender Institutionen (einschließlich der Ethikräte) erscheinen angezeigt. Von besonderer Bedeutung dürften hier auch die weitere Stimulierung des transatlantischen Austauschs und die Einbeziehung nichtwestlicher Akteure in die bislang durch die USA und Europa geprägte Konvergenzdebatte sein. Solche Ansätze zu einer noch *stärkeren Internationalisierung* wä-

ren insbesondere auch in Bezug auf das Thema »Human Enhancement« sinnvoll. Wenn durch neue und visionäre Möglichkeiten des »Human Enhancement« tatsächlich die Grundlagen menschlicher Existenz und Gesellschaften berührt würden, handelte es sich bei diesem um ein globales Thema, das ggf. internationale Regelungen erforderlich machte.

FORSCHUNGSBEDARFE UND SCHLUSSBEMERKUNG

2.5

In der vorliegenden Studie wurde an verschiedenen Stellen auf bestehende *Forschungsbedarfe* und wenig untersuchte Fragen (insbesondere auch hinsichtlich historischer, kulturwissenschaftlicher und philosophischer Aspekte der Konvergenzthematik) hingewiesen. An dieser Stelle soll daher lediglich auf solche Forschungsbedarfe hingewiesen werden, die sich unmittelbar im *Zusammenhang mit den aufgezeigten Handlungsoptionen* ergeben. Zu nennen sind hier

- > vertiefte und systematische Untersuchungen zu bereits existierenden *CT-Anwendungsbereichen* sowie Chancen und Herausforderungen, die sich für *Innovationssysteme* durch die diversen Konvergenzprozesse ergeben;
- > weitere international vergleichend angelegte bibliometrische Studien, Expertenbefragungen und andere *Untersuchungen zu naturwissenschaftlich-technologischen Konvergenzprozessen* sowie zur aktuellen *Bedeutung des Konvergenzkonzepts in FuE*;
- > die Entwicklung differenzierter, womöglich disziplinenunabhängiger und technologieneutraler *Konzepte wissenschaftlich-technologischer Konvergenz*, unter Berücksichtigung verschiedener Typen von Konvergenzen (z.B. »schwache« und »starke« Konvergenzen, Konvergenz durch Inspiration) sowie des dynamischen Charakters von Konvergenzprozessen und (gegenläufiger) disziplinärer und technologischer Ausdifferenzierungsprozesse;
- > *Bestandsaufnahmen der deutschen FuE-Landschaft und Förderaktivitäten* im Bereich der NBIC-Felder aus der Konvergenzperspektive;
- > die konvergenzbezogene *Evaluation multi-, inter- und transdisziplinärer Forschung und felderübergreifender Technologieentwicklung und ihrer Förderung*, auch aus internationaler Perspektive;
- > systematische Auswertungen der *Forschung zu ethischen und gesellschaftlichen Aspekten der NBIC-Felder* aus der Konvergenzperspektive;
- > *Technikfolgenabschätzungen (einschließlich Visionsanalysen und -bewertungen) und andere Studien* zur vertieften Untersuchung einzelner Konvergenzbereiche und Technologien, z.B. der sogenannten »Human-Enhancement«-Technologien;
- > partizipativ angelegte Studien und Aktivitäten zur Gewinnung von Erkenntnissen über die *gesellschaftliche Auseinandersetzung* mit den konvergierenden Techno-



logien und Wissenschaften und eventuell zur Stimulierung dieser Auseinandersetzung.

Das so erarbeitete *Orientierungswissen* trüge nicht nur zur Klärung der Frage bei, ob ein neues Konvergenzparadigma eine solide wissenschaftlich-technologische Basis hätte. Gegebenenfalls könnte es auch die politische Operationalisierung neuer CT-Konzepte sowie die Gestaltung und innovationsorientierte Förderung von Konvergenzprozessen unterstützen.

Obwohl in dieser Studie einige Belege für die forschungspolitische Bedeutung des Konvergenzkonzepts und die hohe politisch-gesellschaftliche Relevanz vieler in der CT-Debatte diskutierter Fragen gesammelt wurden, erscheinen einige *abschließende relativierende Bemerkungen* angebracht.

Letztlich handelt es sich bei den »konvergierenden Technologien und Wissenschaften«, reduziert man sie nicht auf »Human-Enhancement«-Technologien oder andere relativ klar umrissene FuE-Bereiche, vor allem um ein neues, noch nicht sehr ausgereift wirkendes Konzept bzw. um eine z.T. neuartige Sichtweise bekannter Entwicklungen. In dieser Hinsicht ist immer auch zu prüfen, welche *Vor- und Nachteile* eine *verstärkte Nutzung des Konvergenzkonzepts in der Forschungs-, Bildungs- und Technologiepolitik* mit sich bringen würde, auch im Vergleich mit seit längerem etablierten Konzepten wie »Schlüsseltechnologien«, »emergierende Forschungsfelder« und den verschiedenen Konzepten zur Förderung von disziplinen- und felderübergreifender FuE.

Die Ursprünge der politischen CT-Debatte liegen vor allem in der Anwendung einer *Strategie des »Hypes und der Hoffnung«* durch ein relativ gut überschaubares, z.T. anscheinend stark *ideologisch motiviertes* Netzwerk, vor allem in den USA. Auch dies sollte bei der Einschätzung der Relevanz der Konvergenzthematik und beim politischen Umgang mit dieser nicht außer Acht gelassen werden.

Schließlich sei darauf hingewiesen, dass trotz der Aufnahme des Konvergenzkonzepts in die Forschungsförderung der EU (insbesondere zu den Nanotechnologien und -wissenschaften) die *CT immer noch vor allem ein Phänomen der Foresight*, Technikfolgenabschätzung und ethisch-sozialwissenschaftlichen Begleitforschung zu den NBIC-Feldern und anderen FuE-Bereichen sind. Die Konvergenzdebatte kann so als Indiz dafür gelten, dass vom Zusammenspiel verschiedener neuer oder sich abzeichnender Wissenschafts- und Technologieentwicklungen einschneidende Veränderungen für die Zukunft erwartet werden. Um diese besser zu verstehen und sich in ihnen gegebenenfalls politisch zu stellen, bedürfte es nicht nur der weiteren konzeptionellen Klärung, sondern auch einer verstärkten empirischen Erforschung wissenschaftlich-technologischer Konvergenzprozesse zwischen den NBIC-Feldern und über diese hinaus.

LITERATUR

- Agar, N. (2005): *Liberal Eugenics: In Defence of Human Enhancement*. Malden u.a.O.
- Altmann, J. (2006): Militärische Nutzung der Nanotechnik: Begrenzung ist nötig. In: Nordmann et al. (2006), S. 419–427
- Altmann, J., Gubrud, M. (2004): »Military, Arms Control and Security Aspects of Nanotechnology«, in: Baird et al. 2004, S. 269–277
- Andler, D., Beckert, B., Coenen, C., Fleischer T., Friedewald, M., Lubert, B.-J., Pagarde, V., Quendt, C., Rader, M., Roloff, N., Woolgar, S. (2006): Discussion Paper for the CONTECS-Workshop. Bericht des CONTECS-Konsortium an die Europäische Kommission, August 2008, www.contecs.fraunhofer.de/images/files/contecs%20d2.pdf
- Andler, D., Pagarde, V. (2006): Cognitive science within Convergence: A first attempt at delineating the field in Europe. Deliverable D1.1 – Part B. Bericht des CONTECS-Konsortium an die Europäische Kommission, August 2008, www.contecs.fraunhofer.de/images/files/contecs%20d11-partb.pdf
- Antón, P.S., Silbergliitt, R., Schneider, J. (2001): *The global technology revolution: bio/nano/materials trends and their synergies with information technology by 2015*. Santa Monica
- Arnaldi, S. (2005): *Converging technologies and European societies in the XXI centuries: values at the core of our futures*. In: Kuklinski, A., Pawlowski, K. (Hg.): *Europe. The Strategic Choices, The Future of Europe 2*. REUPUS Series 2, Nowy Sacz www.clubofrome.at/archive/kuk-twin2.pdf, S. 27–37
- Arnall, A.H. (2003): *Future Technologies, Today's Choices. Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics; A technical, political and institutional map of emerging technologies*, Bericht für Greenpeace Environmental Trust, London www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/5886.pdf
- Bainbridge, W.S. (2004a): *The Evolution of Semantic Systems*. In: Roco/Montemagno 2004, S. 150–177
- Bainbridge, W.S. (2004b): *Converging Technologies*. Präsentation auf dem Workshop »Nanotechnology, Biotechnology, and Information Technology: Implications for Future Science at EPA« des U. S. Environmental Protection Agency Science Advisory Board, 01./02.12.04), Washington www.epa.gov/sab/pdf/sab_workshop_bainbridge.pdf
- Bainbridge, W.S. (2004c): *Progress toward Cyberimmortality*. In: Immortality Institute (Hg.): *The Scientific Conquest of Death*. Buenos Aires www.imminst.org/book1/, S. 107–122
- Bainbridge, W.S. (2005): *The Coming Conflict between Religion and Cognitive Science*. In: Wagner, C. (Hg.): *Foresight, Innovation, and Strategy: Toward a Wiser Future*. Bethesda, S. 75–87
- Bainbridge, W.S. (2006a): *Appendix 1: Survey of NBIC Applications*. In: Bainbridge/Roco 2006a, S. 337–345



- Bainbridge, W.S. (2006b): Appendix 2: Information Technology for Convergence. In: Bainbridge/Roco 2006a, S. 347–368
- Bainbridge, W.S. (2007): Converging Technologies and Human Destiny. In: *Journal of Medicine and Philosophy* 32/3, S. 197–216
- Bainbridge, W.S., Roco, M.C. (Hg.) (2006a): *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*. Dordrecht
www.wtec.org/ConvergingTechnologies (dort Jahresangabe 2005)
- Bainbridge, W.S., Roco, M.C. (Hg.) (2006b): *Progress in Convergence. Technologies for Human Well-Being*. *Annals of the New York Academy of Sciences* Vol. 1093, Boston
- Baird, D., Nordmann, A., Schummer, J. (Hg.) (2004): *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam
- Baird, D. (2007): *Navigating Nano Through Society*. In: Roco/Bainbridge 2007, S. 75–87
- Banse, G., Hronszky, I., Nelson, G. (Hg.) (2007): *Assessing Societal Implications of Converging Technological Development*. Berlin
- Bardini, T., Friedewald, M. (2003): *Chronicle of the Death of a Laboratory: Douglas Engelbart and the Failure of the Knowledge Workshop*. In: Inkster, I. (Hg.): *History of Technology* (Bd. 23). London, S. 191–212
- Barrell, A. (2006): *Biology, Bioconvergence, Innovation and Enterprise. Taking the Broad View – and examining the significance of Emerging Biotechnology Clusters*. Präsentation, 31.01.06, Cambridge, Institute of Biotechnology, www.alanbarrell.com/downloads
- BAST/NRC (Board on Army Science and Technology des US National Research Council) (1992): *STAR 21: Strategic Technologies for the Army of the Twenty-First Century*. National Academies of Sciences, www.nap.edu/catalog/1888.html
- Baum, R. (2003): *Nanotechnology – Drexler and Smalley make the case for and against »molecular assemblers«*. In: *Chemical & Engineering News* 81/48, S. 37–42,
<http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8148/8148counterpoint.html>
- Bayot, V. (2004): *New Roles and Challenges for the Universities*. In: *Fantechi/Tomellini* 2004, S. 41–43
- Beckert, B., Roloff, N., Friedewald, M. (2006): *R&D trends in Converging Technologies. Deliverable D1.1. Bericht des CONTECS-Konsortium an die Europäische Kommission, August 2006*, www.contecs.fraunhofer.de/images/files/contecs%20d11-parta.pdf
- Beckert, B., Blümel, C., Friedewald, M. (2007a): *Visions and Realities in Converging Technologies*. In: *Innovation* 20/4, S. 375–394
- Beckert, B., Friedewald, M., Nusser, M. (2007b): *Zukünftige Potenziale der Biotechnologie durch Konvergenzprozesse in Spitzentechnologien*. In: Nusser, M., Soete, B., Wydra, (Hg.): *Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigungspotenziale der Biotechnologie in Deutschland* (edition der Hans-Böckler-Stiftung 197). Düsseldorf, www.isi.fhg.de
- Beiting, C. (2006): *C.S. Lewis's Answer to 21st Century Transhumanism*. In: *Saint Austin Review* (Januar/Februar), www.staustinreview.com/jan06/beiting_article.pdf, S. 10–15
- Benoît-Browaëys, D. (2006): *Zukunftstechnologie Winzigkeit*. In: *Le Monde diplomatique*, Nr. 7918, 10.3.2006,
www.monde-diplomatique.de/pm/2006/03/10.mondeText.artikel,a0061.idx,12

- Bensaude-Vincent, B. (2004): Two Cultures of Nanotechnology? in: HYLE--International Journal for Philosophy of Chemistry 10/2 (2004),
www.hyle.org/journal/issues/10-2/bensaude.htm, S. 65–82
- Berne, Rosalyn W. (2006): Nanotalk. Conversations with Scientists and Engineers About Ethics, Meaning, and Belief in the Development of Nanotechnology. Mahwah/London
- Bernold, T. (Rapporteur) (2004): Converging Technologies for a Diverse Europe. Bericht zur Abschlusskonferenz zur EU HLEG FNTW am 14./15.9.2004, Brüssel
ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/ntw_conf_bernold_reportout.pdf
- Berthoud, G. (2007): The Techno-Utopia of »Human Performance Enhancement«. In: Sitter-Liver, B. (Hg.): Utopie heute I. Fribourg, Stuttgart, S. 291–305
- Berube, D. (2006): Nano-Hype. The Truth Behind the Nanotechnology Buzz. Amherst
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2001): Rahmenprogramm Biotechnologie – Chancen nutzen und gestalten. Bonn
www.bmbf.de/pub/rahmenprogramm_biotechnologie.pdf
- BMBF (2003): Futur: Der deutsche Forschungsdialog. Eine erste Bilanz. Bonn
www.bmbf.de/pub/futur_eine_erste_bilanz.pdf
- BMBF (2004): Mikrosystem. Rahmenprogramm zur Förderung 2006–2009. Bonn
www.bmbf.de/pub/mikrosysteme.pdf
- BMBF (2006a): Nano-Initiative – Aktionsplan 2010. Bonn/Berlin
www.bmbf.de/pub/nano_initiative_aktionsplan_2010.pdf
- BMBF (2006b): 4. Bekanntmachung im Innovationsbereich »Systemintegration« im Rahmenprogramm Mikrosysteme (2004–2009). Richtlinien zur Förderung im thematischen Schwerpunkt »Mikro-Nano-Integration« für die Mikrosystemtechnik (MNIImst). In: Bundesanzeiger Nr. 223, 28.11.2006,
www.mstonline.de/foerderung/innovaber/sysinteg/bekanntmachung_mni.pdf, S. 7112
- BMBF (o. J.): Nanotechnologie. Eine Zukunftstechnologie mit Visionen.
www.bmbf.de/de/nanotechnologie.php
- Bonazzi, M. (2006): Reconstructing Man? The Power of converging technologies.
<http://cordis.europa.eu/wire/index.cfm?fuseaction=article.Detail&rcn=11117>
- Bond, P.J. (2002): Converging Technologies and Competitiveness. In: Roco/Bainbridge 2002, S. 28–30
- Bond, P.J. (2004a): Vision for Converging Technology and Future Society. In: Roco/Montemagno 2004, S. 17–24
- Bond, P.J. (2004b): Nanotechnology: Evolution and Revolution. Keynote Address at Pennsylvania Nanotechnology Conference, 26. Mai 2004, Philadelphia
www.technology.gov/Speeches/p_PJB_040526.htm
- Bostrom, N., Sandberg, A. (2006): Cognitive Enhancement: A Review of Technology. Oxford
www.enhanceproject.org/documents/Cognitive%20Enhancement%20Tech%20Review.pdf
- Botthof, A. (2005): Visionäre Entwicklungen und ausstehende Herausforderungen im Aus- und Weiterbildungssystem der MST und anderen Schlüsseltechnologien. In: VDI/VDE-IT 2005, S. 22–27



LITERATUR

- Bouchard, R. (2003): BioSystemics Synthesis. Science and Technology Foresight Pilot Project. STFPP-Forschungsbericht Nr. 4, Ottawa
- Braun, A., Zweck, A. (2006): Cognitive Science. Initiatives within the European Union to promote Cognitive Science. ZTC Working Paper Nr. 4, Düsseldorf
www.zukuenftigetechnologien.de/ZTC_WP_4_Cognitive_Science.pdf
- Bueno, O. (2004): The Drexler-Smalley-Debate on Nanotechnology: Incommensurability at Work? In: Hyle 10/2, S. 83–98
- Bunge, M. (2003): Emergence and Convergence: Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge. Toronto u.a. O.
- Cameron, N. (2006): Nanotechnology and the Human Future: Policy, Ethics, and Risk. In: Bainbridge/Roco 2006b, S. 280–300
- Canton, J. (1999): The Social Impact of Nanotechnology: A Vision to the Future. In: NSTC-IWGN (Hg.): Nanotechnology Research Directions.
www.wtec.org/loyola/nano/IWGN.Research.Directions/IWGN_rd.pdf, S. 178–180
- Canton, J. (2004): Designing the Future: NBIC Technologies and Human Performance Enhancement. In: Roco/Montemagno 2004, S. 186–198
- Canton, J. (2006): NBIC Convergent Technologies and the Innovation Economy: Challenges and Opportunities for the 21st Century. In: Bainbridge/Roco 2006b, S. 33–45
- Castells, M. (2001): Die Informationsgesellschaft (Erster Band der Trilogie »Das Informationszeitalter«). Opladen (inhaltlich überarbeitete Übersetzung der englischsprachigen Originalausgabe von 1996)
- Castle, D., Loeppky, R., Saner, M. (2006): Convergence in Biotechnology Innovation: Case Studies and Implications for Regulation. Guelph
www.utoronto.ca/jcb/genomics/documents/Convergent_Biotechnology.pdf
- CEST (Commission de l'éthique de la science et de la technologie) (2006): Ethics and Nanotechnology: A Basis for Action (Position Statement). Québec
www.ethique.gouv.qc.ca/IMG/pdf/Avis-anglaisfinal-2.pdf
- Coenen, C. (2004): Nanofuturismus: Anmerkungen zu seiner Relevanz, Analyse und Bewertung. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 13/2,
www.itas.fzk.de/tatup/042/coen04a.htm, S. 78–85
- Coenen, C. (2005): NanoEthics Conference (Bericht zu einer Konferenz an der University of South Carolina, 02.-03.03.2005). In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 14/2, www.itas.fzk.de/tatup/052/coen05a.htm, S. 116–120
- Coenen, C. (2006): Der posthumanistische Technofuturismus in den Debatten über Nanotechnologie und Converging Technologies. In: Nordmann et al. (Hg.), S. 195–222
- Coenen, C. (2007): Utopian Aspects of the Debate on Converging Technologies. In: Banse, G., Hronszky, I., Nelson, G. (Hg.): Assessing Societal Implications of Converging Technological Development. Berlin, Karlsruhe, pre-print:
www.itas.fzk.de/deu/lit/epp/2007/coen07-pre01.pdf, S. 141–172
- Coenen, C.; Fleischer, T.; Rader, M. (2004): Of Visions, Dreams, and Nightmares: The Debate on Converging Technologies. Bericht zu der Konferenz »Converging Technologies for a Diverse Europe« (Brüssel, 14.-15.09.2004). In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 13/3, www.itas.fzk.de/tatup/043/coua04a.htm, S. 118–125

- Coles, D. (2005): Ethics and the European Commission. Präsentation beim Kick-off Meeting des Projekts ETHICBOTS, <http://ethicbots.na.infn.it/meetings/kom/coles.ppt>
- Colwell, R. (2003): EPSCoR: Strengthening the Nation's Convergent Connections. Address at the National Conference Experimental Program to Stimulate Competitive Research, 8.9.2003, Las Vegas www.nsf.gov/news/speeches/colwell/rc030908epscor.jsp
- COMETS (Comité d'éthique du Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS) (2006): Avis Enjeux éthiques des nanosciences et nanotechnologies. www.cnrs.fr/fr/organisme/ethique/comets/docs/ethique_nanos_061013.pdf
- Compano, R., Pascu, C. (2005): Lessons from Foresight on Information Society Technologies. In: Pascu, C., Filip, F.G. (Hg.): Visions on the Future of Information Society in an enlarged Europe. Bukarest, S. 23–43
<http://fistera.jrc.es/pages/books/content%20bucharest%20book/Art%2002.pdf>
- Coskina, P. (2006): Converging Technologies – Potentiale für Deutschland. In: Plus 6/2006. IMAPS-Mitteilungen, www.imaps.de/pdf/2006_06.pdf
- Coskina, P., Kaminorz, Y. (2005): Converging Technologies – Potentiale für Deutschland. In: GMM/VDE/VDI (Mikro- u. Feinwerktechnik GMM; VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (Hg.): Mikrosystemtechnik Kongress 2005 10.-12. Oktober 2005, Freiburg, S. 313–316
- Cresanti, R.L. (2006a): Remarks at the »Options for Action« Standards Summit. National Institute for Standards and Technology, Gaithersburg
www.technology.gov/Speeches/RC_060718B.htm
- Cresanti, R.L. (2006b): Information Technology's Potential for Improving Cognitive Function. Remarks at the Hewlett-Packard Health and Life Sciences Symposium, 19.7.2006, www.technology.gov/Speeches/RC_060719.htm
- CSPO, ACG (Consortium for Science, Policy & Outcomes at Arizona State University, Advanced Concepts Group, Sandia National Laboratories) (2006): Policy Implications of Technologies for Cognitive Enhancement. Bericht zu einem Workshop, 3.–5.5.2006 an der Arizona State University,
www.cspo.org/documents/FinalEnhancedCognitionReport.pdf
- Dahlsten, R. (2006): Robotics Research on European level. Präsentation zu RO-MAN 06, dem 15. IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication »Getting to Know Socially Intelligent Robots«, 6.-8. September 2006, <http://ro-man2006.feis.herts.ac.uk>
- Damasio, A.R., Harrington, A., Kagan, J., McEwen, B.S., Moss, H., Shaikh, R. (2001): Unity of Knowledge. The Convergence of Natural and Human Science (Annals of New York Academy of Sciences, Bd. 935, Mai 2001). New York
- DARPA (US Defense Advanced Research Projects Agency) (2005): Bridging the Gap. Powered by Ideas. o.O. www.darpa.mil/body/news/2005/BridgingTheGap_Feb_05.pdf
- DCDC (Development, Concepts and Doctrine Centre, UK Ministry of Defence): The DCDC Global Strategic Trends Programme 2007–2036.
www.dcdc-strategictrends.org.uk/viewdoc.aspx?doc=1



LITERATUR

- Delcourt, J. (2005): La médicalisation du cycle de vie. Les voies du perfectionnement ou de l'instrumentalisation de l'humain. In: Pièces à Conviction 3/2005, www.cil.be/files/PC3.pdf, S. 11–31
- Doorn, M. (Hg.) (2006): Converging Technologies. Study Centre for Technology Trends, STT 71, Den Haag, www.stt.nl
- Drexler, K.E. (1986): Engines of Creation – The Coming Era of Nanotechnology. New York
- Druckman, D. (2004): Be All That You Can Be: Enhancing Human Performance. In: Journal of Applied Social Psychology 34/11, S. 2234–2260
- DST India (Department of Science & Technology India) (2006): Kapil Sibal calls for Convergence of Technologies. Press Release, Press Information Bureau, 27.3.2006, http://dst.gov.in/whats_new/press-release06/convergence-tech.htm
- DST SA (Department of Science and Technology South Africa) (2006): The National Nanotechnology Strategy. www.dst.gov.za/publications-policies/strategies-reports/reports/Nanotech.pdf
- Duch, A., Gabriel, G., Vinas, J.L. (2005): Tecnologías Convergentes NBIC. Situación y Perspectiva 2005. Zusammenfassung in Englisch: <http://nbic.org.es/institute/downloads-eu/Summary-NBIC05.pdf>
- Dupuy, J.-P. (2000): The Mechanization of Mind. Princeton/NJ, Oxford
- Dupuy, J.-P. (2007): Some Pitfalls in the Philosophical Foundations of Nanoethics. In: Journal of Medicine and Philosophy 32/3, S. 237–261
- Dupuy, J.-P., Roure, F. (2004): Les Nanotechnologies: Ethique et Prospective Industrielle. Paris. Conseil général des mines, <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/054000313/0000.pdf>
- EC ISM DG (European Commission, Information Society and Media Directorate-General) (2006): Micro & Nanosystems. Project Portfolio. Sixth Research and Development Framework Programme 2002–2006), Luxemburg ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/mnd/g2-proj-portfolio_en.pdf
- EC ISM DG (European Commission, Information Society and Media Directorate-General) (o.J.): Future and Emerging Technologies in FP7, Working Paper, <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/fet/7fp-pre-p.pdf>
- EC IPTS (European Commission Directorate-General Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies) (2006): Foresight on Information Society Technologies for The European Research Area (FISTERA). Key Findings, IPTS Technical Report EUR 22319 EN, www.madrimasd.org/tic/Seleccion/Downloads_GetFile.aspx?id=5695
- EC RDG (European Commission, Research Directorate-General) (2001): Joint EC/NSF Workshop on Nanotechnologies. Luxemburg, www.nsf.gov/mps/dmr/nanotech.pdf
- EC RDG (European Commission, Directorate-General for Research) (2006): Emerging Science and Technology priorities in public research policies in the EU, the US and Japan. EUR 21960, Luxemburg www.eurosfair.prdd.fr/7pc/doc/1176222940_emerging_sci_tech_report_en.pdf

- EC RDG (European Commission, Directorate-General for Research) (2007a): Towards a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research. Consultation Paper,
http://ec.europa.eu/research/consultations/pdf/nano-consultation_en.pdf
- EC RDG (European Commission, Directorate-General for Research) (2007b): Europe in the global research landscape. EU 22956, Brüssel
ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/prospective-report2007_en_12_web.pdf
- EGE (European Group on Ethics in Science and New Technologies) (2005): Ethical aspects of ICT implants in the human body. Opinion N° 20,
http://ec.europa.eu/european_group_ethics/publications/docs/avis20compl_en.pdf
- EGE (European Group on Ethics in Science and New Technologies) (2006): Ethical Aspects of Nanomedicine. Proceedings of the Roundtable Debate, Brussels
- EGE (The European Group on Ethics in Science and New Technologies) (2007): Opinion on the ethical aspects of nanomedicine. Opinion N° 21,
http://ec.europa.eu/european_group_ethics/activities/docs/opinion_21_nano_en.pdf
- Engelbart, D.C. (1962): Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework. Summary Report; Stanford Research Institute Projektnr. SRI 3578, www.bootstrap.org
- EOI (EOI Escuela des Negocios) (2006): Convergencia NBIC 2005. El Desafío de la Convergencia des las Nuevas Tecnologías (Nano-Bio-Info-Cogno). O. O.
- EP (European Parliament) (2006): Nanoscience and nanotechnology. European Parliament resolution on nanosciences and nanotechnologies: an action plan for Europe 2005-2009; P6_TA(2006)0392 (28 September 2006). Strasbourg
- Ernst & Young (2000): Convergence - The Biotechnology Industry Report (Millennium Edition).
- ETC Group (Hg.) (2003): The Strategy for Converging Technologies: The Little BANG Theory. Communiqué Nr. 78, www.etcgroup.org/documents/comBANG2003.pdf
- ETC Group (Hg.) (2006): Nanotech Rx.
www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?id=593
- EU HLEG FNTW (EU High Level Expert Group »Foresighting the New Technology Wave« (2004): Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies (Alfred Nordmann, Rapporteur). Brüssel
http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/ntw/pdf/final_report_en.pdf
- EU HLEG Key Tech (EU High Level Expert Group on Key Technologies) (2006): Creative system disruption: towards a research strategy beyond Lisbon. Key Technologies expert group, Synthesebericht; EUR 21968, Luxemburg
<ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/key-technologies-report.pdf>
- EU HLEG WIMTBH (EU High Level Expert Group on »What it means to be human) (2005): What it means to be human. Origins and Evolution of Human Higher Cognitive Faculties. Report of a NEST High-Level Expert Group, EUR 21795,
ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nest/docs/whatitmeanstobehuman_b5_eur21795_en.pdf

- Euchner, W. (2001): Neue Pfade zur Brave New World. In: Kühnel, M., Reese-Schäfer, W., Rüdiger, A. (Hg.). *Modell und Wirklichkeit* (Festschrift für Richard Saage zum 60. Geburtstag). Halle (Saale), S. 157–169
- Euchner, W. (2005): Der künstlich verbesserte Mensch und die ›künstliche Intelligenz‹ – Vorgeschichte und aktuelle Dimension. In: *Leviathan* 33/1, S. 40–68
- Europäische Kommission (Hg.) (2006): *Emerging Science and Technology priorities in public research policies in the EU, the US and Japan*.
ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/ntw_emerging_report_en.pdf
- Evangelische Akademie Iserlohn (Evangelische Akademie Iserlohn im Institut für Kirche und Gesellschaft) (2006): *Nanotechnologien nachhaltig gestalten. Konzepte und Praxis für eine verantwortliche Entwicklung und Anwendung*. Tagungsband der Tagung der Ev. Akademie Iserlohn in Kooperation mit dem Wissenschaftlichen Beirat des BUND – Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 5.–7.5.2006, Markus, P., Kühling, W., Henn, S. (Hg.). Iserlohn
- Fantechi, S., Tomellini, R. (Hg.) (2003): *EuroNanoForum 2003. European and International Forum on Nanotechnology. Examining the state-of-the-art to overcome the barriers: An open debate* (Proceedings). Brüssel
- Farah, M., Illes, J., Cook-Degan, R., Gardner, H., Kandel, E., King, P., Parens, E., Sahakian, B., Root wolpe, P. (2004): *Neurocognitive enhancement: what can we do and what should we do?* In: *Nature Reviews Neuroscience* 5, S. 421–425
- FCS (Fondation Sciences Citoyennes) (2006): *Survivre aux Nanotechnologies? Giga-questions, Nano-visions et Citoyenneté*. Note No. 3 de la FCS, Octobre 2006, Paris
http://sciencescitoyennes.org/IMG/pdf/note_nano_finale.pdf
- FhG-ISI (Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung) (2005): *Hirnforschung und »Converging Technologies«* (Autor: Beckert, B.). Gutachten im Auftrag des Deutschen Bundestages, Karlsruhe
- Fiedeler, U. (2003): *Atomtechnology: Nanotechnology and converging technologies. The implications for Europe and the world* (Tagungsbericht). In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 12 3/4, S. 122–125, www.itas.fzk.de/tatup/033/fied03b.htm
- Fleischer, T. (2006): *Umgang mit dem möglichen Folgen der Nanotechnologien. Von der Technikfolgenabschätzung zu neuen Schutz- und Gestaltungskonzepten?* In: *Evangelische Akademie Iserlohn 2006*, S. 53–66, www.itas.fzk.de/deu/lit/2006/flei06a.pdf
- Fleischer, T., Decker, M. (2005): *Converging Technologies. Verbesserung menschlicher Fähigkeiten durch emergente Techniken?* In: Bora, A., Decker, M., Grunwald, A., Renn, O. (Hg.): *Technik in einer fragilen Welt. Die Rolle der Technikfolgenabschätzung*, S. 121–132
- Foladori, G. (2006): *Der Einfluss des US-Militärs auf die Nanotechnologieforschung in Lateinamerika* (Draft). www.cspo.org/ourlibrary/articles/MilitaryLAGerm.pdf, gekürzt auch in: *Wissenschaft & Frieden* 35/2
- Fontela, E., Castro, J.A. de (2006): *Structural Analysis of NBIC Convergence*. Beitrag zum 2. International Seville Seminar on Future-Oriented Technology Analysis, FTA, 28.-29. September 2006, Sevilla
<http://forera.jrc.es>

- Friedewald, M. (1999): Der Computer als Werkzeug und Medium. Die geistigen und technischen Wurzeln des Personal Computers. Aachener Beiträge zur Wissenschafts- und Technikgeschichte des 20. Jahrhunderts, Bd. 3, Berlin/Diepholz
- Friedewald, M. (2000): Die geistigen und technischen Wurzeln des Personal Computers. In: Naturwissenschaftliche Rundschau 53/4, S. 165–171
- Friedewald, M. (2005): The Continuous Construction of the Computer User: Visions and User Models in the History of Human-Computer Interaction. In: Buurman, G.M. (Hg.): Total Interaction: Theory and Practice of a New Paradigm. Basel/Berlin, S. 26–41
- Fromherz, P. (2006): Three Levels of Neuroelectronic Interfacing: Silicon Chips with Ion Channels, Nerve Cells, and Brain Tissue. In: Bainbridge/Roco 2006b, S. 143–160
- Fukuyama, F. (2003): Our Posthuman Future, London
- Garreau, J. (2005): Radical Evolution, New York u. a.O.
- Giesecke, S. (2004): Verschlaft Deutschland die Konvergenz der Spitzentechnologien? In: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (Hg.): Innovation Positioning System (November 2004), S. 1, www.vdivde-it.de/ips/november2004/1.htm
- Giesecke, S. (2005): Deutsches Innovationssystem nicht passfähig für die Konvergenz der Spitzentechnologien. In: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (Hg.): Innovation Positioning System. www.vdivde-it.de/ips/Februar%202005/1, S. 1
- Giesen, K.-G. (2004): Transhumanisme et génétique humaine«. In: L'observatoire de la génétique 16, www.ircm.qc.ca/bioethique/obsgenetique/archives/archives.html
- Gingrich, N. (2002): Vision for the Converging Technologies. In: Roco/Bainbridge 2002, S. 31–48
- Giorgi, L., Luce, J. (2007): Converging Science and Technologies. In: Innovation 20/4, S. 307–311
- Gorman, M.E. (2004): Collaborating on Convergent Technologies: Education and Practice. In: Roco/Montemagno 2004, S. 25–37
- Gorz, A. (2004): Wissen, Wert und Kapital. Zürich
- Graytek Management, Voyer, R., Niosi, J., Makhija, N. (2004): ICT/Life Sciences Converging Technologies Cluster Study: A Comparative Study of the Information and Communications, Life Sciences, and Converging Next Generation Technology Clusters in Vancouver, Toronto, Montreal and Ottawa. Endbericht für die ICT and Life Sciences Branches of Industry Canada und den National Research Council, o.O. [http://strategis.ic.gc.ca/epic/site/ict-tic.nsf/vwapj/0107738_e.pdf/\\$file/0107738_e.pdf](http://strategis.ic.gc.ca/epic/site/ict-tic.nsf/vwapj/0107738_e.pdf/$file/0107738_e.pdf)
- Grin, J., Grunwald, A. (2004): Vision Assessment: Shaping Technology in 21st Century Society. Berlin u. a. O.
- Grunwald, A. (2004): Vision Assessment as a new element of the Technology Futures Analysis Toolbox. In: Proceedings of the EU-US Scientific Seminar: New Technology Foresight, Fore-casting & Assessment Methods, 13.-14. Mai 2004, Sevilla www.jrc.es/projects/fta/index.htm
- Grunwald, A. (2005): Die Ambivalenz technikzentrierter Visionen als Herausforderung für die Technikfolgenabschätzung. In: Petsche, H.-J., Bartıkova, M., Kiepas, A. (Hg.). Erdacht, gemacht und in die Welt gestellt: Technik-Konzeptionen zwischen Risiko und Utopie (Festschrift für Gerhard Banse). Berlin, S. 287–304



LITERATUR

- Grunwald, A. (2006): Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft. In: Nordmann et al. 2006, S. 49–80
- Grunwald, A. (2007a): Converging technologies: Visions, increased contingencies of the *conditio humana*, and search for orientation. In: *Futures* 39/4, S. 380–392
- Grunwald, A. (2007b): Converging Technologies for human enhancement: a new wave increasing the contingency of the *conditio humana*. In: Banse et al. 2007, S. 271–288, ITAS pre-print: www.itas.fzk.de/deu/lit/epp/2007/grun07-pre04.pdf
- Grunwald, A. (2007c): Ethical Inquiry Meets Future Projections. The Case of Human Enhancement. Karlsruhe, ITAS pre-print: www.itas.fzk.de/deu/lit/epp/2007/grun07-pre02.pdf
- Grunwald, A. (2007d): Neue Gehirn/Computer-Schnittstellen: Schritte auf dem Weg zur Technisierung des Menschen? Karlsruhe, ITAS pre-print: www.itas.fzk.de/deu/lit/epp/2007/grun07-pre01.pdf
- Grunwald, A. (2007e): Orientierungsbedarf, Zukunftswissen und Naturalismus. Das Beispiel der »technischen Verbesserung« des Menschen. In: *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* 55/6, S. 949–965
- Habermas, J. (2001): *Die Zukunft der menschlichen Natur*. Frankfurt a.M.
- Harris, J. (2005): *Enhancements are a moral obligation*. Wellcome Trust, London www.wellcome.ac.uk/doc_WTD023464.html
- Harris, J. (2007): *Enhancing Evolution: The Ethical Case for Making Better People*. Princeton
- Hartmann, F. (2000): *Medienphilosophie*. Wien
- Hayles, K. (1999): *How We Became Posthuman*. Chicago/London
- Healey, P., Glimell, H. (2004): *European Workshop on Social and Economic Issues of Nanotechnologies and Nanosciences (Bericht zu einem Workshop des Research Directorate-General, Direktorat G, der Europäischen Kommission; Brüssel* ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/elsa_nano_workshop_report.pdf
- Heil, R. (2005): *Der Transhumanismus*. In: *Sic et Non* 4 (ejournal), www.sicetnon.org/
- Heinze, L. (2007a): *Converging Technologies for Smart Systems Integration. Die Ingenieurswissenschaften neu erfinden*. In: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (Hg.): *Innovation Positioning System*, www.vdivde-it.de/ips/April2007/2, S. 3
- Heinze, L. (2007): *Converging Technologies for Smart Systems Integration. The Reinvention of the Engineering Sciences*. In: *MST News* 2/2007, www.mstnews.de/mstnews-static/pdf_aktuell/news_0207.pdf, S. 38–40
- Hennen, L., Grünwald, R., Revermann, C., Sauter, A. (2008): *Einsichten und Eingriffe in das Gehirn. Die Herausforderung der Gesellschaft durch die Neurowissenschaften. Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung Nr. 24*, Berlin
- Hoffmann, K.-P., Schweigmann, M. (2007): *The Convergence of Nano, Bio, Information Technologies and Cognitive Sciences in Biomedical Engineering*. In: *MST News* 2/2007, www.mstnews.de/mstnews-static/pdf_aktuell/news_0207.pdf, S. 40–43

- Hollander, R.D. (2003): NSF and the Societal Dimensions of Nano-science and Technology (September 2003). o.O. www.nano.gov/html/society/societyHollander.html
- Holtmannspötter, D., Rijkers-Defrasne, S., Glauner, C., Korte, S., Zweck, A. (2006): Aktuelle Technologieprognosen im Vergleich. Übersichtsstudie. Zukünftige Technologien 58, Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH im Auftrag und mit Unterstützung des BMBF, Düsseldorf
www.bmbf.de/pub/technologieprognosen_int_vergleich_ZTC_bd_58_.pdf
- Ho, M.-W. (o.J.): The Brave New World Quartet. www.i-sis.org.uk/braveneworld.php
- Hughes, J. (2006): Human Enhancement and the Emergent Technopolitics of the 21st Century. In: Bainbridge/Roco 2006a, S. 285–307
- Hullmann, A. (2006): The economic development of nanotechnology - An indicators based analysis. Commission staff working paper; DG Research, Unit »Nano S&T – Convergent Science and Technologies«, http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/pe_reports_studies.htm
- Ibáñez, F. (2007): Micro/nano systems. Präsentation beim National Contact Point Meeting ICT Call 2, 23.5.2007, Brüssel, www.euresearch.ch
- Ibrügger, L. (2005): Auswirkungen der Nanotechnologie auf die Sicherheitslage. Berichtsentwurf, Parlamentarische Versammlung der NATO, Unterausschuss »Weiterverbreitung von Militärtechnologie«, Internationales Sekretariat, 9.9.2005, 179 STCMT 05 E, Orig. Englisch, www.bundestag.de
- Igami, M. (2004): Science and technology Policy Trends in the United States. Report on the AAAS Annual Forum on Science and Technology Policy. In: Science & Technology Trends Quarterly Review 13, www.nistep.go.jp/index-e.html, S. 106–110
- IÖW, GL (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH, Universität Bremen, Technikgestaltung und Technologieentwicklung) (2005): Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik, Themenfeld 2: Die Nähe zur Natur als Chance und als Risiko (Autoren vom IÖW: Rüdiger Haum, Olga Levina, Ulrich Petschow, Autor von TTE: Arnim v. Gleich). Gutachten im Auftrag des Deutschen Bundestages, Berlin
- IRGC-WGN (International Risk Governance Council, Working Group on Nanotechnology) (2006): Survey on Nanotechnology Governance, Volume D: The Role of NGOs. Genf, www.irgc.org
- Ito, Y. (2007): Trends in Policies for Promoting Converging Technologies Expected to Bring Innovation. In: Science & Technology Trends Quarterly Review 24, S. 81–90
- Johansson, M. (2004): Scientific and public notions of an emerging science. Real and imagined nanoscience. In: VEST, Journal for Science and Technology Studies 17/3-4, S. 7–24
- Jonas, H. (1988): Das Prinzip Verantwortung. Frankfurt a. M.



LITERATUR

- Joy, B. (2000): Why the future doesn't need us. In: Wired 8.04, o.S.
www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html
- Kaiser, M. (2006): Drawing the Boundaries of Nanoscience – Rationalizing the Concerns? In: The Journal of Law, Medicine & Ethics 34/4, S. 667–674
- Kaku, M. (1997): Visions. How Science Will Revolutionize the 21st Century. New York u.a.O.
- Kalam, A. (2006a): Technology Convergence and National Development. Address at the Nanyang Technological University, 02-Feb-2006, Singapore
<http://mea.gov.in/speech/2006/02/02ss06.pdf>
- Kalam, A. (2006b): Convergence of Technologies. President's Address During the Laying of Foundation Stone for International Institute of Information Technology, 29.11.2006, http://pib.nic.in/release/rel_print_page1.asp?relid=22519
- Kalam, A. (2006c): Towards World Knowledge Platform. Address at the Inauguration of the Second International Conference-Cum-Exhibition »India R&D 2006: Mind Market«, 04.12.2006
- Kallai, P. (2003): Geo-Strategics Synthesis. Science and Technology Foresight Pilot Project. STFPF-Forschungsbericht 5, Ottawa
- Kass, L. (2002): Life, Liberty and the Defense of Dignity. San Francisco
- Kastenhofer, K. (2007): Converging Epistemic Cultures? In: Innovation 20/4, S. 359–373
- Kennedy, J. (2007): Nanotechnology: The Future is Coming Sooner Than You Think. Studie des Joint Economic Committee des US-Kongresses, Jim Saxton, Ranking Member, Washington www.house.gov/jec/publications/110/nanotechnology_03-22-07.pdf
- Kettner, M. (2005): Humanismus, Transhumanismus und die Wertschätzung der Gattungsnatur. In: Bayertz, K. (Hg.): Die menschliche Natur. Paderborn, S. 73–96
- Khushf, G. (2004a): Systems Theory and the Ethics of Human Enhancement: A Framework for NBIC Convergence. In: Roco/Montemagno 2004, S. 124–149
- Khushf, G. (2004b): The Ethics of Nanotechnology. Vision and Values for a New Generation of Science and Engineering. In: National Academy of Engineering (Hg.): Emerging Technologies and Ethical Issues in Engineering. Papers from a Workshop, 14.–15.10.2003, <http://books.nap.edu/books/030909271X/html/29.html#pagetop>
- Khushf, G. (2005): The Use of Emergent Technologies for Enhancing Human Performance: Are We Prepared to Address the Ethical and Political Issues? In: Public Policy & Practice 4/2, <http://www.ipspr.sc.edu/ejournal/Archives0705.asp>
- Khushf, G. (2007a): The Ethics of NBIC Convergence. In: Journal of Medicine and Philosophy 32/3, S. 185–196
- Khushf, G. (2007b): Open Questions in the Ethics of Convergence. In: Journal of Medicine and Philosophy 32/3, S. 299–310
- Knoll, A., De Kamps, M. (Hg.) (2006): Roadmap of Neuro-IT Development. Version 2.0, www.neuro-it.net/NeuroIT/Roadmap/RoadmapVersions/Roadmapv2.0

- Knorr Cetina, K. (2004): Beyond Enlightenment: The Rise of the Culture of Life. In: European Communities (Hg.): *Modern Biology & Visions of Humanity*. Brüssel, S. 29–41
- Köchy, K. (2006): Was ist der Mensch? Zu den möglichen Konsequenzen der NBIC-Technologien. In: *Politische Bildung*, 39/2 (Gentechnik), S. 63–87
- Kornwachs, K. (2007): Vulnerability of Converging Technologies, The example of Ubiquitous Computing. In: Banse et al. 2007, S. 55–90
- Körtner, U. (2005): »Converging Technologies«. *Technikethik vor neuen Herausforderungen*. In: *Zeitschrift für Evangelische Ethik* 49, S. 163-168
- Krüger, O. (2004): *Virtualität und Unsterblichkeit*. Freiburg
- Kurath, N., Maasen, S. (2006): Toxicology as a nanoscience? – Disciplinary identities reconsidered. In: *Particle and Fibre Toxicology* 3:6, online veröffentlicht am 28. April 2006; doi: 10.1186/1743-8977-3-6, www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1471800&blobtype=pdf
- Kurzweil, R. (2005): *The Singularity is Near*. New York
- Lane, E. (2006): Scientists, Ethicists Gather at AAAS to Weigh the Impact of Human Enhancement. Online-Nachrichtenarchiv der American Association for the Advancement of Science, AAAS, www.aaas.org/news/releases/2006/0609enhancement.shtml
- Lanier, J. (2000): One-Half of a Manifesto. Why stupid software will save the future from neo-Darwinian machines. In: *Wired* 8.12, o.S. www.wired.com/wired/archive/8.12/lanier_pr.html
- Laurent, L., Petit, J.-B. (2005): *Les Nanotechnologies doivent-elles nous faire peur?* Paris
- Laurent, B. (2007): Diverging Convergences. Competing meanings of nanotechnology and converging technologies in a local context. In: *Innovation* 20/4, S. 343–357
- Lebedev, M.A., Nicolelis, M.A.L. (2006): Brain–machine interfaces: past, present and future. In: *Trends in Neurosciences* 29/9, S. 536–546
- Lee, S.C., Savage, L. (Hg.) (1998): *Biological molecules in nanotechnology: the convergence of biotechnology, polymer chemistry and materials science*. Proceedings of the IBC 2nd International Conference on Biological Applications and Novel Applications of Molecular Nanotechnology, Southborough
- Levin, Y. (2003): *Science, Politics, and the New Utopians*. www.techcentralstation.com/091803A.html
- Llinás, R., Walton, K., Nakao, M., Hunter, I., Anquetil, P. (2005): Neuro-vascular central nervous recording/stimulating system: Using nanotechnology probes. In: *Journal of Nanoparticle Research* 7/2-3, S. 111–127
- Lösch, A. (2006): Anticipating the futures of nanotechnology: Visionary images as means of communication. In: *Technology Analysis and Strategic Management* 18/3-4, S. 393–409
- Lynch, Z. (2004): *Neurotechnology and Society (2010–2060)*. In: *Roco/Montemagno* 2004, S. 229–233



LITERATUR

- Lüttenberg, B. (2006): Making the human-machine-interface specific: Ethical, legal and social aspects of implants and neurobionics. Sitzungsbericht zu einem gemeinsamen Workshop von Nanobio-RAISE und Nano2Life; 19.-21.01.2006, Münster
<http://files.nanobio-raise.org/Downloads/hsw1rep.pdf>
- Malanowski, N. (2007): Converging Applications. In: MST News 2/2007, S. 43–45, www.mstnews.de/mstnews-static/pdf_aktuell/news_0207.pdf
- Malanowski, N., Compano, R. (2007): Combining ICT and cognitive science: opportunities and risks. In: Foresight 9/3, S. 18–29
- Malsch, I. (Hg.) (2005): 4th Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of Nanotechnology. Erweiterte zweite Veröffentlichung, Zugang nach Registrierung auf www.nanoforum.org
- Malsch, I. (2007a): Human enhancement from different perspectives. Erweiterte zweite Veröffentlichung, Zugang nach Registrierung auf www.nanoforum.org
- Malsch, I. (2007b): Worldwide Societal Acceptance of Nanotechnology. Keynote lecture Euronanoforum 2007, 19.–21.6.2007, Düsseldorf
- Mason, J. (2004): Melding of nano, bio, info and cogno opens new legal horizons. In: Small Times, 3.3.2004, www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=7501
- Mason, M., Fantechi, S., Tomellini, R. (2006): EuroNanoForum 2005. Nanotechnology and the Health of the EU Citizen in 2020. European and International Forum on Nanotechnology, Edinburgh
ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/euronanoforum2005_proceedings.pdf
- Mauron, A. (2005): The Choosy Reaper. In: EMBO reports 6 (Sonderausgabe), www.nature.com/embor/journal/v6/n1s/full/7400432.html, S. 67–71
- Mayr, E. (1984): Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt. Vielfalt, Evolution und Vererbung. Berlin u.a. O.
- Mekel, M. (o.J.): Taking the Nano Pulse: National Research Council Releases Triennial NNI Review, o.S., www.nano-and-society.org/commentaries/commentary_mekel05.html
- Merkel, R., Boer, G., Fegert, J., Galert, T., Hartmann, D., Nuttin, B., Rosahl, S. (2007): Intervening in the Brain. Changing Psyche and Society. Berlin u.a. O.
- Miah, A. (2004): Genetically Modified Athletes: Biomedical Ethics, Gene Doping and Sport. London/New York
- Miah, A. (2006): Rethinking Enhancement in Sport. In: Bainbridge/Roco 2006b, S. 301–320
- Midgley, M. (1992): Science as Salvation: A Modern Myth and Its Meaning. London
- Milburn, C. (2002): Nanotechnology in the Age of Posthuman Engineering: Science Fiction as Science. In: Configurations 10/2, S. 261–295
- Milburn, C. (2007): Nanotechnology in the Age of Posthuman Engineering. Science Fiction as Science. In: Bell, D., Kennedy, B.M. (Hg.) The Cybercultures Reader. Second Edition, London/New York, S. 730–758
- Miller, G., Senjen, R. (2006): The disruptive social impacts of nanotechnology. Friends of the Earth, Issue Summary, <http://nano.foe.org.au/node/151>

- Miller, P., Wilsdon, J. (Hg.) (2006): *Better Humans?* London
www.demos.co.uk/catalogue/betterhumanscollection
- Minsky, M. (1994): *Will Robots Inherit the Earth?*
<http://web.media.mit.edu/~minsky/papers/sciam.inherit.txt>
- Mission Pour la Métro (Hg.) (2005): *Démocratie locale et maîtrise sociale des nanotechnologies. Les publics grenoblois peuvent-ils participer aux choix scientifiques et techniques?* Endbericht (Arbeitsgruppe: Callon, M., Dianoux, L., Fourniau, J.-M., Gilbert, C., Hermitte, M.-A., Joseph, C., Kaufmann, A., Larrère, R., Neubauer, C., Schaer, R.),
www.la-metro.com/fr/projet_agglo/NanoGrenoble_rapport_final_05_09_22.pdf
- Mitchell, C.B., Kilner, J. (2003): *Remaking Humans: The New Utopians Versus a Truly Human Future.* www.cbhd.org/resources/biotech/mitchell_kilner_2003-08-29.htm
- Monk, R., Rachamim, A. (Hg.) (2005): *Research Training in Nanosciences and Nanotechnologies: Current Status and Future Needs.* Proceedings eines Workshop am 14./15.4.05, Brüssel
ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/educationworkshop_proceedings.pdf
- Montemagno, C.D. (2004): *Integrative Technology for the Twenty-First Century.* In: Roco/Montemagno 2004, S. 38–49
- Montemagno, C.D. (2007): *Nanotechnology's Implications for the Quality of Life.* In: Roco/Bainbridge 2007, S. 131–137
- Moravec, H. (1992): *Pigs in Cyberspace.*
www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/project.archive/general.articles/1992/CyberPigs.html
- Moravec, H. (1994): *Robots Inherit Human Minds.*
www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/project.archive/general.articles/1995/RobotMind.talk.html
- Mordini, É. (2004): *Converging Technologies. The next Challenge.* Beitrag zum Colloque Génomique-génoéthique et anthropologie, 22.–23.10.2004, Montréal
http://agora.qc.ca/colloque/gga.nsf/Conferences/Converging_technologies
- Moreno, J. (2006): *Mind Wars. Brain Research and National Defense.* New York/Washington
- Müller, S. (2006): *Minimal-invasive und nanoskalige Therapien von Gehirnerkrankungen: eine medizinethische Diskussion.* In: Nordmann et al. 2006, S. 345–370
- Munshi, D., Kurian, P., Bartlett, R.V., Lakhtakia, A. (2007): *A map of the nanoworld: Sizing up the science, politics, and business of the infinitesimal.* In: *Futures* 39, S. 432–452
- National Nanotechnology Coordination Office (2006): *History,*
www.nano.gov/html/about/history.html
- Nationaler Ethikrat (2005): *Forum Bioethik: Auf dem Weg zum besseren Menschen? Der Einsatz der Medizin zur Steigerung körperlicher und geistiger Fähigkeiten. Wortprotokoll des Vortrags von Parens E. und der anschließenden Diskussion, 21.9.2005, Berlin*
www.ethikrat.org/veranstaltungen/pdf/Wortprotokoll_FB_2005-09-21.pdf
- New, W. (2003): *Science agency seeks place at 'cutting edge' of data mining.* In: *National Journal's Technology Daily*, 18.4.2003, www.govexec.com/dailyfed/0403/041803td1.htm
- NHGRI (National Human Genome Research Institute) (2007): *Transcript of the 8th Millennium Evening at the White House: Informatics Meets Genomics (12.10.1999).*
www.genome.gov/10001397

- Nicolelis, M.A.L. (2002): Human-machine Interaction: Potential Impact of Nanotechnology in the design of Neuroprosthetic Devices aimed at Restoring or Augmenting Human Performance. In: Roco/Bainbridge 2002, S. 251–255
- NISTEP (National Institute of Science and Technology Policy) (2007): APEC-wide Foresight Project »Converging Technologies to Combat Emerging Infectious Diseases«. The 1st Technology Roadmap Workshop (22–23.5.2007), Workshop report NISTEP Research Material No. 142, Tokyo www.nistep.go.jp/index-e.html
- Nordmann, A. (2003): »Shaping the World Atom by Atom: Eine nanowissenschaftliche WeltBildanalyse«. In: Grunwald, A. (Hg.): Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Berlin u.a.O., S. 191–199
- Nordmann, A. (2004): Social Imagination for Nanotechnology. In: European Commission (Community Health and Consumer Protection) (Hg.): Nanotechnologies: A Preliminary Risk Analysis. S. 111–113
http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/events_risk_en.htm
- Nordmann, A. (2007a): If and Then: A Critique of Speculative NanoEthics. In: NanoEthics 1/1, S. 31–46
- Nordmann, A. (2007b): Knots and Strands: An Argument for Productive Disillusionment. In: Journal of Medicine and Philosophy 32/3, S. 217–236
- Nordmann, A. (2007c): Die Menschen von morgen, die Herausforderungen von heute. In: Technology Review, 21.12.2007, <http://193.99.144.85/tr/artikel/print/100963>
- Nordmann, A., Schummer, J., Schwarz, A. (Hg.) (2006): Nanotechnologien im Kontext. Philosophische, ethische und gesellschaftliche Perspektiven. Berlin
- NRC (US National Research Council, Committee on Advances in Technology and the Prevention of Their Application to Next Generation Biowarfare Threats) (2005): An International Perspective on Advancing Technologies and Strategies for Managing Dual-Use Risks. Washington
- NRC (US National Research Council) (2006): A Matter of Size: Triennial Review of the National Nanotechnology Initiative (Autoren: Committee to Review the National Nanotechnology Initiative, NRC). Washington
www.nap.edu/catalog.php?record_id=11752
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development) (2006): OECD Information Technology Outlook 2006. Paris
- Okuwada, K. (2006): Elements of converging technologies. In: Asia Pacific Tech Monitor 23/5, S. 25–30
- Olson, R., Rowley, W., Bashford, J., Bruttig, S., Carroll, J., Christopher, G., Cramer, T., DaCorta, J., Gackstetter, G., Harahill, B., Kearns, C., Jones, S., Lilienthal, M., Lynch, J., Smith, R., Thompson, B., Zimnik, P. (1997): Focused Study on Biotechnology and Nanotechnology. Military Health Services System 2020 Task Force, Arlington
- Ott, I., Papilloud, C. (2007): Converging Institutions: Shaping Relationships Between Nanotechnologies, Economy, and Society. In: Bulletin of Science, Technology and Society 27/6, S. 455–466
- Parens, E. (Hg.) (1998): Enhancing human traits: ethical and social implications. Washington

- Paschen, H., Wingert, B., Coenen, C., Banse, G. (2002): Kultur – Medien – Märkte. Medienentwicklung und kultureller Wandel. Berlin
- Paschen, H., Coenen, C., Grünwald, R., Oertel, D., Revermann, C. (2004): Nanotechnologie. Forschung, Entwicklung, Anwendung. Berlin u.a.O.
- PCAST (US President's Council of Advisors on Science and Technology): The National Nanotechnology Initiative at Five Years.
www.nano.gov/FINAL_PCAST_NANO_REPORT.pdf
- PCB (US President's Council on Bioethics) (Hg.) (2003): Beyond Therapy. Washington
www.bioethics.gov/reports/beyondtherapy/
- PMO (Pièces et Main d'Oeuvre) (2006): Nanotechnologies/Maxiservitudes. Paris
- Rader, M. (2004): Review and Analysis of National Foresight D1. Case Study United States: From Nano to NBIC Convergence. Bericht für das Thematische Netzwerk zu Foresight on Information Society Technologies in the European Research Area, FISTERA, Version 2, http://fistera.jrc.es/docs/FISTERA%20US_Nano_to_NBIC.pdf
- Rader, M. (2005): Review and Analysis of National Foresight D1. Case Study Canada: Science and Technology Foresight Pilot Project STFPP. Bericht für das Thematische Netzwerk zu Foresight on Information Society Technologies in the European Research Area, FISTERA; Version 2, http://fistera.jrc.es/docs/FISTERA%20CaseStudy_Canada.pdf
- Rader, M., Coenen, C., Fleischer, T., Luber, B.-J., Quendt, C. (2006): Current trends in RTD policy on Converging Technologies. Deliverable D1. Bericht des CONTECS-Konsortiums an die Europäische Kommission, August 2008,
www.contecs.fraunhofer.de/images/files/contecs%20d13.pdf
- Rafols, I. (2007): Strategies for Knowledge Acquisition in Bionanotechnology. Why are interdisciplinary practices less widespread than expected? In: *Innovation* 20/4, S. 395–412
- Renn, O., Roco, M.C. (2006) Nanotechnology Risk Governance. White Paper Nr. 2 des International Risk Governance Council, Genf
www.irgc.org/irgc/IMG/pdf/IRGC_white_paper_2_PDF_final_version.pdf
- Robinett, W. (2002): The Consequences of Fully Understanding the Brain: In: Roco/Bainbridge 2002, S. 148–151
- Roco, M.C. (2001): International Strategy for Nanotechnology Research and Development. In: *Journal of Nanoparticle Research* Bd. 3, S. 353–360
- Roco, M.C. (2002): National Nanotechnology Initiative. Outline of Research and Education Programs. Präsentation auf dem Workshop »The Nanomaterials and Chemical Industry R&D Roadmap Workshop« der Chemical Industry Vision2020 Technology Partnership, 30.9.–2.10.2002, Baltimore
www.chemicalvision2020.org/nanomaterialsroadmap.html
- Roco, M.C. (2003a): Broader societal issues of nanotechnology. In: *Journal of Nanoparticle Research* 5, S. 181–189
- Roco, M.C. (2003b): National Nanotechnology Initiative. Overview and Environmental Aspects. Präsentation auf dem Workshop/Meeting »Nanotechnology and the Environment: Applications and Implications«, 15./16.9.2003; koordiniert durch das National Center for Environmental Research der U. S. Environmental Protection Agency's, Arlington



LITERATUR

- Roco, M.C. (2005): The emergence and policy implications of converging new technologies integrated from the nanoscale. In: *Journal of Nanoparticle Research* Bd. 7, S. 129–143
- Roco, M.C. (2007): Possibilities for global governance of converging technologies. In: *Journal of Nanoparticle Research*, online 26.07.2007, www.springerlink.com/content/m171782q88445223
- Roco, M.C., Bainbridge, W.S. (Hg.) (2001): Societal implications of nanoscience and nanotechnology. www.wtec.org/loyola/nano/NSET.Societal.Implications
- Roco, M.C., Bainbridge, W.S. (Hg.) (2002): Converging Technologies for Improving Human Performance. http://wtec.org/CT/Report/NBIC_report.pdf
- Roco, M.C., Bainbridge, W.S. (2005): Nanotechnology: Societal Implications – Maximizing Benefits for Humanity (Bericht zu einem Workshop der US National Nanotechnology Initiative, 2./3.12.2003, Arlington www.nano.gov/nni_societal_implications.pdf
- Roco, M.C., Bainbridge, W.S. (Hg.) (2007): Nanotechnology: Societal Implications. Dordrecht, www.wtec.org/SocietalImplications/2/si2vii_report.pdf
- Roco, M., Montemagno, C.D. (Hg.) (2004): The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies. *Annals of New York Academy of Sciences* 1013, New York
- Rogers, M.W. (2003a): Nano-, Bio-, Info-, Cogno- Converging to new genre of technologies and products In: *Foresighting Europe* 2, [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/for_newsletter2.pdf](http://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/for_newsletter2.pdf), S. 2–4
- Rogers, M.W. (2003b) The Implications of Atomic Modification for Europe and Beyond. In: *Foresighting Europe* 2, [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/for_newsletter2.pdf](http://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/for_newsletter2.pdf), S. 4 f.
- Rogers-Hayden, T., Pidgeon, N. (2007): Moving engagement »upstream«? Nanotechnologies and the Royal Society and Royal Academy of Engineering's inquiry. In: *Public Understanding of Science* 16/3, S. 345–364
- RS, RAE (Royal Society, Royal Academy of Engineering) (2004): Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. RS policy document 19/04, London www.nanotec.org.uk/finalReport.htm
- Saage, R. (2006): Konvergenztechnologische Visionen und der klassische Utopiediskurs. In: Nordmann et al. 2006, S. 179–194
- Saage, R. (2007): Politik und Konvergenztechnologien in den USA. In: *Leviathan* 35/4, S. 540–559
- Sáenz, T.W. (2006): Las Tecnologías Convergentes y la Sociedad del Conocimiento. Paper für den Congreso Internacional de Información, 17–21.4.2006, Havanna www.congreso-info.cu/UserFiles/File/Info/Info2006/Ponencias/127.pdf
- Sandberg, A., Bostrom, N. (2006): Converging Cognitive Enhancements. In: Bainbridge/Roco 2006b, S. 201–227
- Savulescu, J. (2006): Justice, Fairness, and Enhancement. In: Bainbridge/Roco 2006b, S. 321–338

- Schaper-Rinkel, P. (2008): Neuro-Enhancement durch die Konvergenz von Nano-, Bio- und Informationstechnologie sowie Kognitionswissenschaften: Optionen zur Gestaltung von Innovationspfaden. In: Ach, J.S., Opolka, U., Schöne-Seifert, B. Talbot, D. (Hg.): Neuro-Enhancement. Ethik vor neuen Herausforderungen. Paderborn (im Erschein), o.S.
- Schirmmacher, F. (Hg.) (2001): Die Darwin AG. Köln
- Schmid, G., Ernst, H., Grunwald, A., Grünwald, W., Hofmann, H., Krug, H., Janich, P., Mayor, M., Rathgeber, W., Simon, U., Vogel, V., Wyrwa, D. (2006): Nanotechnology. Assessment and Perspectives. Berlin u. a. O.
- Schmidt, J. (2007a): NBIC-Interdisciplinarity? A Framework for a Critical Reflection on Inter- and Transdisciplinarity of the NBIC-scenario. Georgia Tech, Ivan Allen College, School of Public Policy Working Paper Series 26, Atlanta
www.spp.gatech.edu/faculty/workingpapers/wp26.pdf
- Schmidt, J.C. (2007b): Knowledge Politics of Interdisciplinarity. In: Innovation 20/4, S. 313–328
- Schmorrow, D. (2002): Augmented Cognition: Building Cognitively Aware Computational Systems. Vortrag auf dem DARPAtech 2002 Symposium »Transforming Fantasy«, 29.7.-2.8.2002, Anaheim
www.darpa.mil/DARPAtech2002/presentations/ipto_pdf/speeches/SCHMORRO.pdf
- Schummer, J. (2004a): Societal and Ethical Implications of Nanotechnology: Meanings, Interest Groups, and Social Dynamics. In: *Techne* 8/2,
<http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v8n2/pdf/schummer.pdf>, S. 56–87
- Schummer, J. (2004b): Interdisciplinary Issues in Nanoscale Research. In: Baird et al. 2004, S. 9–20
- Schummer, J. (2006): Nano-Erlösung oder Nano-Armageddon? Technikethik im christlichen Fundamentalismus. In: Nordmann et al. 2006, S. 263–276
- Seiler, P., Holtmannspötter, D., Albertshäuser, U. (2004): Internationale Technologieprognosen im Vergleich. Zukünftige Technologien Nr. 52, Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH im Auftrag und mit Unterstützung des BMBF, Düsseldorf www.bmbf.de/pub/technologieprognosen_im_vergleich.pdf
- Sentientia, W. (2006): Cognitive Enhancement and the Neuroethics of Memory Drugs. In: Bainbridge/Roco 2006a, S. 153–172
- Shmulewitz, A., Langer, R., Patton, J. (2006): Convergence in Biomedical Technology. In: *Nanobiotechnology* 24/3, S. 277–281
- SHI (Strategic Health Innovations) (2001): Emerging Convergent Biohealth Technologies. Global Perspectives and Canadian Strengths. Bericht im Auftrag des kanadischen Industrieministeriums, http://strategis.ic.gc.ca/epic/site/lsi-isv.nsf/en/h_li00199e.html
- Siegel-Itzkovich, J. (2007): HU to open first multi-disciplinary scientific research center. In: *The Jerusalem Post*, 29.11.2007, [www.yisum.co.il/upload/\(FILE\)1170917502.pdf](http://www.yisum.co.il/upload/(FILE)1170917502.pdf)

- Silberglitt, R., Antón, P. S., Howell, D. R., Wong, A. (zusammen mit Gassman, N., Jackson, B.A., Landree, E., Pflieger, L.S., Newton, E.M., Wu, F.) (2006): The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications. Studie im Auftrag des US National Intelligence Council, Santa Monica, www.rand.org/pubs/technical_reports/TR303/
- Singer, P. (2007): Why not let doping close the gene gap? In: The Japan Times online, 19.08.2007, <http://search.japantimes.co.jp/cgi-bin/ea20070819a2.html>
- SKEP (Scientific Knowledge for Environmental Protection; ERA-net) (2007): Converging technologies and environmental regulations. Literature review; document prepared by erdyn consultants, www.skep-era.net/site/files/WP6.2_final%20report.pdf
- Smith, J. (2004): Development of S&T Foresight Capacity for National Science Advice on S&T Convergence. Präsentation auf der Konferenz »Present needs future options – ForSociety. Transnational Foresight ERA-Net«, 2./3.12.2004, Den Haag www.cos-toekomstverkenningen.nl/foresightconference/programme-presentations/20041202/4.ppt
- Smith, J. (2006): S&T Foresight: Provocateur for Innovation Policy? www.proact2006.fi/chapter_images/304_Ref_A10_Jack_Smith.pdf
- Smith, J., Masum, H., Kallai, P., Bouchard, R. (2003): Science and Technology Foresight Pilot Project. STFPF-Endbericht, zugleich STFPF-Forschungsbericht Nr. 8, Ottawa
- Smith, R.H., II (1998): A Policy Framework for Developing a National Nanotechnology Program. Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 24.4.1998, <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-101698-094822/unrestricted/thesis.pdf>
- Soloninka, J. (2005): Convergent Medical Technologies. Local Impacts, Global Opportunities. Präsentation auf dem YORKBiotech Inaugural Meeting, York University, Toronto, http://yorkbiotech.ca/resources/cmt_overview-yrbcc_board-v1.ppt
- Spohrer, J. (2002): NBICS (Nano-Bio-Info-Cogno-Socio) convergence to improve human performance: Opportunities and challenges. In: Roco/Bainbridge 2002, S. 89–102
- Spohrer, J.C., Engelbart, D.C. (2004): Converging Technologies for Enhancing Human Performance: Science and Business Perspectives. In: Roco/Montemagno 2004, S. 50–82
- Stieglitz, T., Rosahl, S. (2005): Neuro-elektrische Schnittstellen zum zentralen Nervensystem des Menschen. Gutachten im Auftrag des Deutschen Bundestages, Freiburg
- STOA (European Parliament Scientific and Technological Options Assessment) (2006): Technology assessment on converging technologies. STOA Projektnr. 183, IP/A/STOA/SC/2005-183, Studie der European Technology Assessment Group (Autoren: Berloznik, R., Casert, R., Enzing, C., Van Est, R., Van Lieshout, M., Versleijen, A.), Brüssel, www.europarl.europa.eu/stoa/publications/studies/stoa183_en.pdf
- Strong, G., Bainbridge, W.S. (2002): Memetics: A Potential New Science. In: Roco/Bainbridge 2002, S. 318–325
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2006): Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik (Autoren: Oertel, D., Grunwald, A.). Vorstudie, TAB-Arbeitsbericht Nr. 108, Berlin

- TAB (2007): Hirnforschung (Autoren: Hennen, L., Grünwald, R., Revermann, C., Sauter, A.). Endbericht, TAB-Arbeitsbericht Nr. 117, Berlin
- TAB (2008): TAB-Projekt »Gendoping« – Dokumentation zentraler Ergebnisse (Autoren: Gerlinger, K., Petermann, T., Sauter, A.), www.tab.fzk.de/de/gendoku.pdf
- Talbot, C. (2003): Les Etats-Unis programment la convergence technologique. In: Le Monde (Campus), 25.11.2003
- Tegart, G. (2005): Converging technologies and their implications for technology transfer: the cases of European networks (N EuroNet) and NBIC (nano-bio-info-cogno) technologies as drivers of convergence. In: Innovation: Management, Policy & Practice 7/4, S. 468–476
- Tomellini, R. (2007): Research in Nanosciences and Nanotechnologies. Präsentation auf der Konferenz EuroNanoForum 2007 »Nanotechnology in Industrial Applications«, 19-21.06.07, Düsseldorf
http://images.pie.camcom.it/f/SedeBruxelles/TO/TOMELLINI_2007-7-BXL-biot.ppt
- Torgersen, H. (2007): Sicherheitsansprüche an neue Technologien – das Beispiel Nanotechnologie. ITA manu:script 07-05, Wien, http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_07_05.pdf
- Turkle, S. (2002): Sociable Technologies: Enhancing Human Performance when the Computer is not a Tool but a Companion. In: Roco/Bainbridge 2002, S. 133–140
- US House (US House of Representatives, Committee on Science) (2005): The Future of Computer Science Research in the U.S. Anhörung, 12.05.2005; 119. Kongress, First Session, Serial Nr. 109-114, Washington
http://commdocs.house.gov/committees/science/hsy20999.000/hsy20999_0.HTM
- US Office of Management and Budget (2002): Analytical Perspectives. Budget of the United States Government (Fiscal Year 2003). Executive Office of the President, Washington
- US Office of Management and Budget (2003): Analytical Perspectives. Budget of the United States Government (Fiscal Year 2004). Executive Office of the President, Washington
- Van der Pyl, T. (2004): Emerging opportunities at the boundaries of ICT and life sciences. Abstract eines Vortrags auf der 1. Konferenz zu »Converging Sciences« der Universität Trento und von Microsoft Research, Trento
www.unitn.it/events/consci/download/Van_der_Pyl_abstract.pdf
- Van Hove, P. (2006): Bringing in converging sciences to reinvent ICT. Präsentation auf der 2. Konferenz zu »Converging Sciences« der Universität Trento und von Microsoft Research, Trento, www.cosbi.eu/SLIDES/CONSCI06/Van%20Hove.pdf
- Van Lieshout, M., Enzing, C., Hoffknecht, A., Holtmannspötter, D., Noyons, E. (2006): Converging Applications for enabling the Information Society and Prospects of the Convergence of ICT with Cognitive Science, Biotechnology, Nanotechnology and Material Sciences. Compano, R. (Hg.) IPTS, Sevilla
<http://fiste.jrc.es/pages/documents/ConvTechReportforWEBv9.pdf>
- VDI-tz (VDI Technologiezentrum) (2005): EFMN Issue Analysis Report on the 2005 European Foresight Monitoring. Selected S&T issue for the 2005 cycle: Cognitive science. Düsseldorf
www.bimos.be/efmn/images/stories/pdf/reports/EFMN_Issues_Analysis_2005.pdf



LITERATUR

- VDI/VDE-IT (VDI/VDE Innovation + Technik GmbH) (Hg.) (2005): Fachkräfte in der Mikrosystemtechnik. Investitionen mit Perspektive (im Auftrag des BMBF). Teltow www.vdivde-it.de/Images/publikationen/dokumente/Fachkraft.pdf
- VDI/VDI-IT, BMBF (VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2006): Mikro-Nano – Integration. Rahmenprogramm Mikrosysteme – Innovationsunterstützende Maßnahmen. »Berliner Kamingespräch zur Mikrosystemtechnik«, 20./21.2.2006, Berlin www.mstonline.de/publikationen/download/MNI_Kamingespraech.pdf
- Venneri, S., Hirschbein, M., Dastoor, M. (2002): Zone of Convergence Between Bio/Info/Nano Technologies: NASA's Nanotechnology Initiative. In: Roco/Bainbridge 2002, S. 48–51
- Von Schomberg, R. (2006): From the ethics of technology towards an ethics of knowledge policy & knowledge assessment. A working document from the European Commission Services, Januar 2007; EUR 2429, http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/ethics-of-technology-knowledge-policy_en.pdf
- WCC, WACC (World Council of Churches, World Association for Christian Communication) (2006): Transforming Life. Volume 1: Convergent Technologies. www.wcc-coe.org/wcc/what/jpc/pa-booklet-nano1.pdf
- Weiss, J. (2003): Das Internet und die klassischen Medien. Konvergenz – Konkurrenz oder Komplementierung? Eine medienpolitische Betrachtung. Frankfurt a.M. u.a.O.
- White House (Office of the Press Secretary) (2001): President Discusses Stem Cell Research. www.whitehouse.gov/news/releases/2001/08/20010809-2.html
- Whitman, J. (2006): Governance Challenges of Technological Systems Convergence. In: Bulletin of Science, Technology & Society 26, S. 398–409
- Whitman, J. (2007): The Challenge to Deliberative Systems of Technological Systems Convergence. In: Innovation 20/4, S. 329–342
- Williams, R.S., Kuekes, P. (2002): Balancing Opportunities and Investments for NBIC. In: Roco/Bainbridge 2002, S. 58–61
- Williams, E.A. (o. J.): Good, Better, Best: The Human Quest for Enhancement. Summary Report of an Invitational Workshop Convened by the Scientific Freedom, Responsibility and Law Program. AAAS; June 1-2, 2006. [www.aaas.org/spp/sfrrl/projects/human_enhancement/pdfs/HESummaryReport .pdf](http://www.aaas.org/spp/sfrrl/projects/human_enhancement/pdfs/HESummaryReport.pdf)
- Wilson, E.O. (1999): Consilience. The Unity of Knowledge. New York
- Winner, L. (1989): Technological Frontiers and Human Integrity. In: Goldman, S.L. (Hg.): Science, Technology, and Social Progress. London–Toronto, S. 48–64
- Winner, L. (2003): Langdon Winner's testimony to the Committee on Science of the U.S. House of Representatives on The Societal Implications of Nanotechnology Wednesday, April 9, 2003
- Winner, L. (2005): Resistance Is Futile: The Posthuman Condition and Its Advocates. In: Baillie, H., Casey, T. (Hg.): Is Human Nature Obsolete? Cambridge/MA, S. 385–411
- Wolbring, G. (2002): Science and Technology and the Triple D (Disease, Disability, Defect) In: Roco/Bainbridge 2002, S. 206–216

- Wolbring, G., Golledge, R. (2002): Improving the Quality of Life of Disabled People Using Converging Technologies. In: Roco/Bainbridge 2002, S. 270–275
- Wolbring, G. (2006a): The Triangle of Enhancement Medicine, Disabled People, and the Concept of Health: A New Challenge for HTA, Health Research, and Health Policy. Edmonton: Alberta Heritage Foundation for Medical Research, www.ihe.ca/documents/hta/HTA-FR23.pdf
- Wolbring, G. (2006b): Scoping document on Nanotechnology and disabled people for the Center of Nanotechnology in Society at Arizona State University. Calgary, <http://cns.asu.edu/cns-library/documents/wolbring-scopingCDfinaledit.pdf>
- Woolgar, S. (2006): Visions and Discourse in Converging Technologies: a background report. Deliverable D1.2. Bericht des CONTECS-Konsortiums an die Europäische Kommission gemäß Vertrag 028837, www.contecs.fraunhofer.de/content/view/9/12/
- Yamashiro, K. (2004): Visions for the U.S. National Nanotechnology Initiative. Interview with Mihail C. Roco, Nanonet Special Interview, Part II. In: Japan Nanonet Bulletin 33 (engl. 9. Dezember 2004), www.nanonet.go.jp/english/mailmag/2004/033a.html
- Yissum/BINCA (Yissum Hebrew University Technology Transfer, Bio Info Nano Cogno Arts – The Hebrew University Center of Converging Sciences & Technologies) (2007): New Horizons on Converging Sciences and Technologies. Konferenzankündigung für den 30. Januar 2007, [www.yissum.co.il/upload/\(FILE\)1170935788.pdf](http://www.yissum.co.il/upload/(FILE)1170935788.pdf)
- Yonas, G., Glicken Turnley, J. (2002): Sociotech... The Predictive Science of Social Behavior. In: Roco/Bainbridge 2002, S. 158–160
- Yonas, G., Johnson, C. (2005): Technology and Society on the Verge of Chaos. SAND-Bericht, Nr. 2005-3093C



ANHANG

TABELLENVERZEICHNIS 1.

Tab. 1	Konvergenzbereiche der IKT mit den anderen NBIC-Feldern	70
Tab. 2	Konvergierende Technologien im biomedizinischen Bereich	72
Tab. 3	Medizinische Indikationen und Stand der Entwicklung von Neuroelektrischen Schnittstellen	75
Tab. 4	Aktivitäten der NBIC-Initiative und in ihrem direkten Umfeld	101
Tab. 5	Die Struktur des visionären Programms der NBIC-Initiative	111
Tab. 6	Visionen der NBIC-Initiative	114
Tab. 7	DARPA-Projekte mit unmittelbarem »Human-Enhancement«-Bezug	147
Tab. 8	Karriere des CT-Themas auf EU-Ebene (Chronik)	156
Tab. 9	Überblick zum sechsten Forschungsrahmenprogramm	199
Tab. 10	Überblick zum siebten Forschungsrahmenprogramm	207

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 2.

Abb. 1	Nanotechnologie als Komponente konvergierender Techniken	62
Abb. 2	Changing the societal »fabric« towards a new structure	108
Abb. 3	Forschungs-, Entwicklungs- und Anwendungsbereiche	173
Abb. 4	Von der Mikrosystemtechnik (MST) zur Smart Systems Integration (SSI)	220



ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**3.**

<i>APEC</i>	Asia-Pacific Economic Cooperation
<i>BCI</i>	Brain-Computer Interface(s) (Gehirn-Computer-Schnittstelle)
<i>BMBF</i>	Bundesministerium für Bildung und Forschung
<i>BMI</i>	Brain-Machine Interface(s) (Hirn-Maschine-Schnittstelle)
<i>CT</i>	Converging Technologies (Konvergierende Technologien), oft auch für Konvergierende Technologien <i>und</i> Wissenschaften
<i>CONTECS</i>	CONverging TEChnologies - and their impact on the Social sciences and humanities (von der EU-Kommission gefördertes Forschungsprojekt zu den Wechselwirkungen von CT und den Sozial- und Geisteswissenschaften)
<i>CTEKS</i>	Converging Technologies for the European Knowledge Society (Konvergenzkonzept einer EU-Expertengruppe)
<i>DARPA</i>	Defense Advanced Research Projects Agency (zwischenzeitlich nur ARPA) des US-Verteidigungsministeriums
<i>DoC</i>	Department of Commerce (US-Handelsministerium)
<i>EGE</i>	European Group on Ethics in Science and New Technologies (Ethikberatungseinrichtung der EU-Kommission)
<i>EP</i>	Europäisches Parlament
<i>ETAG</i>	European Technology Assessment Group (Gruppe parlamentarischer TA-Einrichtungen, die im Auftrag des STOA-Panels das EP berät)
<i>EU</i>	Europäische Union
<i>FET</i>	Future and emerging technologies (Förderbereich zu zukünftigen und emergenten Technologien im FP-Themenbereich ICT der EU-Kommission)
<i>FhG-ISI</i>	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (kurz auch <i>ISI</i>)
<i>FP</i>	Forschungsrahmenprogramm(e) der EU-Kommission (Framework Programme for Research and Technology Development)
<i>FuE</i>	Forschung und Entwicklung

<i>HET</i>	»Human-Enhancement«-Technologien
<i>IKT</i>	Informations- und Kommunikationstechnologien (englische Abkürzung: <i>ICT</i>)
<i>ITAS</i>	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des Forschungszentrums Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft
<i>KI</i>	Künstliche Intelligenz
<i>MST</i>	Mikrosystemtechnik
<i>NASA</i>	National Aeronautics and Space Agency (US-Bundesbehörde für Luft- und Raumfahrt)
<i>NBIC</i>	Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, Cognitive Science (Nanotechnologie, Biotechnologie, Informationstechnologie und Kognitionswissenschaft), oft auch gebraucht als Kürzel für die NBIC-Felder im weiteren Sinn (ein- schließlich der zugehörigen Wissenschaften, der Genetik, der KI-Forschung sowie der Neurotechnologien)
<i>NMP</i>	Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies (Themenbereich im FP der EU-Kommission)
<i>NNI</i>	National Nanotechnology Initiative (Nationale Initiative der USA zur Nanotechnologie)
<i>NRO</i>	Nichtregierungsorganisation(en)
<i>NSF</i>	National Science Foundation (USA)
<i>PCB</i>	President's Council on Bioethics (Bioethikrat des US-Präsidenten)
<i>STOA</i>	Scientific Technology Options Assessment (Panel des EP zu Fragen der TA und Foresight wissenschaftlich-technischer Entwicklungen)
<i>TA</i>	Technikfolgenabschätzung
<i>TAB</i>	Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag
<i>UN</i>	United Nations (Vereinte Nationen)
<i>VDI-tz</i>	VDI Technologiezentrum (Einrichtung des Vereins deutscher Ingenieure)
<i>VDI/VDE-IT</i>	VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (Gesellschaft des Vereins Deutscher Ingenieure und des Verbands der Elektrotechnik Elek- tronik Informationstechnik)

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse in Fragen des technischen und gesellschaftlichen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft. Das TAB arbeitet seit 1990 auf der Grundlage eines Vertrags zwischen dem Forschungszentrum Karlsruhe und dem Deutschen Bundestag und kooperiert zur Erfüllung seiner Aufgaben seit 2003 mit dem FhG-Institut System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe.



BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG

Neue Schönhauser Str. 10
10178 Berlin

Fon +49(0)30/28 491-0
Fax +49(0)30/28 491-119

buero@tab.fzk.de
www.tab.fzk.de



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft