

2020



2015

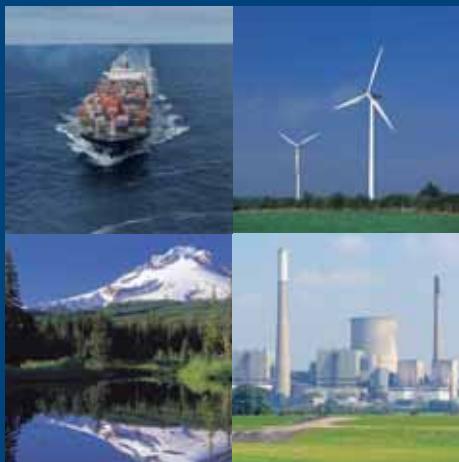
2010

Übersichtsstudie

Aktuelle Technologieprognosen im internationalen Vergleich

D. Holtmannspötter, S. Rijkers-Defrasne, C. Glauner, S. Korte, A. Zweck

Zukünftige Technologien Consulting



SUFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Aktuelle Technologieprognosen im internationalen Vergleich

Übersichtsstudie

Dirk Holtmannspötter

Sylvie Rijkers-Defrasne

Christoph Glauner

Sabine Korte

Axel Zweck

Herausgeber:
Zukünftige Technologien Consulting
der VDI Technologiezentrum GmbH
Graf-Recke-Straße 84
40239 Düsseldorf

im Auftrag und mit Unterstützung des
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Diese Technologieanalyse entstand im Rahmen des Vorhabens „Aktualisierung: Internationale Technologieprognosen im Vergleich“ (Förderkennzeichen 16I1541) der Abteilung Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH im Auftrag und mit Unterstützung des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Referat 113.

Projektleitung: Dr. Dr. Axel Zweck

Durchführung: Dr. Dirk Holtmannspötter
Dr. Sylvie Rijkers-Defrasne
Christoph Glauner
Dr. Sabine Korte

Dank gilt einer Vielzahl von Experten, die wertvolle Beiträge und Anregungen geliefert haben.

Zukünftige Technologien Nr. 58
Düsseldorf, im Juni 2006
ISSN 1436-5928

Für den Inhalt zeichnen die Autoren verantwortlich. Die geäußerten Auffassungen stimmen nicht unbedingt mit der Meinung des Bundesministerium für Bildung und Forschung überein.

Außerhalb der mit dem Auftraggeber vertraglich vereinbarten Nutzungsrechte sind alle Rechte vorbehalten, auch die des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen photomechanischen Wiedergabe (Photokopie, Mikrokopie) und das der Übersetzung.

Titelbild:

rechts oben: Windkraftanlage (Quelle: Nordex AG)

rechts unten: Steinkohlekraftwerk (Quelle: Daniel Ullrich, threedots)

links unten: Mount Hood, USA (Quelle: Oregon's Mt. Hood Territory)

links oben: Containerschiff (Quelle: Schenker AG)

Zukünftige Technologien Consulting (ZTC)
der VDI Technologiezentrum GmbH

Graf-Recke-Straße 84
40239 Düsseldorf

Die VDI Technologiezentrum GmbH ist im Auftrag und mit Unterstützung des
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) tätig.

Inhaltsverzeichnis

1	HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG	7
2	VORBEMERKUNGEN UND VORGEHEN	9
3	AUSWAHL DER STUDIEN	13
4	DARSTELLUNG AUSGEWÄHLTER LÄNDER	17
4.1	China	17
4.2	Dänemark	31
4.3	Indien	46
4.4	Kanada	66
4.5	Südafrika	88
4.6	Südkorea	108
4.7	UK	121
4.8	USA	141
5	VERGLEICH DER TECHNOLOGIEFELDER	175
5.1	Themenprofile der einzelnen Länder	178
5.2	Ländervergleich der Technologiefelder	186
5.3	Fazit des Ländervergleichs	202
6	ZUSAMMENFASSUNG	205
ANHANG		209
A:	Länder	210
B:	Europäische Union	220
C:	Internationale Organisationen	223
D:	Multinationale Unternehmen	223

1 HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG

Gegenwärtig ist weltweit ein weiterer Zuwachs des Interesses an prospektiven Studien zur technologischen Entwicklung zu beobachten. Die immense Zunahme an Technologiewissen, die steigende Komplexität von Technologien und die Notwendigkeit, knappe Ressourcen zur Förderung von Innovationen effizient einzusetzen, sind nur drei Gründe hierfür. Immer kürzer werdende Innovationszyklen, begleitet von einem hohen Wettbewerbsdruck, tragen ein Übriges zum wachsenden Bedarf an frühzeitigem Orientierungswissen für Regierungen, internationale Organisationen und Unternehmen bei.

Zunehmendes
Interesse an
prospektiven Studien

Nationale, themenübergreifende Technologieprognosen eröffnen einen Einblick in die Einschätzungen und Erwartungen von nationalen Regierungen hinsichtlich der sich abzeichnenden Technologieentwicklung und teilweise auch in die strategische Planung im jeweiligen nationalen Kontext. Internationale Organisationen als Auftraggeber solcher Zukunftsstudien ergänzen den Blickwinkel um global oder zumindest überregional ausgerichtete Einschätzungen. Technologiestudien im Auftrag multinationaler Unternehmen tragen eine industriespezifische Sichtweise bei.

Nationale
Technologieprognosen

Die Meta-Analyse derartiger Technologieprognosen kann dazu beitragen, ein Gesamtbild im Hinblick auf die zukünftige Technologieentwicklung zu entwerfen und Hinweise auf nationale Stärken und Eigenheiten abzuleiten.

Meta-Analyse

Gerade Deutschland als Exportnation mit seiner starken Ausrichtung auf Produkte der Hochtechnologie ist auf die rechtzeitige Identifizierung neuer Trends und Entwicklungspfade angewiesen. Dieser Notwendigkeit tragen nicht nur selbst erstellte Technologieprognosen Rechnung, sondern auch das Monitoring internationaler Aktivitäten.

Informationen
für die Strategie-
entwicklung

Das Ziel dieser Untersuchung ist es daher, Informationen aus ausgewählten Technologieprognosen und den von ihnen ausgehenden Wirkungen für die Strategieentwicklung im BMBF aber auch für Entscheidungsträger an anderen Stellen in kompakter und übersichtlicher Form aufzubereiten.

Dabei baut diese Meta-Analyse auf zwei früheren Studien des VDI Technologiezentrums auf: Erstens auf einem bereits 1993 vorgelegten Vergleich von japanischen und amerikanischen Einschätzungen zur technologischen Entwicklung in der Zukunft¹ sowie zweitens auf der Übersichtsstudie „Internationale Technologieprognosen im Vergleich“ aus

¹ Pfeiffer, S., Schmitz, W.: Analyse & Bewertung Zukünftiger Technologien – Internationale Technologieprognosen im Vergleich. Hrsg.: VDI Technologiezentrum GmbH; 1993 (= Zukünftige Technologien Band 8)

dem Jahr 2004², in der Gemeinsamkeiten und Differenzen ausgewählter amerikanischer, europäischer und japanischer Studien herausgearbeitet wurden.

Sprachgebrauch	Einführend wird in Kapitel 2 zunächst der Sprachgebrauch der vorliegenden Studie festgelegt und anschließend das Konzept des Nationalen Innovationssystems kurz vorgestellt; schließlich wird das konkrete methodische Vorgehen bei der Recherche der Technologieprognosen und der Inhaltsanalyse dargestellt.
Auswahlkriterien	In Kapitel 3 werden dann die verwendeten Auswahlkriterien dargestellt und begründet.
Nationale Innovationssysteme	Ausgangspunkt der Analysen in Kapitel 4 ist eine Kurzdarstellung des jeweiligen Nationalen Innovationssystems (NIS) und der Aktivitäten des betreffenden Landes im Bereich der Technologieprognosen. Anschließend werden die ausgewählten Studien hinsichtlich ihres Inhaltes, ihrer Zielsetzung und ihrer Methodik vorgestellt. Insbesondere werden dann anhand eines einheitlichen Analyserasters die wesentlichen Zukunftsaussagen in strukturierter Form extrahiert (zur Methodik vgl. Kapitel 2).
Analyseraster	Diese Zukunftsaussagen werden in Kapitel 5 in tabellarischer Form je Techniestudie zusammenfassend dargestellt. Daran schließt sich eine tabellarische Gegenüberstellung der Zukunftsaussagen zu allen Technologiefeldern des Analyserasters an. Dabei interessiert vor allem, welche gemeinsamen Erwartungen vorzufinden sind, aber auch welche Differenzen bestehen. Soweit in diesen Bereichen Informationen vorliegen, werden auch die erwarteten Realisierungszeiträume genannt. Das Kapitel schließt mit einem Fazit aus dieser Gegenüberstellung.
Gegenüberstellung der Zukunftsaussagen	Abgerundet wird die Studie durch einen umfangreichen Anhang mit einer Auswahl von nationalen und internationalen Technologieprognosen, Organisationen sowie deren Internetadressen. Ergänzend wird kurz auf die Prognoseaktivitäten von Unternehmen eingegangen.
Anhang	

² Seiler, P., Holtmannspötter, D., Albertshauser, U.: Internationale Technologieprognosen im Vergleich. Übersichtsstudie. Hrsg.: VDI Technologiezentrum GmbH; 2004 (= Zukünftige Technologien Band 52)

2 VORBEMERKUNGEN UND VORGEHEN

2.1 Sprachgebrauch

In der vorliegenden Meta-Analyse werden unter den Begriffen „Technologieprognose“ bzw. „Technologiestudie“

- entweder thematisch breit angelegte Einzelstudien verstanden, die mehrere Technologiefelder untersuchen,
- oder eine Sammlung von Studien, die alle unter dem Dach eines gemeinsamen Vorausschau-Prozesses bzw. von einer bestimmten Institution durchgeführt wurden und sich jeweils einzelnen technologischen Themen widmen.

2.2 Nationale Innovationssysteme (NIS)

In der aktuellen Innovationsforschung spielt der Begriff des Nationalen Innovationssystems (NIS) eine zentrale Rolle. Unter einem NIS versteht man das komplexe und adaptive System aller Akteure in den Innovationsprozessen eines Landes zusammen mit den Mechanismen ihrer Interaktion und sämtlichen Rahmenbedingungen.

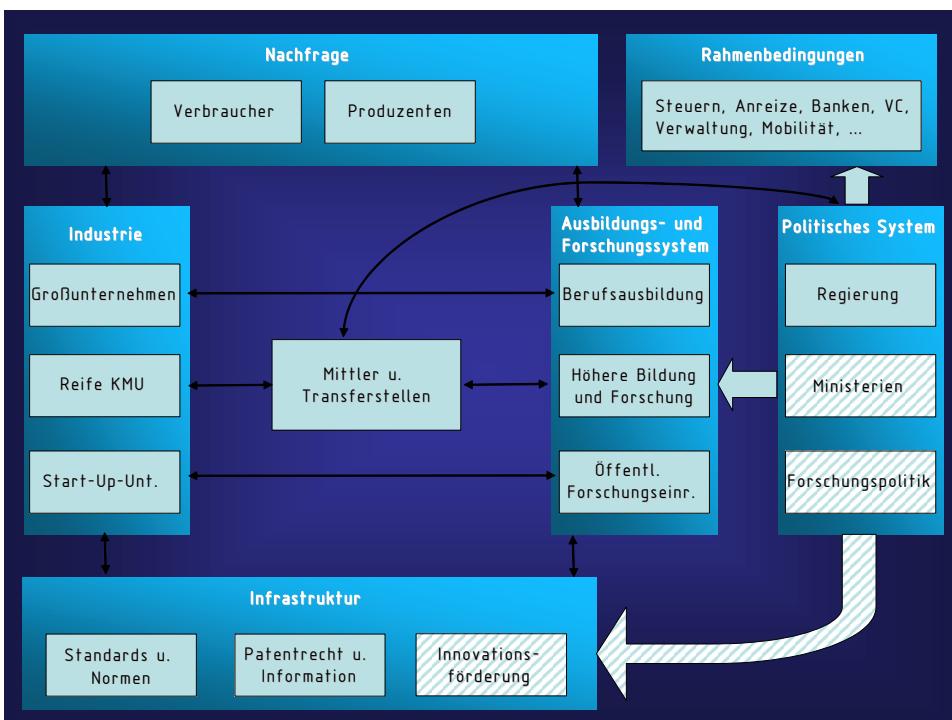


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung eines nationalen Innovationssystems (NIS)³

³ Adaptiert nach Arnold und Thuriaux in Europäische Kommission (Hrsg.): „Future directions of innovation policy in Europe“, EUR 17055 (2002)

Drei Akteurskreise

Im Allgemeinen unterscheidet man drei Akteurskreise. Dies sind die industriellen Unternehmen, das Ausbildungs- und Forschungssystem sowie das politische System. Abbildung 2.1 zeigt eine schematische Darstellung eines generischen NIS mit wichtigen Untersystemen und deutet die zahlreichen Pfade gegenseitiger Wechselbeziehungen und Einflussnahme an.

Aktivitäten im Bereich der Technologieprognosen sind in erster Linie an den in Abbildung 2.1 durch Schraffur hervorgehobenen Stellen anzusiedeln – daher beschränkt sich die Darstellung des Nationalen Innovationsystems der in Kapitel 4 betrachteten Länder meist auch auf diesen Teilbereich.

Nationale Technologieprognosen werden typischerweise von Ministerien zur Strategieentwicklung in der Forschungspolitik in Auftrag gegeben. Als Adressaten der daraus resultierenden Programme zur Innovationsförderungen sind die Industrie und Forschungseinrichtungen häufig in die Ausarbeitung der Technologieprognosen eingebunden.

2.3 Methodisches Vorgehen

Ausgehend von den bisherigen Arbeiten in diesem Feld und den im Anhang der Vorläuferstudie „Internationale Technologieprognosen im Vergleich“ aufgeführten Quellen wurde eine gezielte Recherche nach relevanten Technologieprognosen durchgeführt.⁴ Ziele waren einerseits aktuellere Technologieprognosen der unmittelbaren Wettbewerbernationen USA, Japan und den Ländern der Europäischen Union (vor allem auch Skandinavien). Andererseits wurden möglichst aktuelle Technologieprognosen aus China und Indien wie auch aus weiteren aufstrebenden Ländern gesucht.

Darüber hinaus wurde überprüft, inwieweit geeignete Publikationen multinationaler Unternehmen verfügbar sind – dabei kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der Ressourcen, die hierfür benötigt werden, nur sehr große Unternehmen breit angelegte übergreifende Technologieprognosen erstellen. Eine zusätzliche Schwierigkeit besteht in der Regel darin, dass die Unternehmen die Inhalte ihrer Strategieprozesse und der damit verbundenen Technologieprognosen nicht publik machen.⁵

Nach Abschluss der Recherche wurde anhand bestimmter Kriterien eine Auswahl von Technologieprognosen für die inhaltliche Analyse getroffen. Kriterien waren in Anlehnung an die Vorläuferstudie: Herkunftsland

⁴ Diese Quellsammlung deckt auch die Technologieprognosen internationaler Organisationen und Netzwerke zu einem guten Teil ab.

⁵ Bei früheren Recherchen stellte sich heraus, dass von zehn deutschen Großunternehmen allein Siemens mit der Zeitschrift „Pictures of the Future“ eine Publikation herausgibt, die zum Bereich der Technologieprognosen gezählt werden kann.

Rechercheziele

Auswahlkriterien

der Technologieprognose, Auftraggeber, geografischer Bezugsrahmen, inhaltliche Ausrichtung, sozioökonomische Fragestellungen und die Sprachverfügbarkeit (siehe Kapitel 3).

2.4 Darstellung und Inhaltsanalyse

Die Darstellung der Technologieprognosen geht für jedes der betrachteten Länder von einer Kurzvorstellung des jeweiligen nationalen Innovationssystems aus (vgl. Kapitel 2.2). Anhand dieser Kurzdarstellung lassen sich die Aktivitäten im Bereich der Technologieprognose in einen nationalen Wirkungszusammenhang einordnen.

Kurzvorstellung NIS

Eine Kurzübersicht früherer Aktivitäten im Bereich der Technologieprognose leitet dann über in die vertiefende Analyse der ausgewählten Studie bzw. Studien für das jeweilige Land.

Einordnung der ausgewählten Studien

Dieser Analyse wird eine schematisierte Kurzbeschreibung vorangestellt, die sowohl einen Überblick über den Auftraggeber, die durchführende Institution sowie das Erscheinungsjahr und den Zeithorizont als auch einen Einblick in die inhaltliche Dimension und Zielsetzung der Technologieprognosen gibt. Zur Beschreibung der inhaltlichen Dimension wurde an dieser Stelle auf das Begriffssystem der jeweiligen Studie selber zurückgegriffen.

Kurzbeschreibung der Studien

Die Inhalte der Technologiestudien werden dann anhand einer einheitlichen Strukturierung vertieft analysiert. Dadurch wird auch der Vergleich und die Zusammenführung der Technologieprognosen in Kapitel 5 erleichtert.

Analyse der Inhalte

Diese einheitliche Strukturierung in übergreifende Themenfelder wird aus der inhaltlichen Gliederung der ausgewählten Technologieprognosen und aus etablierten Technologierastern erarbeitet und dient im weiteren Verlauf als Analyseraster. Die übergreifenden Themenfelder sind:

Analyseraster

- Transport und Verkehr, Logistik;
- Luft- und Raumfahrt;
- Bauen und Wohnen;
- Meerestechnik und Schifffahrt;
- Energie;
- Nano- und Mikrosystemtechnologie;
- Materialtechnik;
- Produktions- und Prozesstechnik;
- Optische Technologien;
- Informations- und Kommunikationstechnologien;

- Elektronik;
- Biotechnologien und Life Sciences;
- Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung;
- Nachhaltigkeit und Umwelt;
- Verteidigung und Sicherheit sowie
- Dienstleistungen.

Analyse der Prognosen

Keine Bewertung der Stichhaltigkeit

Gegenüberstellung der Prognosen

Zu diesen übergreifenden Themenfeldern werden die wesentlichen Aussagen und Prognosen der jeweiligen Technologiestudien herausgearbeitet. Hierbei ist zu betonen, dass im Rahmen dieser Meta-Analyse die Stichhaltigkeit dieser Aussagen und Prognosen nicht bewertet wird. Es werden lediglich die wichtigsten Prognosen herausgefiltert, unabhängig davon, ob sie den Autoren dieser Meta-Analyse realistisch, unrealistisch oder möglicherweise sogar abwegig erscheinen mögen. Des Weiteren ist zu betonen, dass die Aussagen und Prognosen in einigen der betrachteten Technologiestudien ausschließlich oder teilweise nur in stichwortartiger Form vorliegen. Dies betrifft insbesondere die betrachteten Technologiestudien aus China, Kanada und Südkorea.

In Kapitel 5 werden dann auf dieser Grundlage die ausgewählten Technologieprognosen gegenübergestellt. Übereinstimmungen und Differenzen werden auf diesem Wege sichtbar gemacht.

3 AUSWAHL DER STUDIEN

Um die große Anzahl der derzeit vorliegenden Zukunftsstudien (siehe u. a. Anhang) einer vergleichenden Analyse zuzuführen, sind eine eingrenzende Fragestellung und eine systematische Auswahl erforderlich. Hierfür werden folgende Kriterien angelegt:

1. Die Länderauswahl wird begrenzt auf drei Ländergruppen: erstens die wesentlichen Wettbewerber Deutschlands im Technologiebereich, zweitens technologisch aufstrebende Länder, die in naher oder auch ferner Zukunft zu Wettbewerbern aufsteigen werden, sowie drittens Länder, die sich durch eine beispielhafte Innovations- und Forschungspolitik auszeichnen.
2. Auftraggeber der Studie ist eine Regierung, eine Regierungseinrichtung auf nationaler Ebene, eine internationale Organisation oder ein multinationales Unternehmen.
3. Der geographische Bezugsrahmen der Studien bezieht sich mindestens auf die Entwicklungen in einem Staat.
4. Der technologische Bezugsrahmen umfasst mindestens ein Technologiefeld mit mehreren Einzeltechnologien.
5. Die jeweiligen Zukunftsstudien berücksichtigen neben technischen Aspekten auch sozioökonomische Auswirkungen der angesprochenen Technologien.
6. Die Studien sollten in Deutsch oder Englisch verfügbar sein.

3.1 Länderauswahl

Ein erster Selektionsschritt gilt den in dieser Meta-Analyse zu berücksichtigenden Ländern, die Technologieprognosen in Auftrag geben oder in denen bestimmte Institutionen und Unternehmen als Auftraggeber bzw. Publizierende in Erscheinung treten.

Die Länderauswahl wird dabei auf drei Ländergruppen begrenzt: erstens aktuelle wesentliche Wettbewerber, zweitens künftige Exportmärkte bzw. Wettbewerber sowie drittens innovationspolitisch erfolgreiche Länder.

Aktuelle wesentliche Wettbewerber: Die Auswahl ergibt sich hier unmittelbar auf Grund der Fragestellung dieser Meta-Analyse. Ausgewählt wurden schließlich die USA, Kanada und UK. Die Entscheidung für eine Berücksichtigung der USA begründet sich darin, dass die USA in Forschung und Technologie immer noch als das weltweit führende Land angesehen werden kann. Kanada wurde als ein G8-Staat ausgewählt, der in den letzten Jahren im Hochtechnologiebereich starke Anstrengungen unternommen hat, um seinen Rückstand in diesem Bereich aufzuholen.

USA

Kanada

UK	Großbritannien zählt schließlich innerhalb Europas zu den führenden Ländern.
China	Künftige Exportmärkte: Außerhalb Europas ziehen die beiden bevölkerungsreichsten Länder der Erde, China und Indien, starkes Interesse als mögliche Exportmärkte auf sich und wurden auch für diese Meta-Analyse ausgewählt. Derzeit profitieren diese beiden Länder als Wettbewerber in erster Linie noch von sehr niedrigen Produktionskosten. Entwicklungen, wie z. B. das Aufstreben der Softwareindustrie in Bangalore, Indien, oder auch die sehr hohen Zahlen von Universitätsabsolventen in Natur- und Ingenieurwissenschaften ⁶ , zeigen bereits das zukünftige Potenzial dieser beiden Länder, auch im Hochtechnologiebereich zu den weltweit führenden Akteuren aufrücken zu können.
Indien	Interessant sind in diesem Zusammenhang aber auch Länder wie beispielsweise Indonesien, Russland, Brasilien oder Südafrika, die ebenfalls über eine große Bevölkerung und/oder nennenswerte Ressourcen verfügen und die in bestimmten Technologiebereichen zukünftig bzw. schon heute auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig sind. Auf Grund der sprachlichen Verfügbarkeit von Technologieprognosen (siehe Kapitel 3.6) wurde hier schließlich Südafrika als Beispiel ausgewählt.
Südafrika	Innovationspolitisch erfolgreiche Länder: Als diese können solche Staaten gelten, die in bestimmten Nischen für Hochtechnologieprodukte mit führend sind. Als Beispiele für diese so genannten „Hidden Champions“ wurden Dänemark (als Modell für den skandinavischen Typ) sowie Südkorea (als Modell für einen aufstrebenden asiatischen Staat) ausgewählt.
Dänemark Südkorea	Die ausgewählten Staaten können insgesamt zur internationalen Orientierung sowohl im Hinblick auf die künftige technologische Ausrichtung und Wettbewerbsfähigkeit als auch im Hinblick auf die Durchführung von Technologieprognosen dienen.

3.2 Auftraggeber

Auch im Hinblick auf die Auftraggeberschaft ist eine Abgrenzung erforderlich. So reicht die Bandbreite der Institutionen, die Zukunftsprognosen in Auftrag geben, von multi- oder internationalen Organisationen über Regierungen, Regierungsorganisationen und Forschungsinstituten bis hin zu Verbänden und Einzelunternehmen. Mit der unterschiedlichen Auftraggeberschaft einher geht in der Regel auch eine differenzierte Ausrichtung in thematischer wie geographischer Hinsicht.

⁶ An chinesischen Universitäten graduieren beispielsweise alle zwei Jahre genau so viele Ingenieure wie derzeit insgesamt in Deutschland beschäftigt sind.

Entsprechend der prinzipiellen Korrelation von Auftraggeberchaft und Studieninhalt werden Studien nicht berücksichtigt, die von Institutionen oder Organisationen unterhalb der nationalstaatlichen Ebene in Auftrag gegeben worden sind. Darüber hinaus finden auch Verbände als Auftraggeber hier keine Berücksichtigung.

3.3 Geografischer Bezugsrahmen

Wurden zuvor die Herkunftsländer der Studien angesprochen, so bezieht sich dieses Abgrenzungskriterium auf den geographischen Bezugsrahmen der Studieninhalte.

Zentral für die vorliegende Analyse ist der Vergleich angestrebter bzw. prognostizierter Entwicklungen und Anstrengungen im Bereich zukünftiger Technologien auf nationaler Ebene und ihre möglichen Auswirkungen auf die künftige Wettbewerbsfähigkeit. Damit fallen zunächst alle Zukunftsstudien aus dem Raster, die unterhalb dieses Levels angesiedelt sind. Verzichtet wird auch auf die Berücksichtigung global angelegter Studien, die entweder keine gesonderte Erwähnung der hier betrachteten Staaten enthalten oder aus einer übergeordneten Sicht weltweite Trends beleuchten.

Nationale Ebene

3.4 Inhaltliche und zeitliche Abgrenzung

Neben der bisher erfolgten räumlichen Abgrenzung wird auch eine inhaltlich-thematische Abgrenzung vorgenommen. Zum einen werden rein sozioökonomische Studien ausgeklammert. Zum anderen konzentriert sich diese Meta-Analyse auf Technologieprognosen, die mehrere Technologiefelder abdecken (vgl. auch Kapitel 2.1). Für diese Entscheidung ist ausschlaggebend, dass der Vergleich der möglichen technologischen und strategischen Zukunftsausrichtung von Staaten einer möglichst großen technologischen Breite bedarf.

Thematisch breit angelegte Studien

Neben der inhaltlichen Eingrenzung wird auch eine zeitliche Beschränkung getroffen. Diese betrifft zum einen den Zeitpunkt, an dem die Studie veröffentlicht wurde, zum anderen den Zeithorizont, den die Studie in ihrer Prognose berücksichtigt. In dem vorliegenden Vergleich werden die jeweils aktuellsten verfügbaren Zukunftsstudien einbezogen – die ältesten berücksichtigen Studien sind im Jahr 2003 erschienen. Im Hinblick auf den Prognosehorizont wurde versucht, eine möglichst einheitliche Linie in den Studien zu finden. Im Ergebnis wurden Prognosen einbezogen, die Aussagen bis etwa zum Jahr 2030 beinhalten.

Hohe Aktualität

Zeithorizont bis etwa 2030

3.5 Sozioökonomische Fragestellungen

Technologischer Fortschritt bedeutet nicht nur die Entwicklung neuer Verfahren, Produktionsmethoden, Anwendungen und Produkte, sondern nimmt auch unmittelbaren Einfluss auf die Wirklichkeit aller gesellschaftlichen Teilbereiche bis hin zu tief greifenden Umwälzungen im Leben jedes Einzelnen. Klassische Beispiele für solche grundlegenden technologieinduzierten Veränderungen in Gesellschaften sind die Erfin- dung von Dampfmaschine und Automobil oder Computer und Telekom- munikation. Die sich abzeichnenden Entwicklungslinien bspw. im Be- reich der Gentechnologie oder der Nanotechnologie deuten auf die Mög- lichkeit ähnlich einschneidender Veränderungen hin.

Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, neben den rein technologi- schen Fragestellungen auch deren Einfluss auf sozioökonomische Aspek- te zu berücksichtigen. Daher ist die Diskussion solcher Fragestellungen in den Technologieprognosen ein weiteres Auswahlkriterium.

3.6 Sprachverfügbarkeit

Ein letzter Abgrenzungsfaktor, der allerdings rein praktischer Natur ist, ist die Beschränkung auf Zukunftsprognosen, die in deutscher oder engli- scher Sprache zugänglich sind. Diese Abgrenzung führte dazu, dass die zu Beginn ebenfalls anvisierten Länder Japan und Brasilien außer Acht gelassen werden mussten, da hier die aktuellsten Technologieprognosen zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses nicht in englischer Übersetzung vorlagen.

3.7 Auswahl

Aufgrund dieser Kriterien wurden im Endeffekt ausschließlich nationale Technologieprognosen ausgewählt. Es gab keine Technologieprognosen von internationalen Organisationen oder multinationalen Unternehmen, die alle Kriterien erfüllen konnten.

4 DARSTELLUNG AUSGEWÄHLTER LÄNDER

4.1 China

4.1.1 Nationales Innovationssystem

China strebt an, bis zum Jahr 2010 zu den 10 wettbewerbsfähigsten und innovativsten Ländern auf dem Gebiet von Wissenschaft und Technologie zu gehören⁷ und setzt dafür auf eine konsequente Restrukturierung seines Nationalen Innovationssystems. Seit dem Übergang Anfang der 80er Jahre von der Plan- in die Marktwirtschaft⁸ wurden Reformen durchgeführt mit dem Ziel, alte – an das sowjetische Modell angelehnte – Strukturen aufzubrechen und sich nach und nach an das westliche Modell anzupassen⁹. Insbesondere sollen mehr Wettbewerb in die Forschung eingebracht und die Verantwortung über Entscheidungen in F & E von der Zentralmacht auch auf Universitäten, Unternehmen und private Forschungsinstitute übertragen werden.^{9, 10} So wurden seit 1999 zunehmend staatliche Forschungseinrichtungen in selbständige Unternehmen mit F+E-Einrichtung umgewandelt. Ziel ist es, technologische Innovationen in Unternehmen zu stärken und die industrielle Anwendung von Forschungsergebnissen zu fördern.¹¹

Durchführung von Reformen

Steigerung des Wettbewerbs in der Forschung

Die Abbildung 4.1 stellt das chinesische Nationale Innovationssystem (NIS) schematisch dar. Die für Forschung, Entwicklung und Bildung zuständigen Ministerien und Institutionen unterliegen direkt dem **Staatsrat**, dem obersten politischen Organ des Staates. Innerhalb des Staatsrates entscheidet die „**Kommission für Forschung und Technologie und Erziehung**“ über die nationalen Strategien und Forschungsprogramme und koordiniert die Forschungspolitik der Ministerien und regionalen Regierungen.

Entsprechend den Richtlinien der Kommission formuliert das **Ministerium für Wissenschaft und Technologie (MOST)**¹² seinerseits Richtlinien, Strategien und Bestimmungen zur Umsetzung der nationalen Poli-

⁷ Walsh, 2003

⁸ In der so genannten „Decision on Reform of the S&T Management System“ aus dem Jahre 1985 wird festgelegt, dass Marktorientierung und Technologieförderung die Basis für Chinas zukünftige industrielle Entwicklung liefern sollen.

⁹ Sigurdson, 2002

¹⁰ Die wohl wichtigste Veränderung dieses Reformprozesses trat 1986 mit der Gründung der „National Natural Science Foundation of China“ (NSFC – www.nsfc.cn) nach dem Modell der amerikanischen „National Science Foundation“ (NSF – www.nsf.gov) ein: zum ersten Mal konnten in China Forschungsvorhaben und -projekte im Rahmen öffentlicher Ausschreibungen von unabhängigen Fachexperten begutachtet und nach dem Wettbewerbsprinzip gefördert werden.

¹¹ Quelle: Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de

¹² „Ministry of Science and Technology“: <http://www.most.gov.cn/english/index.htm>

MOST führt
Technologie-
vorausschau durch

tik und ist darüber hinaus mit der Implementierung der daraus erwachsenden Programme betraut. Zudem führt MOST Technologievorausschauprojekte durch, ist für den Aufbau eines modernen NIS, die Förderung der internationalen Kooperation im Bereich F & E und die Verwaltung der nationalen Technologieentwicklungszenen zuständig.

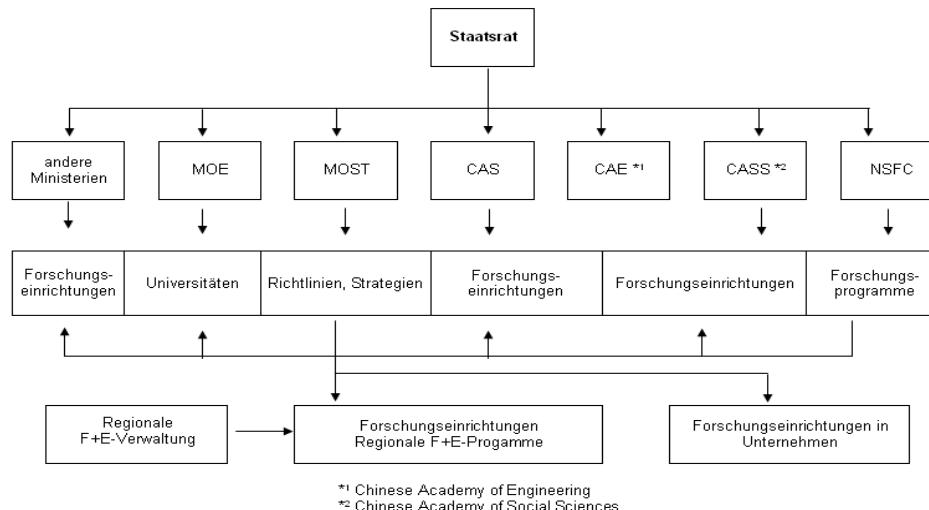


Abbildung 4.1: Nationales Innovationssystem Chinas, 2001¹³:

Weitere wichtige Akteure des NIS sind¹⁴:

- Die **Chinesische Akademie der Wissenschaft (CAS)**¹⁵ bildet heute das höchste wissenschaftliche und technologische Beratungsorgan der Regierung¹⁶ und soll sich bis 2010 zu einem nationalen Innovationszentrum für Naturwissenschaften und High-tech entwickeln¹⁷. Zusätzlich zu ihren Beratungsaufgaben verwaltet die CAS über 100 Forschungsinstitute, die sich dank ihrer gemischten Finanzierung durch staatliche und private Mittel¹⁸ ihre Forschungsfreiheit bewahren.¹⁷ Bis zum Jahr 2010 sollen 30 dieser Forschungseinrichtungen internationales Niveau erlangen.
- Die **Chinesische Akademie für Ingenieurwesen (CAE)**¹⁹ ist die wichtigste Beratungsinstitution der Regierung in Fragen des In-

¹³ Quelle: Internationales Büro des BMBF. [http://www.internationale-kooperation.de/
image/info/47_89_1118072455_f.gif](http://www.internationale-kooperation.de/image/info/47_89_1118072455_f.gif)

¹⁴ Hsiung, 2002; siehe. auch www.internationale-kooperation.de

¹⁵ www.cas.ac.cn. Siehe auch das zur Chinesischen Akademie der Wissenschaften gehörende „Institute of Policy and Management“: www.casipm.ac.cn.

¹⁶ Die CAS ist in die 5 Abteilungen Mathematik & Physik, Chemie, Biowissenschaften, Geowissenschaften und Technologischen Wissenschaften aufgeteilt.

¹⁷ Tsipouri, 2004

¹⁸ Die von der CAS verwalteten Forschungsinstitute können sich um Fördermittel von CAS, MOST und NSFC bewerben. Zusätzlich sind sie oft (Mit)Eigentümer von Spin-Off-Unternehmen.

¹⁹ www.cae.cn

Wichtige Akteure
des NIS

genieurwesens, der Landwirtschaft und der Medizin und fördert im Rahmen von Verbundprojekten technische Forschungsaufgaben, hauptsächlich im Software-Bereich.

- Die „**National Natural Science Foundation of China**“ (**NSFC**)²⁰ wurde nach dem Vorbild der amerikanischen NSF gegründet, um Wissenschaft und Technologie staatlich zu fördern. Im Gegensatz zu ihrem Vorbild fokussiert sie lediglich auf die naturwissenschaftliche Forschung. Die fast 200 angestellten Wissenschaftler verwalten ein Budget von ca. 220 Mio. € und sind dabei direkt dem Staatsrat rechenschaftspflichtig.
- Das **Bildungsministerium (MOE)**²¹ ist im Bereich Forschung und Entwicklung insbesondere für die Qualifikation des wissenschaftlichen Nachwuchses verantwortlich.
- Das **Finanzministerium**²² fördert gemeinsam mit MOST innovationsorientierte Forschung bei kleinen und mittleren Unternehmen.
- Das **Handelsministerium**²³ schafft durch Steuererleichterungen für High-Tech-Exporte und durch Vergünstigungen für ausländische Direktinvestitionen im High-Tech-Sektor wirtschaftliche Rahmenbedingungen für Forschung und Entwicklung.
- Die **Nationale Entwicklungs- und Reformkommission**²⁴ nimmt mit ihren Fünf-Jahresplänen zur nationalen Entwicklungsplanung Einfluss auf die Forschungspolitik.

4.1.2 Aktivitäten im Bereich Technologieprognosen

Methoden der Technologieprognose, wie sie in den westlichen Ländern üblich sind, werden in China erst seit Anfang der 90er Jahre eingesetzt. Die Ergebnisse dieser Aktivitäten flossen bzw. fließen in die jeweiligen 5-Jahrespläne ein.

Bis jetzt wurden drei nationale Technologieprognosen durchgeführt:²⁵

- Mitte der 90er Jahre wurden im Rahmen des Projekts „Selection of National Critical Technology“ strategische Technologien in den Bereichen IuK, Biologie, Produktions- und Prozesstechnik sowie Materialien identifiziert. Die Ergebnisse dieser Studie flossen

Bislang drei nationale Technologieprognosen

²⁰ www.nsfc.cn

²¹ www.moe.edu.cn

²² www.mov.gov.cn

²³ www.mofcom.gov.cn

²⁴ <http://en.ndrc.gov.cn/>

²⁵ „Technology Foresight and critical technology selection in China“, Q.-Q. Yang, Z.-M. Gong, J.-Y. Cheng, G. Wang, Int. J. Foresight and Innovation Policy, Vol. 1, Nos. ½, 2004, S. 168 - 180

sen in den 9. „Nationalen Fünf-Jahresplan für Wissenschaft und Technologie“ ein.

- 1999 wurde eine Technologieprognose in den Bereichen Landwirtschaft, IuK und Produktions- und Prozesstechnik durchgeführt²⁶ mit dem Ziel, die für China strategischen Industriezweige zu identifizieren.
- Schließlich wurde 2002 mit dem Vorausschauprojekt „Technology Foresight“ begonnen, auf das im Folgenden eingegangen wird.

4.1.3 China's Report on Technology Foresight

4.1.3.1 Kurzdarstellung der Studie

Name der Studie China's Report on Technology Foresight

<http://www.foresight.org.cn/>²⁷

Auftraggeber: Ministry of Science and Technology

<http://www.most.gov.cn/english/index.htm>

Durchgeführt von: National Research Center for Science and Technology for Development (NRCSTD)²⁸ in Kooperation mit nationalen Institutionen des Bereichs Wissenschaft und Technologie²⁹

Erscheinungsjahr: 2003 und 2004 je nach Teilstudie

Zeithorizont: 2006 - 2020

Im Rahmen einer neuen Strategie zur wirtschaftlichen und technologischen Entwicklung Chinas in den nächsten 20 Jahren wurde eine neue Forschungs- und Entwicklungsstrategie entworfen, die auch in den nächsten Fünf-Jahresplan 2006 - 2010 eingehen soll. Zu diesem Zweck wurde unter Federführung des Chinesischen Ministeriums für Forschung und Technologie 2002 ein Vorausschauprojekt angestoßen, das Zukunftsthemen der nächsten 10 Jahre beschreiben soll. Der Auftrag des Projekts war:

1. die Analyse des wirtschaftlichen und sozialen Entwicklungsbedarfs in China,

²⁶ „Technology Foresight of Priority Industries in China“, 1999

²⁷ Dieser Internet-Auftritt ist leider nur auf Chinesisch.

²⁸ <http://www.nrcstd.org.cn/>

²⁹ China Center of Information Industry Development (<http://www.ccid-mrd.com.cn>), Chinese Electronics Society, Chinese Medical Academy of Sciences, China National Center for Biotechnology Development (www.cncbd.org.cn), Chinese Material Science Society

2. die Durchführung einer Studie zur Hochtechnologieentwicklung in den nächsten 10 Jahren und
3. zur Fokussierung der Technologieentwicklung in China beizutragen.

Bislang wurden im Rahmen des Vorausschauprojektes zwei Zyklen mit jeweils drei Technologiefeldern durchgeführt. Ein weiterer mit nochmals 3 Technologiefeldern ist in Arbeit (vgl. Tabelle 4.1). Methodisch basiert jedes Teilprojekt auf einem zweistufigen Delphi-Verfahren und beinhaltet folgende drei Phasen: In Phase 1 werden die Arbeiten vorbereitet. Dazu gehören die Analyse der sozioökonomischen Bedarfe und Trends von Forschung und Technologie sowie die Erstellung der Fragebögen. In Phase 2 werden die beiden Delphi-Befragungen durchgeführt und die erhaltenen Daten aufbereitet. In Phase 3 werden die Schlüsseltechnologiethemen ausgewählt und die Abschlussberichte verfasst.

Zweistufiges
Delphi-Verfahren

Bei den abgeschlossenen Teilprojekten wurden insgesamt etwa 3000 Personen aus Forschung, Universitäten, Unternehmen und staatlichen Einrichtungen einbezogen (pro Technologiefeld waren im Durchschnitt 500 Experten beteiligt). Aus über 1000 Technologiethemen wurden insgesamt 483 ausgewählt, die für China besonders viel versprechend sind. Die meisten Themen wurden für das Technologiefeld „Ressourcen und Umwelt“ gefunden (100 Technologiethemen) und die wenigsten für das Technologiefeld „Neue Materialien“ (64 Technologiethemen). Für die anderen vier Technologiefelder lag die Anzahl der Technologiethemen etwa im Durchschnitt.

3000 Personen
beteiligt

Die Ergebnisse der Foresight-Studien zeigen, dass China nur in etwa 4 % der genannten Technologiethemen auf höchstem Weltniveau bzw. auf dem Niveau der Industriestaaten liegt. Bei etwa 87 % der Technologiethemen hat China im Vergleich zu den technologieführenden Nationen einen Rückstand von etwa fünf Jahren und bei 9 % der Themen sogar einen Rückstand von sechs bis zehn Jahren. Zwei Drittel der letztgenannten Technologiethemen gehören zum Technologiefeld „Produktionstechnik“ und fast ein Viertel zum Technologiefeld „Materialtechnik“.

Technologischer
Rückstand von etwa
fünf Jahren

Die im Foresight-Prozess beteiligten Experten schlagen eine zweigleisige Strategie zur Weiterentwicklung der identifizierten Technologiethemen vor: für etwa 63 % der Technologiethemen wird eine unabhängige chinesische Forschung und Entwicklung gefordert (vor allem für Technologiethemen aus den Technologiefeldern Energie, Umwelt & Ressourcen, Material- sowie Produktionstechnik) während die verbleibenden 37 % in gemeinsamer Forschung mit anderen Ländern vorangetrieben werden sollten (vor allem bei IuK-Themen). Für das Technologiefeld Biotechnologie wird eine Kombination aus eigener und gemeinschaftlicher Forschung vorgeschlagen.

Zweigleisige
Strategie

Tabelle 4.1: Übersicht über Struktur und Inhalte der Studien^{30, 31}

Gliederungsebene I	Gliederungsebene II
Information und Kommunikation (2003)	<ul style="list-style-type: none"> Computer Computernetzwerke und Informationssicherheit Kommunikation Software Integrierte Schaltungen Audio- und Videotechnik
Lebenswissenschaft und Biotechnologie (2003)	<ul style="list-style-type: none"> Pflanzen- und Agrarbiotechnologie Life Science Industrielle Biotechnologie und Umweltbiotechnologie Medizin
Neue Materialien (2003)	<ul style="list-style-type: none"> Hochleistungs-Konstruktionswerkstoffe Neue funktionelle Materialien Materialien für die elektronische Informationsverarbeitung und Nanomaterialien
Energie (2004)	<ul style="list-style-type: none"> Steinkohle Öl und Gas Elektrische Energie Kernenergie Erneuerbare Energien Wasserstoffenergie und andere neue Energien Energieerhaltung und -einsparung in Gebäuden Energieerhaltung und -einsparung in der Industrie Energieerhaltung und -einsparung im Transport- und Verkehrsbereich
Ressourcen und Umwelt (2004)	<ul style="list-style-type: none"> Ökologische Aspekte der Umwelt Feste mineralische Bodenschätze Öl- und Gasressourcen Landressourcen Gewässer- und Meeresressourcen
Produktionstechnik (2004)	<ul style="list-style-type: none"> Moderne Produktionsmodelle Digitale Produktionsplanung Automatisierung des Produktionsflusses Digitale Produktion Umweltfreundliche Produktionsverfahren Mikro- und Nanofabrikation Technische Ausrüstung zur Ausnutzung verschiedener Energiequellen Transporteinrichtungen Prozessfertigung Landwirtschaftliche Maschinen Umweltschutzanlagen Elektrische Haushaltsgeräte Schiffsmaschinenbau
Landwirtschaft (in Arbeit)	
Öffentliche Sicherheit (in Arbeit)	
Gesundheit der Bevölkerung (in Arbeit)	

³⁰ Themen der Gliederungsebene I werden im Folgenden Technologiefelder genannt, die Themen der Gliederungsebene II dagegen als Untergruppen eines Technologiefeldes. Jedes einzelne der betrachteten 483 Themen wird als Technologiethema bezeichnet; entsprechend einer Gliederungsebene III, die in der Tabelle nicht aufgeführt ist.

³¹ Zu den Studien in grau waren zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses noch keine weiteren Informationen verfügbar, so dass diese nicht in die Analyse einfließen.

4.1.3.2 Inhaltsanalyse

Die vollständigen Abschlussberichte zu den bereits abgeschlossenen Teilprojekten des chinesischen Vorausschauprozesses liegen bislang nur im chinesischen Original vor. Im November 2005 wurde eine englische Zusammenfassung dieser Berichte vom National Research Center for Science and Technology for Development (NRCSTD)²⁸ veröffentlicht, die die Grundlage für die folgende Inhaltsanalyse bildet.

Englische
Zusammenfassung

Die beteiligten Experten wurden u. a. nach der Bedeutung der verschiedenen Technologiefelder im Hinblick auf die folgenden Aspekte befragt:

- Wirtschaftlicher Nutzen;
- Einfluss auf die High-Tech-Industrie;
- Einfluss auf die traditionelle Industrie;
- Beitrag zum Umweltschutz und zur umfassenden Ressourcennutzung sowie
- Erhöhung der Lebensqualität.

Aussagen jeweils im
Hinblick auf fünf
Aspekte

Außerdem wurde für alle Technologiethemen die Einschätzung zur allgemeinen Wichtigkeit abgefragt.

Im Folgenden werden für jedes Technologiefeld die qualitativen Aussagen zu den oben genannten fünf Aspekten wiedergegeben sowie jeweils die 10 wichtigsten Technologiethemen nach Einschätzung der Experten.

Transport und Verkehr, Logistik

Dieses Technologiefeld wird in der Studie nicht eingehend untersucht.

Luft- und Raumfahrt

Dieses Technologiefeld wird in der Studie nicht untersucht.

Bauen und Wohnen

Dieses Technologiefeld wird in der Studie nicht eingehend behandelt. Auf Energieeffizienz und Baumaterialien zukünftiger Gebäude wird allerdings in den Abschnitten „Energie“ und „Materialtechnik“ eingegangen.

Meerestechnik und Schifffahrt

Dieses Technologiefeld wird in der Studie nicht behandelt.

Energie

Energieeinsparungen

Im Technologiefeld Energie wird von Technologien zur Energieerhaltung in Gebäuden der größte sowie von anderen Energieerhaltungstechnologien ein großer wirtschaftlicher Nutzen erwartet. Energieeinsparungen durch technologischen Fortschritt werden als sehr wichtig betrachtet, um die Energieeffizienz zu erhöhen, den Energieverbrauch zu senken und somit einen größeren wirtschaftlichen Nutzen erzielen zu können.

Diversifizierung der Energienutzung

Die Studienautoren erwarten von fortgeschrittenen Technologien zur Kohlenutzung, Technologien zur Kernkraftnutzung, erneuerbaren Energien und neuen Energietechnologien den größten Einfluss auf die High-Tech-Industrie. Entwicklungen von neuen Technologien werden die Effizienz traditioneller Energienutzung (beispielsweise von Kohle) verbessern sowie die industrielle Nutzung erneuerbarer und neuer Energien vorantreiben. All diese Technologien werden zur Diversifizierung und zur Effizienz der Energienutzung beitragen.

Kohlenutzung

In China ist die Kohleindustrie hauptsächlich traditionell ausgerichtet, deswegen sind Technologien zur Kohlenutzung wichtig für die traditionelle Industrie. Weiterhin sind auch Technologien zur Energieeinsparung in Gebäuden, in der Industrie sowie in Verkehrssystemen von großer Bedeutung für die traditionelle Industrie.

Reduzierung der Umweltverschmutzung

Wind- und Solarenergie sowie andere regenerative Energien leisten einen großen Beitrag zum Umweltschutz und zur umfassenden Ressourcennutzung. Ebenso wichtig sind Technologien zur Reduzierung der von Kohlekraftwerken verursachten Verschmutzung für die Umwelt. Da Kohle Chinas Hauptenergiequelle ist, werden Technologien zur sauberen Kohlenutzung als strategisch wichtig für den Umweltschutz hervorgehoben.

Sicherheit großer Stromnetze

Angesichts der in den letzten Jahren aufgetretenen Probleme großer Energienetze in den USA werden Sicherheits- und Schutzsysteme für ultragroße Stromnetze als eine wichtige Technologie für eine verbesserte Lebensqualität der Einwohner betrachtet. Ebenso tragen Technologien wie beispielsweise zur Beseitigung von Emissionsverschmutzung durch Kohleverfeuerung bei der Stromerzeugung zur Verbesserung der Lebensqualität bei.

Die 10 wichtigsten Technologiethemen im Feld Energie sind:

- Technologien zur Ausbeutung von Tiefsee-Öl- und Gasfeldern;
- Sicherheits- und Schutzsysteme für große Stromnetze;
- Druckwasserreaktoren mit thermischer Leistung im Gigawatt-Bereich;

- Polygeneration auf der Basis von Kohlevergasung;
- Technologien, um nukleare und Strahlungssicherheit zu garantieren;
- Technologien zur Steigerung der Ausbeuterate bei Öllagerstätten;
- Technologien zur direkten und indirekten Kohleverflüssigung;
- Solarbatterien;
- Prüftechnik und Design für einen chinesischen Prototypen eines schnellen Brüters;
- Analyse des Energieverbrauchs in Gebäuden und energieoptimierte Gebäudeplanung.

Nano- und Mikrosystemtechnologie

Die Nano- und Mikrosystemtechnologie wird in der Studie nicht eingehend behandelt. Die Mikro-Nanofabrikation wird aber als eigene Untergruppe des Technologiefeldes Produktionstechnologien sowie Nanomaterialien in einer Untergruppe des Technologiefeldes Materialtechnik behandelt.

Materialtechnik

Neuen Materialien für die industrielle Produktion und Baumaterialien wird das größte wirtschaftliche Potenzial zugeschrieben. Billiger Hochleistungsstahl und Eisenmaterialien werden besonders hervorgehoben.

Baumaterialien

Für die High-Tech-Industrie werden Speicher- und Nanomaterialien als sehr wichtig eingeschätzt, während modernen metallischen Materialien und Baumaterialien sowie fortgeschrittenen Verarbeitungstechnologien hohe Bedeutung für eine Verbesserung der traditionellen Industrie zugeschrieben wird. Zudem wird die Bedeutung von fortgeschrittenen Hochleistungs-Metallen für die Modernisierung der High-Tech-Industrie hervorgehoben.

Speicher- und Nanomaterialien

Vor dem Hintergrund einer als wünschenswert betrachteten, nachhaltigen technologischen Entwicklung Chinas werden außerdem umweltfreundliche Materialien, wie biologisch abbaubarer Kunststoff, sowie Materialien für neue Energiequellen in Zukunft eine große Rolle spielen.

Biologisch abbaubarer Kunststoff

In der Studie wird die Erwartung geäußert, dass Materialien wie Baumaterialien, neue Materialien im medizinischen Bereich, Materialien für IuK etc. zu einer höheren Lebensqualität beitragen werden.

Materialien im medizinischen Bereich

Die für die Zukunft wichtigsten Materialtechnologien sind:

- Moderner kostengünstiger Hochleistungsstahl und kostengünstige, hochwertige Eisenmaterialien;

- Leichtlegierungen (Aluminium- u. Magnesiumlegierungen);
- Konstruktions-Titanlegierungen;
- Siliziumeinkristalle mit großem Durchmesser (> 20 cm) und Technologien für Wafer und deren Vergrößerung;
- Recycling-Technologien für Abfallstoffe;
- Hochleistungs-Spezialfasern;
- Hochtemperatur-Werkstoffe (Superlegierungen, feuerfeste Metalle, intermetallische Verbindungen (IMC));
- Neue Baumaterialien;
- Speichertechnologie und Materialien mit großer Speicherkapazität;
- Moderne Kompositmaterialien für Hochtemperatur-Anwendungen.

Produktions- und Prozesstechnik

Da jeder Aspekt industrieller Produktion in dieses Technologiefeld aufgenommen werden könnte, fällt es den Foresight-Experten schwer, Technologien mit dem größten wirtschaftlichen Nutzen zu benennen. Es wird erwartet, dass Technologien, die sich stark am täglichen Leben orientieren den größten wirtschaftlichen Nutzen bringen werden.

Digitale
Designtechnologien

Digitale Designtechnologien, Präzisionsverarbeitungstechnologien und Mikro-Nanofabrikationstechnologien werden als die treibenden Kräfte für die Entwicklung der High-Tech-Industrie und ebenso für die traditionelle Industrie betrachtet. Ferner sind Themen wie das ERP („Enterprise Resources Planning“) sowie Produktions- und Prozesslogistik wichtig.

Umweltschutz-
technologien

Als wichtigste Fertigungstechnologien mit positivem Effekt für die Lebensqualität werden Umweltschutztechnologien, medizinische Behandlungen und Medizintechnik sowie grünes Design und Produktion gesehen.

Die folgende Produktions- und Prozesstechnologien wurden als die wichtigsten für die Zukunft identifiziert:

- Effiziente Techniken zur Wassereinsparung in der Landwirtschaft (Schlüsseltechnologie);
- Design und Produktionstechnologie für Anlagen zur Ausbeutung von Tiefsee-Öl- und Gasfeldern;
- Schlüsseltechnologie der Spezialausrüstung zur Fertigung von integrierten Schaltkreisen (< 45 nm);
- Umfassende Nutzungstechnik für Abfälle und erneuerbare Ressourcen;

- Design und Fertigungstechnologie für Gigawatt-Kernkraftwerke;
- Design und Fertigungstechnik für Ausrüstung zur Ausbeutung von Tiefseeressourcen;
- Neue intelligente Sensortechnologie;
- Komplexes Entsorgungssystem für hochkonzentrierte organische Industrieabwässer;
- Zentren für schnelle Präzisionsverarbeitung;
- Design und Fertigungstechnologie für ultra-superkritische Kohlekraftwerke mit einer Leistung von 600 MW.

Optische Technologien

Dieses Technologiefeld wird in der Studie nicht behandelt.

Informations- und Kommunikationstechnologien

Im Bereich IuK wird von den Netzwerk- und Breitbandtechnologien der größte wirtschaftliche Nutzen erwartet. So sind nach Ansicht der Studienautoren auf Grund der Entwicklung des Internet, Netzwerktechnologien ein unentbehrlicher Teil der Produktion und des Alltagslebens geworden und Netzwerkanwendungen mittlerweile in allen Lebensbereichen zu finden.

Netzwerk- und Breitbandtechnologien

Das größte Veränderungspotenzial für die High-Tech-Industrie wird in integrierten Schaltungen und Netzwerktechnologien gesehen. Weiterhin werden neue mobile Kommunikationstechnologien (wie 3G) Einfluss auf die High-Tech-Industrie haben. Integrierte Schaltkreise bilden gegenwärtig einen ernsten Engpass für die chinesische IuK-Industrie, so dass Fortschritte in diesem Bereich als wesentlich für den zukünftigen Erfolg der chinesischen IuK-Industrie dargestellt werden.

Integrierte Schaltungen

Integrierte Schaltungen, SoC-Systemtechnologien („System on Chip“), Netzwerk- sowie mobile Kommunikationstechnologien der nächsten Generation werden auch für die traditionelle Industrie als wichtig angesehen.

„System on Chip“

Der Einfluss von IuK-Technologien auf den Umweltschutz und die Ressourcennutzung wird im Vergleich zu den fünf anderen Technologiefeldern als wesentlich geringer eingeschätzt. Genannt werden beispielsweise Informationsverarbeitungstechnologien in den Bereichen Biotechnologie, Informationsnetzwerke sowie Softwaretechnologien.

Netzwerk- und Videotechnologien werden den größten Einfluss auf die Verbesserung der Lebensqualität haben.

Videotechnologien

Die folgenden IuK-Technologien werden in der Studie als die wichtigsten angesehen:

- Technologie zur Informationssicherheit;
- Sicherheitstechnik für Netzwerke;
- Systemgestaltung für Supercomputer;
- Forschung an Netzwerkarchitekturen der nächsten Generation;
- Chinesische Informationsverarbeitungstechnik;
- Betriebssysteme für Netzwerkumgebungen;
- Entwicklung von neuen und populären Elektronikprodukten;
- Entwicklung und Fertigung von 64-Bit Hochleistungs-Mehrzweck-CPU-Chips;
- Entwicklung und Fertigung von eingebetteten Mikroprozessoren;
- SoC-Designplattform und Technik zur Wiederverwendung von SIP.

Elektronik

Elektronik wird in der Studie nicht als eigenständiges Technologiefeld behandelt. Es werden aber Technologiethemen mit Bezug zur Elektronik in den Technologiefeldern Informations- und Kommunikationstechnik, Materialien und Produktions- und Prozesstechnik angesprochen.

Biotechnologie und Life Sciences

Agrarbiotechnologie

Die beteiligten Experten erwarten, dass der Einsatz der Biotechnologie in der Medizin und die Agrarbiotechnologie den größten wirtschaftlichen Nutzen bringen wird. Technologien aus diesen beiden Bereichen werden ebenfalls den größten Einfluss auf die High-Tech-Industrie und die traditionelle Industrie haben. Genannt werden Technologien der menschlichen funktionellen Genomik als Treiber für die High-Tech-Industrie sowie Biotechnologien zum Umweltschutz als Treiber für traditionelle Technologien.

Aufbereitung von Umweltschadstoffen

Technologien zur Aufbereitung von Umweltschadstoffen, transgene Technologien sowie der Einsatz von Biotechnologie im agro-industriellen Umfeld werden als wichtig für die nachhaltige Entwicklung Chinas angesehen.

Biotechnologie in der Medizin

Der Einsatz von Biotechnologien in der Medizin bietet eine Vielzahl neuer Methoden, von denen in der Studie eine Erhöhung der Lebensqualität und Lebenserwartung der Bevölkerung erwartet wird. Besonders hervorgehoben werden neue Diagnosemöglichkeiten für (Infektions-) Krankheiten und neue Synthesemethoden für Medikamente.

Die Studie benennt folgende für die Zukunft wichtige Biotechnologien und Trends:

- Schnelltest- und Diagnose-Reagenzien für wichtige und infektiöse Erkrankungen;
- Technologie zur Behandlung von Umweltschadstoffen;
- Erforschung der funktionellen Genomik des Menschen;
- Pharmazeutische Biotechnologie (inklusive Impfstoffe);
- Erforschung der funktionellen Genomik von krankheitsverursachenden Mikroorganismen;
- Standardisierung der Qualitätskontrolle bei Medikamenten und Verwaltung der Standards;
- Erforschung der Ausbreitungsmechanismen, Vorbeugung und Behandlung von Infektionskrankheiten und deren molekularen Mechanismen;
- Erforschung der funktionellen Genomik bei Pflanzen;
- Sicherheitstechnologie bei biotischen und transgenen Produkten und Lebewesen;
- Technik zur Herstellung genetisch veränderter Pflanzen.

Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung

Dieses Technologiefeld wird nur unter dem Aspekt des Beitrags der Biotechnologien zu Medizin und Ernährung behandelt; die entsprechenden Aussagen sind im obigen Abschnitt „Biotechnologie“ enthalten.

Nachhaltigkeit und Umwelt

Die Umwelttechnologien mit dem höchsten wirtschaftlichen Potenzial sind nach Einschätzung der Experten Technologien zur Aufbereitung von Abfall und Abwasser sowie Technologien zur Rohstoffexploration.

Technologien zur Erschließung und Ausbeutung von maritimen Öl- und Gasressourcen sowie von Mineralien werden als besonders wichtig für die Entwicklung der High-Tech-Industrie in China angesehen. Daneben sind die marine Biotechnologie und Techniken zur Wassereinsparung in der Landwirtschaft wichtig für die High-Tech-Industrie in China.

Die oben genannten Technologien spielen ebenfalls eine wichtige Rolle in der Verbesserung und Transformation der traditionellen Industrie.

Naturgemäß haben Technologiethemen aus dem Bereich Ressourcen und Umwelt generell eine große Bedeutung für den Umweltschutz und die umfassenden Ressourcennutzung. Technologien zur Reduzierung der städtischen Luftverschmutzung, zur Wassereinsparung und zur Wiederaufbereitung von verschmutztem Wasser werden für die nachhaltige Entwicklung Chinas als besonders bedeutsam angesehen.

Aufbereitung von
Abfall und Wasser

Ausbeutung von
maritimen Öl- und
Gasressourcen

Reduzierung
der städtischen
Luftverschmutzung

Wasserver- und -entsorgung

Für die Steigerung der Lebensbedingungen und -qualität sind Technologien für die Wasserver- und -entsorgung besonders wichtig, wie beispielsweise: Kontrollsysteme für die Wasserverschmutzung, Technologien zur Wasserbehandlung, Trinkwassersicherheit, Nutzung der Wasserdurchbereitung. Ebenfalls wichtig zur Steigerung der Lebensqualität sind Technologien zur Beseitigung und Verwertung von Abfällen.

Die wichtigsten Umwelttechnologien sind:

- Technologien zur Klärung und Wiederaufbereitung von städtischen Abwässern;
- Umfassende Technologien zur Vorbeugung und Behandlung komplexer Luftverschmutzungen in Städte-Clustern;
- Technologien für die Wiederaufbereitung von Wasser und zur Überprüfung der Wasserqualität;
- Technologien zur Überprüfung der Trinkwassersicherheit;
- Demonstratoren und Technologien zur Abfallbehandlung;
- Technologien zur Überwachung der Risiken für Grubengas- und Kohlenstaubexplosionen in Bergwerken und zu deren Vorbeugung;
- Bewertungs-, Prognose- und Frühwarnsystem für die Umweltsicherheit;
- Technologie zur Wiederverwendung von Industrieabwasser und Forschung an Technologien zur Wassereinsparung in der Industrie;
- Identifizierung großer Erzlagerstätten in (Kontinental-)China durch das Verstehen der erzbildenden Prozesse und die Lokalisierung der wichtigen metallogenetischen Gürtel;
- Schlüsseltechnologie zur Erschließung und Ausbeutung von Tiefseeöl und -gas.

Verteidigung und Sicherheit

Dieses Technologiefeld wird in der Studie nicht behandelt.

Dienstleistungen

Dieses Technologiefeld wird in der Studie nicht behandelt.

4.2 Dänemark

4.2.1 Nationales Innovationssystem

Innovationsfähigkeit wird von der dänischen Regierung als einer der wichtigsten Wachstumsfaktoren für Dänemark angesehen. Um sie zu fördern und um bestehende strukturelle Defizite zu beheben, werden seit 2001 das Nationale Innovationssystem (NIS) umstrukturiert und die Rahmenbedingungen für Forschung, Technologie und Innovation verbessert. Insbesondere die Verstärkung des Technologietransfers und die Zusammenarbeit zwischen öffentlichen Forschungsinstituten und dem privaten Sektor wurden als eine Schlüsselaufgabe der nächsten Jahre identifiziert.³² Die Abbildung 4.2 gibt eine schematische Darstellung des dänischen Innovationssystems wieder, das im Wesentlichen aus der **Regierung** und seinen **Ministerien**, dem **Dänischen Parlament**, zahlreichen **Forschungseinrichtungen (Institute, Universitäten etc.)** sowie einem System von **Beratungs- und Forschungsförderungseinrichtungen** besteht.

Umstrukturierung
des NIS

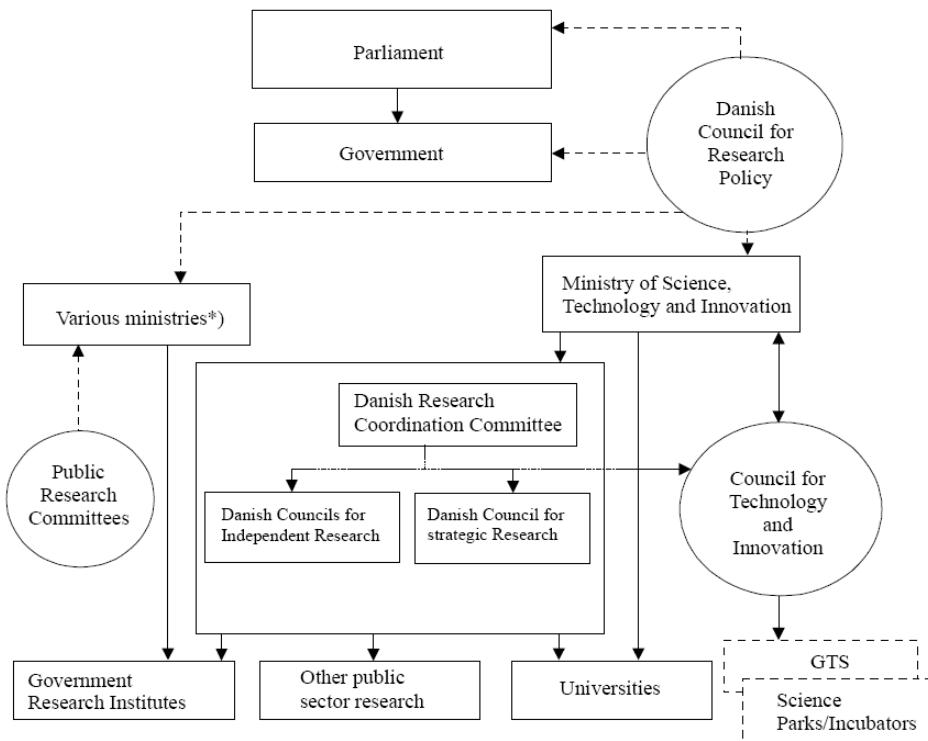


Abbildung 4.2: Das dänische Forschungs- und Innovationssystem³³

³² Rogova, 2005

³³ Jensen, 2004

Die kürzlich durchgeführten Reformen haben das **Ministerium für Wissenschaft, Technologie und Innovation (MSTI)**³⁴ ins Zentrum des NIS gerückt. Das MSTI trägt heute die Hauptverantwortung für die Forschungs- und Innovationspolitik des Landes und koordiniert alle staatlichen Maßnahmen zur Forschungs- und Innovationsförderung. Mit 948 Millionen EUR zeichnete es sich 2004 für 75 % der Gesamtinvestitionen³⁵ der Regierung in Wissenschaft und Technologie verantwortlich.^{32, 33}

Legislative und Exekutive werden in ihrer Forschungs- und Innovationspolitik von einem System an Beratungs- und Forschungsförderungseinrichtungen unterstützt, das in erster Linie folgende Räte umfasst³³:

- Der „**Danish Council for Research Policy**“ wurde Anfang 2004 als Beratungsorgan des MSTI, des Parlaments und der Regierung gegründet und unterstützt sie bei Entscheidungen zu nationalen Forschungsrichtlinien, Forschungsrahmenbedingungen und -fördermitteln, internationalen Forschungskooperationen, Bildung von wissenschaftlichem Know-how und Anwerbung von Wissenschaftlern. Dieser „Council“ besteht aus 9 vom MSTI ernannten Wissenschaftlern.
- Der „**Council for Technology and Innovation**“ unterstützt das MSTI bei der Umsetzung der in dem „Act on Technology and Innovation“ 2002 festgelegten Maßnahmen zur Förderung der Innovation in Handel und Industrie. Zu diesen Maßnahmen gehören die Gründung von „Technology Incubators“ (siehe unten) und die Durchführung von Technologieprognosen. Mitglieder des „Council“ sind vom MSTI ernannte Experten in Wissenschaft, Technologie und Forschung.
- Der „**Danish Council for Independent Research**“ verwaltet 5 einzelne Forschungsräte zu natur-, geistes- und gesellschaftswissenschaftlichen, technologischen und wirtschaftlichen Themen. Jeder dieser Räte besteht aus 15 - 20 Wissenschaftlern, die vom MSTI über eine öffentliche Stellenausschreibung ausgesucht werden.³⁶ Die Forschungsräte übernehmen Beratungsaufgaben für die Regierung und fördern Forschungsprojekte, die entweder auf Initiative von Wissenschaftlern zurückgehen oder im Rahmen von Ausschreibungen von unabhängigen Gutachtern ausgesucht werden.

³⁴ <http://www.videnskabsministeriet.dk/cgi-bin/news-archive-list.cgi>

³⁵ Die restlichen 25% werden von anderen Ministerien aufgebracht, z. B. von dem Ministerium für Lebensmittel, Landwirtschaft und Fischerei, dem Kulturministerium, dem Bildungsministerium und dem Wirtschafts- und Handelsministerium.

³⁶ „Research and Development in Denmark“, Working Paper, Danish National Research Foundation, 2005

- Der „**Danish Council for Strategic Research**“ unterstützt einerseits die Implementierung der Forschungspolitik³⁷ und andererseits die Zusammenarbeit zwischen öffentlichem und privatem Bereich. Der Rat ist für die Zuweisung von 10 % aller in dem „Financial Act“ festgelegten F & E-Ausgaben der Regierung verantwortlich. Gefördert werden Forschungsprojekte gesellschaftlicher Relevanz, d. h. solche, die z. B. zu der Gründung neuer Arbeitsstellen beitragen können. Die Erreichung der Ziele jedes geförderten Projektes wird dann von einer Begleitgruppe kontrolliert, deren Mitglieder hauptsächlich aus der Privatwirtschaft kommen.

Weiterhin hat der Rat eine Aufsichtsfunktion bei der Verwendung der Forschungsmittel einzelner Ministerien.

- Das „**Danish Research Coordination Committee**“ schließlich koordiniert die Arbeit der einzelnen „Research Councils“, einerseits untereinander und andererseits mit den übrigen Akteuren des Forschungs- und Innovationssystems, hat aber keine Entscheidungsmacht.

Weitere wichtige Akteure des dänischen Forschungs- und Innovationssystems bilden die „GTS-Institutes“, „Science Parks“ und „Technology Incubators“, die ebenfalls zumindest z. T. durch öffentliche Mittel finanziert werden^{32;33}. Sie übernehmen eine Brückenfunktion zwischen Forschung und Privatbereich und tragen zum Wissens- und Technologie-transfer zwischen Forschungsinstituten und Unternehmen bei. Die „**GTS-Institutes**“ sind unabhängige private Unternehmen, die zur Verbreitung und Vermarktung von Forschungsergebnissen beitragen, indem sie vor allem KMU-Beratungsdienstleistungen und anwendungsorientiertes Know-How anbieten. Die Zertifizierung der „GTS-Institutes“ durch das MSTI ermöglicht ihnen, öffentliche Geldmittel zu beantragen.³⁸ Die „**Technology Incubators**“ stellen Unternehmen Verwaltungs- und Beratungsdienste sowie auch Startkapital zur Verfügung. Sie arbeiten eng mit Universitäten und Science bzw. Research Parks zusammen und adressieren in erster Linie innovative Unternehmensgründer, Forscher und Studenten. Ihr Ziel ist der Aufbau von Brücken zwischen Forschungseinrichtungen, innovativen Unternehmen und Finanzinstitutionen, um Forschungsergebnisse in kommerzielle Produkte umzusetzen und zu vermarkten.

Weitere Akteure

³⁷ Einzelne Kommissionen, denen anerkannte Wissenschaftler angehören, begleiten die Umsetzung von politischen Entscheidungen, momentan in den Bereichen „Lebensmittel und Gesundheit“, „Energie und Umwelt“, „Nanowissenschaft und -technologie, Biotechnologie und IuK-Technologien“, „Nicht ionisierende Strahlung“ und „Wohlfahrtsforschung“. (Quelle: siehe Fußnote 29)

³⁸ Die öffentlichen Fördermittel für die „GTS-Institutes“ werden vom „Council for Technology and Innovation“ verwaltet. In den letzten Jahren wurden die GTS-Institutes in Höhe von insgesamt 35 bis 40 Millionen EUR pro Jahr gefördert. S. Jensen, 2004.

Machbarkeits-
studie 1998

4.2.2 Aktivitäten im Bereich Technologieprognosen

Einheitliche technologieübergreifende Technologieprognosen gab es bislang in Dänemark nicht. 1998 wurde in einer Studie vom „Danish Board of Technology“³⁹ die Machbarkeit einer solchen nationalen öffentlich finanzierten Technologieprognose untersucht. 2001 wurde dann das im Folgenden untersuchte Technologieprognoseprojekt aufgelegt, das aus acht geplanten Einzelstudien besteht.

Technologieprognosen in Form einzelner Studien zu einzelnen technologischen Bereichen werden als Instrument der Strategiebildung durchgeführt. So wurden beispielsweise Studien zu Themen wie „Sensorik“⁴⁰, „Grüne Technologien“⁴¹, „Genetisch modifiziertes Weidelgrass“⁴² sowie „Wasserstoff“⁴³ erstellt.

4.2.3 Teknologisk Fremsyn - Technology Foresight in the Danish Ministry of Science, Technology and Innovation

4.2.3.1 Kurzbeschreibung der Studie

Name der Studie	Teknologisk Fremsyn – Technology Foresight in the Danish Ministry of Science, Technology and Innovation
	http://www.teknologiskfremsyn.dk/index.php?id=6
Auftraggeber:	Ministry of Science, Technology and Innovation http://www.videnskabsministeriet.dk
Durchgeführt von:	Ministry of Science, Technology and Innovation
Erscheinungsjahr:	je nach Einzelstudie unterschiedlich, von 2003 bis 2006 (geplant)
Zeithorizont:	je nach Thema unterschiedlich, zwischen 2012 und 2025

³⁹ Das „Danish Board of Technology“ ist ein unabhängiges Beratungsorgan des Dänischen Parlaments, das die Aufgabe hat, Kenntnisse über Technologien und ihre Auswirkungen auf Gesellschaft und Umwelt öffentlich zu verbreiten.

<http://www.tekno.dk/subpage.php3?page=forside.php3&language=uk>

⁴⁰ http://www.risoe.dk/sys/tes/projekter/sensor_technology_foresight_study.htm

⁴¹ http://www.risoe.dk/sys/tes/projekter/green_tech_foresight.htm

⁴² <http://www.risoe.dk/sys/tes/projekter/ryegrass.htm>

⁴³ <http://www.h2foresight.info>

2001 wurde ein dänisches Technologieprognoseprojekt „Teknologisk Fremsyn“ des Ministeriums für Wissenschaft, Technologie und Innovation aufgelegt. Im Rahmen dieses Projektes sollen Studien zu verschiedenen technologischen bzw. sozioökonomischen Bereichen erstellt werden. Fünf der geplanten neun Studien sind abgeschlossen und veröffentlicht, und zwar Nanowissenschaften und Nanotechnologie, Biotechnologie und Gesundheit, Ubiquitäres Computing, Grüne Technologien sowie Hygiene.

„Teknologisk Fremsyn“

Neun Studien geplant

Arbeit von Expertengruppen

Das Technologieprognoseprojekt ist national ausgerichtet. Der betrachtete Zeithorizont ist je nach Studie unterschiedlich (siehe Tabelle 4.2). Methodisch basieren alle neun Studien auf der Arbeit von Expertengruppen (pro Studie gab/gibt es zwischen 7 und 17 Experten), deren Aufgabe darin besteht, Szenarien zu diskutieren und Handlungsempfehlungen in den Bereichen Forschung, Bildung, Regulierung technologischer Dienstleistungen etc. auszuarbeiten. Weiterhin sollen in den Studien die technologischen Bereiche identifiziert werden, die für Dänemark besonderes Innovationspotenzial aufweisen.

Tabelle 4.2: Struktur des „Teknologisk Fremsyn“-Projektes⁴⁴

Gliederungsebene I	Gliederungsebene II
Nanotechnologie (2004); Zeithorizont: 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Nanomedizin und Pharmakotherapie • Biokompatible Materialien • Nanosensoren und Nanofluidtechnik • Kunststoffelektronik • Nanooptik und Nanophotonik • Nanokatalyse und Wasserstofftechnologie • Nanomaterialien mit neuen Funktionseigenschaften
Biotechnologie und Ge- sundheit (2004); Zeithorizont: 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Genomik und Proteomik des Menschen • Stammzellen • Bioelektronik • Pervasive Healthcare
Ubiquitäres Computing (2003); Zeithorizont: 2012	<ul style="list-style-type: none"> • Szenario „Big is beautiful“: Einzug von Ubiquitärem Computing in viele Unternehmensbranchen • Szenario „Icebreaker“: Einzug von Ubiquitärem Computing in das Gesundheitssystem als Motor für weitere Wirtschaftsbranchen • Szenario „The Specialists“: Ubiquitäres Computing beschränkt auf Hochtechnologie-Nischen • Szenario „Free Play“: Durchbruch von Ubiquitärem Computing auf dem Verbrauchermarkt
Grüne Technologien (2003); Zeithorizont: 2013 - 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Flexible Energiesysteme mit erhöhtem Windenergieanteil • Systematische Optimierung des Energieverbrauchs in Gebäuden • Umweltverträgliche Landwirtschaft • Präzisionslandwirtschaft • Biolandwirtschaft • Designmethoden für grüne Produkte und Materialien

⁴⁴ Zu den Studien in grau waren zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses noch keine weiteren Informationen verfügbar, so dass diese nicht in die Analyse einfließen.

Hygiene (2005); Zeithorizont: 2015 - 2025	<ul style="list-style-type: none"> Identifizierung & Verfolgung von Mikroorganismen in der Umwelt, in Nahrungsmitteln, Krankenhäusern und Institutionsgebäuden und Risikoabschätzung Entwicklung, Häufigkeit und Ausbreitung von Mikroorganismen/Kolonisation durch Mikroorganismen Praktische Umsetzung des Wissens im Bereich Hygiene Neue Strategien, um Krankheitsübertragung zu unterbrechen
Kognition und Robotik (in Arbeit); Zeithorizont: 2015	k. A.
Alternde Gesellschaft 2030 (in Arbeit); Zeithorizont: 2030	k. A.
Informations- und Kommunikationstechnologien – vom Bauernhof auf den Tisch (in Arbeit); Zeithorizont: 2010 - 2015	k. A.
Mobile und drahtlose Technologien (geplant)	k. A.

4.2.3.2 Inhaltsanalyse

Transport und Verkehr, Logistik

Das Thema „Transport und Verkehr, Logistik“ wird in der Technologieprognose nicht eingehend behandelt, sondern nur als viel versprechendes Anwendungsgebiet von Ubiquitärem Computing dargestellt. Durch den Einsatz von kleinen, fast unsichtbaren Chips werden neue Wege und Mittel der Kontrolle und Überwachung von Containern oder sogar von einzelnen Produkten und WarenSendungen ermöglicht.

Luft- und Raumfahrt

Das Technologiefeld der Luft- und Raumfahrt wird in der Technologieprognose nicht untersucht.

Bauen und Wohnen

Das Technologiefeld „Bauen und Wohnen“ wird in der Technologieprognose nur unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit betrachtet. Dänemark strebt eine erhebliche Senkung des Energieverbrauchs in Häusern und Bürogebäuden an (siehe Abschnitt „Energie“).

Meerestechnik und Schifffahrt

Das Technologiefeld der Meerestechnik und Schifffahrt wird in der Technologieprognose nicht untersucht.

Energie

Die Technologieprognose fokussiert sich auf nachhaltige Energienutzung und insbesondere auf folgende Ziele:

(1) Flexible Energiesysteme mit steigendem Anteil an Windenergie

Dänische Firmen besitzen eine Spitzenposition auf dem Weltmarkt für Windturbinen. Es wird erwartet, dass dieser Markt sich in den nächsten sieben Jahren vervierfacht. Ziel ist es, die dänische Position in den kommenden Jahren zu behaupten.

Flexiblere Systeme für die Strom- und Wärmeerzeugung bilden den Kern einer steigenden Nutzung der Windenergie. Dazu werden verstärkt Hard- und Software entwickelt. Aber auch an neuen technischen Problemlösungen wird geforscht: Insbesondere die Beherrschung von Überkapazitäten, die in Zeiten mit viel Wind und wenig Verbrauch entstehen, ist eine Schlüsselaufgabe für die nächsten Jahre. Hier strebt Dänemark eine Führungsrolle an. Technische Lösungsansätze könnten auf Brennstoffzellen basieren, bei denen der Wasserstoff als Energiespeicher für die überschüssige Windenergie benutzt wird, oder auch in einer besseren Koordination der verschiedenen Formen der Energieproduktion.

Beherrschung von
Überkapazitäten

Um sich auch weiterhin an der Spitze der Entwicklungen im Bereich Windenergie behaupten zu können, will Dänemark die Wirtschaftlichkeit von Windturbinen kontinuierlich optimieren. Ferner soll gezeigt werden, dass ein noch höherer Anteil an Windenergie in der Gesamtenergieversorgung möglich ist.

Weiterhin sieht Dänemark in der zunehmenden Verwendung der Windenergie seinen Beitrag, die CO₂-Emissionen entsprechend den Bestimmungen des Kyoto-Protokolls zu reduzieren.

(2) Optimierung des Energieverbrauchs in Häusern und Gebäuden

Nach Aussage der Studienautoren entstehen 50 % des dänischen Energieverbrauchs und damit auch der CO₂-Emissionen in Häusern und Gebäuden. Es wird angestrebt, durch systematische Energieoptimierung den Energieverbrauch in Häusern und Gebäuden um 2/3 zu reduzieren.

Während bislang Energieeinsparungen vorwiegend durch verbesserte Isolierung und neue Fenster erreicht wurden, muss der nächste Schritt darüber hinaus die Optimierung der Gebäudeverwendung beinhalten. Dazu sollen integrierte Systeme und Konzepte entwickelt werden, die die Energieeffizienz steigern, aber gleichzeitig einen hohen Komfort und ein gutes Raumklima sicherstellen. Diese Konzepte beinhalten nicht nur Lüf-

**Natürliche
Lichtquellen**

tungs-, Klima-, Heizungs- und Beleuchtungssysteme, sondern berücksichtigen auch Haushaltgeräte, Maschinen und Bürogeräte.

Die größten Potenziale zur Energieeinsparung liegen bei neuen Gebäuden in der geeigneten Auswahl und Kombination der Baumaterialien, in der Verwendung natürlicher Lichtquellen sowie in effizienteren Heizungs- und Klimasystemen. Bei existierenden Gebäuden liegen sie u. a. in neuen Konzepten des Renovierens mit verbesserter Isolierung, Fenstern und technischen Installationen.

Baumaterialien

Ferner wird explizit auf die dänische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Energieeinsparung in Gebäuden hingewiesen. Durch diese Arbeiten ist es gelungen, Expertise in diesem Gebiet auf verschiedenen Ebenen (Wissenschaft, Technik und Industrie) aufzubauen. Weiterhin wird die Expertise im Bereich energiesparender Baumaterialien und Fenster, Isolierungen, energieeffizienter Maschinen und Kompressoren hervorgehoben.

Nano- und Mikrosystemtechnologie

Die Nanotechnologie wird als sehr wichtiges technologisches Feld angesehen, das eine neue industrielle Revolution einleiten könnte. Insbesondere die Breite ihrer Anwendungen, die von IuK-Technologien über Materialtechnik, Umwelt- und Energietechnologien bis hin zur Medizin reicht, wird als große Chance begriffen. Dänische Forscher und Unternehmen haben eine starke internationale Position in verschiedenen Gebieten der Nanotechnologie. Dänemark wird daher bis 2020 einer der weltweiten Marktführer in der Beherrschung der Nanotechnologie in ausgewählten Bereichen sowie in der Umsetzung industrieller Anwendungen sein.

**Vorschlag für einen
Aktionsplan**

Die Expertengruppe hat einen Vorschlag für einen Aktionsplan mit folgenden Maßnahmen ausgearbeitet:

(1) Investitionen in Forschung und Innovation

Der vorgeschlagene Aktionsplan sieht zusätzlich zu den Investitionen einzelner Institute eine Gesamtinvestition Dänemarks für Nanotechnologie in Höhe von 53 - 60 Millionen EUR⁴⁵ pro Jahr vor. Die empfohlenen Investitionen entsprechen einer etwa vier- bis fünffachen Erhöhung der jetzigen Investitionen im Bereich Nanotechnologie. Folgende Initiativen bzw. Projekte sollen gefördert werden:

- Hochprioritäre Initiativen in Höhe von insgesamt etwa 20 - 27 Millionen Euro in sieben ausgewählten technologischen Berei-

⁴⁵ Die Zahlen wurden gemäß dem Währungsstand vom 11. Oktober 2005 umgerechnet, wobei 100 DKK etwa 13,4 Euro entsprechen.

chen, die auf technologische Entwicklung und industrielle Anwendungen zielen.

- Visionäre Initiativen in Höhe von insgesamt etwa 20 Millionen Euro in Bereichen mit mittelfristigem Umsetzungspotenzial.
- Forschungsprojekte in Höhe von insgesamt etwa 13 Millionen Euro in Bereichen mit langfristigem Umsetzungspotenzial.

(2) Hochprioritäre Technologiebereiche

Basierend auf spezifischen Kriterien für Dänemark wurden sieben Technologiebereiche höchster Priorität identifiziert, wobei die Reihenfolge keine Rangfolge darstellt:

- Nanomedizin, insbesondere Wirkstofftransporttechnologien;
- Biokompatible Materialien;
- Nanosensorik und Nanofluidik;
- Polymerelektronik;
- Nanooptik und Nanophotonik;
- Nanokatalyse-Verfahren, Wasserstofftechnologien;
- Nanomaterialien mit neuen funktionellen Eigenschaften.

(3) Nanotechnologiezentren

Die Gründung von zwei „nationalen Zentren für strategische Forschung und Innovation im Bereich Nanotechnologie“ wird dringend empfohlen. Diese Zentren sollten dort gegründet werden, wo hochprioritäre und visionäre Initiativen konzentriert sind. Ferner sollten sie die notwendige kritische Masse besitzen, um international Wissenschafts- und Technologieführer in ihrem jeweiligen Bereich zu werden.

(4) Betrachtung der Risiken, Gesundheit, Umwelt und Ethik

Neben den erwarteten positiven Chancen und Auswirkungen gibt es beträchtliche Unsicherheiten sowie neue und teilweise unbekannte Risiken in Bezug auf Nanotechnologie. Die Expertengruppe empfiehlt daher, dass mögliche negative Aspekte sorgfältig in den individuellen Aktivitäten behandelt werden sollten.

Materialtechnik

Die Materialtechnik wird in der Technologieprognose nicht eingehend untersucht. Biokompatible Materialien sowie Nanomaterialien mit neuen funktionellen Eigenschaften wurden aber als zwei von sieben Technologiebereichen in der Nanotechnologie mit hoher Priorität für Dänemark identifiziert (vgl. Abschnitt „Nano- und Mikrotechnologie“).

Grünes Design**Produktions- und Prozesstechnik**

Die Studienautoren weisen darauf hin, dass die industrialisierte Welt in einem noch nicht da gewesenen Ausmaß konsumiere. Falls sich daran nichts ändere, sei nach Ansicht der Studienautoren in den nächsten 20 Jahren mit einem Anstieg des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Ressourcen um 50 % und massiven Umweltproblemen zu rechnen. Es wird daher als notwendig angesehen, verstärkt auf grünes Design zu setzen, d. h. auf umweltfreundliche Produkte bzw. Produktions- und Prozesstechniken. Das Innovationspotenzial für Dänemark wird als enorm angesehen, da Dänemark bereits in vielen Bereichen eine Spitzensstellung in der Entwicklung „grünen Designs“ einnimmt. Produkte könnten zunehmend modular hergestellt werden, um so die Teile einfacher zu trennen und gleichzeitig die Wiederverwertung zu erhöhen. Grünere Produkte können auch mit Hilfe neuer energieeffizienter Materialien und Produktionsprozesse hergestellt werden. Das bedeutet, dass Produkte und Dienstleistungen entlang ihres gesamten Lebenszyklus betrachtet werden, von der Gewinnung des Rohmaterials über Produktion, Verteilung, Gebrauch bis hin zur Entsorgung.

Optische Technologien

Optische Technologien werden in der Technologieprognose nicht explizit behandelt. Nanooptik und Nanophotonik werden als eine von sieben hochprioritären Technologiebereichen für Dänemark identifiziert (siehe auch Abschnitt „Nano- und Mikrotechnologie“). Ferner werden optische Nanostrukturen für die Ultrahochgeschwindigkeits-Kommunikation als für Dänemark strategisch wichtig hervorgehoben.

Ubiquitäres Computing**Informations- und Kommunikationstechnologien**

Ubiquitäres Computing ist ein neues Konzept der Informationstechnologien: Kleine, fast unsichtbare Chips können in jede Art von Objekten eingefügt werden, wie beispielsweise in Kleidung, Möbeln, Autos, Kugelschreibern usw. Über drahtlose Internetverbindungen wird es möglich, jederzeit und von überall mit dem betreffenden Objekt zu kommunizieren. Ubiquitäres Computing bietet nahezu beliebig viele Möglichkeiten für die dänische Wirtschaft, da es quasi keine Grenzen für Produkte und Dienstleistungen gibt, die nicht von dieser Technologie profitieren könnten. Anwendungsbeispiele reichen von der Kleidungsindustrie über das Gesundheitswesen bis hin zur Landwirtschaft. Die Technologieaspekte werden in der Technologieprognose allerdings nicht detailliert beschrieben, stattdessen werden eher Umsetzungsmaßnahmen empfohlen.

Weder der öffentliche Sektor noch die Industrie besitzen die erforderlichen Kapazitäten und Ressourcen, um die vielen möglichen Anwendungen von Ubiquitärem Computing gleichzeitig voranzutreiben. Als Start

wird daher empfohlen, sich auf wenige Anwendungsbereiche, in denen Dänemark über spezielle Qualifikationen verfügt, zu konzentrieren. So können Kompetenzen aufgebaut werden, die die Infrastruktur für weitere Entwicklungen in Industrie und öffentlichem Bereich zur Verfügung stellen könnte.

Als das Schlüsselprojekt wird „IT im Bereich der Gesundheitsversorgung“ empfohlen: Sowohl Krankenhäuser als auch der gesamte Bereich der Gesundheitsversorgung eignen sich nach Ansicht der Studienautoren besonders gut für den Einsatz von Ubiquitärem Computing.

Schlüsselprojekt
empfohlen

Als weitere Innovationsbereiche mit großem Zukunftspotenzial, in denen Ubiquitäres Computing eingeführt werden könnte, wurden folgende benannt:

- Digitale Identität;
- Gebäudemanagement;
- Nahrungsmittel;
- Unterhaltungsindustrie.

Elektronik

Die Elektronik wird in der Technologieprognose wenig betrachtet. Die Polymerelektronik wird als eine von sieben hochprioritären Technologiebereichen für Dänemark identifiziert (siehe auch Abschnitt „Nano- und Mikrotechnologie“). Ferner wird die Bioelektronik als eine Schlüsseltechnologie angesehen (siehe Abschnitt „Biotechnologie und Life Sciences“).

Biotechnologie und Life Sciences

Anwendungen der Biotechnologie in der Medizin/Pharmazie bzw. im Gesundheitsbereich werden als strategisch wichtig für Dänemark hervorgehoben. Es wurden Schlüsseltechnologien identifiziert, die das Potenzial haben, die Behandlung, Heilung und Pflege der Menschen grundlegend zu verbessern.

(1) Genomik und Proteomik

Die Kartierung der menschlichen DNS (Desoxyribonukleinsäure) hat zu einem grundsätzlich neuen Umgang mit Gesundheit und Krankheit geführt. Die Entwicklung geht in Richtung individualisierter und präventiver Formen der Behandlung, ausgehend von genetischen Dispositionen, genetischen Screenings, Diagnostik und innovativen Behandlungsmethoden.

Folgende viel versprechende Anwendungsbereiche wurden identifiziert:

Genetische Diagnose:

- Personalisierte Genprofile (Genkarten)
- Pränatale Diagnostik

Vorsorge:

- Erkennen von Krankheiten vor dem Auftreten äußerlicher Symptome

Individualisierte Behandlungen:

- Gentherapie
- Pharmakogenetik (wie genetische Faktoren die Körperreaktionen auf Medikamente beeinflussen)

Effektivere Behandlungen von Infektionen, die durch Viren und Bakterien verursacht werden

(2) Stammzellen

Die Forschung an Stammzellen zielt auf das Verstehen und das Nutzenbarmachen von körpereigenen Ressourcen. Dies ermöglicht die Entwicklung neuer Behandlungsmethoden, in denen Stammzellen defekte Zellen oder Gewebe ersetzen

Folgende viel versprechende Anwendungsbereiche wurden identifiziert:

Stammzelltherapie:

- Neuro-degenerative Krankheiten (Parkinson, Alzheimer etc.)
- Gehirn- und Knochenmarkkrankheiten
- Diabetis Typ 1 (Regeneration insulinproduzierender Zellen)
- Degenerative Muskelerkrankungen
- Schwere Leberschäden
- Nebeneffekte von Krebsbehandlungen

Organkultivierung:

- Haut
- Knorpel- und Knochengewebe

(3) Bioelektronik

Integration von
Biomaterialien und
elektronischen
Systemen

Die Erforschung der Eigenschaften von Zellen und ihrer Wechselwirkung mit der Umgebung hat neue Formen der Integration und Interaktion von Biomaterialien und elektronischen Systemen möglich gemacht. Bioelektronik wird als viel versprechend für die medizinische Geräte-technologie dargestellt (z. B. elektronische Implantate für die Rehabilitation oder Biosensoren zu Monitoringzwecken).

Folgende viel versprechende Anwendungsbereiche wurden identifiziert:

Nanoskalige Bioelektronik:

- Nanoroboter
- Biologische Computer
- Biosensoren
- Biochips

Elektronische Implantate:

- Implantate, die mit Nerven kommunizieren können
- Künstliche Nervenstimulation
- Künstliche Tastsinne
- Künstliche Organe

Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung

Es wird erwartet, dass sich die Gesundheitsversorgung und in geringerem Maße auch der Ernährungsbereich in den nächsten Jahren grundlegend verändern wird und zwar durch den Einzug von (1) Ubiquitarem Computing, (2) Bio- und (3) Nanotechnologien.

(1) „Pervasive Healthcare“, die Einführung von Ubiquitarem Computing in den Gesundheitsbereich, wird in diesem Zusammenhang als eine Schlüsseltechnologie angesehen.

Folgende viel versprechende Anwendungsbereiche wurden identifiziert:

Verbesserte Nutzung und Sammlung von Daten***Verbesserte Arbeitsabläufe für Klinikangestellte:***

- Verbesserte Nutzerschnittstellen
- Höhere Zahl intelligenter Systeme

Zunahme der Selbst-Behandlung:

- Automatisches und mobiles Monitoring
- Verbesserte Kommunikation
- „Stationäre“ Behandlung zu Hause (Virtuelles Krankenhaus)

Im Ernährungsbereich könnte Ubiquitäres Computing zu mehr Qualitätskontrolle in der Lebensmittelkette verhelfen.

(2) Die Biotechnologie könnte neue Behandlungs- und Diagnosemethoden ermöglichen, wie beispielsweise Gentherapie, individualisierte Behandlungsmethoden sowie Stammzelltherapie (siehe auch Abschnitt „Biotechnologie und Life Sciences“).

(3) Von der Nanotechnologie werden sowohl neue Behandlungs- und Untersuchungsmethoden als auch die Herstellung neuer Medikamente erwartet.

Die Forschung an der Identifizierung, Verfolgung und Risikoabschätzung von Mikroorganismen in der Umwelt, in Lebensmitteln, in Krankenhäusern und anderen Einrichtungen wird als Schlüsselaufgabe für die nächsten Jahre benannt. Ziel der verstärkten Forschung ist es, schnellere und zuverlässigere Nachweismethoden für bekannte Mikroorganismen zu erhalten, Methoden zur Identifizierung neuer Organismen zu entwickeln sowie die Verfolgung von Mikroorganismen zu ermöglichen, um die Ausbreitung von lokalen bzw. globalen Krankheiten zu verhindern.

Ferner werden Forschungsarbeiten an folgenden Fragestellungen vorgeschlagen:

- (1) Welche Veränderungen verwandeln einen harmlosen in einen krankheitserregenden Mikroorganismus?
- (2) Wie überleben Mikroorganismen den Übergang zwischen verschiedenen Umgebungen und wie breiten sie sich aus? Diese Fragestellung beinhaltet die internationalen Verbreitungswege von Mikroorganismen durch Menschen und Lebensmittel sowie Tiere und Tierfutter.
- (3) Wie entwickeln und verbreiten sich Resistenzen gegenüber antimikrobiellen Substanzen (Antibiotika, Desinfektionsmitteln etc.)? Darunter fallen auch interdisziplinäre Studien zur Ausbreitung von Resistenzen in Gesellschaft und bestimmten Behandlungsumgebungen.
- (4) In welchem Verhältnis steht die Anfälligkeit des Individuums für Infektionen zu seiner Genetik, Umwelt, seinem Gesundheitszustand und seiner Keimbelastung?
- (5) Welche neuen Produkte und Methoden zur Reinigung, Desinfektion und Wiederverwendung von Geräten können die Beeinträchtigungen der Nutzer verringern?
- (6) Mit welchen Methoden lässt sich der Einsatz von Antibiotika reduzieren, um die Entstehung resistenter Bakterienstämme zu vermeiden?
- (7) Wie lassen sich Lebensmittel besser dekontaminieren?

Nachhaltigkeit und Umwelt

Durch gezielte Entwicklung alternativer und zukunftsorientierter Landwirtschaftssysteme, wie beispielsweise der Präzisions- und Biolandwirtschaft, kann die Landwirtschaft einen Beitrag zum nachhaltigen Wachstum leisten.

(1) Präzisionslandwirtschaft

Präzisionslandwirtschaft verbindet Informationstechnologien, Fernsenso-rik und Robotertechnologie zur Weiterentwicklung traditioneller Landmaschinen. Dies ermöglicht die differenzierte Anwendung von Düng- und Schädlingsbekämpfungsmittel auf Feldern gemäß dem tatsächlichen Bedarf der Pflanzen bzw. den tatsächlichen Bodenbedingungen. So kann der Einsatz von problematischen Zusatzstoffen und damit auch das Ausmaß der Umweltbelastungen minimiert werden. In der Tierproduktion kann die Präzisionslandwirtschaft computergestützt Gesundheit, Verhalten und Produktionsbedingungen für jedes Tier überwachen.

Das technische Entwicklungspotenzial kann an folgenden Beispielen gezeigt werden: (a) Sensor- und Computereinsatz zur Bestimmung von Pflanzenerträgen, Pflanzenqualität, Unkrautverbreitung, Pflanzenkrankheiten, Pflanzenschädlinge sowie das Ertragspotenzial von Böden, (b)

Computer gesteuerte Systeme zur Dampfbehandlung von Unkraut und Präzisionsmaschinen zur Besprühung von Unkraut und (c) Intelligente Pflüge und Ställe.

(2) Biolandwirtschaft

Biolandwirtschaft beruht auf der Idee, dass Landwirtschaft ein Teil des natürlichen biologischen Kreislaufs sein sollte. Die Hauptziele sind die Verhinderung von Verschmutzung, die Erhaltung bzw. Steigerung der Fruchtbarkeit der Böden sowie die Arbeit an geschlossenen Stoffkreisläufen. Die Biolandwirtschaft ist charakterisiert durch eine vielseitige und ausgewogene Fruchtfolge, in der die Landwirte mehrjährige, stickstoffbindende Pflanzen einsetzen und biologische Düngemittel verwenden.

Das technologische Potenzial liegt zum einen in der weiteren Erforschung des ökologischen Landwirtschaftssystems selbst (Nährstoffe, Unkraut, Anbaumethoden, organischer Pflanzenschutz etc.), zum anderen in der Weiterentwicklung von Sä-, Jät- und Bodenbearbeitungsmaschinen (z. B. zur Optimierung des Düngemitteleinsatzes oder der Unkrautbehandlung). Zudem ist die Produktentwicklung ökologischer Lebensmittel von immenser Bedeutung.

Verteidigung und Sicherheit

Das Thema „Verteidigung und Sicherheit“ wird in der Technologieprognose nicht untersucht.

Dienstleistungen

Das Thema „Dienstleistungen“ wird in der Technologieprognose nicht behandelt.

4.3 Indien

4.3.1 Nationales Innovationssystem

Indiens durchschnittliche Innovationskraft liegt hinter derjenigen der meisten asiatischen Länder zurück. Mit 0,8 % des Bruttoinlandproduktes (BIP) befindet sich die Forschungsquote auf einem sehr niedrigen Niveau.⁴⁶ Die Wissenschafts- und Forschungslandschaft des Landes zeichnet sich zudem durch ihre Heterogenität aus. Typisch sind so genannte „technologische Inseln“, in denen wissenschaftliche und technologische Spitzenleistungen erbracht werden, die dem Vergleich mit High-tech-Entwicklungen westlicher Industriestaaten standhalten⁴⁷ – vor allem in der Biotechnologie und in den Informations- und Kommunikationstechnologien. Darüber hinaus ist der private Sektor in Indien wenig innovativ.⁴⁸ Dies hat mehrere Gründe: Erstens befanden sich die Unternehmen auf Grund der politischen Lage des Landes lange in keiner Wettbewerbssituation und müssen erst eine Innovationskultur entwickeln, zweitens ist die Forschungsförderung der öffentlichen Hand nur sehr niedrig und drittens ist auch die Zusammenarbeit zwischen den öffentlichen Universitäten und Forschungszentren einerseits sowie dem privaten Sektor andererseits noch sehr schwach.

Einer der Gründe für die Innovationsschwächen Indiens ist die Tatsache, dass bis vor kurzem keine konsequente Innovationspolitik verfolgt wurde. Dies soll sich durch die kürzlich gegründete „**National Innovation Foundation**“(NIF)⁴⁹ ändern, die die innovationsrelevanten politischen Richtlinien koordinieren und deren Implementierung überwachen soll. Weiterhin leistet die NIF einen Beitrag zu einer partizipativen nachhaltigen Entwicklung Indiens, indem sie – in Zusammenarbeit mit der „Society for Research Initiatives for Sustainable Technologies and Institution“ (SRISTI)⁵⁰ – die so genannten „grassroots green innovations“ unterstützt. Damit sind nachhaltige Innovationen gemeint, die auf das kreative Potenzial indigener Völker und insbesondere der Landbevölkerung zurückzuführen sind und auf lokaler Ebene entwickelt werden⁴⁶.

„Technologische Inseln“

Biotechnologie und IuK

Ziel: „Supermacht des Wissens“

Indien verfolgt das ehrgeizige Ziel, innerhalb der nächsten 10 Jahre zu einer „Supermacht des Wissens“ zu werden. Bis 2007 sollen die Ausgaben für Forschung auf 2 % des BIP erhöht werden; weiterhin soll der industriefinanzierte Anteil an den Forschungsausgaben gesteigert wer-

⁴⁶ Tsipouri, 2005

⁴⁷ So zum Beispiel im Technologiezentrum um Bangalore im Süden des Landes.

⁴⁸ Der Anteil der Industrie an Forschungs- und Entwicklungsausgaben beträgt derzeit nicht mehr als 27%. Quelle: Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de

⁴⁹ <http://www.nifindia.org/>

⁵⁰ <http://www.sristi.org/cms/>

den, und zwar durch fiskalische Anreize, die Erleichterung des Imports erprobter Technologien und moderner Forschungsgeräte, die Einrichtung von Technologieparks und die Verbesserung des Informationsstandes der Unternehmen über laufende Forschungsprogramme und Technologieentwicklungen.⁵¹

Das Innovationssystem Indiens, das in der Abbildung 4.3 (siehe Seite 49) dargestellt wird, ist zentral um das **Ministerium für Wissenschaft und Technologie (MOST)**⁵² organisiert. Die Aufgabe des MOST ist die Organisation, Koordination und Unterstützung der indischen Aktivitäten in Wissenschaft und Technologie wie auch die internationale Zusammenarbeit in diesem Bereich. Dem Ministerium direkt unterstellt sind das „**Department of Science and Technology“ (DST)**⁵³, das „**Department of Scientific and Industrial Research“ (DSIR)**⁵⁴ und das „**Department of Biotechnology“ (DBT)**⁵⁵. Diesen „Departments“ sind jeweils weitere Beratungs- und Förderinstitutionen unterstellt.

MOST zentrale Organisation des NIS

- Das „**Department of Science and Technology“ (DST)** ist u. a. zuständig für die Formulierung der generellen Forschungspolitik des Landes, die Koordinierung der staatlichen Forschung sowie die Unterstützung und Förderung der Forschungseinrichtungen. Darüber hinaus ist das DST verantwortlich für die internationale Zusammenarbeit in Forschung und Technologie.

Weitere Beratungs- und Förder-institutionen

Dem DST untergeordnet sind die oben schon erwähnte „**National Innovation Foundation**⁵⁶“ und drei Förderinstitutionen: das „**Technology Development Board**⁵⁷“ fördert gemeinsame Forschungsprojekte von Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen und der „**Science and Engineering Research Council**⁵⁸“ und solche in aufkommenden wissenschaftlichen und technologischen Bereichen. Schließlich unterstützt der „**National Science and Technology Entrepreneurship Development Board**“ (**NSTEDB**)⁵⁹ sich selbstständig machende Wissenschaftler.⁴⁶

Der „**Technology Information, Forecasting and Assessment Council (TIFAC)**⁶⁰“, der auch dem DST unterstellt ist, ist für die

⁵¹ Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de

⁵² www.mst.nic.in

⁵³ www.dst.gov.in

⁵⁴ www.dsir.nic.in

⁵⁵ www.dbtindia.nic.in

⁵⁶ Vgl. Fußnote 104

⁵⁷ <http://www.tdbindia.org>

⁵⁸ <http://serc-dst.org>

⁵⁹ www.nstedb.com

⁶⁰ www.tifac.org.in

Weitere Regierungs-
einrichtungen

Technikfolgenabschätzung und die Technologievorausschau zuständig.⁴⁶

- Das „**Department of Scientific and Industrial Research**“ (**DSIR**) hat zum Ziel, Forschung und Entwicklung zu fördern, Unternehmen bei der Entwicklung von neuen Technologien zu unterstützen und einen schnelleren Transfer von Forschungsergebnissen in die industrielle Anwendung zu gewährleisten. Ein Teil des DSIR ist der „**Council of Scientific and Industrial Research**“ (**CSIR**), die größte Forschungseinrichtung Indiens mit rund 40 Instituten und 20.000 Mitarbeitern.
- Dem „**Department of Biotechnology**“ (**DBT**) unterstehen wichtige Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Biotechnologien wie das National Institute of Immunology in Delhi, das National Center for Cell Science in Pune, das National Center for Plant Genome Research in Delhi sowie das Institute of Life Sciences in Bhubaneswar.

Neben dem Ministerium für Wissenschaft und Technologie sowie den oben genannten Departments sind einige weitere Regierungseinrichtungen in teilweise erheblichem Umfang mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben betraut: das „**Department of Agricultural Research and Education**“ (**DARE**) (www.dare.nic.in), das „**Department of Atomic Energy**“ (**DAE**) (www.dae.gov.in), das „**Department of Space**“ (**DOS**) (www.isro.org), das „**Department of Defense Research and Development**“ (www.mod.nic.in), das „**Department of Ocean Development**“ (Meeresforschung und -technik, indische Antarktispolitik und -forschung – www.dod.nic.in), das „**Ministry of Non Conventional Energy Sources**“ (www.mnes.nic.in), das „**Ministry of Environment and Forests**“ (www.envfor.nic.in) und das „**Ministry of Communications and Information Technology**“, (insbesondere die „**Department of Telecommunications**“ – www.dot.gov.in und „**Department of Electronics**“).

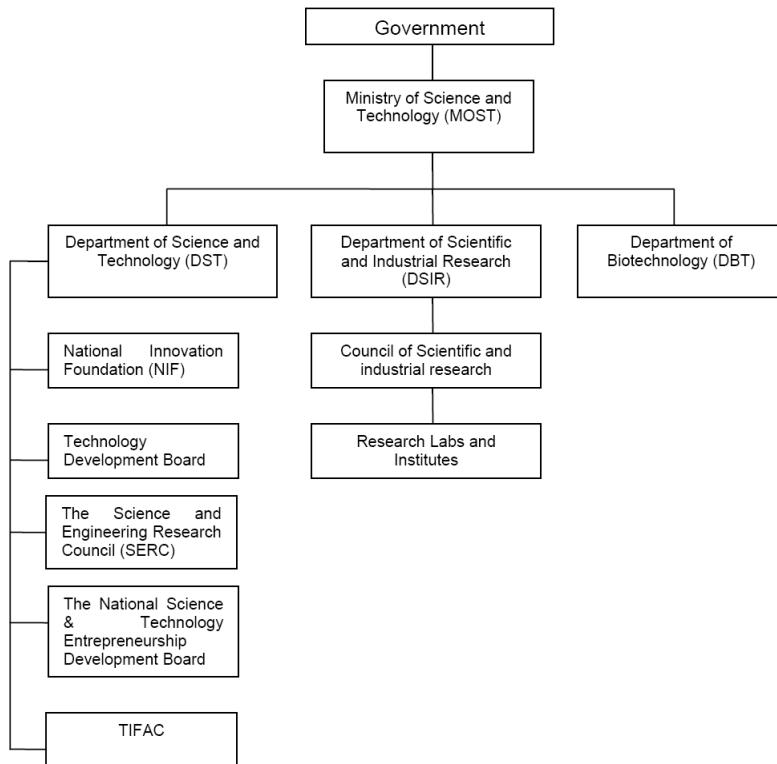


Abbildung 4.3: Das Nationale Innovationssystem Indiens⁴⁶

4.3.2 Aktivitäten im Bereich Technologieprognosen

Der „Technology Information, Forecasting and Assessment Council (TIFAC)“ hat im Jahr 1993 ein nationales Vorausschau-Projekt mit dem Namen „Technology Vision 2020“ begonnen, bei dem Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Forschungs- und Entwicklungsagenturen sowie von Regierungsbehörden mitgewirkt haben. Insgesamt wurden im Rahmen der Studie 17 Sektoren mit über 100 Unterbereichen bearbeitet, die von besonderer Bedeutung für das Land sind. Die Sektoren wurden in drei Kategorien eingeteilt: Technologien mit sozioökonomischen Auswirkungen, Infrastruktur sowie Hochtechnologie. Das Projekt endete mit dem Abschlussbericht im Jahr 1996.

„Technology Vision 2020“ im Jahr 1993

Seit dem Projekt „Vision 2020“ fand keine nationale und alle Bereiche umfassende Technologieprognose mehr statt. Allerdings werden vom TIFAC regelmäßig neue Studien zu Einzelthemen veröffentlicht.

4.3.3 Studien des TIFAC

Die Studien des TIFAC aktualisieren, ergänzen und ersetzen in Teilen die 1996 abgeschlossene Studie „Vision 2020“. Sie sind das Ergebnis von Technologievorausschau und -bewertung sowie technologieorientierten Marktanalysen. Seit 1990 wurden insgesamt 147 Studien veröffentlicht.

In den Jahren 2003 und 2004 erschienen insgesamt neun Studien, die für die folgende Inhaltsanalyse ausgewählt wurden.

Tabelle 4.3: Übersicht über Struktur und Inhalte der Studien

Gliederungsebene I	Gliederungsebene II
Brennstoffzellen (Studie: „Fuel Cells“, 2004)	Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle Alkalische Brennstoffzelle Direktmethanolbrennstoffzelle Phosphorsäurebrennstoffzelle Flüssigkarbonatbrennstoffzelle Feststoffoxidbrennstoffzelle
Nichteisenmetalle ⁶¹ (Studie: „Non-Ferrous Metals-Strategy cum Source Books: Nickel, Cobalt, Chromium, Vanadium“, 2003)	Nickel Kobalt Chrom Vanadium
Zement (Studie: „Technology Forecasting for Indian Cement Industry“, 2003)	Rohmaterialien Ausrüstung Produkte und Diversifikation Brennstoffe Energieeffizienz Klima- und Umweltverträglichkeit
Hitzebeständige, keramische Baustoffe („Demand Projection of Refractories for the Next Ten Years“, 2003)	Anwendung für die Produktion von Eisen und Stahl Zement Aluminium Kupfer Zink Glas Keramik Petrochemikalien
Biochips (Studie: „A Survey On The Microarray (Biochips) With A Focus On Technology Transfer“, 2004)	Detektion von Einzelnukleotid-Polymorphismen Miniaturisierung Integration, „Lab-on-a-Chip“ Datenbanken, Bioinformatik Markerfreie Detektion
Transgene Pflanzen (Studie: „Transgenic Plants – Prospects And Concerns“, 2003)	Verbesserte landwirtschaftliche Eigenschaften Verbesserte Produktqualität Pflanzen als Bioreaktoren
Transgene Tiermodelle (Studie: „Transgenic Animal Models“, 2003)	Grundlagenforschung Krankheitsmodelle Tests von Substanzen Produktion von Therapeutika Landwirtschaft Xenotransplantation
Biologisch abbaubares Plastik (Studie: „Biodegradable Plastics“, 2003)	Stärke-basiertes Bioplastik Biopolymere auf Basis von Sojabohnen Wasserlösliche Biopolymere

⁶¹ Weitere Nichteisenmetalle werden in anderen Schriften behandelt, die aber nicht im betrachteten Zeitausschnitt (2003/2004) publiziert wurden.

	Triglyceride Polyhydroxyalkonate Polymilchsäure
Feste Abfallstoffe von Stahlwerken (Studie: „Management of Steel Plant Solid Wastes“, 2003)	Nutzung für Zement Glasbildende Materialien und Gläser Rückgewinnung von Zink und Zinkoxidkristallen Glaskeramik Eisenoxidpulver Keramische Wand und Bodenfliesen Fliesen aus synthetischem Granit Verschleißfeste keramische Produkte Lärm- und Hitzeisolierende Platten Naturfaserverstärkte Türen und Fensterläden Dachpappe

4.3.3.1 Inhaltsanalyse

Transport und Verkehr, Logistik

In einer Studie zur Brennstoffzellentechnologie (siehe auch Abschnitt zu Energie) wird unter anderem der Einsatz von Brennstoffzellen in Fahrzeugen diskutiert. Die Entwicklung von Brennstoffzellenbussen ist für den Einsatz in den stark verkehrsbelasteten Städten Indiens von besonderem Interesse und war bereits Gegenstand der Förderung in Indien.

Brennstoffzellenbusse

Luft- und Raumfahrt

Unter den Publikationen des TIFAC der Jahre 2003 und 2004 findet sich keine eigenständige Studie zum Thema Luft- und Raumfahrt.

Bauen und Wohnen

Die vom TIFAC durchgeführte Analyse der indischen Zementindustrie (siehe Abschnitt „Prozess- und Produktionstechnik“) erfolgt vor dem Hintergrund eines dringend erforderlichen, massiven Ausbaus der indischen Verkehrs- und Wohninfrastruktur.⁶⁶ So sollen im Rahmen des „National Highways Development Project“ fast 7.000 km moderne sechsspurige Schnellstraßen aus Beton entstehen. Als Vorteile von Straßen aus Beton gegenüber Straßen auf Bitumenbasis werden u. a. geringere Wartungskosten und ein niedrigerer Treibstoffverbrauch für den Schwerlastverkehr angeführt. Außerdem ist in den nächsten Jahren der Bau von jährlich 2 Millionen Häusern geplant, um dem bestehenden Bedarf an 30 Millionen Häusern gerecht zu werden. Es wird deshalb mit einer Verdopplung der Zementproduktion zwischen dem Jahr 2000 und 2010 auf dann 200 Millionen Tonnen gerechnet. Als ein Trend in der Bauindustrie wird der zunehmende Gebrauch von Fertigbeton genannt.

Massiver Ausbau der Infrastruktur erforderlich

Meerestechnik und Schifffahrt

Unter den Publikationen des TIFAC der Jahre 2003 und 2004 findet sich keine eigenständige Studie zum Thema Meerestechnik und Schifffahrt.

Energie

Eine Studie des TIFAC von Februar 2004 befasst sich mit Brennstoffzellen.⁶² Das Interesse an diesem Thema wird folgendermaßen erläutert: Auf Grund der stetig wachsenden Wirtschaft sieht sich die indische Regierung mit einer stark ansteigenden Nachfrage nach Elektrizität konfrontiert. Um dieser Nachfrage gerecht zu werden, bemüht sich die Regierung, die Kapazitäten zur Stromerzeugung auszubauen und setzt dabei auf Kernenergie, Wasserkraft sowie auf konventionelle, thermische Kraftwerkstechnik, wobei die Kontrolle des Schadstoffausstoßes nur wenig berücksichtigt wird. Trotz der Anstrengungen zum Ausbau der Kapazitäten kann die Nachfrage nicht gedeckt werden, so dass es insbesondere im Sommer immer wieder zu Stromausfällen kommt. Um dennoch eine ununterbrochene Stromversorgung in Bürogebäuden und Fabriken sicherzustellen, werden üblicherweise Dieselgeneratoren vor Ort eingesetzt, die zur Luftverschmutzung beitragen und von denen eine Lärmbelastung ausgeht. Die emissions- und geräuschearme Stromerzeugung in Brennstoffzellen erscheint vor diesem Hintergrund als eine attraktive Option für Indien. Daneben wird auch die Verwendung von Brennstoffzellen in Fahrzeugen als interessant angesehen. Als weitere Anwendungen werden genannt: Stromversorgung von tragbaren Elektrogeräten sowie die kombinierte Strom- und Wärmeversorgung von Wohnungen insbesondere in Siedlungen abseits des Versorgungsnetzes.

Es werden sechs wesentliche Typen von Brennstoffzellen betrachtet:

- Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle (Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC);
- Alkalische Brennstoffzelle (Alkaline Fuel Cell, AFC);
- Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (Direct Methanol Fuel Cell, DMFC);
- Phosphorsäure-Brennstoffzelle (Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC),
- Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle (Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC);
- Festoxid-Brennstoffzelle (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC).

Die folgende Tabelle 4.4 stellt die Anwendungen möglicher indischer Kunden hinsichtlich der präferierten Brennstoffe sowie der dahinter stehenden Technologie dar.

Tabelle 4.4: Anwendungen möglicher indischer Kunden hinsichtlich der präferierten Brennstoffe sowie der dahinter stehenden Technologie

Anwendungen	Brennstoff	Technologie
Fahrzeuge	Wasserstoff	PEMFC
Raumfahrt	Wasserstoff	AFC
Tragbare Geräte	Methanol	DMFC
Stationäre Stromversorgung	Erdgas	PAFC
Stationäre Stromversorgung	Erdgas	MCFC
Stationäre Stromversorgung	Benzin, Erdgas	SOFC

Für die Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie in Indien wurde folgende Roadmap aufgestellt:

- 2006 PEMFC für tragbare Anwendungen;
- 2007 Brennstoffzellenbusse mit komprimiertem Wasserstoff als Brennstoff und Metallhydriden als Wasserstoffspeicher;
- 2009 DMFC für tragbare Anwendungen;
- 2010 Demonstration von Brennstoffzellenfahrzeugen;
- 2013 MCFC für verstreute Stromerzeugung;
- 2015 SOFC für die Anwendung in Fahrzeugen;
- 2018 Brennstoffzellen für die Stromerzeugung in ländlichen Regionen;
- 2020 Etablierung einer Wasserstoffinfrastruktur;
- 2022 Kommerzialisierung der Brennstoffzelle.

Nano- und Mikrosystemtechnologie

Unter den Publikationen des TIFAC der Jahre 2003 und 2004 findet sich keine eigenständige Studie zum Thema Nano- und Mikrosystemtechnologie.

Materialtechnik

In einer gemeinsamen Schriftenreihe des „Indian Institute of Metals (IIM)“ und des TIFAC werden technische Daten zu Nichteisenmetallen zusammen mit Informationen zur Strategie in Indien aufgearbeitet. Im Jahr 2003 erschien der vierte Band in dieser Reihe zu den als Hochtem-

peraturmetalle bezeichneten Elementen Nickel, Kobalt, Chrom und Vanadium.⁶³

Nickel

Rostfreie Stähle auf Nickelbasis

Für die zukünftige Verwendung von rostfreien Stählen auf Nickelbasis werden u. a. diese Beispiele angeführt:

- Brennstoffzellen für Automobile: Rostfreie Stähle auf Nickelbasis zeigen eine höhere Resistenz gegenüber bestimmten Elektrolyten und erlauben so die Reduzierung von Größe und Gewicht der Zelle. Auch ist die Wahrscheinlichkeit für das Spröde werden unter Einfluss von Wasserstoff für diese Stähle geringer.
- Eisenbahnwagen: In Indien wurde ein Schlafwagen auf Basis von rostfreiem Stahl entwickelt, der sich durch exzellente Widerstandsfähigkeit bei Kollisionen auszeichnet.
- Erdbebensichere Gebäude: Die Verwendung von rostfreiem Stahl in Beton erhöht die Sicherheit von Gebäuden, da konventionelle Stähle durch den Kontakt mit Beton korrodieren, wodurch die ursprüngliche Stabilität reduziert wird. Gerade in erdbebengefährdeten Regionen wird daher der Einsatz rostfreier Stähle in Gebäuden zunehmend bevorzugt.

Als weitere Beispiele für den zukünftigen Gebrauch von Nickel-Legierungen werden Implantate, Form-Gedächtnis-Werkstoffe und Verschlüsse für die Abdeckung hoch entwickelter elektronischer Geräte genannt.

Kobalt

Rückgang des Gebrauchs von Kobalt erwartet

Nach Einschätzung der Studienautoren sind metallurgische Anwendungen von Kobalt weit seltener als von Nickel. Es sind demnach gegenwärtig nur sehr wenige Kobalt-Legierungen im Gebrauch. Zudem wird versucht, diese durch Nickel-Legierungen zu ersetzen.⁶⁴ Auch bei Permanentmagneten ist die Dominanz von Kobalt-Samarium durch die neuen Neodym-Eisen-Bor-Magnete gebrochen. Eine wichtige Rolle von Kobalt wird noch im Bereich der Schneidwerkzeuge gesehen, wobei sich dies durch Erfolge in der Entwicklung von Werkzeugen auf Basis von Keramik-Kompositen ändern könnte. Auch bei wieder aufladbaren Batterien sind Anstrengungen im Gange, alternative Materialien zu finden. Es wird daher insgesamt mit einem Rückgang des Gebrauchs von Kobalt in zukünftigen Anwendungen gerechnet.

⁶³ IIM und TIFAC (Hrsg.): “Non-Ferrous Metals Strategy com Source Book – Book 4 – Nickel, Cobalt, Chromium, Vanadium” (2003) Kalkutta und Neu-Delhi, ISBN 81-901375-3-0

⁶⁴ Legierungen auf Nickel-Basis werden jedoch oft kleinere Anteile Kobalt beigefügt.

Chrom

Das Kapitel über Chrom enthält kurzfristige Vorhersagen zur steigenden Nachfrage nach Chrom und Chromerzen (parallel zum wachsenden Bedarf an rostfreien Stählen). Zu neuen und künftigen Anwendungen von Chrom und Chrom-Legierungen finden sich keine Aussagen.

Vanadium

Vanadium wird zurzeit zu 90 % in Legierungen verwendet. Neben der Verwendung in Legierungen entstehen aber fortlaufend neue Anwendungen, für die in der Studie folgende Beispiele genannt werden:

- Redox-Batterien auf Vanadiumbasis haben Potenzial für Anwendungen in Elektrofahrzeugen, da sie sich instantan durch Austausch des verbrauchten Elektrolyten aufladen lassen.
- Vanadium kann in Gläsern als UV-Filter wirken und zur Färbung von Glas in verschiedenen Farben genutzt werden.
- Tinten auf Vanadiumbasis sind haltbarer und weniger korrosiv für Füllfederhalter als normale Tinten.

Darüber hinaus werden in der Studie einige medizinische Anwendungen von Vanadium-Verbindungen hervorgehoben.

Medizinische Anwendungen von Vanadium-Verbindungen

Biologisch abbaubares Plastik ist Thema einer Studie des TIFAC, die im Abschnitt „Nachhaltigkeit und Umwelt“ vorgestellt wird.

Produktions- und Prozesstechnik

Eine Studie des TIFAC von Mai 2003 analysiert umfassend die indische Zementindustrie inklusive ihrer wirtschaftlichen und technologischen Entwicklungsaussichten.⁶⁵ Die indische Zementindustrie erlebt seit ihrer vollständigen Deregulierung im Jahr 1989 ein starkes Wachstum einhergehend mit einer raschen Modernisierung und technologischen Verbesserung. Indien ist heute nach installierter Produktionskapazität und Jahresproduktion weltweit der zweitgrößte Zementhersteller hinter China.⁶⁶ Moderne indische Zementwerke sind dabei von höchstem technischem Standard und erreichen Weltniveau. Für die Zementversorgung in der Fläche spielen auch eine Vielzahl von kleinen und Mini-Zementwerken eine wichtige Rolle. Diese Zementwerke sehen sich jedoch einem zunehmenden Wettbewerbsdruck ausgesetzt.

Indische Zementindustrie

⁶⁵ TIFAC (Hrsg.): „Technology Forecasting for Cement Indusry“ (2003) Neu-Delhi

⁶⁶ Der Zementverbrauch pro Einwohner lag in Indien im Jahr 2000 bei 99 kg und gehörte damit zu den weltweit niedrigsten. Zum Vergleich werden u. a. die folgenden Werte genannt (jeweils für das Jahr 2000): Japan 559 kg/Einw.; Deutschland 466 kg/Einw.; China 448 kg/Einw.; USA 382 kg/Einw.; UK 217 kg/Einw.

Verbesserung der Energieeffizienz

Die Zementproduktion ist sehr energieintensiv. Vor dem Hintergrund des Klimaschutzes ist sie daher stark ins internationale Interesse gerückt. Wie die Studienautoren hervorheben, hat sich deshalb in der indischen Zementindustrie – auch wegen der hohen Energiekosten – ein ausgeprägtes Interesse an einer Verbesserung der Energieeffizienz sowie der Klima- und Umweltverträglichkeit der Zementproduktion entwickelt, so dass diese Faktoren die wesentlichen Treiber der Technologieentwicklung darstellen. Während Zementfabriken bislang in der öffentlichen Meinung hauptsächlich wegen der starken Staubentstehung als Quellen der Umweltverschmutzung angesehen wurden, gehen die Studienautoren davon aus, dass die Zementsfabrik der Zukunft ein wichtiger Baustein für eine nachhaltige Entwicklung Indiens sein wird:

- Das Verfahren der elektrostatischen Präzipitation zur Reduzierung der Staubemissionen wird zunehmend durch leistungsfähigere Filteranlagen ersetzt, die zudem weniger empfindlich auf kleinere Störungen des Produktionsprozesses reagieren.
- Die Abwärme der Brennöfen kann zur Stromerzeugung genutzt werden. Es werden Abschätzungen aufgeführt, wonach der hierdurch erzeugte Strom ausreichen kann, den gesamten Bedarf des Zementwerks zu decken.
- Nebenprodukte und Abfallstoffe anderer Industriezweige können dem Ausgangsmaterial für die Zementproduktion hinzugefügt werden. Ein typisches Beispiel dafür ist Flugasche.
- Durch Vermahlen von Zementklinker mit Flugasche, Hochofenschlacke und anderen ähnlichen Materialien entstehen Zementmischungen bei gleichzeitiger Reduzierung von CO₂-Emissionen.
- Brennbare Abfälle aller Art aus Industrie und Landwirtschaft können zur Befeuerung der Brennöfen in der Zementindustrie genutzt werden. Auf Grund der hohen Temperaturen, der langen Verweilzeiten im Brennofen und der dort herrschenden oxidativen Bedingungen werden organische Konstituenten zerstört, während sich die anorganischen Bestandteile mit dem Rohmaterial verbinden und die Menge des produzierten Zementklinkers leicht erhöhen.

Inkrementelle Fortschritte

Daneben stehen inkrementelle Fortschritte der gesamten Prozesskette: Erhöhung der elektrischen und thermischen Energieeffizienz der einzelnen Anlagenteile, Möglichkeit der Verwertung von Kalkstein auch milderer Qualität und Nutzung von Kohle milderer Qualität sowie von anderen fossilen Brennstoffen. Auf diese inkrementellen Fortschritte ist auch die gegenwärtige indische F&E-Agenda ausgerichtet. Dem werden in der betrachteten Studie aber auch langfristige, futuristische, disruptive Technologien mit einem Zeithorizont von 2013 bis 2018 gegenübergestellt (obwohl sie von keiner der großen F&E-Einrichtungen derzeit aktiv verfolgt werden):

- Zementherstellung durch Nutzung von Kernenergie in der Herstellung des Zementklinkers,
- Zementherstellung durch Nutzung von Wind-, Sonnen- und Wellenenergie sowie
- Herstellung von kaltem Zement ohne Brennprozesse.

In der Studie wird auch eine langfristige Vision eines kalkstein- und kohlefreien Zementwerks (ohne Angabe eines Zeithorizonts) aufgestellt, das ein Maximum an gefährlichen und toxischen Industrieabfällen verbraucht und daraus umweltfreundlich Zement als integrale Komponente einer nachhaltigen Entwicklung produziert.

Langfristige Vision

Hitzebeständige, keramische Baustoffe sind der Gegenstand einer Studie des TIFAC vom Juni 2003.⁶⁷ Die Studie legt eine detaillierte Prognoserechnung für den zukünftigen Bedarf an hitzebeständigen, keramischen Baustoffen vor – aufgeschlüsselt nach Produktgruppen und Hauptanwendungsbranchen: Eisen und Stahl, Zement, Aluminium, Kupfer, Zink und Blei, Glas, Keramik sowie Düngemittel und Petrochemie. Insgesamt wird ein Anstieg des Verbrauchs erwartet, ausgehend von 0,733 Millionen Tonnen im Jahr 2001/2002 auf 1,094 Millionen Tonnen im Jahr 2006/2007 und auf schließlich 1,161 Millionen Tonnen im Jahr 2011/2012.

Hitzebeständige, keramische Baustoffe

Die Studie weist zudem auf ein drängendes Problem der Branche hin: Die Verkaufspreise für die hitzebeständigen Baustoffe sind im Zeitraum 1998 - 1999 bis 2000 -2001 drastisch gefallen, bei gleichzeitig steigenden Kosten für die Rohstoffe. Auch wird festgestellt, dass die Produktionsausrüstung deutlich verbessert und die Entwicklung von einheimischer Produktionsausrüstung vorangetrieben werden muss. In Folge der Globalisierung sind die Abnehmer der hitzebeständigen Baustoffe kostenbewusster geworden. Die Studienautoren stellen fest, dass es den Anwendern der hitzebeständigen Baustoffe gelungen ist, deren spezifischen Verbrauch zu reduzieren. Die Beschaffung der hitzebeständigen Baustoffe beruht mittlerweile auf garantierten Lebensdauern und beinhaltet häufig Dienstleistungen, wie die Installation und Wartung der hitzebeständigen Auskleidungen beim Endkunden. Der Wert der Auskleidungen wird dabei am erreichbaren Durchsatz (z. B. an Stahl) gemessen. Die Studienautoren erwarten, dass Technologieführerschaft in den kommenden Jahren einen engen Kontakt des Anbieters von hitzebeständigen Baustoffen mit dem Endanwender bedeuten wird, um eine präzise Kenntnis der jeweiligen Produktionsprozesse zu erlangen und so individuell angepasste, innovative Produkte und Systeme anbieten zu können.

Preisverfall für hitzebeständige Baustoffe

⁶⁷ TIFAC (Hrsg.), „Demand Projection for Refractory over the Next Ten Years in India“, Neu-Delhi (2003)

Optische Technologien

Unter den Publikationen des TIFAC der Jahre 2003 und 2004 findet sich keine eigenständige Studie zum Thema der optischen Technologien.

Informations- und Kommunikationstechnologien

Unter den Publikationen des TIFAC der Jahre 2003 und 2004 findet sich keine eigenständige Studie zum Thema Informations- und Kommunikationstechnologien.

Elektronik

Unter den Publikationen des TIFAC der Jahre 2003 und 2004 findet sich keine eigenständige Studie zum Thema Elektronik.

Biotechnologie und Life Sciences

Biochips

Biochips sind der Schwerpunkt einer Studie des TIFAC von Februar 2004.⁶⁸ In der Studie werden die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von Biochips hervorgehoben, u. a.: Genexpressionsanalysen in der funktionalen Genomik, DNS-Sequenzierung, Analyse von Einzelnukleotid-Polymorphismen und Punktmutationen, Charakterisierung von Mutationen, Anwendungen in der landwirtschaftlichen Biotechnologie, Diagnostik von Erkrankungen, Entdeckung von Zielmolekülen in der Medikamentenentwicklung, Analyse der Wirkung von Medikamenten und Toxinen im Allgemeinen und bei einzelnen Patienten.

Als zukünftige Trends bei den Biochips werden die folgenden Entwicklungslinien betont:

- Speziell entwickelte DNS-Chips werden dazu genutzt werden, um das Genom abzurastern und Einzelnukleotid-Polymorphismen zu detektieren.
- Reduktion der Größe der DNS-Punkte auf dem Chip und bessere Scanner werden es erlauben, größere Teile des Genoms auf einem Chip abzudecken.
- Kleinere Probenvolumina werden es ermöglichen, kleine Mengen von spezialisierten Zellen – wie sie etwa durch Laser-Mikrodissektion gewonnen werden – ohne Einsatz einer RNA-Verstärkung zu analysieren.
- DNS-Chips können zum Aufbau von Datenbanken genutzt werden, die es erlauben, Genexpressionsmuster mit dem Patientensta-

⁶⁸ TIFAC (Hrsg.), „A Survey on the DNA Microarray (Biochips) with Focus on Technology Transfer“, Neu-Delhi (2004)

tus zu korrelieren und so Aussagen zur Wirksamkeit von Therapien zu gewinnen.

- Ein weiterer wichtiger Trend besteht im Übergang zu integrierten Biochips, die die Funktionen der Filtration, der Flüssigkeiten-Handhabung, der Mischung von Reagentien, der Polymerase-Kettenreaktion und sogar der Kapillarelektrophorese beinhalten können. Treiber für diese Entwicklung ist der Bedarf von pharmazeutischen Firmen, Hochdurchsatz-Verfahren zur Wirkstoffsuche schnell, parallel und mit minimalem Einsatz an Reagentien einzusetzen.
- Übergang von der Fluoreszenzmarkierung zum elektrischen Nachweis: Die Fluoreszenzmarkierung ist aufwändig, sie kann das Ergebnis verfälschen und sie verursacht Kosten auf Grund des erforderlichen Einsatzes empfindlicher und teuerer Detektoren. Daher wäre es sehr wünschenswert, die Hybridisierung einer bestimmten Stelle auf dem Chip auf anderem Wege (möglichst durch ein elektrisches Signal) nachweisen zu können. Gleichzeitig soll sich dabei idealer weise das Ausmaß der Hybridisierung quantifizieren lassen und keine Modifizierung der Probe vor der Hybridisierung nötig sein. Zur Erreichung dieses Ziels sind bereits große Anstrengungen erfolgt, die bislang für einige Ansätze die prinzipielle Machbarkeit gezeigt haben. Allerdings ist noch offen, ob der erforderliche Durchsatz und eine ausreichende Empfindlichkeit erzielt werden können.

Die Situation in Indien wird wie folgt eingeschätzt: Es bestehen in Indien erste Erfahrungen mit der Biochiptechnologie, vor allem in renommierten nationalen Forschungseinrichtungen aber auch an Universitäten. Für die Zukunft wird global ein starkes Marktwachstum erwartet und eine parallel dazu verlaufende Entwicklung in Indien. Gegenwärtig gibt es jedoch keine eigene Technologieentwicklung in Indien und nur stark eingeschränkte Möglichkeiten zur Ausbildung von Personal. Das Ziel der Studie war es, die Kosten und Bedingungen für einen Technologietransfer nach Indien zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurden etwa 300 Unternehmen kontaktiert (allerdings mit einem sehr geringen Rücklauf). Auf Grund dieses geringen Interesses ausländischer Unternehmen an einem Technologietransfer resümiert der Studienautor daher, dass eine eigene Technologieentwicklung in Indien wünschenswert sei. Diese wird als ein schwieriges jedoch nicht unmögliches Unterfangen bewertet; gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass der gegenwärtige Stand der Technik noch genügend Raum für Verbesserungen aufweist. Genannt werden bspw.: bessere Substratmaterialien, eine stärkere Automatisierung und die Adaptierung des Chip-Formats für neue enzymatische Techniken.

Keine eigene Technologieentwicklung in Indien

Transgene Pflanzen

In einer Studie des TIFAC von Juni 2003 werden Zukunftsperspektiven und Bedenken im Zusammenhang mit transgenen Pflanzen diskutiert.⁶⁹ Im Jahr 1996 wurden schädlingsresistente transgene Pflanzen weltweit erstmals kommerziell angebaut. Fünf Jahre später dann auch in Indien.⁷⁰ Die Forschung an transgenen Pflanzen in Indien wird gegenwärtig ausschließlich von öffentlichen Forschungseinrichtungen getragen. Die Aktivitäten im privaten Sektor beschränken sich auf die konventionelle Kreuzung verfügbarer transgener Pflanzen mit einheimischen Arten. In Indien herrscht eine – von den Autoren begrüßte – positive Grundhaltung zur gentechnischen Veränderung von Pflanzen und es wird darin eine unerlässliche Ergänzung zur konventionellen Pflanzenzucht gesehen. Sowohl die Regierungspolitik als auch das wissenschaftliche Klima im Land unterstützen die Anwendung von biotechnologischen Werkzeugen, einschließlich der Transgenik, als Mittel zur nachhaltigen Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität.

Steigerung der Pflanzenproduktivität

International betrachtet wird als Ausgangspunkt der Entwicklungen die Verbesserung landwirtschaftlicher Eigenschaften von Nutzpflanzen benannt: Schädlingsresistenz, Herbizidresistenz, Virustoleranz und verlängerte Haltbarkeit der produzierten Feldfrüchte. Es wird erwartet, dass auch in den nächsten Jahren der Forschungsschwerpunkt auf eine verbesserte Pflanzenproduktivität und eine größere Belastbarkeit der Pflanzen (Schädlinge, Krankheiten, Mangelsituationen) gerichtet sein wird. In Indien wird Handlungsbedarf gesehen für intensivere Arbeiten an der Erhöhung der Schädlingsresistenz von Pflanzen. Eine Resistenz gegenüber Bakterien und Pilzen wurde durch die Transgenik bisher noch nicht erreicht – hier gibt es aber viel versprechende Ansätze, die Erfolge in der nahen Zukunft erwarten lassen. Herbizidresistenz war dagegen in Indien bisher nicht von Interesse. Als Grund dafür wird angeführt, dass die Anbauflächen in Indien durchschnittlich eher klein sind und eine Herbizidresistenz deswegen keine wirtschaftlichen Vorteile für die Anbauer bringt.

Verbesserung der Produktqualität

Nach Ansicht der Studienautoren deuten alle Indikationen darauf hin, dass in den kommenden Jahren die Anstrengungen zunehmend darauf zielen werden, die Produktqualität der Feldfrüchte zu verbessern. Verbesserung der Gehalte an Proteinen, Fetten, Kohlehydraten und anderen wichtigen Nährstoffen wie Vitaminen, Provitaminen und Mineralstoffen werden demnach angestrebt. In Indien ist die Beseitigung der Mangelernährung allgemein von hohem Interesse und speziell bei Kindern sowie werdenden bzw. stillenden Müttern. Hier werden Lösungsansätze in transgenen Pflanzen mit erhöhtem Nährstoffgehalt gesehen.

⁶⁹ TIFAC (Hrsg.), „Transgenic Plants - Prospects and Concerns“, Neu-Delhi (2003)

⁷⁰ Die mit transgenen Pflanzen bebaute weltweite Fläche verteilt sich auf folgende Länder: USA (68%), Argentinien (22%), Kanada (6%), China (3%).

Für die Studienautoren ist es jenseits allen Zweifels, dass in nicht allzu ferner Zukunft Pflanzen zu den attraktivsten Bioreaktoren gemacht werden. Diese Bioreaktoren werden essbare Impfstoffe, Antikörper, Bioplastik, hochgesättigte Fette für industrielle Zwecke, Pharmazeutika und eine Vielzahl anderer metabolischer Produkte von wirtschaftlicher Bedeutung erzeugen können. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass pflanzliche Bioreaktoren völlig andere Formen der Kultivierung, Prozessierung und Biosicherheit erfordern werden als die konventionelle landwirtschaftliche Pflanzenproduktion.

Pflanzen als Bioreaktoren

Die Kenntnis der Genome von *Arabidopsis* (2000) und Reis (2003) haben nach Einschätzung der Studienautoren völlig neue Dimensionen des Verständnisses der Gen- und Genomstruktur sowie der Genfunktion eröffnet. In diesem Zusammenhang wird auf die hohe Bedeutung von Schutzrechten für geistiges Eigentum hingewiesen. Zwar sind DNS-Sequenzen per se nicht patentierbar, wohl aber sobald ihnen eine Funktion zugeordnet ist. Es wird erwartet, dass Indien vor diesem Hintergrund stark von der funktionellen Genomik profitieren kann, insbesondere weil es über eine enorme Biodiversität verfügt.

Indien verfügt über enorme Biodiversität

Eine Studie des BCIL⁷¹ im Auftrag des TIFAC von Januar 2003 befasst sich mit transgenen Tiermodellen und beschreibt u. a. den gegenwärtigen F&E-Stand und das zukünftige Anwendungspotenzial in Indien.⁷² Es werden sieben Anwendungsgebiete benannt, die unterschiedlich weit entwickelt sind:

- Grundlagenforschung: Untersuchung fundamentaler Aspekte der Genexpression und -entwicklung von Säugetieren;
- Krankheitsmodelle: Etablierung von Modellsystemen für die Untersuchung menschlicher Erkrankungen;
- Tests: Ausführung von verschiedenen Tests, wie z. B. für Impfstoffe, Toxizitätsuntersuchungen;
- Produktion von Therapeutika: Expression von pharmazeutisch wichtigen Proteinen in Tiermilch;
- Landwirtschaft: Manipulation der Eigenschaften von Vieh;
- Xenotransplantation: als Quelle von Organen zur Transplantation.

Transgene Tiermodelle

Es wird die Erwartung geäußert, dass mit Blick auf die Vorteile und die enormen Potenziale dieser gegenwärtigen und neu entstehenden Anwendungen mit einem beträchtlichen Anstieg der Nutzung transgener Tiere zu rechnen ist und zwar weltweit – einschließlich Indien. Es wird darauf

Anstieg der Nutzung transgener Tiere

⁷¹ Biotech Consortium India Limited (BCIL): www.biotech.co.in

⁷² TIFAC (Hrsg.), „Transgenic Animal Models“, Neu-Delhi (2003)

Hohe Entwicklungskosten

hingewiesen, dass im Vergleich zu den globalen Entwicklungen die Forschung an transgenen Tieren in Indien jedoch noch am Anfang steht. In Anbetracht der hohen Entwicklungskosten wird erwartet, dass zur Deckung der lokalen Erfordernisse neben den einheimischen Quellen auch Importe zum Tragen kommen. Allerdings gehen die Studienautoren davon aus, dass der tatsächliche Fortschritt nicht allein von den wissenschaftlichen Entwicklungen, sondern auch von sozialen und ethischen Anliegen abhängen wird.

Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung

Unter den Publikationen des TIFAC der Jahre 2003 und 2004 findet sich keine eigenständige Studie zum Thema Gesundheit und Ernährung. Einige der Aussagen im vorigen Abschnitt zu transgenen Pflanzen und transgenen Tiermodellen weisen aber enge Bezüge zu diesem Themenkomplex auf.

Nachhaltigkeit und Umwelt

Biologisch abbaubares Plastik

Biologisch abbaubares Plastik ist der Gegenstand einer gemeinsamen Studie des TIFAC und des NRDC⁷³ vom Februar 2003.⁷⁴ Zwar liegt in Indien der Pro-Kopf-Verbrauch an Plastik mit etwa 3 kg deutlich unter dem Wert in entwickelten Ländern von etwa 30 - 40 kg. Dennoch ist der Plastikverbrauch in absoluten Zahlen recht hoch und es wird ein weiterer Anstieg des Verbrauchs erwartet. Die Studienautoren weisen auf den hohen Ressourcenverbrauch durch Plastik und die massiven Umweltprobleme hin, die insbesondere durch unsachgemäß entsorgtes Plastikmaterial verursacht werden. Deswegen werden die Wiederverwendung von Plastik, das Recycling aber auch die Vermeidung von langlebigen Plastikabfällen als wichtiges Anliegen betrachtet.

Massive Umweltprobleme

Vor diesem Hintergrund wird das Potenzial von biologisch abbaubarem Plastik für Indien untersucht. Als biologisch abbaubar werden Materialien bezeichnet, die unter dem Einfluss von Mikroorganismen entweder in Kohlendioxid und Wasser oder in Methan und Wasser verwandelt werden und dies sowohl unter aeroben als auch anaeroben Bedingungen. Die folgenden Beispiele für neue Sorten von Bioplastik werden aufgeführt:

- Stärke-basiertes Bioplastik ist das derzeit kostengünstigste Biopolymer. Es lässt sich sowohl durch Film-Extrusion als auch im Spritzguss verarbeiten.

⁷³ National Research Development Corporation (NRDC): www.nrdcindia.com

⁷⁴ TIFAC (Hrsg.), „Biodegradable Plastics“, Neu-Delhi (2003)

- Biopolymere auf Basis von Sojabohnen: Im Labor konnte gezeigt werden, dass sich Sojaprotein durch moderne Extrusions- und Spritzgussverfahren prozessieren lässt.
- Viele wasserlösliche Biopolymere, wie Stärke, Gelatine, Sojaprotein, Kasein und Zein, bilden nach geeigneter Plastifizierung flexible Filme.
- Triglyceride können durch Glasfaser-Verstärkung die Basis für haltbare, robuste Composite mit Einsatzmöglichkeiten bei landwirtschaftlichen Geräten, im Automobilbau sowie als Baumaterial bilden. Neben Glasfasern können auch Naturfasern, z. B. aus Jute, Hanf, Flachs, Holz und sogar aus Stroh oder Heu, verwendet werden.
- Polyhydroxyalkonate werden durch Bodenbakterien produziert und können im Boden, in Kompost oder im marinen Sediment natürlich abgebaut werden.
- Polymilchsäure hat sich zu einem signifikanten, kommerziellen Polymer entwickelt. Sie eignet sich für transparente Verpackungen und biomedizinische Anwendungen, wie etwa für Nähte und prothetische Materialien.

Als potenzielle Märkte für biologisch abbaubares Plastik in Indien werden die folgenden Sektoren identifiziert:

- Agro-Industrie;
- Verpackungsindustrie;
- Biomedizin;
- Gartenbau;
- Molkerei-Industrie.

Nach einer im Rahmen der Studie durchgeführten Umfrage werden jedoch die meisten Plastikhersteller ihre Produktion nicht freiwillig auf biologisch abbaubare Plastikprodukte umstellen. Außerdem weisen die Studienautoren darauf hin, dass Plastik-Recycling für ein Land wie Indien wichtiger ist als biologische Abbaubarkeit von Plastik. Deswegen wird es als notwendig angesehen, zu untersuchen, welche Auswirkungen die Mischung von abbaubaren und nicht abbaubaren Plastik-Sorten während des Recyclings hat.

Plastik-Recycling
wichtiger

Der Umgang mit den festen Abfallstoffen von Stahlwerken wird in einer Studie des MECON⁷⁵ im Auftrag des TIFAC untersucht.⁷⁶ Die Heraus-

Feste Abfallstoffe
von Stahlwerken

⁷⁵ Mecon Limited: www.meconlimited.com

⁷⁶ TIFAC (Hrsg.), „Management of Steel Plant Solid Wastes“, Neu-Delhi (2003)

Kosteneffizienz

forderung für den Werkstoff Stahl im neuen Millennium besteht nach Aussage der Studienautoren nicht mehr darin, seine Kapazität zur Generierung von Wachstum zu beweisen, sondern darin zu zeigen, dass es ein Material mit Zukunft ist, das sich fest in das Konzept der nachhaltigen Entwicklung integrieren lässt. Die intrinsische Eignung von Stahl zum vollständigen Recycling bildet dafür eine gute Ausgangsbasis. Aufgabe der Stahlindustrie bleibt es vor diesem Hintergrund, sämtliche Abfallstoffe einer einträchtlichen Anwendung zuzuführen. Auch aus Gründen der Kosteneffizienz gewinnen diese Überlegungen an Interesse, da sich so neue Geschäftsmöglichkeiten für die Stahlindustrie ergeben können.

In der betrachteten Studie werden die Materialflüsse von neun generischen Stahlwerkstypen analysiert und die Zusammensetzungen und Anteile der festen Abfallstoffe erfasst, die bislang ungenutzt deponiert werden. Darauf aufbauend werden neben Maßnahmen zur Abfallvermeidung auch kommerziell etablierte und wirtschaftlich rentable Technologien zur Nutzung dieser Stahlwerksabfälle identifiziert.⁷⁷ Es werden zwei Gruppen von Technologien unterschieden: Nutzung der Abfallstoffe in der Herstellung konventioneller Produkte und die Konversion der Abfallstoffe in neue Produkte. In der ersten Gruppe wird hauptsächlich auf die Möglichkeiten der Nutzung von Schlacke und Flugasche in Zement und anderen Baumaterialien verwiesen (vgl. auch Abschnitt „Produktions- und Prozesstechnik“). Als neue Produkte benennt die Studie beispielsweise:

- Glasbildende Materialien und Gläser;
- Rückgewinnung von Zink und Zinkoxidkristallen;
- Glaskeramik;
- Eisenoxidpulver;
- Keramische Wand- und Bodenfliesen;
- Fliesen aus synthetischem Granit;
- Verschleißfeste keramische Produkte;
- Lärm und Hitze isolierende Platten;
- Naturfaserverstärkte Türen und Fensterläden sowie
- Dachpappe.

Die Studienautoren kommen zu dem Schluss, dass ein F&E-Programm sowohl möglich als auch nötig ist, um die Stahlindustrie zu einer abfallfreien Branche zu machen.

Nutzung der Abfallstoffe

Neue Produkte

⁷⁷ Im Hinblick auf toxische Abfallstoffe wird angemerkt, dass gesetzliche Regelungen erforderlich sind, um geeignete Kostenanreize zu setzen.

Als wesentliche Treiber für die technologische Entwicklung in der Zementherstellung werden eine höhere Energieeffizienz sowie ein verbesselter Klima- und Umweltschutz genannt (vgl. Abschnitt „Produktions- und Prozesstechnik“).

Verteidigung und Sicherheit

Unter den Publikationen des TIFAC der Jahre 2003 und 2004 findet sich keine eigenständige Studie zum Thema Verteidigung und Sicherheit.

Dienstleistungen

Unter den Publikationen des TIFAC der Jahre 2003 und 2004 findet sich keine eigenständige Studie zum Thema Dienstleistungen.

Innovationsstrategie
in 2002

4.4 Kanada

4.4.1 Nationales Innovationssystem

Kanada gehörte Ende der 90er Jahre zu den am wenigsten innovationsfähigen G7-Ländern⁷⁸ – so das Ergebnis einer im Jahr 2001 veröffentlichten OECD-Studie.⁷⁹ Als Antwort auf dieses schlechte Abschneiden legte die kanadische Regierung im Februar 2002 eine Innovationsstrategie⁸⁰ vor mit dem Ziel, Kanada bis 2010 zu einem der fünf innovativsten Länder der Welt zu machen. Heute ist zwar Kanadas Innovationskraft mit derjenigen der EU-Länder vergleichbar; dennoch liegt das Land bei mehreren Innovationsindikatoren deutlich hinter seinem Hauptkonkurrenten, den USA, zurück – wie z. B. bei der Forschungsquote⁸¹. Zwischen 1996 und 2002 wendete Kanada im Durchschnitt nur 1,9 % seines BIP für F&E, während die USA in dieser Zeit eine durchschnittliche Forschungsquote von 2,8 % aufwiesen.⁸² Die kanadische Bundesregierung strebt an, bis 2010 den gesamten FuE-Anteil am Bruttoinlandsprodukt auf 3 % zu erhöhen⁸³, was auch dem 2002 auf dem Barcelona-Gipfel selbst gesteckten Ziel der EU-Länder entspricht. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen sowohl die öffentlichen als auch die privaten Investitionen in FuE erhöht werden. Der Anteil des privaten Sektors an den F&E-Aufwendungen ist in Kanada relativ niedrig: nur 40 % der Forschung wird von Unternehmen finanziert. Diese im Vergleich zu den USA⁸⁴ geringere Partizipation des privaten Sektors an dem Forschungsaufwand ist auf eine mangelnde Zusammenarbeit und einen nicht ausreichenden Technologietransfer zwischen öffentlichen Universitäten und Forschungsinstituten auf der einen Seite und dem privaten Sektor auf der anderen Seite zurückzuführen – mit der Konsequenz, dass Vermarktungsmöglichkeiten für Innovationen nicht ausgeschöpft werden. Eine

⁷⁸ Quelle: „Achieving Excellence - Investing in People, Knowledge and Opportunity”, Canada’s Innovation Strategy, Government of Canada, 2001. <http://innovation.gc.ca>

⁷⁹ „Main Science and Technology Indicators“, OECD, 2001

⁸⁰ „Canada’s Innovation Strategy“, 2002. Ziele der „Canada’s Innovation Strategy“ und angestrebte Wege, um diese Ziele zu erreichen, sind in den zwei im Februar 2002 veröffentlichten Berichten „Achieving Excellence: Investing in People, Knowledge and Opportunity“ und „Knowledge Matters: Skills and Learning for Canadians“ aufgezeigt: www.innovation.gc.ca.

⁸¹ Die „Forschungsquote“ oder auch „Forschungsintensität“ bezeichnet den Anteil aller innerhalb eines Landes getätigten öffentlichen und privaten FuE-Aufwendungen am BIP.

⁸² Andere Innovationsindikatoren, bei denen Kanada deutlich schlechter abschneidet als die USA, sind die Anzahl von Fachexperten pro Million Einwohner oder die Anzahl angemeldeter Patente. Vgl. dazu Luger, 2005.

⁸³ Quelle: Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de

⁸⁴ In den USA werden 2/3 der F&E-Aufwendungen vom privaten Sektor finanziert. Vgl. dazu Luger, 2005.

Verbesserung dieser Situation wird als die größte Herausforderung der Innovationspolitik für die nächsten Jahre angesehen.⁸⁵

Das Nationale Innovationssystem Kanadas wird vom föderalen Staatsaufbau geprägt, bei dem sich die bundesstaatliche Regierung sowie die 13 Provinzen und Territorien die Zuständigkeiten für Forschung und Wissenschaft aufteilen.⁸⁶ Entscheidungen über die Strategien und Richtlinien der Innovationspolitik sowie über den Forschungs- und Innovationshaushalt werden von der kanadischen Regierung auf Bundesebene getroffen, während die Provinzregierungen um die bundesstaatlichen Innovationsfördergelder konkurrieren⁸⁷ und für die Implementierung der entsprechenden politischen Maßnahmen zuständig sind.

Föderaler
Staatsaufbau

In Kanada existiert kein Forschungsministerium auf Bundesebene. Vielmehr tragen verschiedene Fachministerien und deren nachgeordnete Einrichtungen, die so genannten „**Science Based Departments and Agencies**“ (SBDAs), Verantwortung für die Forschungs- und Innovationspolitik. Auf regionaler Ebene haben zudem die kanadischen Provinzen und Territorien eigene Zuständigkeiten und Förderprogramme im Bereich der Forschung.⁸⁸ Koordiniert wird das bundesstaatliche Innovationssystem Kanadas, das in der Abbildung 4.4 (siehe Seite 73) schematisch dargestellt wird, von dem – dem Ministerium für Industrie⁸⁹ unterstellten – **Nationalen Forschungsrat (NRC)**⁹⁰. Zu den Aufgaben des NRC gehört die Koordination der einzelnen bundesstaatlichen, föderalen aber auch privaten F&E-Institutionen sowie die Vermittlung von innovationsrelevanten Informationen und Forschungsgeldern, um das Profil Kanadas in den einzelnen Wissenschafts- und Technologiebereichen zu stärken und Kanada als eines der fünf innovationsstärksten Länder der Welt zu etablieren. Schwerpunkte der Arbeit liegen dabei u. a. auf den Sektoren Biologie, Umweltwissenschaften, Nanotechnologie und Brennstoffzellen.

Kein Forschungs-
ministerium auf
Bundesebene

⁸⁵ Schon heute werden z. B. vom kanadischen „National Research Council“ (<http://www.nrc-cnrc.gc.ca/>) Förderprogramme oder solche Programme, die regionale Innovationscluster fördern, mit diesem Ziel aufgestellt. Auch großzügige Steuerbegünstigungen sollen das privatwirtschaftliche Engagement in FuE stärken. (Quelle: Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de)

⁸⁶ Siehe Informationen über die Bildungs- und Forschungslandschaft Kanadas auf: www.internationale-kooperation.de.

⁸⁷ Dieser Wettbewerb um die Innovationsfördergelder der bundesstaatlichen Regierung ist der Grund für unausgeglichene FuE-Ressourcen zwischen den Provinzen. Momentan übersteigen die von den Provinzen Quebec und Ontario bezogenen Fördergelder die bundesstaatlichen Subventionen aller anderen Provinzen zusammen. Vgl. Luger, 2005.

⁸⁸ U. a. unterliegt das gesamte Bildungswesen, einschließlich der Universitäten, den Provinzregierungen (ähnlich wie in Deutschland). Zudem haben einzelne Provinzen auch eigenständige Forschungsministerien, die insbesondere die lokalen Wissen- und Wirtschaftskräfte stärken sollen. (Quelle: Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de)

⁸⁹ www.ic.gc.ca

⁹⁰ <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/>

Akteure auf
Bundesebene

Besondere Bedeutung erlangt der NRC durch seine 40 Forschungs- und Technologiezentren.

Weitere wichtige Akteure des Innovationssystems auf Bundesebene sind:

- der „**Council of Science and Technology Advisors**“⁹¹, der die Arbeit der verschiedenen für Wissenschaft und Technologie zuständigen Ministerien evaluiert und die Regierung bei der Verbesserung ihrer F&E-Aktivitäten berät.
- der „**Advisory Council on Science and Technology**“⁹², der Kanadas Forschungs- und Innovationskraft bewertet und die Regierung bei der Festlegung nationaler Prioritäten und bei der internationalen Positionierung Kanadas berät.

Die wichtigsten bundesstaatlichen Förderorganisationen Kanadas sind:

- der „**Natural Sciences and Engineering Research Council**“ (**NSERC**)⁹³. Er investiert über 600 Millionen Dollar jährlich in die Förderung der Forschung, die von kanadischen Universitäten in den Natur- und Ingenieurwissenschaften durchgeführt wird.
- der „**Social Sciences and Humanities Research Council**“ (**SSHRC**)⁹⁴, der Spitzenforschung und wissenschaftliche Ausbildung in den Sozial- und Geisteswissenschaften, in der Bildung und im Management unterstützt.
- die „**Canadian Institutes of Health Research**“ (**CIHR**)⁹⁵. Es handelt sich bei diesen Institutionen um Kanadas wichtigstes Förderinstrument im medizinischen Bereich. Gefördert wird Forschung in verschiedenen Gebieten, wie zum Beispiel biomedizinische und klinische Forschung, Untersuchung von Gesundheitssystemen und -dienstleistungen sowie soziale, kulturelle und andere Faktoren, die die Gesundheit der Bevölkerung beeinflussen.
- die „**Canadian Space Agency**“ (**CSA**)⁹⁶. Die kanadische Raumfahrtagentur eröffnet mit ihrem „Space Science Program“ Forschern an Universitäten, anderen Forschungseinrichtungen und der Industrie die Möglichkeit, sowohl über öffentliche Programmaufrufe als auch proaktiv Förderanträge einzureichen. Geförderte Felder sind die Atmosphärenforschung, die Astronomie, die Mikrogravitation und die Erforschung der Lebenswissenschaften unter Raumfahrtbedingungen und Raumfahrtmissionen.

⁹¹ <http://www.csta-cest.ca/>

⁹² <http://acst-ccst.gc.ca/>

⁹³ <http://www.nserc.ca/index.htm>

⁹⁴ <http://www.sshrc-crsh.gc.ca/>

⁹⁵ <http://www.cihr-irsc.gc.ca/>

⁹⁶ <http://www.space.gc.ca/asc/index.html>

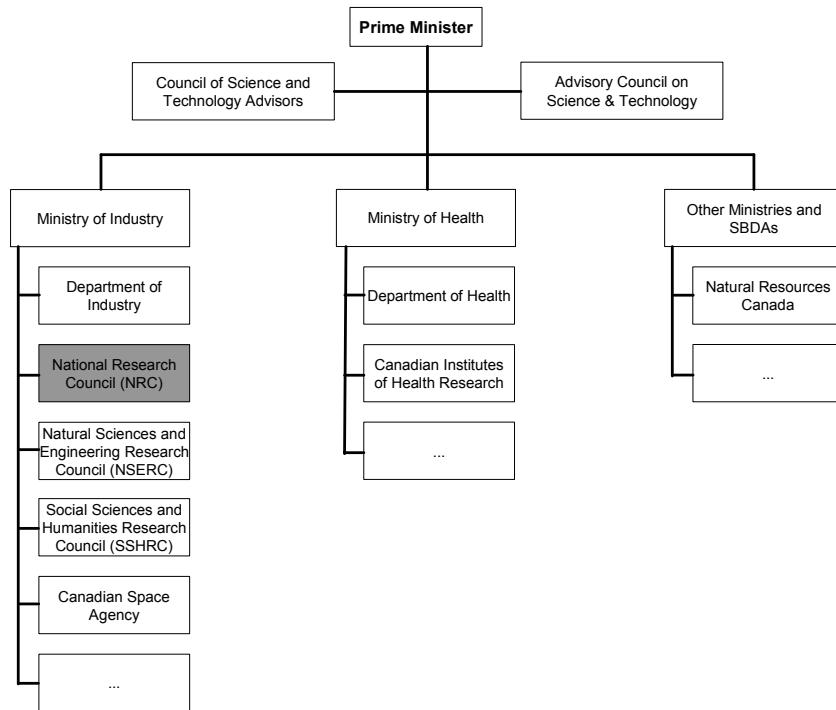


Abbildung 4.4: Schematische Darstellung des kanadischen Innovationssystems⁹⁷

Um die besondere Schwäche des kanadischen Innovationssystems zu beheben – die geringe Kommerzialisierung innovativer Produkte –, wurde die „**Innovation Management Association of Canada**“ (IMAC) gegründet, die sich aus Mitglieder der forschungsintensiven Industrien, der Forschungseinrichtungen und Universitäten zusammensetzt. Ihre Aufgabe ist es, die Lücke zwischen der Forschung an Universitäten und der Entwicklung vermarktbarer Produkte in der Industrie zu schließen.

4.4.2 Aktivitäten im Bereich Technologieprognosen

Im Rahmen ihrer 2002 vorgelegten Innovationsstrategie⁸⁰ setzte die kanadische Regierung erstmals auf Methoden der Technologieprognose, um sowohl die langfristige Planung der Ministerien als auch die Zusammenarbeit zwischen den wissenschafts- und technologierelevanten nationalen Ministerien und Agenturen zu verbessern. Laut Selbstdarstellung der kanadischen Regierung war bis zu diesem Zeitpunkt weder die Gesellschafts- noch die Technologieprognose ein geläufiges Instrument der Politik⁹⁸.

2002 erstmals
Methoden der
Technologieprognose
genutzt

⁹⁷ Überarbeitet nach Luger (2005) und Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de.

⁹⁸ Federal Science and Technology: The Pursuit of Excellence, A Report on Federal Science and Technology - 2003. Quelle: Industry Canada, www.innovation.gc.ca

4.4.3 Science and Technology Foresight Pilot Project (STFPP)

4.4.3.1 Kurzbeschreibung der Studie

Name der Studie Science and Technology Foresight Pilot Project (STFPP)

Auftraggeber: Federal Innovation Networks of Excellence (FINE)⁹⁹

Durchgeführt von: National Research Council Canada

www.nrc-cnrc.gc.ca/

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe aus 13 Bundesministerien und -agenturen¹⁰⁰

Erscheinungsjahr: 2003

Zeithorizont: 2015 - 2025

Pilotstudie

Mit der Pilotstudie „Science and Technology Foresight Pilot Project (STFPP)“ sollten den verschiedenen kanadischen „Science-Based Departments and Agencies“ (SBDA) die Methoden und Hilfsmittel von Vorausschauen und Technologieprognosen nahe gebracht werden.

Folgende Ziele wurden im Rahmen der Studie verfolgt:

- Erforschen voraussichtlicher Einflüsse der Entwicklungen in Wissenschaft und Technologie auf die Gesellschaft;
- Identifizieren derjenigen Faktoren, die diesen Wandel steuern;
- Identifizieren derjenigen Gebiete der wissenschaftlichen Forschung und der technologischen Entwicklung, die am wahrscheinlichsten zu Veränderungen führen und den größten ökonomischen, ökologischen und sozialen Nutzen für die nächsten 10 bis 25 Jahre liefern;
- Entwickeln eines Vorausschau-Rahmens für potenzielle Anwendungen in Politik, Programmen und Finanzierungsstrategien für Wissenschaft und Technologie sowie Forschung und Entwicklung;

⁹⁹ Die „Federal Innovation Networks of Excellence (FINE)“ wurden durch die SBDA im Rahmen der Innovationsstrategie geschaffen (<http://innovationstrategy.gc.ca/gol/innovation/site.nsf/en/in04113.html>).

¹⁰⁰ Agriculture and Agri-Food Canada, Canadian Biotechnology Advisory Committee, Canadian Food Inspection Agency, Canadian Space Agency, Communications Research Centre, Defence R&D Canada, Environment Canada, Fisheries and Oceans Canada, Health Canada, Industry Canada, National Research Council Canada, Natural Resources Canada, Natural Sciences and Engineering Research Council

- Verbessern der themen- und fächerübergreifenden Zusammenarbeit durch ein bessere Kenntnis der beteiligten Abteilungen, Agenturen und anderer Interessensvertretern;
- Erzeugen von starken Netzwerken der Zusammenarbeit zwischen kanadischen und internationalen Experten in ausgewählten Bereichen der Wissenschaft und Forschung sowie in Branchen von zukünftig hohem nationalem Interesse;
- Schaffen einer Umgebung, in der der Einfluss von Wissenschaft und Technologie auf den politischen Prozess gestärkt wird.

Die Studie wurde über einen Zeitraum von einem halben Jahr durchgeführt. Methodisch basiert sie sowohl auf der Auswertung einschlägiger Studien als auch auf der Arbeit von Experten-Panels und der Aufstellung von Szenarien. Die Studie, die in nur zwei Cluster „**Geostrategie**“ und „**Biosystemik**“ unterteilt ist, deckt gleichwohl ein breites technologisches Spektrum ab.

Studie in einem halben Jahr durchgeführt

Der Cluster **Geostrategie** umfasst zukünftige Anwendungen von Geoinformationssystemen (GIS) auf den Gebieten des Umweltschutzes, der Nachhaltigkeit, der Landwirtschaft, der Medizin, der Sicherheit und des Transports. Als technologische Treiber für diese Anwendungen werden neue und intelligente Verfahren zur Messung, Bildgebung und Mustererkennung, drahtlose Netze sowie die Robotik angesehen.

Der Cluster **Biosystemik** beschreibt neue Entwicklungen, die aus den „konvergierenden Technologien“ Nanotechnologie, Biotechnologie, Informations- und Kognitionswissenschaften, Umweltwissenschaften und Systemwissenschaften folgen. Der Terminus „konvergierende Technologien“ zielt dabei auf die Synergie erzeugende Kombination der genannten einzelnen Technologien ab.¹⁰¹

Für beide Cluster wurden Szenarien erarbeitet, welche neuen Technologien und Anwendungen für den Zeithorizont von 2005 bis 2025 erwarten werden können.

Tabelle 4.5: Struktur und Inhalte des Clusters „Geostrategie“

Gliederungsebene I	Gliederungsebene II
Nationale Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherheitsmanagement • Integrierte Sicherheitssysteme • Vorhersagefähigkeit • Notfallreaktionen • Privatsphäre

¹⁰¹ Die Terminologie und Aussagen orientieren sich dabei an der amerikanischen, 2002 erschienenen so genannten „NBIC-Studie“ „Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science“, NSF/DOC-sponsored Report, Mihail C. Roco and William Sims Bainbridge (Hrsg.), NSF, 2002.

Umwelt und Ressourcen	<ul style="list-style-type: none"> • Sensornetze • Erdbeobachtungssatelliten • Umweltmodellierung • Reparatur von Ökosystemen
Ozeane und Binnengewässer	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserdynamik • Qualität des Grundwassers • Nachhaltige Wassergewinnung • Dürren • Grundwasserversalzung • Fischbestände • Ozeane und Atmosphäre • Klima- und Wettervorhersagen
Nachhaltige Städte und urbane Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Land-, Energie- und Ressourcenverbrauch • Lebensqualität • Sozialstruktur • Nachhaltige Wirtschaft • Nachhaltige Regierung • Bioregionale Ausrichtung
Gesundheitsrisiken und -gefahren	<ul style="list-style-type: none"> • Epidemien • Management der Lebensmittelproduktion • Sicherheit • Krankheitsvorsorge
Transport	<ul style="list-style-type: none"> • Telepräsenz • Bewegung von Gütern

Tabelle 4.6: Struktur und Inhalte des Clusters „Biosystemik“

Gliederungsebene I	Gliederungsebene II
Biotechnologie	<ul style="list-style-type: none"> • Biosensoren • Pharmakogenomik und personalisierte Medizin • Proteomik • Prädiktive Medizin • Gentherapie • Monoklonale Impfstoffe • Genetisch veränderte Organismen • Stammzellen • Klonen • Landwirtschaft und Lebensmittelgenomik • Tiergenomik • Aquakultur • Umwelttechnologien • Industrielle Biotechnologie • Biomaterialien • Treibstoffquellen
Nanotechnologie	<ul style="list-style-type: none"> • Nanosensoren • Halbleiter • Materialien • MEMS (Micro-Electro-Mechanical-System) • „Lab-on-a-chip“ • Nanomedizin

Informations- und Kognitionswissenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • Halbleiter • Photonik • Speicher • Batterien • Displays • Netzwerke • Drahtlose Anwendungen • Integrierte und eingebettete Systeme • Softwareentwicklung • Künstliche Intelligenz • „Peer-to-Peer“ Anwendungen • Neurowissenschaften • Neuromedizin • Erweiterung und Verbesserung der Sinneswahrnehmung • Gehirn-Maschine-Schnittstelle • Künstliche Emotionen
--	--

4.4.3.2 Inhaltsanalyse

Transport und Verkehr, Logistik

Die Teilnehmer des STFPP erwarten bis zum Jahr 2025 den Beginn einer Ära des intelligenten Transports. Darunter wird eine integrierte, nachhaltige Gesellschaft verstanden, in der Standorte von geringer Bedeutung sind und in der zwischen Transport und Reise unterschieden wird. Die Abwesenheit von Verkehrsstauungen und die Verwendung von Hochgeschwindigkeitsflugzeugen und -zügen könnten diese Ära charakterisieren. Eine größere Häufigkeit von virtuellen Begegnungen wird als ein unterscheidendes Merkmal zu heute angesehen. Diese Vision umfasst zwei Aspekte:

1. Telepräsenz oder die Vermeidung des Transports von Personen

Die Überlegungen der Experten gehen von der Prämisse aus, dass der reine Transport von Personen – im Unterschied zur Durchführung einer Reise – keinen eigentlichen Mehrwert beinhaltet. Daraus wird das Ziel abgeleitet, so viele Aktivitäten wie möglich so zu organisieren, dass ein Transport von Personen überflüssig wird. Als Lösung werden Kommunikationstechnologien angesehen, wie der elektronische Handel, virtuelle Realität usw.

2. Bewegung von Gütern

Für die Logistik des Jahres 2025 entwerfen die Experten die Vision des direkten Transports von einzeln gefertigten Gütern vom Produktionsort zum Konsumenten. Die Mehrzahl der Teilnehmer erwartet, dass sich die Standorte von Fabriken überwiegend in sich entwickelnden Ländern befinden werden, wodurch neue Probleme in der Bewegung von Gütern entstehen.

Unterscheidung von Transport und Reise

Die nachfolgende Tabelle zeigt einige wissenschaftliche Erkenntnisse und Technologien, die im Zusammenhang mit Transport für erforderlich gehalten werden.

Technologie und Wissenschaft	Zeithorizont
Formale Lösung des mathematischen Problems des „Handlungsreisenden“	2010
Navigation und Verkehrsinformation in Echtzeit sind weit verbreitet	2010
Expertensysteme für Entscheidungen zur Routenplanung	2010
Telepräsenz für die Arbeit und Besprechungen ist weit verbreitet und akzeptiert	2010
Umweltfreundliche öffentliche Transportsysteme – Wasserstoffzellen-Leichtgewichtszüge	2015
Hochgeschwindigkeitszüge quer durch Kanada	2020
Transport ist optimiert für Tele-Einkauf	2020
Fahrerloser Transport auf einem System intelligenter Schnellstraßen und pneumatischer Tunnel	2020
Demonstration der Prozesse „Zerlegen“ und „Zusammensetzen“ auf molekularer Ebene als erster Schritt in Richtung Teleportation	2030

Luft- und Raumfahrt

Das Technologiefeld der Luft- und Raumfahrt wurde im STFPP nicht eingehend untersucht. Die Fernerkundung und Systeme zur integrierten Erdbeobachtung werden im Zusammenhang mit der nationalen Sicherheit, der Identifikation von Gesundheitsrisiken und der Umweltüberwachung als wichtig eingeschätzt.

Bauen und Wohnen

Die beteiligten Experten konnten sich nicht auf eine einzelne Vision einigen, wie eine nachhaltige menschliche Siedlung im Jahr 2025 aussehen könnte. Stattdessen wurden verschiedene Elemente einer Spezifikation für eine nachhaltige Stadt gesammelt:

- Minimaler „ökologischer Fußabdruck“;
- Reduzieren großer und Errichten von kleineren Städten;
- Land-, Energie- und Ressourcenverbrauch optimieren;
- Grüne Städte, attraktiv und kompakt;
- Maximale Lebensqualität;
- Soziales Kapital als Ressource;
- Soziale Kohäsion – Verbrechen minimieren;
- Soziale Aufnahme – Armut und Ungleichheit in Angriff nehmen;
- Humankapital – innovativ, weise, kenntnisreich;

Keine Einigung auf eine einzelne Vision

- Nachhaltige Wirtschaft – Kohlenstoffverbrauch minimieren, dienstleistungsorientiert, geschlossene Wirtschaftskreisläufe;
- Nachhaltige Regierung – Infrastrukturen für weise Entscheidungen, Bürger beteiligen, langfristige Perspektiven;
- Bioregional – Schwerpunkt auf regionale Märkte und eine regionale Befriedigung der Bedürfnisse.

Die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten wissenschaftlichen Erkenntnisse und Technologien werden in diesem Zusammenhang als erforderlich angesehen.

Technologie und Wissenschaft	Zeithorizont
Telepräsenz in der Arbeitswelt ist weit verbreitet	2015
Werkzeuge für den Dialog von Gemeinschaften ermöglichen informierten Austausch über die Zukunft und bessere Prozesse der Entscheidungsfindung	2015
Intelligente städteweite Sensornetze überwachen biologische, ökologische, gesundheitsrelevante und soziale Trends	2015
Alternative Energiequellen sind weit verbreitet	2015
Intelligente Gebäude und Wohnhäuser	2015
Intelligenter Transport und Technologien für eine schlanke Logistik	2020
Städteweite, zentrale Systeme zur Überwachung und Kontrolle der Nachhaltigkeit	2020
Wirtschaft basiert auf Prinzipien der Nachhaltigkeit – geschlossene Kreisläufe, dienstleistungsorientiert, nachhaltige Energie und Transport	2025
Bau verkapselte Städte (Land oder Ozean) – autark in Bezug auf Energie, Nahrung, Wasser usw. – Raumschiffmentalität	2025/2030
Umweltfreundliche Planung von Produkten und Systemen unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus	2030

Meerestechnik und Schifffahrt

Als eigenes Thema wird der Bereich „Ozeane und Binnengewässer“ im STFPP angesprochen. Hierbei stehen jedoch Fragen des Umweltschutzes im Vordergrund. Stärkere Bezüge zur Meerestechnik weist eine so genannte horizontale F&E-Chance¹⁰² für Kanada auf (vgl. zu beidem Abschnitt „Nachhaltigkeit und Umwelt“).

¹⁰² Es werden insgesamt sechs dieser horizontalen FuE-Chancen identifiziert. Sie erfüllen nach Einschätzung der Studienautoren die folgenden Kriterien: Ausrichtung auf die Lösung eines grundlegenden, längerfristigen Problems (10 und mehr Jahre); Breitenwirkung für die kanadische Gesellschaft im Erfolgsfall; signifikante Ergebnisse mit beschränktem Budget (5 - 15 Mio. \$) möglich; neue Ideen basierend auf anerkannter wissenschaftlicher und technologischer Kompetenz; Gelegenheit für bereichs- und behördenübergreifende Zusammenarbeit; Chance für Kanada in bestimmten Nischen weltweite Technologieführerschaft zu erreichen.

„Wasserstoff-Kohlenstoff Wandel zur Nachhaltigkeit“

Energie

Das Technologiefeld „Energie“ wird nicht als eigenständiges Thema behandelt, es finden sich aber vielfältige Bezüge in den Aussagen zu den Themen, die im STFPP ausführlich behandelt werden. Dementsprechend wurde im Rahmen des Prozesses eine mögliche horizontale F&E-Chance¹⁰² für Kanada unter dem Titel „Wasserstoff-Kohlenstoff Wandel zur Nachhaltigkeit“ identifiziert, in dem diese vielfältigen Bezüge zusammengefasst werden.

Vor dem Hintergrund des Kyoto-Protokolls und zunehmend strengerer Umweltauflagen wird eine wachsende politische und wirtschaftliche Motivation erkannt, saubere Energiequellen und saubere industrielle Prozesse zu entwickeln. Als F&E-Themen werden genannt:

- Hochentwickelte Brennstoffzellen;
- Speicherung, Transport und Verteilung von Energie (insbesondere Wasserstoffspeicherung);
- Starke, nicht entflammbare Leichtgewichtsmaterialien;
- Landwirtschaftliche Methoden (und evt. genetisch modifizierte Organismen) zur Energieextraktion aus Feldfrüchten;
- Nachhaltige, umweltfreundliche industrielle Prozesse;
- Kohlenstoffsequestrierung und -management;
- Saubere Methoden zur Energiegewinnung, z. B. drahtlose, weltraumbasierte Solarenergiegewinnung, Wind, Geothermie.

Nano- und Mikrosystemtechnologie

Als Nanotechnologie wird im STFPP Folgendes angesehen: Forschung, Technologieentwicklung und schließlich die Herstellung von Produkten auf Basis von Materialien, die auf atomarem, molekularen oder makromolekularen Niveau konstruiert werden mit einer Längenskala im Bereich von ungefähr 1 - 100 nm. Nanowissenschaften befassen sich nach der Definition der Studienautoren mit dem grundlegenden Verständnis von Phänomenen und Materialien auf der Nanoskala. Im weiteren Sinne umfasst Nanotechnologie-FuE die kontrollierte Manipulation von nanoskaligen Strukturen und ihre Integration in größere Komponenten, Systeme und Architekturen.

Frühes
Entwicklungsstadium

Vorhersagen
hoch spekulativ

Nach Ansicht der Studienautoren befindet sich die Nanotechnologie noch in einem viel früheren Entwicklungsstadium als die Biotechnologie. Es wird darauf hingewiesen, dass viele der viel versprechenden Anwendungen noch nicht sehr weit entwickelt sind und dass die Vorhersage von Zeithorizonten für deren Realisierung entsprechend hoch spekulativ ist. Mit dieser Einschränkung werden die nachfolgend wiedergegebenen

Aussagen über einige erwartete Entwicklungen in der Nanotechnologie getroffen.

Technologie	Zeithorizont
Selbstorganisierte, multifunktionale Materialien	2010
Konstruktionen von Mikro-opto-elektro-mechanischen Systemen (MOEMS)	2010
Mehrere Sensoren auf einem Chip mit integrierter Logik-Funktionalität	2010
Biomimetische Materialsysteme	2015
Biologisches Computing	2015
Nano-elektro-mechanische Systeme (NEMS) Flugsysteme	2015
Viele Produkte auf Basis von Super-MEMS werden getestet und sind in Gebrauch	2015
Völlig neue Klassen von Materialien und Prozessen können im täglichen Gebrauch weit verbreitet sein	2015
Nanodiagnostische Produkte können auf den kommerziellen Markt kommen	2015
Erste kommunizierende und/oder programmierbare Nanosysteme	2015
Allererste Arbeiten an Nanobots	2015
Verfügbarkeit von kommunizierenden und/oder programmierbaren Nanosystemen	2020
Nanobots könnten im Labormaßstab funktionieren und werden getestet, bewertet und für verschiedene spezifische Anwendungen eingesetzt	2020
Nanomedizin könnte ältere Formen der Medizin wie Chirurgie und traditionelle Pharmazeutika ersetzen	2020
Universale „Assembler“ sind immer noch nicht verfügbar	2020

Materialtechnik

Die Materialtechnik wird im STFPP nicht als eigenständiges Technologiefeld behandelt. Es finden sich jedoch eine Reihe von Bezügen – insbesondere im Zusammenhang mit der Nanotechnologie (s. o. Abschnitt „Nano- und Mikrosystemtechnologie“). Die Studienautoren benennen die Materialtechnik explizit als einen zentralen Technologietreiber für den betrachteten Zeithorizont von 2015 bis 2025. Insbesondere der Computermodellierung von Materialien und der computergestützten Materialentwicklung wird das Potenzial einer Türöffnertechnologie eingeräumt, mit möglicherweise disruptivem Einfluss auf die weitere Technologieentwicklung.

Computermodellierung von Materialien

Produktions- und Prozesstechnik

Fragestellungen der Produktions- und Prozesstechnik werden im Rahmen des STFPP nicht eingehend thematisiert. In der im Laufe des Prozesses identifizierten, horizontalen F&E-Chance „Wasserstoff-Kohlenstoff Wandel zur Nachhaltigkeit“ (vgl. Abschnitt „Energie“ oben) werden

auch nachhaltige, umweltfreundliche industrielle Prozesse pauschal als ein relevanter Aspekt genannt.

Optische Technologien

Photonik wird im STFPP als eines der Unterthemen der IuK aufgeführt. Auch im Zusammenhang mit der Nanotechnologie wird die Photonik neben der Halbleiterindustrie erwähnt. Es wird die Möglichkeit „Photonik ersetzt Elektronik“ zusammen mit einem erwarteten Zeithorizont von 2015 konstatiert – allerdings ohne weitere Erläuterungen. Darüber hinaus wird dieser Themenbereich im STFPP nicht näher ausgeführt.

Informations- und Kommunikationstechnologien

Drei Themenkreise

Im Rahmen des STFPP wurden drei Themenkreise behandelt, die sich in einem weiteren Sinne den Informations- und Kommunikationstechnologien zuordnen lassen. Dies sind die klassische Informationstechnologie zusammen mit den kognitiven Technologien sowie die systemischen Technologien.

Informationstechnologie und kognitive Technologien

Klassische IT

Die Informationstechnologie wird in diesem Zusammenhang als eine reife Industrie bezeichnet, die sich gleichwohl fortlaufend neu erfindet. Die Studienautoren erwarten daher, dass sich selbst die breite Auswahl von berücksichtigten IT-Themen¹⁰³ innerhalb der nächsten zehn Jahre bereits ändern wird. Im Bereich der Hardware schließen sich die Studienautoren der vorherrschenden Meinung an, dass sich die Entwicklung gemäß dem Mooreschen Gesetz auf absehbare Zeit fortsetzen wird. Vorhersagen im Bereich der Software werden dagegen als viel schwieriger angesehen, weil es in diesem Bereich möglich erscheint, dass bahnbrechende neue Konzepte wie aus dem Nichts entstehen und die gesamte Computerwelt neu ausrichten. Als Beispiel dafür werden die Entstehung der HTML-Sprache und der Beginn des Internet in seiner bestehenden Form genannt.

Kognitive Technologien

Die kognitiven Technologien – im Verständnis des STFPP – befassen sich mit dem biologischen Gehirn. Fortschritte in der Bildgebungstechnologie und der Sensorik eröffnen die Möglichkeit zu entdecken, was passiert, wenn das Gehirn denkt. Darin werden nicht nur medizinische und psychologische Potenziale gesehen, sondern auch Ansätze für die langfristige Entwicklung von künstlicher Hardware, die bestimmte Funktionen ausführen kann, die sonst nur im Gehirn stattfinden.

¹⁰³ Halbleiter, Photonik, Speicher, Batterien, Displays, Netzwerke, Drahtlose Anwendungen, Integrierte und eingebettete Systeme, Softwareentwicklung, Künstliche Intelligenz, „Peer-to-Peer“-Anwendungen

Die folgenden Technologien und erwarteten Zeithorizonte für ihre Realisierung werden genannt.

Technologie	Zeithorizont
Höchstbezahlte berühmte Persönlichkeit könnte synthetisch sein	2010
Nano (chemisch + direkt) Beherrschung der Stimmung	2010
Molekulares Computing	2011
Einzelchip-Echtzeit-Übersetzungen	2012
PCs niedriger Leistungsaufnahme funktionieren ein Jahr lang mit Batterien	2013
Biochips – 1012 bits/cm ²	2015
Sinnes-Chips – Geschmack, Geruch, Geräusch	2015
Photonik ersetzt Elektronik	2015
Ethischer Computer	2015
Tele-Präsenz (primitives „Holodeck“)	2017
Cyberspace bedeckt 75 % der bewohnten Welt	2020
Funktionale Geist-Maschine-Schnittstelle	2020
Roboter sind Menschen mental, physisch überlegen	2030

Es wird erwartet, dass die fortdauernd sinkenden Hardware-Kosten auf eine Fortsetzung des allgemeinen Trends hindeuten, alles zu virtualisieren. Die Computertechnologie wird eine wesentliche Rolle in der Grundlagenforschung spielen und nach Erwartung der Studienautoren genaue Modelle der Bausteine der Natur (Zellen, Neuronen, Moleküle) liefern. Netzwerke werden zu einem Anwachsen der Kommunikation führen, nicht nur im Bezug auf die Datenmengen, sondern auch in Bezug auf die Zahl der erreichbaren Knoten.

Trend, alles zu virtualisieren

Im Rahmen des Prozesses und im Zusammenhang mit diesen Überlegungen wurde die Vision formuliert, dass es in Zukunft eine Art Grundrecht auf den freien Zugang zur Informationsinfrastruktur, zu Computerwerkzeugen und Rechenkapazität geben könnte. Die Arbeiten zur Realisierung dieser Vision werden als eine horizontale F&E-Chance¹⁰² für Kanada betrachtet.

Systemische Technologien

Unter Systemik wird im STFPP die Integration von Theorien verstanden und zwar überwiegend durch den Gebrauch von Modellen und Simulationen. Nach Ansicht der Studienautoren sprechen zwei Gründe für die energische Weiterentwicklung der Systemik. Erstens könnten systemische Technologien die Untersuchung von holistischen Lösungen einer breiten Palette von Problemen sehr erleichtern. Zweitens könnten die grundlegenden und revolutionären Bio-Nano-Info/Kogno-Technologien ihrerseits leicht neue Probleme bereiten, die mit Hilfe der Systemik etwas besser vorhersehbar sein könnten. Es werden einige Beispiele für die Möglichkeiten der Systemwissenschaften gegeben – allerdings erscheint

Systemik

es den Studienautoren nicht möglich, Zeithorizonte für deren Realisierung zu nennen. Als Grund dafür wird angegeben, dass die Einschätzung, ob eine Möglichkeit realisiert wurde, hochgradig subjektiv ist. In gewissem Umfang sind die Möglichkeiten schon jetzt realisiert, die offene Frage ist, wie hoch entwickelt sie sind.

Technologie
Vorhersage der Ausbreitung neuer Krankheiten auf Basis von Umweltparametern
Genaue und effektive Methoden, um die Auswirkungen des menschlichen Handelns auf die Umwelt einzuschätzen – Klima, Wasser, Wälder, Fischbestände
Ethische Computer können zur Bewertung von Disputen genutzt werden – Finanzen, Versicherungen
Ökonomische Modelle (z. B. Input/Output), die Umweltressourcen umfassen

Erfolge in der Systemik werden als nützlich und als nötig eingeschätzt. Die Studienautoren halten es aber für sehr unwahrscheinlich, dass Fortschritte in der Systemik aus dem privaten Sektor kommen werden. Systemik wird im Großen und Ganzen als öffentliche Forschungsaufgabe betrachtet.

Elektronik

Moore'sches Gesetz

Der Bereich der Elektronik wird im STFPP nicht als eigenständiges Technologiefeld behandelt. Wie im vorigen Abschnitt schon erwähnt, werden die weitere Gültigkeit des Moore'schen Gesetzes und weiter sinkende Hardware-Kosten angenommen. In diesem Trend wird ein zentraler Technologietreiber erkannt. Daneben wird auch in der Integration von Sensoren und Elektronik ein Technologietreiber gesehen. Für mögliche Alternativen zur Elektronik (molekulares Computing, biologisches Computing, Photonik) werden Zeithorizonte genannt (s. o.) – allerdings ohne nähere Erläuterungen.

Biotechnologie und Life Sciences

Im Rahmen des STFPP wurde eine breite Definition für den Bereich Biotechnologie gewählt: Die Wissenschaften, Technologien, Organisationen und regulatorischen Gruppen, die sich das Verständnis, die Veränderung und die funktionale Modifikation von organischen Zellen – einschließlich Pflanzen, Tieren und Menschen – zum Ziel gemacht haben. Dies beinhaltet auch mögliche Arbeiten an nicht zellulären Lebensformen (z. B. Viren), wodurch sich eine Überlappung mit Nanotechnologie ergibt.

Die nachfolgende Tabelle listet einige Technologien auf, die von den Teilnehmern des STFPP für möglich gehalten werden und nennt voraussichtliche, frühe Zeithorizonte.¹⁰⁴

Technologie	Zeithorizont
Genchips könnten billig und weit verfügbar sein. Sie würden im Gesundheitssystem und in einigen Fällen durch Einzelpersonen zur Selbstversorgung genutzt.	2010
Medikamente, die speziell für bestimmte Geno- und Phänotypen entworfen sind, könnten auf dem Markt erscheinen. Pharmakogenomik beschleunigt sowohl die Entdeckung als auch die Zulassung.	2010
Umfassendes Gen-, Verhaltens- und Umwelt-Screening erlaubt eine Vorhersage des Ausmaßes der Disposition für die meisten, wichtigen chronischen Erkrankungen.	2010
Gentherapie könnte weit verbreitet sein, um bestimmte genetische Erkrankungen zu behandeln.	2010
Differenzierung von Stammzellen zu Dopamin-produzierenden Zellen zur Behandlung von Patienten mit Morbus Parkinson.	2010
Gesamtwert der weltweit produzierten gentechnisch veränderten Feldfrüchte könnte 30 Milliarden. \$ übersteigen.	2010
Aquakultur übersteigt weltweit betrachtet die Fleischproduktion.	2010
Weltmarkt für Umwelttechnologie beträgt 2 Billionen \$. 20 % davon könnten auf Bioremediation entfallen.	2010
Der Druck der Konsumenten und Umweltbedenken beschleunigen den Übergang zu einer umweltfreundlichen, nachhaltigen Bio-Produktionsweise in Chemie-, Textil, Papier-, Lebensmittel- und Industriesektoren.	2010
Biotreibstoffe erreichen einen Anteil von 5 % der Treibstoffe für Automobile in Europa.	2010
Computermodelle „virtueller Pflanzen“ können dazu genutzt werden die Pflanzenphysiologie und ausgewählte Genmodifikationen zu verstehen.	2011
Biomarker können von den meisten Individuen mit Krebs oder einem erhöhten Krebsrisiko genutzt werden. Sie werden die Krebsentstehung überwachen, den Tumor-Subtyp identifizieren, Behandlungsstrategien präzise ausrichten, Behandlungserfolge überwachen und zur Erfolgsprognosen beitragen.	2013
Erster präventiver Impfstoff gegen einen spezifischen Krebstyp möglich.	2013
Organe von transgenen Schweinen, die die menschliche Abstoßung reduzieren, können zur Herz-, Nieren- und Lebertransplantation genutzt werden.	2013
50 % aller neuen Medikamente könnten auf der Genomik basieren. Sie werden für eine bestimmte Zielgruppe der Bevölkerung entworfen.	2014

¹⁰⁴ Die Studienautoren äußern folgende Einschränkungen: Die Schätzungen beruhen auf Informationen, die in den Jahren 2001-2002 verfügbar waren. Sie beruhen auf den Annahmen, dass erstens irgendeine Organisation das betreffende Ziel tatsächlich verfolgt und dass zweitens das Vorhaben ausreichend finanziert ist.

Pharmakogenomische Werkzeuge können die Kosten für Entwicklung und Zulassung von Medikamenten um 30 % senken. Die Zeit zwischen Entdeckung und Erteilung der Zulassung kann um 50 % sinken.	2015
Umfassende Gesetzgebung in Europa und Nordamerika könnte einen Schutz vor Diskriminierung auf Grund von prädiktiver Medizin definieren.	2015
Molekulare Nanotechnologie kann zur Herstellung von molekularen Bestandteilen für den Gebrauch in biotechnologisch entwickelten Medikamenten genutzt werden.	2015
Die erste wichtige chronische Erkrankung kann auf molekularem Niveau durch ein gentechnisch entwickeltes Medikament verhindert werden.	2015
Die biotechnologisch basierte Wirtschaft beginnt mit der landwirtschaftlichen Produktion von signifikanten Energiequellen und natürlichen Rohstoffen.	2015
Kommerzielle Produktion von Wasserstoff aus Wasser unter Ausnutzung von gentechnisch veränderten Algen zum Gebrauch in Brennstoffzellen zur Elektrizitätserzeugung.	2015
50 % der weltweiten Fischproduktion stammt aus Aquakultur.	2025

Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung

Aussagen zu Gesundheitsrisiken in der Gesamtbevölkerung

Die Teilnehmer des STFPP erwarten bis zum Jahr 2025 eine signifikante Verbesserung des Gesundheitszustandes der Kanadier und der kanadischen Umwelt durch den Einsatz neuer Technologien. Die Aussagen und Überlegungen der Teilnehmer zu Gesundheitsrisiken und -gefährten beziehen sich dabei jeweils auf das nationale Niveau (Gesamtbevölkerung) und nicht auf das klinische Niveau (Einzelpersonen). Die Vision der Teilnehmer beinhaltet u. a. folgende Elemente:

- Vorhersage und Abbildung der Ausbreitung von Epidemien in Echtzeit – sowohl für infektiöse als auch für chronische Erkrankungen;
- Management der Lebensmittelproduktion;
- Gewährleistung der Sicherheit;
- Krankheitsvorsorge einschließlich dem sozialen, emotionalen, psychologischen, ökonomischen, physischen, ethischen, geistigen Wohlbefinden und Berücksichtigung von stressbedingten Gesundheitsrisiken.

Von besonderer Wichtigkeit erscheint den Teilnehmern eine hoch entwickelte Risikoforschung, die auch das Zusammenspiel mehrerer Risikofaktoren und deren Wechselwirkungen innerhalb einer komplexen Umgebung berücksichtigt. Weitere Forschungs- und Technologiethemen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Technologie und Wissenschaft	Zeithorizont
Drahtlose, digitale Geräte zur Gesundheitsüberwachung sind weit verbreitet, um vitale Gesundheitsdaten an eine zentrale Überwachungsstation zu übermitteln	2010
Ferndiagnose und robotergestützte Tele-Chirurgie sind in Echtzeit möglich	2010
Elektronische Krankenakte im Gebrauch	2015
Integration zwischen Systemen für Echtzeitdaten und Informationszugriff auf nationalem Niveau (z. B. Ärzte und zentrale Informations-einheiten)	2015
Intelligente Systeme zur Unterstützung der Entscheidungsfindung, die Wissen, Daten, Werte, Aktion und Ergebnisse integrieren	2015
Fernerkundung von entstehenden Krankheiten	2015
Netz von drahtlosen Sensoren für sich in der Luft befindliche Organismen – Insekten, Sporen, Pollen	2020
Eingebettete Sensoren überwachen die menschliche Gesundheit	2025
Komplexe, prädiktive Modelle des Öko-Gesundheitssystems sind etabliert	2025
Nationale, regionale, örtliche Berichte zur Öko-Gesundheit werden an mobile Kommunikationsgeräte versendet	2025

Eine horizontale F&E-Chance für Kanada wird in der Entwicklung eines computerbasierten Systems gesehen, das die Entscheidungsfindung von medizinischem Personal unterstützt und proaktive Gesundheitsinformationen zur Verfügung stellt – sowohl auf der öffentlichen als auch auf der persönlichen Ebene.

Nachhaltigkeit und Umwelt

Im Hinblick auf den Bereich „Umwelt und Ressourcen“ erwartet die eine Gruppe, dass proaktives Umweltmanagement dazu führen wird, dass Kanada bis zum Jahr 2025 abfallfrei sei (volles Recycling) und über saubere Luft und sauberes Wasser verfüge. Eine andere Gruppe geht hingegen davon aus, dass Kanada zukünftig durch einen dynamischeren hydrologischen Zyklus mit einer größeren Zahl von Extremereignissen sowie durch global höhere toxische Belastungen von Luft, Wasser, Land und Ozean und einer wärmeren Arktis gekennzeichnet ist.

Beide Gruppen stimmten aber darin überein, dass eine genaue Umweltmodellierung erforderlich sei, um Ökosysteme mit vorhersagbaren Wirkungen und Nebenwirkungen beeinflussen zu können. Des Weiteren sind die beiden Gruppen sich einig, dass hierfür ein Bedarf an besseren Geo-Informationen besteht. Es werden zuverlässige Indikatoren für den Zustand von Geo-Öko-Systemen benötigt. Daten von Erdbeobachtungssatelliten und standardisierte Verfahren ihrer Verarbeitung werden als erforderlich angesehen. Bei Lücken in der Datenlage müssen computer-

Genaue Umwelt-modellierung erforderlich

basierte Werkzeuge zur Unterstützung der Entscheidungsfindung eingesetzt werden.

Die nachfolgende Tabelle führt einige als nötig erachtete wissenschaftliche Fortschritte und Technologien auf.

Technologie und Wissenschaft	Zeithorizont
Sensornetze sammeln und verteilen Daten in Echtzeit	2010
Intelligente Biosensoren identifizieren fremde oder gefährliche Spezies	2010
Saubere Extraktion von Ressourcen	2015
Tragbare Energieversorgung mit niedrigem Gewicht und hoher Lebensdauer	2015
Intelligente, integrierte Bio- und Geo-Marker zur Überwachung des Geo-Öko-Systems	2015
Mikrosatelliten übermitteln – verknüpft mit einem raum- und erdbasierten drahtlosen Sensornetz – kontinuierlich Geodaten direkt an den Nutzer	2015
Empfindungsfähige Informationssysteme mit der Fähigkeit neues Wissen abzuleiten (basierend auf komplexen Wechselwirkungen)	2020
Intelligentes, selbst adaptierendes System von Systemen liefert Warnungen und proaktives Management in Echtzeit	2025

Der Bereich „Ozeane und Binnengewässer“ wurde auf Grund seiner Wichtigkeit für das Thema „Umwelt und Ressourcen“ als eigenständiges Thema behandelt.

Binnengewässer

Sicherstellung der
Wasserversorgung

Kanada gehört zu den Ländern mit dem größten Anteil an Binnengewässern. Um eine Versorgung mit Wasser hoher Qualität auch im Jahr 2025 sicherzustellen, wird Folgendes für erforderlich gehalten:

- Überwachung der Wasserdynamik in ganz Kanada in Echtzeit;
- Zuverlässige Vorhersagen über die Menge und Qualität des Grundwassers sowie seiner Schadstoffbelastung;
- Ausbeute bei der Wassergewinnung sollte bekannt und nachhaltig sein;
- Dürren sollten überwindbar sein;
- Grundwasserversalzung sollte verstanden sein;
- Mechanismen zum Transport von Wasser zwischen wasserreichen und wasserarmen Regionen.

Ozeane

Die Teilnehmer des STFPP äußern die Vision, dass Kanada bis zum Jahr 2025 seine Ozeane auf nachhaltige und profitable Weise bewirtschaften wird. Dazu gehören:

- Verständnis aller Einflussfaktoren auf die wesentlichen Fischbestände;
- Gute Kenntnisse der Ozeane und der Atmosphäre;
- Klima- und Wettervorhersagen in Echtzeit mit zuverlässigen Vorhersagen für Zeiträume von bis zu sechs Monaten.

Einige der beteiligten Experten halten die vollständige Abbildung des hydrologischen Zyklus für einen zentralen Schritt zur Erreichung dieser Vision.

Die nachfolgende Tabelle enthält die für erforderlich angesehene wissenschaftlichen Fortschritte und neuen Technologien für den Bereich der Ozeane und Binnengewässer.

Technologie und Wissenschaft	Zeithorizont
Verbesserte integrierte Modelle von Atmosphären- und Ozeansystemen – intelligente Karten	2010
Identifikation von invasiven Spezies	2010
Intelligente Fahrzeuge mit Fernnavigation und hochentwickelten Unterwasser-Kommunikationsmöglichkeiten	2010
Echtzeit-Überwachung der Küstendynamik mit hochentwickelten SAR-, LIDAR- und SONAR-Sensoren	2015
Trinkwasser-Biochip-Sensoren zum Nachweis von Toxinen, Bakterien und Viren sind weit verbreitet	2015
Integrierte Erdbeobachtungssysteme	2015
Ozean- und Wasserberichte (nach Art eines Wetterberichts) auf Basis von Indikatoren zur üblichen Nutzung von Ozeanen und Wasser	2015
Intelligente, synthetisierende Wissenssysteme zur Unterstützung der Entscheidungsfindung, die mehrere, großvolumige 4D-Datenquellen verarbeiten und zusammenführen können	2020
Eine Flotte von unbemannten, autonomen Fahrzeugen patrouilliert Kanadas Küste	2025
Hydrologische Modellierung ist abgeschlossen	2025
Globale, interaktive, verteilte, integrierte, frei zugängliche Echtzeit-Erdbeobachtungsdatenbank stellt umfassende Informationen zur Verfügung	2025

Zwei Themenbereiche werden als mögliche horizontale F&E-Chancen¹⁰² für Kanada herausgestellt:

- In Analogie zur Landvermessung oder zu den statistischen Behörden wird eine biologische Musterung von Kanada vorgeschlagen, bei der die gesamte Biosphäre in der natürlichen und der vom Menschen dominierten Umwelt erfasst werden soll – einschließlich Biologie, Genomik, Ökologie und Landgebrauch. Ein Schwerpunkt wird in der Genomik und Proteomik der in Kanada lebenden Spezies gesehen.

- Die Etablierung eines Umwelt-Forschungsnetzwerks für die Ozeane und Küsten, das sich u. a. mit folgenden F&E-Fragen befassten könnte:
 - Marine Geomatik und Kommunikation;
 - Fernerkundung, marine Sensoren und Robotik;
 - Lebensraumstudien und klimatologische Systeme;
 - Technik für kalte Klimate und Eismanagement;
 - Klimawandel und Energiequellen;
 - Unterwassersysteme und -antriebe;
 - Ökosystem Küste, Management von Küsten und Mündungsgebieten und
 - Hydrologie und marine Technik.

Verteidigung und Sicherheit

Die Teilnehmer des STFPP erwarten, dass Kanada im Jahr 2025 sicherer sein wird. Sicherheit wird danach im Jahr 2025 sowohl Aspekte der Wirtschaft, Umwelt und Gesundheit als auch physische Sicherheit beinhalten. Damit die Sicherheitsbehörden ihre Aufgaben erfüllen können, halten die beteiligten Experten mehr und bessere Informationen über das Land sowie über potenzielle Sicherheitsrisiken und deren potenzielle Auswirkungen für erforderlich. Daher wird erwartet, dass die Sicherheitsbehörden in der Lage sein müssen, „Alles und Jeden“ (Individuen, Fahrzeuge, Boote usw.) aus der Ferne unaufdringlich beobachten und identifizieren zu können. Auf dieser Basis soll den Entscheidungsträgern ein wohl synthetisierter Fluss an umfassenden Informationen zur nationalen Sicherheit zur Verfügung gestellt werden. Die folgenden wesentlichen Charakteristika des Sicherheitsmanagements werden genannt:

- Sicherheitsplanung erfolgt auf Basis eines integrierten, multi-disziplinären, team-orientierten Ansatzes;
- Integrierte Sicherheitssysteme werden erforderlich sein, um die verschiedenen Aspekte der Sicherheit zu überwachen;
- Alle Aspekte der Sicherheit – in der Heimat und international – sind Gegenstand eines verantwortlichen und integrierten Managements;
- Nicht lineares Denken wird eingesetzt, um effektiv Vorhersagen für die Zukunft aus der Vergangenheit abzuleiten;
- Umfassende Reaktionen auf Notfälle werden möglich, wodurch alle Auswirkungen vollständig gemildert werden;

- Eine Balance zwischen der individuellen Privatsphäre und der nationalen Sicherheit wird erreicht.

Es werden einige Technologien und wissenschaftliche Ergebnisse aufgelistet, die hierfür als erforderlich angesehen werden (vgl. nachfolgende Tabelle)

Technologie und Wissenschaft	Zeithorizont
Intelligente Identifikations- und Analysegeräte	2010
Patrouillensysteme auf Basis kooperativer Roboter (Luft, Land, Ozean)	2010
System zur integrierten Erdbeobachtung mit intelligenten Agenten. Das System generiert verwertbare Informationen zu chemischen, biologischen, radioaktiven und nuklearen Bedrohungen.	2015
Lagebewertungen in Echtzeit und intelligente globale Modelle und Karten	2025

Unter dem Titel „Geo-Sicherheit und Plattform zur Notfallreaktion“ wird von den Teilnehmern eine horizontale F&E-Chance¹⁰² für Kanada formuliert. Diese soll erstens eine Plattform umfassen, die zur Koordination der Aktivitäten bei großen Notfällen beiträgt. Die Basis für diese Plattform sollen kostengünstige Funk- und Sensorelemente der nächsten Generation sein, die großflächig über das Land verteilt werden. Diese können in Krisenzeiten aktiviert werden und selbsttätig ein Informations- und Kommunikationsnetz aufzubauen, das regionale Lageinformationen übermittelt. Zweitens sollen Technologien, Richtlinien und Regulierungen bereitgestellt werden, um die Infrastruktur des Landes (Verkehr, Elektrizität, Wasser, Kommunikation etc.) weniger krisenanfällig für Naturkatastrophen, Anschläge etc. zu gestalten.

Plattform für Notfallreaktion

Funk- und Sensor-elemente

Dienstleistungen

Das Thema „Dienstleistungen“ wird im Rahmen des STFPP nicht als eigenständiges Feld bearbeitet.

Spitzenstellung
in Afrika

Apartheid &
Internationale
Isolation

Übergang zur
Demokratie

4.5 Südafrika

4.5.1 Nationales Innovationssystem

Südafrika hält innerhalb des afrikanischen Kontinents eine Spitzenstellung im Bereich Forschung und Entwicklung. Die Forschungslandschaft, die historisch auf den (Gold-)Bergbau zurückgeht, entwickelte sich während der Apartheid auf Grund der internationalen Isolation weitgehend autark. Fokussiert wurde dabei auf die Energie-, Nuklear-, Bergbau- und Rüstungspolitik. In einigen dieser Bereiche, wie der Bergbautechnologie sowie auch bei den Agrarwissenschaften, der Medizin, der Herstellung synthetischer Treibstoffe und in Einzelbereichen der Rüstungstechnologie zählt Südafrika nach wie vor zu den weltweit führenden Ländern. Das Land verfügt heute über zahlreiche Universitäten und so genannte Technikons (d. h. auf Technologie spezialisierte Hochschulen und Universitäten) und Forschungseinrichtungen („Science, Engineering and Technology Institutions“ – SETI). Zudem bilden viele in der Forschung tätige private Firmen eine gute Basis und Infrastruktur für Forschung und Technologie.¹⁰⁵ Mit Gesamtausgaben für Forschung und Entwicklung in Höhe von 0,8 %¹⁰⁶ des BIP belegt zwar Südafrika den ersten Platz unter den afrikanischen Ländern¹⁰⁷, dennoch liegt die südafrikanische Forschungsquote noch weit hinter dem OECD-Durchschnitt von 2,15 %¹⁰⁸. Südafrika strebt das Ziel an, bis 2008 die Forschungsquote des Landes auf 1 % des BIP zu erhöhen.¹⁰⁹

Beim Übergang zur Demokratie vor 10 Jahren und dem damit einhergehenden klaren Bruch mit dem vorherigen Regime wurde auch das Nationale Innovationssystem umgestaltet und die Wissenschafts- und Technologiepolitik des Landes neu ausgerichtet.¹¹⁰ 2002 erfolgte mit der Teilung des bisherigen Ministeriums für Künste, Kultur, Wissenschaft und Technologie in die zwei eigenständigen Ministerien für Künste und Kultur einerseits und für **Wissenschaft und Technologie** andererseits („**Department of Science and Technology**“ – DST¹¹¹) eine weitere wichtige Umgestaltung im südafrikanischen Innovationssystem.

¹⁰⁵ Quelle: Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de

¹⁰⁶ NACI, 2005

¹⁰⁷ Quelle: Deutsche Botschaft in Pretoria: www.pretoria.diplo.de

¹⁰⁸ Quelle: South Africa's National Research and Development Strategy, The Government of the Republic of South Africa (2002)

¹⁰⁹ NACI, 2005

¹¹⁰ Die Ziele und Inhalte der Wissenschafts- und Technologiepolitik der jungen südafrikanischen Demokratie wurden in dem 1996 vom ehemaligen Ministerium für Künste, Kultur, Wissenschaft und Technologie veröffentlichten „White Paper on Science and Technology“ festgesetzt.

¹¹¹ www.dst.gov.za

Derzeit werden Zustand und Leistungen dieses Innovationssystems vom „**National Advisory Council on Innovation**“ (NACI)¹¹², dem wichtigsten Beratungsorgan der Regierung, evaluiert; auch die zukünftigen Herausforderungen werden im Rahmen dieser Untersuchung identifiziert.¹¹³ Ziel für die nächsten Jahre ist die Konsolidierung des nationalen Innovationssystems einerseits und der Aufbau regionaler Innovationssysteme andererseits¹⁰⁹. Die Abbildung 4.5 stellt das Nationale Innovationssystem Südafrikas dar.¹¹⁴

NACI wichtigstes Beratungsorgan

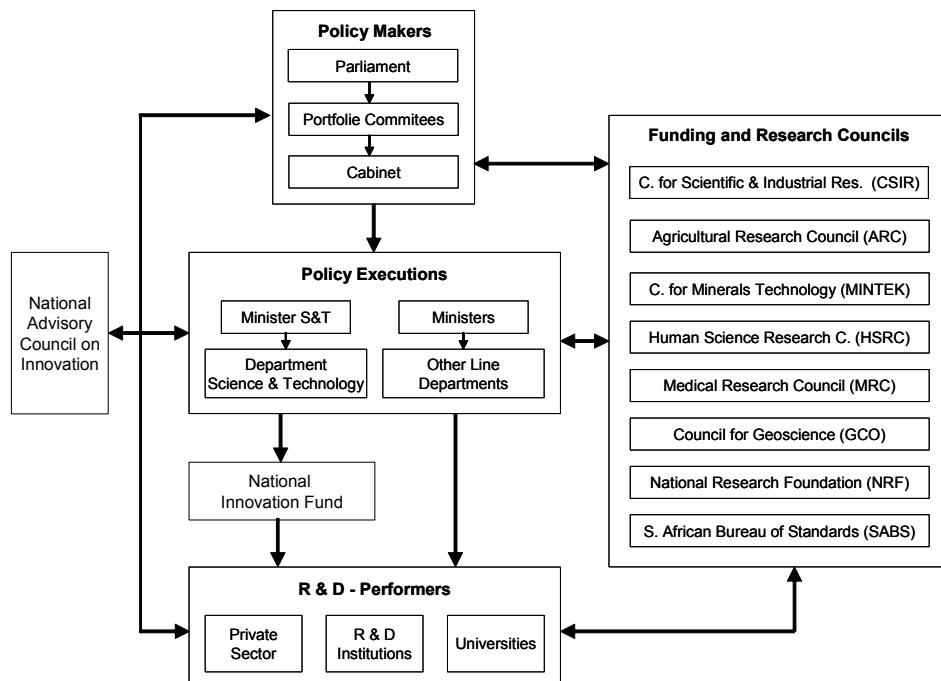


Abbildung 4.5: Nationales Innovationssystem Südafrikas¹¹⁵

Das „**Department of Science and Technology**“ ist – unter der Leitung des zuständigen Ministers – für die Wissenschafts- und Technologiepolitik zuständig. Es soll u. a. die Arbeit der verschiedenen Beratungsgremien beaufsichtigen und zeichnet sich für die weitere Entwicklung und Verwaltung des Nationalen Innovationssystems verantwortlich.

¹¹² www.naci.org.za

¹¹³ Ergebnisse dieser Untersuchung sollten 2005 unter dem Titel „South Africa's system of innovation: A decade plus 1.“ erscheinen.

¹¹⁴ Auf Grund der Tatsache, dass sich das südafrikanische Innovationssystem momentan noch in einer Umgestaltungsphase befindet und dass Umstrukturierungen und Neuausrichtungen der Wissenschafts- und Technologieförderung als direkte Konsequenzen der z. Zt. laufenden Evaluierungen zu erwarten sind, kann eine Beschreibung der NIS nur unter Vorbehalt geschehen.

¹¹⁵ nach NACI, 2005

Wichtigstes Beratungsorgan der Regierung in Fragen der Wissenschaft und Technologie ist der schon erwähnte und 1997 gegründete „**National Advisory Council on Innovation**“ (NACI)¹¹². Über seine Beratungstätigkeit hinaus ist der NACI in Zusammenarbeit mit dem DST für die Koordination der Akteure des NIS, die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet Wissenschaft und Technologie und die Förderung innovationsrelevanter wissenschaftlicher und technologischer Projekte zuständig. Weiterhin gibt der NACI Anstöße für neue Entwicklungen und Programme und führt unabhängige Untersuchungen im Bereich **Forschung und Technologie (F&T)** des Landes durch. Mitglieder des NACI sind Experten aus den verschiedenen privaten und öffentlichen Einrichtungen des F&T-Sektors.¹¹⁶ Innovations- und Forschungsprojekte werden zu 57 % vom privaten Sektor finanziert. Bei der öffentlichen Innovationsförderung dagegen spielt der „**Innovation Fund**“¹¹⁷ eine zentrale Rolle. Schwerpunktbereiche seiner Förderung sind Projekte zu Bio- und Informationstechnologien.

Wichtigste Förder- und Forschungsinstitutionen

- Die wichtigsten Förder- und Forschungsinstitutionen des Landes sind¹⁰⁵:
- der „**Council for Scientific and Industrial Research**“ (CSIR)¹¹⁸, der die größte Forschungseinrichtung Afrikas ist und weitgehend auf kommerzieller Basis arbeitet. Er verfügt über 26 Forschungsinstitute, die sich mit marktorientierter Forschung und Entwicklung im Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften beschäftigen.
 - der „**Agricultural Research Council**“ (ARC)¹¹⁹, dem die gesamte Agrarforschung des Landes untersteht und der 16 landwirtschaftliche Forschungseinrichtungen unterhält.
 - der „**Council for Minerals Technology**“ (MINTEK)¹²⁰, der in den Bereichen des Bergbaus, der Metallurgie und Chemie forscht und das Ziel der Förderung des Mineralienexports und die Steigerung der Wertschöpfung durch die Veredelung von Mineralien verfolgt.
 - der „**Human Science Research Council**“ (HSRC)¹²¹, der das zentrale Instrument der Förderung der human- bzw. sozialwissenschaftlichen Forschung ist. Der HSRC fördert Forschungsprojekte insbesondere in den Schwerpunktbereichen „soziale Aspekte von HIV/AIDS“, „soziale Aspekte der neuen Technologien“, „integrierte ländliche Entwicklung“ und „nachhaltige städtische Entwicklung“.

¹¹⁶ Quelle: Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de

¹¹⁷ www.innovationfund.ac.za

¹¹⁸ www.csir.co.za

¹¹⁹ www.arc.agric.za

¹²⁰ www.mintek.co.za

¹²¹ www.hsrc.ac.za

- der „**Medical Research Council**“ (MRC)¹²² fördert, koordiniert und finanziert die medizinische Forschung. Forschungsschwerpunkte sind HIV/AIDS, Tuberkulose und Malaria.
- der „**Council for Geoscience**“ (CGO)¹²³ befasst sich mit der geologischen Erforschung Südafrikas, deren Ziel insbesondere in der Lokalisierung der zahlreichen Bodenschätze des Landes liegt.
- die „**National Research Foundation**“ (NRF)¹²⁴ dient der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und koordiniert die internationale Zusammenarbeit im F&T-Bereich. Sie betreibt ferner die vier Nationalen Forschungseinrichtungen (National Accelerator Centre, South African Astronomical Observatory, Radio Astronomy Observatory und JLB Smith Institute of Ichthyology).
- der „**South African Bureau Of Standards**“ (SABS)¹²⁵ beschäftigt sich zwar nicht mit Forschung im eigentlichen Sinne, sondern trägt durch Standardisierung und Qualitätskontrolle zu einer Verbesserung des F&T-Bereichs bei.

4.5.2 Aktivitäten im Bereich Technologieprognosen

Nach dem Übergang zur Demokratie 1994 bestand die Hauptaufgabe des damaligen „Department of Arts, Culture, Science and Technology“ (DACST) darin, eine Bestandsaufnahme des Nationalen Innovationssystems durchzuführen und anschließend Maßnahmen zu seiner Umgestaltung und Modernisierung einzuleiten. Anstöße lieferte eine 1993 vom „International Development Research Centre“ durchgeführte Untersuchung¹²⁶, die die Anwendung von Methoden der Technologievorausschau, wie sie zu der Zeit schon in Japan erfolgreich eingesetzt wurden, als Instrument zur Bestimmung nationaler Forschungsprioritäten nahe legte. Das erste südafrikanische Technologie-Vorausschau-Projekt, „The National Research and Technology Foresight Project“¹²⁷, wurde 1998 vom DACST begonnen. Das Projekt verfolgte zwei wesentliche Ziele: einerseits die für Südafrika strategischen Technologien für die nächsten

Bestandsaufnahme
des NIS nach 1994

¹²² www.mrc.ac.za

¹²³ <http://www.geoscience.org.za>

¹²⁴ <http://www.sabs.co.za>

¹²⁵ <http://www.sabs.co.za>

¹²⁶ „Towards a Science and Technology Policy for a Democratic South Africa“, Mission Report, International Development Research Centre (1993), http://web.idrc.ca/en/ev-32130-201-1-DO_TOPIC.html

¹²⁷ http://www.dst.gov.za/legislation_policies/strategic_reports.htm

10 - 20 Jahre zu identifizieren; andererseits sollten die Akteure des neuen NIS zusammengebracht werden.¹²⁸

Die im Folgenden besprochene Technologieprognose ist das zweite nationale Technologievorausschau-Projekt Südafrikas.

4.5.3 Benchmarking of Technology Trends and Technology Developments

4.5.3.1 Kurzbeschreibung der Studie

Name der Studie Benchmarking of Technology Trends and Technology Developments

Auftraggeber: Department of Trade and Industry (DTI)

www.dti.gov.za

Enterprise and Industry Development Division,
Innovation and Technology Unit (I&T)

Durchgeführt von: Bluepeter Management Consulting and Access
Market International (Pty) Ltd

Erscheinungsjahr: 2004

Zeithorizont: 2010 - 2020

Globale Trends
als Schlüssel für
Wettbewerbsfähigkeit

Ziel der vom südafrikanischen Handels- und Industrieministerium in Auftrag gegebenen Studie ist es, globale technologische Trends zu beschreiben. Ein eingehendes Verständnis dieser Trends und die Verbreitung von Informationen darüber werden als Schlüssel für die langfristige, globale Wettbewerbsfähigkeit der südafrikanischen Industrie angesehen. Auf Grund der Liberalisierung des Handels und sinkender Kosten für Kommunikation und Transport sieht sich Südafrika zunehmend einem Wettbewerb mit Ländern ausgesetzt, die niedrigere Arbeitskosten und gut ausgebildete Arbeitskräfte ausweisen.

In der Studie sollen insbesondere technologische Bereiche ausgemacht werden, in denen die gezielte Förderung von Innovationen das Potenzial aufweist, die Abhängigkeit der südafrikanischen Industrie von ausländischer Technologie zu reduzieren.

Zehn Industrie-
sektoren

Für jeden der zehn untersuchten Industriesektoren (s. Tabelle 4.7) werden die identifizierten, globalen Technologietrends dargestellt, die die Entwicklung des jeweiligen Sektors in Südafrika beeinflussen werden. Eini-

¹²⁸ Quelle: Internet-Darstellung des „Department of Science and Technology“:
http://www.dst.gov.za/reports/forsight_reports.htm

ge ausgewählte Technologien je Sektor werden detaillierter analysiert. Diese Analysen enthalten etwa den aktuellen Entwicklungsstand der Technologie, die gegenwärtigen und potenziellen Marktchancen, internationale Förderaktivitäten sowie Informationen zu Randbedingungen der Entwicklung und Umsetzung (Kosten, Entwicklungsgeschwindigkeit, unterstützende Infrastruktur, erforderliche Wissensbasis etc.). Daraus werden mögliche Auswirkungen für Südafrika sowie Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Tabelle 4.7: Übersicht über Struktur und Inhalte der Studie „Benchmarking of Technology Trends and Technology Developments“

Gliederungsebene I	Gliederungsebene II
IuK	Mobile Technologien und Geräte Drahtlose Netze Sprachtechnologien “Open Source” Software Telemedizin Geomatik Robotik/Künstliche Intelligenz Computernetze („Grid“) RFID
Tourismus	IuK Umwelttechnologien Technologien zur Bewahrung des kulturellen Erbes
Chemische Industrie	Massensynthese von Fullerenen Photokatalyse für organische Synthesen Künstliche Hochleistungs-Katalysatoren für Prozesse nahe Normaltemperatur- und druck Organische Ferromagnetika Bioplastik, leitende Polymere Selektive, katalytische Technologie zum Aufbrechen von Naphtha Direktsynthese von Phenol aus Benzen Kombinatorische Chemie RNA-Katalyse Biomimetische Katalyse
Biotechnologie	Rekombinante Therapeutikaproduktion Impfstoffe Diagnostik Chemische Grundstoffe aus Biomasse Energie aus erneuerbaren Rohstoffen Biokatalysatoren
Automobilsektor	Leichtgewichtsmaterialien Hybrid-, Elektro- und alternativ angetriebene Fahrzeuge Sensoren, Elektronik und Telematik Verbesserte Entwurfs- und Herstellungsprozesse

Luft- und Raumfahrt	Kompositmaterialien -Aero-Thermodynamik Einsatz von Sensoren Zustandsüberwachung von Flugsystemen Lärmreduktion Verbesserte Herstellungsprozesse
Metalle und Mineralien	Schwermetalle Leichtmetalle
Kultursektor	Handwerk IuK (Marketing, Vertrieb)
Bekleidung und Textilien	Veredlung von Naturfasern Hochleistungs- und technische Textilien IuK in der Textilproduktion Intelligente Textilien
Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung	Lebensmittel zur Gewichtsabnahme Komponenten für funktionale Lebensmittel Genetisch modifizierte Nutzpflanzen Untersuchungen zu Einflussfaktoren für den Nährwert von Lebensmitteln Lebensmittelzusätze Forschung an neuen Lebensmitteln

4.5.3.2 Inhaltsanalyse

Transport und Verkehr, Logistik

Für die weitere Entwicklung und das Wachstum des Automobilsektors werden vier Technologien als kritisch betrachtet:

- Leichtgewichtsmaterialien;
- Hybrid-, Elektro- und alternativ angetriebene Fahrzeuge;
- Sensoren, Elektronik und Telematik;
- Verbesserte Entwurfs- und Herstellungsprozesse.

Leichtgewichtsmaterialien

Leichtgewichtsmaterialien: Leichtere Fahrzeuge haben einen geringeren Kraftstoffverbrauch und entsprechend niedrigeren Schadstoffausstoß. Sie zeichnen sich außerdem durch ein besseres Fahrverhalten aus. Aus diesem Grunde wird in der Gewichtsreduzierung ein wesentlicher Treiber für die Materialauswahl im Automobilbau gesehen. Bis zum Jahr 2020 wird mit einer Gewichtsreduktion um 17 % gerechnet. Auch für die Kommerzialisierung von Brennstoffzellenfahrzeugen werden Leichtgewichtsmaterialien als Schlüsselfaktor angesehen. Denn bislang weisen diese Fahrzeuge ein deutlich höheres Gewicht auf als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, wodurch ein Großteil der potenziell höheren Energieeffizienz von Brennstoffzellenfahrzeugen verloren geht.

In diesem Trend zu Leichtgewichtsmaterialien und einer entsprechend wachsenden Verwendung von Leichtmetallen wie Aluminium und Magnesium werden gute Chancen für Südafrika erkannt, weil das Land über

eine gut entwickelte Aluminiumindustrie und reiche Rohstoffvorkommen verfügt.

Hybrid-, Elektro- und alternativ angetriebene Fahrzeuge: Es werden vier Beispiele genannt: Fahrzeuge mit Brennstoffzellen, wobei der erforderliche Wasserstoff etwa aus Benzin oder Methanol gewonnen wird; Fahrzeuge mit einem Verbrennungsmotor für flüssigen Wasserstoff; Hybrid-Fahrzeuge, die einen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor kombinieren sowie die bereits verfügbare Variante von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, die Flüssiggas verwenden.

Hybrid-, Elektro- und alternativ angetriebene Fahrzeuge

Von diesen Varianten wird in der Studie nur die Brennstoffzellentechnologie näher beschrieben. Brennstoffzellen werden als emissionsfreie Technologie bezeichnet, die elektrische Energie mit einem sehr hohen Wirkungsgrad erzeugt. Es wird betont, dass Brennstoffzellen helfen können, die Abhängigkeit von Erdöl zu reduzieren und einen Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem zu ermöglichen. Darüber hinaus wird das Potenzial für völlig neue Fahrzeugkonzepte gesehen, die nur unter Verwendung von Brennstoffzellen realisiert werden können.

Die Position Südafrikas im Bereich der Brennstoffzellentechnologie wird als schwach eingeschätzt, weil es an fachlichem Know-how und F&E-Förderung mangelt.

Sensoren, Elektronik und Telematik: Die Anwendungen von Sensorik, Elektronik und Telematik im Automobilsektor zielen auf eine Erhöhung von Sicherheit und Komfort für alle Straßenverkehrsteilnehmer.

Sensoren, Elektronik und Telematik

Als Beispiele für solche Anwendungen werden genannt: personalisierte Informationssysteme zur Stauvermeidung sowie Systeme, die eine verbesserte Anpassung der Fahrgeschwindigkeit an die jeweilige Verkehrssituation erlauben oder die dabei helfen, Hindernissen auszuweichen. Um solche Anwendungen zu realisieren, wird ein vermehrter Daten- und Informationsaustausch sowohl zwischen Fahrzeugen als auch zwischen jedem Fahrzeug und Elementen der Infrastruktur als nötig betrachtet.

Die Ausgangslage Südafrikas, um von diesem Trend zu profitieren, wird auf Grund der Kompetenzen in der Elektronikproduktion und der Mechatronik als „mittel“ eingestuft.

Verbesserte Entwurfs- und Herstellungsprozesse: In Bezug auf die Prozesse zum Entwurf und zur Herstellung von Fahrzeugen wird eine stärkere Systemintegration unter Beachtung des gesamten Fahrzeuglebenszyklus als wesentlich angesehen. Verbesserten Herstellungsverfahren mit dem Ziel eines reduzierten Energie- und Materialverbrauchs wird ebenfalls eine entscheidende Rolle beigemessen.

Verbesserte Entwurfs- und Herstellungsprozesse

Südafrikas Position in diesem Bereich wird als gut beurteilt, da das Land gegenwärtig bereits Stärken in der Produktionstechnik aufweist.

Luft- und Raumfahrt

Die Studie identifiziert sechs Technologien, die für die weitere Entwicklung und das Wachstum im Luft- und Raumfahrtsektor als entscheidend angesehen werden:

- Kompositmaterialien;
- Entwicklung der Hyper-Aero-Thermodynamik;
- Einsatz von Sensoren;
- Zustandsüberwachung von Flugsystemen;
- Lärmreduktion sowie
- Verbesserte Herstellungsprozesse.

Strategische Förderung zu militärischen Zwecken

Kompositmaterialien

Zustandsüberwachung von Flugsystemen

Auf Grund einer strategischen Förderung zu militärischen Zwecken während der letzten vierzig Jahre verfügt die Luft- und Raumfahrtindustrie von Südafrika nach Einschätzung der Studienautoren insgesamt über beträchtliche Fähigkeiten. Besondere Stärken werden im Bereich der Kompositmaterialien und der Systeme zur Zustandsüberwachung von Fluggeräten erkannt.

Kompositmaterialien: Diese Materialien haben sich als bevorzugte Baustoffe in der Luft- und Raumfahrtindustrie herauskristallisiert. Auschlaggebend dafür sind ihre überlegene, spezifische Festigkeit und Steifigkeit. Gewichtersparnisse von mehr als 20 % werden für möglich gehalten und daraus resultierend eine signifikante Senkung des Treibstoffverbrauchs. Als Materialklasse werden Faser-Metall-Laminate hervorgehoben.

Zustandsüberwachung von Flugsystemen: Solche Überwachungssysteme dienen zur Erfassung von Prozessparametern wie Triebwerkstemperatur, Öltemperatur und Öldruck. Ihr Einsatz hat kürzere Stillstandszeiten der Flugzeuge zum Ziel, indem Verschleißteile rechtzeitig vor ihrem Ausfall ersetzt werden.

Bauen und Wohnen

Der Bereich Bauen und Wohnen wird nicht als eigenständiges Thema in der betrachteten Studie angesprochen. Es finden sich einzelne Aussagen zu Baumaterialien sowie zu Technologien zur Bewahrung des kulturellen Erbes an Gebäuden im Hinblick auf ihre Bedeutung für den Tourismus.

Meerestechnik und Schifffahrt

Die Themen Meerestechnik und Schifffahrt tauchen in der Studie nicht in prominenter Form auf. Marine Biotechnologie wird als ein Teilgebiet der Biotechnologie angesprochen.

Energie

Zwar wird der Bereich Energietechnik nicht als eigenständiges Thema aufgegriffen, es finden sich jedoch verschiedene Bezüge in anderen Themenfeldern:

Im Zusammenhang mit der Biotechnologie wird der Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen eine hohe Bedeutung beigemessen (vgl. Abschnitt zur Biotechnologie).

Die Steigerung der Energieeffizienz in der Prozesstechnik wird in verschiedenen Zusammenhängen als wichtiger Faktor erwähnt.

Nano- und Mikrosystemtechnologie

Entsprechend der Strukturierung der betrachteten Studie nach Industriesektoren werden die beiden Technologiefelder Nano- und Mikrosystemtechnologie nicht als eigene Bereiche angesprochen. Sie werden aber beide ausführlich im Zusammenhang mit verschiedenen Industriesektoren berücksichtigt.

Nanotechnologiebezüge finden sich insbesondere bei den Sektoren Chemie, Metalle und Mineralien, Biotechnologie sowie Automobilbau. Der chemischen Nanotechnologie wird global gesehen eine hohe Bedeutung eingeräumt, während Südafrikas Position in dem Bereich als schwach angesehen wird. Nanobiotechnologie wird als einer der grundlegenden, globalen Technologietrends in der Biotechnologie eingeschätzt. Lackierung und Beschichtung werden als wesentliche Anwendungspotenziale der Nanotechnologie im Automobilbereich gewertet, deren Marktrealisierung bis 2020 erwartet wird. Nanotechnologie in Keramiken stellt eine als wichtig betrachtete Anwendungsmöglichkeit der Nanotechnologie im Bereich Metalle und Mineralien dar, bei der Südafrika eine nur schwache Position aufweist.

Nanotechnologie

Die Rolle der Mikrosystemtechnik wird vor allem im Bereich IuK und in der Biotechnologie betont. Im IuK-Bereich wird die Verbreitung intelligenter, vernetzter Objekte als ein wesentlicher, globaler Trend identifiziert, wobei **MEMS (Micro-Electro-Mechanical-System)** als eines der Beispiele für solche Objekte aufgeführt wird. Daneben wird im Zusammenhang mit mobilen Anwendungen auf miniaturisierte Energieversorgungssysteme hingewiesen, so etwa auf Mikrobrennstoffzellen und MEMS. In der Biotechnologie wird die Bedeutung der verschiedenen Arten von Mikroarrays (DNS, Protein, Gewebe, Zellen, kleine Moleküle) ausführlich gewürdigt (vgl. Abschnitt Biotechnologie).

Mikrosystemtechnik

Materialtechnik

Die Materialtechnik wird ebenfalls entsprechend der Strukturierung der Studie nach Industriesektoren nicht als separates Thema betrachtet. Mate-

rialtechnische Aspekte spielen aber für einige der Industriesektoren eine wichtige Rolle. Die Aussagen zu Leichtgewichtsmaterialien für den Automobilbau sowie Kompositmaterialien für den Flugzeugbau wurden bereits dargestellt. Daneben besteht naturgemäß ein enger Zusammenhang zwischen der Materialtechnik und der chemischen Industrie. Im Kapitel zur chemischen Industrie wird in der betrachteten Studie das Ergebnis einer Expertenbefragung zum erwarteten zeitlichen Verlauf der Verbreitung verschiedener Technologien im Zusammenhang mit neuen Materialien vorgestellt. Dieses Ergebnis ist hier in Tabelle 4.8 wiedergegeben.

Tabelle 4.8: Verbreitung verschiedener Technologien im Zusammenhang mit neuen Materialien (Ent – Entstehung, Wa – Wachstum, R – Reife)

Technologie	2005	2010	2015	2020	nach 2020
Fasermaterialien (Kohlefasern, organische Fasern)	Wa		R		
Neuer Beton	Wa		R		
Polymermischungen	Wa		R		
Keramische Synthese (Sintern, Beschichten, Bearbeiten)	Ent/Wa	Wa		R	
Klebstoffe	Wa	Wa		R	
Multimaterialien	Ent/Wa	Wa		R	
Materialien mit hoher kritischer Temperatur	Ent/Wa	Wa		R	
Neue und verbesserte Prozessierungstechnologien	Ent/Wa			R	
Nanopulver	Ent	Ent/Wa	Wa	Wa/R	
Leitende Polymere	Ent/Wa	Wa			
Biopolymere	Ent	Wa			R
Intelligente Prozessierung	Ent/Wa	Ent/Wa			R
Nanokomposite	Ent	Wa	Wa		R
Funktionale und intelligente Polymere	Ent	Wa	Wa		R
Kohlenstoffnanoröhren	Ent	Ent/Wa	Wa		R
Aggregationstechnologien für Nanopartikel	Ent	Ent/Wa	Wa		R
Bioinspirierte Materialien	Ent/Wa	Ent/Wa	Ent/Wa		

Bei der Diskussion der Bekleidungs- und Textilindustrie wird die Rolle von Hochleistungs- und technischen Textilien für Südafrika bewertet. Darunter werden sowohl aus synthetischen als auch aus Naturfasern bestehende Textilien gefasst, die durch Hinzufügen bestimmter Substanzen eine bessere Qualität für technische Anwendungen oder den Gebrauch bei widrigen Umgebungsbedingungen aufweisen.

Anwendungen finden diese Textilien im Gesundheitsbereich (z. B. bei der Wundbehandlung, als Gewebesubstrate und Implantate), im Automobil- und Luftfahrtsektor (z. B. Leichtgewichtsmaterialien) sowie im Katastrophenschutz (z. B. Schutzanzüge). Es wird erwartet, dass technische Textilien Materialien verdrängen können, die bislang in diesen Anwendungsfeldern eingesetzt werden (insbesondere Metalle und Plastik). In der Veredlung von Fasern zu Hochleistungs- und technischen Textilien wird ein beträchtliches Potenzial für Südafrika gesehen.

Produktions- und Prozesstechnik

Die Technologieprognosen für die chemische Industrie (mit Ausnahme der Materialtechnik) werden in diesem Abschnitt vorgestellt. Aspekte der Produktions- und Prozesstechnik werden auch für den Sektor der Metalle und Mineralien sowie für die Bekleidungs- und Textilindustrie angesprochen. Biokatalyse schließlich stellt eine branchenübergreifende Anwendung der Biotechnologie in der Produktions- und Prozesstechnik dar.

Chemische Industrie

Im Bereich der Spezialchemikalien wird ein signifikanter Einfluss der Nanowissenschaften und Biotechnologie in der Zukunft erwartet. Bei Basis-Chemikalien (Düngemittel, Massenpolymere, Petrochemie) dagegen wird nicht mit disruptiven Innovationen gerechnet, sondern mit einer eher kontinuierlichen Weiterentwicklung.

Einige Beispiele für als wichtig erachtete, neu entstehende Technologien in der chemischen Industrie werden zusammen mit einer Einschätzung zum Zeithorizont bis zu ihrer Verbreitung in Tabelle 4.9 aufgeführt.

Tabelle 4.9: Entstehende Technologien in der chemischen Industrie

Technologie	Jahr der Verbreitung
Massensynthese von Fullerenen	2010
Photokatalyse für organische Synthesen	2010
Künstliche Hochleistungs-Katalysatoren für Prozesse nahe Normaltemperatur- und druck	2010
Organische Ferromagnetika	2010
Bioplastik, leitende Polymere	2010
Selektive, katalytische Technologie zum Aufbrechen von Naphtha	2008
Direktsynthese von Phenol aus Benzen	2006
Kombinatorische Chemie	2006
RNA Katalyse	2010
Biomimetische Katalyse	2010

Nach Einschätzung der im Rahmen der Studiendurchführung befragten südafrikanischen Experten wird der Bereich der Bioprozesstechnik und

Biotechnologie den größten potenziellen Einfluss auf die (südafrikanische) chemische Industrie haben. Gleichzeitig wird auch die Fähigkeit Südafrikas zur Reaktion in diesem Bereich als hoch bewertet.

Metalle und Mineralien

Reife Industrie

Der Bereich der Metalle und Mineralien wird als eine weltweit reife Industrie angesehen, in der es kaum bedeutende Innovationen gibt und in der inkrementelle Fortschritte das Technologiegeschehen bestimmen. Bei den Schwermetallen stehen bessere Extraktionstechniken und energieeffizientere Prozesse im Mittelpunkt. Mehr Innovationen werden im Bereich der Leichtmetalle gesehen – insbesondere bei Aluminium, Magnesium, Titan und der Entwicklung von Legierungen. Ein Hauptinteresse liegt in der Entwicklung kontinuierlicher Extraktionsprozesse für Magnesium und Titan.

Folgende Technologien werden global als wichtig für die Metall- und Mineralstoffindustrie angesehen: Legierungen, Extraktion von Leichtmetallen, Abfallbehandlung, Nanotechnologie in Keramiken, höher entwickelte Keramiken und die Anwendung von Edelmetallen in der Autokatalyse. In allen diesen Technologien wird die Positionierung Südafrikas als ungünstig eingeschätzt. Die höchste Bedeutung wird der Extraktion von Leichtmetallen sowie den Legierungen eingeräumt, so dass empfohlen wird, in diesen Bereichen Schwerpunkte zu setzen.

Bekleidung und Textilien

Extraktion von Leichtmetallen

Nach Ansicht der Studienautoren sind unter den betrachteten Technologien diejenigen zur Veredlung von Naturfasern von der größten Bedeutung für die Zukunft der Bekleidungs- und Textilindustrie Südafrikas. Mohair und Wolle sind dabei die wichtigsten Naturfasern für Südafrika.¹²⁹ Als relevante Technologien zur Veredlung werden genannt: Testsysteme zur Erkennung von Fremdfasern in Mohair und Wolle; Spinnereitechnologien zur Herstellung unterschiedlicher Garnqualitäten, Technologien zur Färbung und Ausrüstung von Garnen. Daneben wird in Pflanzenfasern bspw. aus Hanf und Flachs ein wichtiger Nischenmarkt mit besonderem Potenzial für Südafrika erkannt.

Neben den Technologien zur Veredlung von Naturfasern wird auch dem zunehmenden Einsatz von IuK in der Textilproduktion eine wichtige Rolle zugesprochen. Die Hauptaufgabe von IuK in diesem Zusammenhang wird in der Beschleunigung der Markteinführung neuer Produkte gesehen.

Biokatalyse

Das Potenzial der Biokatalyse wird an verschiedenen Stellen in der Studie hervorgehoben. Die chemische Industrie, die pharmazeutische Indust-

¹²⁹ Südafrika ist der weltweit größte Mohair-Produzent.

rie sowie die Textil-, Energie-, Lebensmittel-, Futtermittel- und Papierindustrie werden als Beispiele für Industriezweige angeführt, die von einer saubereren, energieeffizienteren Produktion profitieren können, die durch die Integration der Biokatalyse möglich wird.

Optische Technologien

Die optischen Technologien bilden keinen eigenen Schwerpunkt der betrachteten Studie. Optische Technologien werden jedoch in verschiedenen Zusammenhängen erwähnt: als Bestandteil der IuK (wie z. B. Bildschirme zur Informationsvisualisierung oder Faseroptik zur Datenübertragung), Biophotonik als Trend innerhalb der Biotechnologien, Materialtechnik zur Verbesserung optischer Materialien sowie Lasermaterialbearbeitung als eine Produktionstechnik im Automobilsektor.

Erwähnung in verschiedenen Zusammenhängen

Verbesserte Entwurfs- und Herstellungsprozesse in der Automobilindustrie werden als kritisch für den Erfolg der Branche in Südafrika angesehen. Die Lasermaterialbearbeitung wird als ein Ansatz für verbesserte Herstellungsprozesse gesehen – insbesondere auch im Zusammenhang mit dem Einsatz neuer Materialien im Automobilbau.

Informations- und Kommunikationstechnologien

Drei Gruppen von Technologien werden nach Einschätzung der Studienautoren die zukünftige IuK-Landschaft dominieren:

1. Mobile Technologien zur Vernetzung der Gesellschaft (z. B. drahtlose Funktechnik, intelligente Mobiltelefone);
2. Intelligente vernetzte Objekte (z. B. RFID, MEMS, eingebettete Rechner);
3. Semantische Verbindungsmöglichkeiten (z. B. semantisches Netz, Affinitätsprofile, Informationsextraktion).

Ausgehend von diesen drei Gruppen wird eine kondensierte Liste neu entstehender Technologien vorgestellt, die nach Ansicht von Industrieexperten für Wachstum und Entwicklung des IuK-Sektors in Südafrika wichtig sind:

- Mobile Technologien und Geräte;
- Drahtlose Netze;
- Sprachtechnologien;
- „Open Source“ Software;
- Telemedizin;
- Geomatik;
- Robotik;

- Computernetze („Grid“) und
- RFID.

Nach Einschätzung ihrer relativen Wichtigkeit und unter Berücksichtigung des Kompetenzprofils von Südafrika werden vier dieser Technologien als besonders relevant herausgestellt:

1. Mobile Technologien und Geräte werden deshalb hervorgehoben, weil eine Kommunikationsinfrastruktur die Grundlage für alle IuK-Initiativen darstellt.
2. Drahtlose Netze und Technologien werden als die einzige Möglichkeit angesehen, eine Kommunikationsinfrastruktur für alle Bürger bereitzustellen. Dies gilt insbesondere für die Bewohner ländlicher Regionen.
3. Sprachtechnologien¹³⁰ erlauben eine nutzerfreundliche und natürliche Bedienung von Technologie. Sie eröffnen so neue Ansätze, um Analphabetentum und Sprachbarrieren zu überwinden.
4. „Open Source“ Software (OSS)¹³¹ wird als eine Chance angesehen, den unaufhaltsam steigenden, internationalen Lizenzgebühren zu entkommen, lokalen Entwicklern Zugang zu Quellcodes von hoher Qualität zu verschaffen und die Entwicklung von Software-Systemen zu erleichtern, die den örtlichen Erfordernissen entsprechen.

Neben diesen vier prioritären Technologien wird in der RFID-Technologie der nächste große Trend im IuK-Bereich gesehen. Als beispielhafte Anwendungsbereiche werden der Automobil-, Pharmazie-, Produktions-, Lagerhaltungs-, Logistik- und Einzelhandelssektor genannt.

Intelligente Textilien

Intelligente Textilien sind den IuK-Technologien zuzuordnen und werden von den Studienautoren als ein Technologiefeld mit besonderem Potenzial für die südafrikanische Bekleidungs- und Textilindustrie bewertet. Sie bestehen aus synthetischen Fasern oder Naturfasern, die um integrierte Schaltkreise ergänzt werden und intelligente Materialien enthalten, um auf bestimmte Umgebungsbedingungen und operationale Erfordernisse reagieren zu können. Als Anwendungsbeispiele werden u. a. die Über-

¹³⁰ Sprachtechnologien umfassen Software zur Erkennung und Synthese gesprochener Sprache sowie zum Verständnis und zur Verarbeitung des Inhaltes von Texten (z. B. automatische Übersetzungen).

¹³¹ OSS bezeichnet Software, deren Quellcode zwischen Entwicklern und Nutzern offen ausgetauscht wird. Diese Art Software wird durch öffentliche Zusammenarbeit entwickelt, getestet und verbessert. Sie wird mit der Absicht verbreitet, dass Verbesserungen ebenfalls mit anderen geteilt werden, um so den Fortgang der Zusammenarbeit sicherzustellen.

wachung von chronisch Erkrankten, die Erfassung von Betriebsbedingungen in Bauteilen der Automobil- und Luftfahrtindustrie sowie die Unterstützung der Kommunikation zwischen Soldaten genannt.

Die Rolle von IuK in der Tourismusbranche wird im Abschnitt „Dienstleistungen“ dargestellt.

Elektronik

In der betrachteten Studie wird die Elektronikindustrie als Branche nicht behandelt. In unterschiedlichen Zusammenhängen werden jedoch einzelne Technologietrends mit Bezug zur Elektronik angesprochen.

Es wird auf die beginnende Anwendung von Polymeren für gedruckte Schaltkreise hingewiesen. Die Massenproduktion wird zwischen 2009 und 2014 erwartet. Global betrachtet wird das Potenzial als sehr hoch angesehen, weil Polymere ein kostengünstiges Ausgangsmaterial für die Mikroelektronikindustrie darstellen könnten.

Polymere für gedruckte Schaltkreise

Außerdem werden Beispiele für die Bedeutung der Materialforschung für die Elektronik benannt: SiC, GaN und andere Halbleiter mit großer Bandlücke für Anwendungen in der Leistungselektronik oder neue keramische Materialien.

Halbleiter mit großer Bandlücke

Schließlich wird die ständige wachsende Wichtigkeit der Elektronik im Automobilbau betont und darauf hingewiesen, dass in diesem Bereich höhere Anforderungen an die Lebensdauer und Robustheit der Systeme gestellt werden. Dies ist Teil des Feldes „Sensoren, Elektronik und Telematik“, dem eine besondere Bedeutung für die südafrikanische Automobilindustrie beigemessen wird (vgl. Abschnitt „Transport und Verkehr, Logistik“).

Elektronik im Automobilbau

Biotechnologie und Life Sciences

Südafrika weist nach Aussage der Studienautoren einen nur sehr kleinen Biotechnologiesektor auf, auch wenn die Anwendung von Biotechnologien in einer Reihe von Industriesektoren bereits weit verbreitet ist. Es werden sechs Anwendungsbereiche der Biotechnologie identifiziert, deren Weiterentwicklung die höchste Bedeutung für Südafrika haben:

Sehr kleiner Biotechnologiesektor in Südafrika

1. Rekombinante Therapeutikaproduktion: Modifikation von Mikroorganismen, Tieren und Pflanzen, so dass sie medizinisch nützliche Substanzen produzieren können;
2. Impfstoffe: Entwicklung, Herstellung und klinische Erprobung von neuen Impfstoffen gegen gravierende Infektionskrankheiten

wie AIDS, Tuberkulose, Malaria und durch das Rotavirus¹³² ausgelöste Magen-Darm-Infektionen;

3. Diagnostik: Beinhaltet Instrumente und Reagenzien, die zur Überwachung, Diagnose und Prognose von Erkrankungen durch Labormethoden dienen;
4. Chemische Grundstoffe aus Biomasse;
5. Energie aus erneuerbaren Rohstoffen;
6. Biokatalysatoren: Suche nach industriell verwertbaren Biokatalysatoren in der natürlichen Umwelt; Verbesserung der Biokatalysatoren, um spezifische Erfordernisse zu erfüllen; Erzeugung der Biokatalysatoren im Industriemaßstab.

Den Teiltechnologien, die allen sechs genannten Bereich gemeinsam zugrunde liegen, wird die höchste Priorität beigemessen. Es handelt sich nach Ansicht der beteiligten Experten um:

- Funktionelle Genomik (mit Schwerpunkt Genexpressionsanalyse);
- Hochdurchsatzverfahren zur Wirkstoffprüfung;
- Hochdurchsatzverfahren zur Gensequenzierung;
- Bioinformatik und
- Biosicherheit.

Diese Technologien umfassen die verschiedenen Stationen bei der Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen in der Biotechnologie von der Entdeckung bis zur Herstellung, wobei mehr Gewicht auf der Entdeckung liegt.

Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung

Als wesentliche Treiber für die gegenwärtigen Veränderungen in der Lebensmittelindustrie werden gesehen:

- der Wunsch der Produzenten nach Erzielung höherer Gewinnmargen durch die Entwicklung neuer Produkte und Optimierung der Produktion;
- die steigende Nachfrage der Kunden nach neuen Produkten wie etwa biologisch angebauten oder funktionalen Lebensmitteln und

¹³² Das Rotavirus ist der häufigste Erreger von nicht bakteriellen Magen-Darm-Infektionen bei Säuglingen und Kleinkindern; „Pschyrembel Klinisches Wörterbuch“, Walter de Gruyter, Berlin, New York.

- behördliche (internationale) Auflagen zur Umweltverträglichkeit der Produktion sowie zur Lebensmittelsicherheit und -rückverfolgbarkeit.

Insbesondere für Länder, die dauerhaft unter Lebensmittelknappheit leiden, wird auf den Nutzen der Lebensmittelprozessierung zur Verbesserung der Verfügbarkeit, Haltbarkeit und Sicherheit von Lebensmitteln hingewiesen.

Lebensmittelknappheit

Es wird eine Reihe von übergreifenden, technologischen Entwicklungs-trends benannt:

- Entwurf von Lebensmitteln und Diäten zur Gewichtsabnahme;
- Identifikation und Bewertung von Komponenten für funktionale Lebensmittel, die das Risiko chronischer Erkrankungen reduzieren;
- Genetisch modifizierte Nutzpflanzen mit höherem Gehalt an Nährstoffen;
- Untersuchung der Auswirkungen der Verarbeitung, Lagerung und Genmodifikation von Lebensmitteln auf ihren Nährwert;
- Lebensmittelzusätze zur Verbesserung der Blutfett- und Blutzuckerwerte;
- Forschung an neuen Lebensmitteln: pro- und präbiotische Produkte, Fertiggerichte mit angemessenem Nährwert, funktionale Lebensmittel, Lebensmittel mit pharmazeutischer Wirkung.

Unter Berücksichtigung der Stärken und Schwächen Südafrikas wird daraus eine Liste wichtiger technologischer Entwicklungen im Landwirtschafts- und Ernährungssektor von Südafrika abgeleitet:

- Genomik;
- Proteomik;
- Echtzeitdetektion von Mikroorganismen in Lebensmitteln;
- Sensoren für die Überwachung und Kontrolle laufender Produktionsprozesse in der Lebensmittelverarbeitung in Echtzeit;
- DNS/RNA-Chips zur schnelleren Detektion und Analyse von Toxinen in Lebensmitteln;
- Sensoren für Lebensmittelpathogene sowie
- minimale Prozessierung.

Ein Schwerpunkt ist demnach die Sensorik zur Überwachung der Lebensmittelsicherheit entlang des gesamten Produktionsprozesses. Außerdem wird darauf hingewiesen, dass eine Annäherung der Lebensmittel- und der Pharmabranche zu beobachten ist.

Sensorik als Schwerpunkt

Nachhaltigkeit und Umwelt

Fragen der Nachhaltigkeit und der Umwelt präsentieren sich als ein echter Querschnittsaspekt der untersuchten Studie. Schon in der Einführung wird die allgemeine Wichtigkeit von Innovationen u. a. mit den Herausforderungen im Umweltbereich begründet.

Für sämtliche betrachteten Industriesektoren werden Umweltaspekte berücksichtigt. Dies betrifft sowohl die Produktions- und Prozesstechnik in den verschiedenen Branchen (s. o.) als auch die Produkte (z. B. Leichtgewichtsmaterialien im Automobil- und Flugzeugbau).

Eine besondere Betonung erfahren Umwelttechnologien im Zusammenhang mit der Tourismusbranche. Die Umwelt selbst wird als zentrales „Produkt“ verstanden, das dem Touristen angeboten wird und deren Zerstörung in einem Niedergang des Tourismus resultieren könnte.

Folgende Kategorien von Umwelttechnologien werden aufgeführt:

- Vermeidungstechnologien: Helfen, die Produktion umweltschädlicher Substanzen zu vermeiden oder verändern das menschliche Verhalten derart, dass Schäden an der Umwelt minimiert werden;
- Überwachung und Beurteilung: Technologien zur Feststellung und Überwachung des Zustandes der Umwelt, einschließlich der Beobachtung und Messung freigesetzter Schadstoffe;
- Kontrolltechnologien: Wandeln gefährliche Substanzen in harmlose um, bevor sie in die Umwelt gelangen können;
- Remediation und Wiederherstellung: Remediationstechnologien beseitigen gefährliche Substanzen nachdem sie in die Umwelt gelangt sind. Technologien zur Wiederherstellung beinhalten Methoden zur Verbesserung von belasteten Ökosystemen.

Als Wachstumssektoren der Umwelttechnologien werden beispielsweise Energieeinsparung, erneuerbare Formen der Energiegewinnung, Energiegewinnung aus Abfall, Wasserbehandlung, Luftreinhaltung sowie die Entwicklung umweltfreundlicher Materialien genannt.

Verteidigung und Sicherheit

Einzelne Anwendungen neuer Technologien im militärischen Umfeld werden am Rande angesprochen – wie etwa für intelligente Textilien (s. o.). Sicherheitsaspekte finden in erster Linie im Zusammenhang mit Tourismus gelegentliche Erwähnung.

Dienstleistungen

In der betrachteten Studie werden die Technologien untersucht, die für das zukünftige Wachstum der südafrikanischen Tourismusbranche als ausschlaggebend angesehen werden:

- Mobile Technologien;
- Drahtlose Technologien;
- Internet;
- Sprachtechnologien;
- Umwelttechnologien sowie
- Technologien zur Bewahrung des kulturellen Erbes.

IuK-Technologien dominieren in dieser Auflistung. Die Studienautoren erwarten, dass sich durch IuK-Technologien das Tourismusgeschäft allmählich ganz grundlegend ändern wird. So wird vorausgesehen, dass gedruckte Informationsquellen über das Reiseland (Reiseführer, Landkarten) zunehmend durch elektronische Medien (interaktives Fernsehen, Geoinformationssysteme) verdrängt werden. Sprachtechnologien sollen in der Zukunft die Überbrückung von Sprachbarrieren erleichtern. Dem Internet wird eine zentrale Rolle beim Marketing und bei der Buchung von Reisen zugeschrieben.

Die Bedeutung von Umwelttechnologien (vgl. Abschnitt „Nachhaltigkeit und Umwelt“) und Technologien zur Bewahrung des kulturellen Erbes wird im Erhalt der Attraktivität der natürlichen und der vom Menschen geprägten Umwelt für Touristen gesehen.

Tourismus

IuK-Technologien

Umwelttechnologien

Forschungsintensität
höher als
EU-Durchschnitt

4.6 Südkorea

4.6.1 Nationales Innovationssystem

Forschung und Innovation werden von der südkoreanischen Regierung als sehr wichtig angesehen. So erhöhte Südkorea bereits in den 90er Jahren seine Forschungsausgaben erheblich, um seinen im Vergleich zu Industrieländern bestehenden Rückstand in Forschung und Innovation aufzuholen. Heute zeichnet sich das Land durch eine hohe Forschungsintensität aus, die schon im Jahre 2001 mit 2,68 % des BIP höher ausfiel als der EU-Durchschnitt.¹³³ Südkorea beabsichtigt, bis zum Jahre 2007 die Forschungsquote des Landes auf 7 % des BIP zu erhöhen.¹³⁴ Zudem wurde in der 1999 von der südkoreanischen Regierung aufgestellten langfristigen Strategie „Long-Term Vision for Science and Technology Development Towards 2025“ festgelegt, dass Südkorea bis 2025 zu den technologisch fortschrittlichsten und wettbewerbsfähigsten Nationen gehören soll. Insbesondere soll zu diesem Zeitpunkt der technologische Standard der G7-Länder erreicht werden.¹³⁵ Um dieses Ziel zu erlangen, setzte die südkoreanische Regierung auf Reformen des früher zentral von der Regierung gesteuerten nationalen Innovationssystems, auf eine weiterhin erhöhte Partizipation des privaten Sektors an den F&E-Anstrengungen, sowie auf die weitere Entwicklung der Exzellenz-Zentren.¹³⁵ Bezeichnend für die Wertschätzung, die von der koreanischen Regierung dem Bereich Wissenschaft und Technologie entgegengebracht wird, ist die Tatsache, dass der koreanische Minister für Wissenschaft und Technologie gleichzeitig – und dies ist derzeit unter den OECD-Ländern einmalig – auch Vize-Ministerpräsident ist.¹³⁶

Die Abbildung 4.6 stellt das heutige südkoreanische Innovationssystem dar, das im Wesentlichen aus den für Wissenschaft und Technologie zuständigen Ministerien, einem Koordinationsgremium sowie mehreren Beratungs- bzw. Forschungsinstitutionen besteht.

- Die Wissenschafts-, Forschungs- und Technologiepolitik der Regierung wird vom **Premierminister** und dem 1999 gegründeten „**National Science and Technology Council**“ (NSTC)¹³⁷ aufgestellt und koordiniert. Das NSTC ist ein Beratungsorgan, dem alle 19 für Wissenschaft und Forschung zuständigen Minister¹³⁸ sowie Vertreter der

¹³³ Die durchschnittliche Forschungsquote der EU-Länder betrug 2001 1,81% des BIP.

¹³⁴ Park, 2005

¹³⁵ Tsipouri, 2004

¹³⁶ Park, 2006

¹³⁷ <http://www.nstc.go.kr>

¹³⁸ Zuständig für Wissenschaft und Technologie sind insgesamt 19 Ministerien, darunter das Ministerium für Wissenschaft und Forschung (www.most.go.kr), das Ministerium für Handel, Industrie und Energie (<http://152.99.129.89/eng/default.asp>), das

Forschungsgemeinschaft angehören und die vom Präsidenten Südkoreas geleitet wird. Bei der Aufstellung des F&E-Haushalts reichen alle 19 Ministerien dem NSTC einzelne Haushaltsentwürfe ein, die von NSTC in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Wissenschaft und Technologie zuerst begutachtet werden, bevor der von dem NSTC erstellte Gesamtentwurf vom „Ministry of Planning and Budget“ (MPB)¹³⁹ und anschließend vom Parlament gebilligt wird. Der NSTC überprüft zudem, dass alle neu aufgestellten F&E-Programme der Regierung den in den „National Technology Roadmaps“¹⁴⁰ bestimmten Prioritäten entsprechen. Dies soll die Effizienz des NIS und die Übereinstimmung der Wissenschafts- und Technologiepolitik mit den Ergebnissen vorangegangener Vorausschau-Projekte garantieren.¹⁴¹

- Eine Beratungsfunktion bei der Regierung übernimmt der „**Presidential Council on Science and Technology**“ (PACST)¹⁴². Dieses Organ besteht einerseits aus nicht staatlichen Mitgliedern der wissenschaftlichen „Community“ und andererseits aus Wissenschafts- und Technologieexperten aus dem privaten Sektor. Der PACST unterstützt die Regierung bei der Aufstellung der Wissenschafts-, Technologie- und Innovationspolitik.
- Das 1998 neu organisierte **Ministerium für Wissenschaft und Technologie (MOST)**¹⁴³ ist für die Implementierung der Wissenschafts- und Technologiepolitik der Regierung verantwortlich und koordiniert die Zusammenarbeit der verschiedenen für Wissenschaft und Technologie zuständigen Ministerien untereinander. Zudem ist das MOST für das Bildungssystem des Landes zuständig. Zu den Prioritäten von MOST gehören die Technologieförderung, die Unterstützung der wissenschaftlichen Forschung und die Technologie-Vorausschau.¹³⁵
- Das „**Korea Institute of S & T Evaluation and Planning**“ (KISTEP)¹⁴⁴, das von MOST finanziert wird, verwaltet die von MOST getragenen F&E-Förderprogramme und beurteilt die nationalen F&E-Programme der anderen für Wissenschaft und Technologie zuständigen Ministerien. Weiterhin ist KISTEP für die Planung und Implementierung von Programmen zur internationalen Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technologie zuständig. Schließlich führt

Ministerium für Information und Kommunikation (www.mic.go.kr) und das Ministerium für Bildung (<http://english.moe.go.kr>).

¹³⁹ www.mpb.go.kr

¹⁴⁰ S. Kapitel 4.8.2

¹⁴¹ Shin, 2005

¹⁴² www.pacst.go.kr

¹⁴³ www.most.go.kr

¹⁴⁴ <http://www.kistep.re.kr/english/main.html>

KISTEP Vorausschau-Projekte durch („Technology Forecasting“, „Technology Assessment“ und „Technology Level Survey“).

- Die drei Forschungsräte „Korea Research Council of Fundamental Science and Technology“ (KRCF)¹⁴⁵, „Korea Research Council for Industrial Science and Technology“ (KOPI)¹⁴⁶ und „Korea Research Council for Public Technology“ (KORP)¹⁴⁷ verwalteten und förderten in Zusammenarbeit mit MOST die Aktivitäten der 150 öffentlichen Exzellenz-Zentren, die hauptsächlich Grundlagenforschung betreiben.¹³⁵

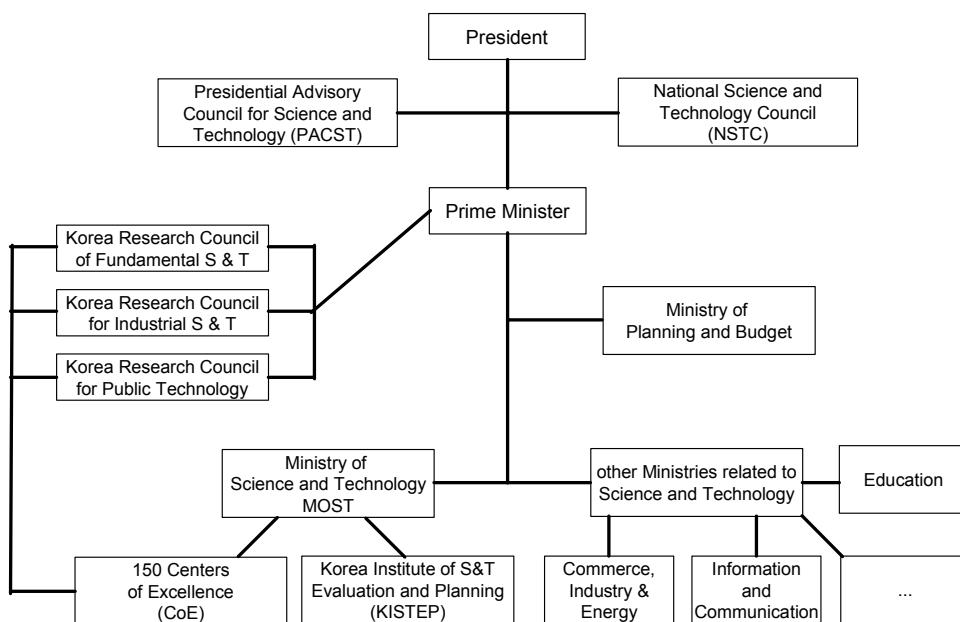


Abbildung 4.6: Nationales Innovationssystem Südkoreas, 2004¹⁴⁸

Neben der öffentlich geförderten Forschung und Innovation zeichnet sich Südkorea durch einen hohen Anteil des privaten Sektors an den F&E-Ausgaben des Landes aus:¹³⁵ So werden schon heute 75 %¹³⁶ der Forschung und Innovation privat finanziert.¹⁴⁹ Diese hohe Partizipation der Wirtschaft ist einerseits auf japanische Direktinvestitionen in F&E in Südkorea¹⁵⁰ zurückzuführen, andererseits auf z. T. hohe Steueranreize und staatliche Unterstützungsgelder für innovative Unternehmen mit F&E-Aktivitäten. Allerdings handelt es sich bei diesen Unternehmen meist um große Unternehmen. Die Herstellung günstiger Rahmenbedin-

Japanische Direkt- investitionen in F&E

145 www.krcf.re.kr

146 www.koci.re.kr

147 www.kom.re.kr

¹⁴⁸ nach Tsipouri, 2004 und Shin, 2005

¹⁴⁹ Zum Vergleich strebt die EU laut ihrer Barcelona-Ziele für 2010 einen Anteil von 67% der von der Industrie finanzierten F&E-Ausgaben an den Bruttoinlandsausgaben für F&E an. Vgl. Luger, 2005.

¹⁵⁰ Vor allem japanische Unternehmen der Elektronik- und der Transportbranche sind in der E&E Südkorea aktiv.

gungen für vermehrte F&E-Aktivitäten von KMUs soll deshalb eins der Ziele der südkoreanischen Innovationspolitik der nächsten Jahre sein.¹³⁵

4.6.2 Aktivitäten im Bereich Technologieprognosen

Nationale, öffentlich geförderte Technologieprognosen wurden in Südkorea erstmals in den frühen 90er Jahren durchgeführt.¹⁵¹

Bei der Einführung der Technologieprognose als Instrument der politischen Strategieplanung haben sich südkoreanische Entscheidungsträger aus Politik und Wissenschaft wesentlich von den japanischen Delphi-Studien inspirieren lassen, die seit den 70er Jahren durchgeführt werden, und deren Methodik übernommen. Die erste südkoreanische Delphi-Studie wurde 1993 vom „Science and Technology Policy Institute“ (STEPI)¹⁵² durchgeführt – die zweite Delphi-Studie von 1999 unter der gemeinsamen Leitung vom STEPI und vom „Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning“ (KISTEP)¹⁵³. Bei diesen beiden Delphi-Studien handelte es sich um rein technologische Untersuchungen: Sozioökonomische Auswirkungen technologischer Entwicklungen wurden nicht berücksichtigt; weiterhin fanden die Studienergebnisse keinen Widerhall in Fördermaßnahmen der Regierung. Das 2001 verabschiedete Gesetz „S & T Basic Law“ der südkoreanischen Regierung verankerte dagegen die regelmäßige Durchführung in Fünf-Jahresabständen von Technologieprognosen unter der Leitung vom KISTEP als festen Bestandteil der Wissenschaftspolitik, der die Basis für Fördermaßnahmen der Regierung liefern soll.¹⁵⁴

Parallel zu den Delphi-Untersuchungen stellte die südkoreanische Regierung 2002 eine „National Technology Roadmap“ (NTRM) auf, die aus

Von japanischen
Delphi-Studien
inspiriert

Zusätzlich:
„National Technology
Roadmap“

¹⁵¹ Vorige Prognoseaktivitäten konzentrierten sich auf die Aufstellung von nationalen Forschungs- und Entwicklungsplänen einerseits und von nationalen Wissenschafts- und Technologieplänen andererseits. Die wichtigsten zu erwähnenden F&E-Pläne sind die so genannten „Highly Advanced National (HAN) Projects“, die 1992 vom Ministerium für Wissenschaft und Technologie (MOST) aufgestellt wurden. 400 Experten aus Industrie, Forschung und Politik bestimmten öffentlich zu fördernde F&E-Projekte auf Basis der Ergebnisse von Technologieprognosen, insbesondere auf Basis des industriellen Technologiebedarfs. Seit den 60er Jahren wurden 8 Fünf-Jahrespläne für Wissenschaft und Technologie aufgestellt. Wissenschafts- und Technologiepläne mit weitreichenderem Zeithorizont sind beispielsweise der Mitte der 80er Jahre aufgestellte langfristige Wissenschafts- und Technologieplan für das Jahr 2000 oder die langfristige Vision für die Entwicklung von Wissenschaft und Technologie für das Jahr 2025 (vgl. Park, 2005; Choi, 2003; Shin, 2000).

¹⁵² <http://www.stepi.re.kr>

¹⁵³ <http://www.kistep.re.kr/english/main.html>

¹⁵⁴ Park, 2005

den Bedürfnissen des Marktes und der Industrie zu fördernde Technologiebereiche identifiziert.¹⁵⁵

4.6.3 The 3rd Korean Foresight Exercise

4.6.3.1 Kurzbeschreibung der Studie

Name der Studie: The 3rd Korean Foresight Exercise – The Future Perspectives and Technology Foresight of Korea – Challenges and Opportunities

Auftraggeber: Ministry of Science, Technology and Innovation
www.most.go.kr

Durchgeführt von: Korea Institute of Science and Technology Evaluation Planning (KISTEP)
<http://www.kistep.re.kr/english/main.html>
 National Science & Technology Council (NSTC)
<http://www.nstc.go.kr>

Erscheinungsjahr: 2004

Zeithorizont: 2030

Öffentlichkeit am Prozess beteiligt

Die dritte südkoreanische Delphi-Studie mit Zeithorizont 2030 wurde zwischen Juli 2003 und Dezember 2004 durchgeführt. Im Gegensatz zu den beiden ersten Delphi-Studien ist diese dritte Runde dadurch gekennzeichnet, dass sie einerseits sozioökonomische Auswirkungen technologischer Entwicklungen berücksichtigt und andererseits dass nicht nur Wissenschaftler, sondern auch Zukunftsforscher, Soziologen und vor allem die Öffentlichkeit am Prozess beteiligt wurden. Die Studie besteht aus drei Phasen. In Phase 1 wurde auf der Basis aktueller gesellschaftlicher, demographischer und ökologischer Trends Herausforderungen und Probleme hergeleitet, mit denen Südkorea in den nächsten 25 Jahren konfrontiert sein wird. In Phase 2 wurden dann 8 Technologiebereiche und 2 nicht technologische Bereiche¹⁵⁶ identifiziert, in denen Fortschritte und Entwicklungen einen Beitrag zur Bewältigung bevorstehender Herausforderungen leisten können:

¹⁵⁵ Die Methodik der NTRM lehnt sich an „Technology Roadmap“-Aktivitäten (TRM) auf Unternehmensebene an. Insbesondere Samsung stellt regelmäßig solche TRM auf und aktualisiert jedes Jahr deren Aussagen.

¹⁵⁶ Auf Grund der Tatsache, dass uns zur 3. koreanischen Vorausschau-Studie nur Sekundärliteratur vorliegt, können wir hier keine 2-stufige Strukturübersicht anführen, wie bei den Darstellungen der anderen hier betrachteten nationalen Studien.

- Weltraum und Erde;
- Materialien und Produktion;
- Informations- und Wissenstechnologien;
- Ernährung und Life Sciences/Biotechnologien und Bioressourcen;
- Gesundheit;
- Energie und Umwelt;
- Sicherheit;
- Raumnutzung und Infrastruktur;
- Management und Innovation sowie
- Wissenschaft und Technologie und Gesellschaft.

Die eigentliche Delphi-Untersuchung bezog sich auf diese 8 Technologiebereiche. In diesen wurden insgesamt 761 Technologien, darunter 189 prioritäre, identifiziert, die eine Antwort auf Südkoreas zukünftige Probleme bieten könnten¹⁵⁷, und ihr vorhergesehener Realisierungshorizont angegeben. Schließlich wurden in der dritten Phase Szenarien mit dem Ziel aufgestellt, die durch neue Technologien verursachten Veränderungen auf den Gebieten Bildung, Gesundheit, Arbeit und Sicherheit nachzuvollziehen. Die Szenarien wurden durch 4 Panels bestehend aus Wissenschaftlern, Ingenieuren und Akteuren der Gesellschaft erarbeitet.¹⁵⁸

Szenarien

4.6.3.2 Inhaltsanalyse¹⁵⁹

Transport und Verkehr, Logistik

Südkorea sieht auf Grund seines F&E-Standes großes Potenzial in der Entwicklung von IuK-gestützten Transport- und Logistikanwendungen. Die folgenden Entwicklungen werden für Korea im Bereich Transport, Verkehr und Logistik erwartet:

IuK-Unterstützung

- 2010 soll ein holografisches Navigationssystem den Fahrer eines Fahrzeugs in Echtzeit über Verkehrsdaten und Position von Fußgängern informieren.
- Ebenfalls in 2010 könnten mit Hilfe von drahtlosen Technologien (z. B. RFIDs) per Ferndiagnose überladene Fahrzeuge erkannt werden und so Wiegestationen für Fahrzeuge überflüssig werden lassen.

¹⁵⁷ ATIP, 2005

¹⁵⁸ Park, 2005

¹⁵⁹ Zum südkoreanischen Vorausschau-Projekt liegen in englischer Sprache nur Berichte aus der Sekundärliteratur vor. Diese sind zudem sehr kurz gehalten und die einzelnen Technologien werden nur stichwortartig behandelt.

- Für 2014 werden automatische Fahrsysteme für Pkws erwartet, die ohne menschliche Fahrer auskommen.

Weitere Entwicklungen werden bei den Fahrzeugen erwartet: 2013 sollen die ersten Brennstoffzellen-Fahrzeuge und 2020 Magnetschwebebahnen auf Basis von Raumtemperatur-Supraleitern kommerzialisiert werden. Ferner werden für 2014 besondere lärmverhindernde Straßenbeläge erwartet.

Luft- und Raumfahrt

Südkorea mit
wenig Chancen

Die Studie sieht die Luft- und Raumfahrt als einen Bereich an, der von einigen wenigen technologisch fortschrittlichen Nationen dominiert wird¹⁶⁰ und in dem sich Südkorea wegen seines Ressourcenmangels wenige Chancen zurechnet. Dennoch werden folgende technologische Entwicklungen genannt:

- 2018 werden miniaturisierte insekten- oder vogelähnliche Flugobjekte, die zu Aufnahme- und Überwachungszwecken eingesetzt werden, Marktreife erreichen.
- In 2022 werden lautlose Hubschrauber kommerziell eingesetzt.
- 2018 sollen Methoden der Astronomieforschung die rechtzeitige Beobachtung von sich der Erde nähern Kometen und Asteroiden ermöglichen, deren Durchmesser 100 m übersteigt.
- 2025 werden Raumfähren für niedrige Flughöhen (weniger als 100 km) entwickelt, die für Weltraumtouren eingesetzt werden. Der Bau eines Weltraumhotels und einer Stadt im Weltraum wird erwartet.
- In 2027 werden eine internationale Mondstation und Fabriken im Weltraum entwickelt, um den Weltraum zu erforschen. Mondressourcen und „Terraforming“-Technologien werden entwickelt, um den Mars zu kolonisieren.

Bauen und Wohnen

Folgende Aussagen werden für das Thema „Bauen und Wohnen“ getroffen:

- 2012 werden Seniorendörfer erwartet, die von medizinischem Personal fern betreut werden. Medizinische Behandlungen werden interaktiv sein, um besser auf die Bedürfnisse der Bewohner eingehen zu können.

¹⁶⁰ Park, 2005

- 2012 werden Sicherheitssysteme zur Verfügung stehen, die sowohl über- als auch unterirdische Gebäude (elektrische Transformatoren, Kernkraftwerke, hohe Gebäude etc.) vor Naturkatastrophen schützen.
- 2013 wird es energieeffiziente Häuser geben, deren Energiebedarf nur noch die Hälfte des heutigen Bedarfs ausmachen wird. Zu diesem Datum sollen zudem große unterirdische Kühlsysteme für Bewohner zur Verfügung stehen, die sich sowohl für die Aufbewahrung von Lebensmitteln als auch für die Speicherung von Flüssiggas eignen.
- In 2014 wird jeder Haushalt einen Roboter besitzen, die eine Reihe von Aufgaben übernehmen können – inklusive der Pflege behinderter und alter Menschen.
- In 2019 wird es eine Verbindung durch Unterwassertunnel von der südkoreanischen Halbinsel nach China, Japan und Südostasien geben.

Meerestechnik und Schifffahrt

Prognosen zu diesem Technologiefeld werden nach unserem Informationsstand in der Studie nicht erwähnt.

Energie

Das Themenfeld Energie ist sehr wichtig für Südkorea, da vorhergesagt wird, dass der südkoreanische Energieverbrauch in den nächsten 30 Jahren um 2,3 % jährlich steigen wird. Folgende Aussagen werden getroffen:

Energie sehr wichtig für Südkorea

- Bis 2011 wird die Entwicklung von Technologien erwartet, die die Nutzung existierender Stromleitungen zur Verteilung von Energie aus alternativen Energiequellen ermöglichen.
- In 2014 wird ein hybrides alternatives Energieerzeugungssystem kommerziell genutzt werden.
- Bis 2018 wird die Entwicklung von Speichertechnologien für Methanhydrat erwartet.
- 2020 soll die Massenproduktion von Wasserstoff möglich sein.
- In 2022 wird versucht, das Prinzip der Photosynthese zur Erzeugung von Energie zu nutzen.
- In 2024 werden Solarkraftwerke entwickelt, die im Orbit um die Erde oder auf dem Mond platziert werden und die Sonnenenergie zur Erde übermitteln.
- Bis 2026 werden Kernfusionsreaktoren erwartet.

Nano- und Mikrosystemtechnologie

Dieses Technologiefeld wird nach unserem Informationsstand in der Studie nicht erwähnt; eingegangen wird nur auf Anwendungen der Nanotechnologie im Gesundheitsbereich (siehe Abschnitt „Gesundheit und Ernährung“).

Materialtechnik

Die Studie identifiziert das Themenfeld „Material und Produktion“ als ein wichtiges Innovationsfeld. Folgende Aussagen beziehen sich auf den Bereich Material:

- Bis 2013 wird die Entwicklung von biologisch abbaubarem Kunststoff erwartet.
- Bis zum Jahr 2020 wird eine Magnetschwebebahn auf Basis von Raumtemperatur-Supraleitern kommerzialisiert werden.

Produktions- und Prozesstechnik

Die Prozesstechnik wird in der Studie nicht explizit behandelt. Die Studie identifiziert das Themenfeld „Material und Produktion“ als ein wichtiges Innovationsfeld (siehe oben). Folgende Aussagen beziehen sich auf den Bereich Produktion:

- Für 2012 wird die Entwicklung eines ubiquitären Netzes von Sensoren zur Überwachung und Management von Bauvorhaben und Produktion erwartet.
- 2018 sollen die ersten vollständig automatisierten Fabriken ohne menschliche Arbeiter in Betrieb genommen werden.
- Für 2021 wird die Entwicklung von Robotern mit menschenähnlicher Intelligenz und Beweglichkeit erwartet.

Optische Technologien

Dieses Technologiefeld wird nach unserem Informationsstand in der Studie nicht erwähnt.

Informations- und Kommunikationstechnologien

Informations- und Kommunikationstechnologien sind eine der Stärken der südkoreanischen F&E-Landschaft.¹⁶¹ In diesem Bereich stuften die

¹⁶¹ Insbesondere in den Bereichen Halbleiter, Displays, digitales Fernsehen, Mobiltelefone und Internetanwendungen befindet sich Südkorea unter den wettbewerbsfähigsten Ländern. Vgl. Park, 2005.

befragten Experten den Abstand zwischen dem südkoreanischen F&E-Standes und denjenigen der technologieführenden Nationen am geringsten ein.¹⁶² Die in der Studie erwähnten Technologien betreffen sowohl die Felder Software und Hardware als auch die Forschung an kognitiven Systemen und die Robotik.

IuK als Stärke
Südkoreas

Folgende technologische Entwicklungen werden genannt:

- 2009 sollen die Sicherheitsmechanismen so weit entwickelt sein, dass eine breite Nutzung von Anwendungen wie e-Commerce, e-voting und e-payment möglich ist. Südkorea soll das erste Land sein, das Sicherheitssysteme für e-commerce einführt.
- In 2009 wird Korea das weltweit erste „Virtual Reality Network Game“ entwickeln.
- In 2011 werden die ersten großflächigen transparenten flexiblen Displays verfügbar sein. Ferner werden die großen flexiblen Displays die halbleiterbasierten Displays ersetzen.
- 2012 wird es auf Biometrie basierende Erkennungssysteme geben, die automatisch und unauffällig Personen identifizieren.
- 2012 sollen Batterien für Mobiltelefone zur Verfügung stehen, die in weniger als 3 Minuten wieder aufgeladen werden können.
- In 2014 wird farbiges elektronisches Papier kommerziell verfügbar sein.
- 2015 sollen Geräte für Video-Konferenzen mit eingebauten Funktionen zur direkten Übersetzung kommerziell verfügbar sein.
- Bis 2016 soll eine Technologie entwickelt werden, die die fünf menschlichen Sinne übertragen kann.
- Für 2018 wird die Kommerzialisierung eines Roboters mit der Fähigkeit, an einer natürlichen, d. h. gesprochenen, Konversation teilzunehmen, erwartet.
- Ein Jahr später (2019) sollen Roboter sogar in der Lage sein, menschliche Gefühle nachzuvollziehen und angemessen darauf zu reagieren. Ferner wird die Ausstrahlung einer Fernsehquizsendung vorausgesagt, in der Menschen und Roboter gegeneinander antreten.
- Für 2021 wird die Entwicklung von Robotern, so genannten „Androids“, erwartet, die die gleichen kognitiven Fähigkeiten wie Menschen aufweisen und sich ebenso mobil bewegen können.
- 2022 werden Forschungen zur Entschlüsselung der Erkennungsmechanismen im Gehirn erwartet.

¹⁶² Park, 2005

Elektronik

Die Studie geht auf das Themenfeld Elektronik nicht eingehend ein.

Biotechnologie und Life Sciences

Im Bereich Biotechnologie untersucht die Studie vorwiegend Anwendungen in der Medizin, auf die im nächsten Abschnitt eingegangen wird. Ferner werden folgende Aussagen gemacht:

- In 2013 werden kurz- und langfristige Konservierungstechnologien für Bioressourcen kommerzialisiert.
- 2014 werden Überwachungstechnologien entwickelt, um den Import gefährlicher Biomaterialien zu verhindern.

Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung

Alternde Gesellschaft

Die Studie benennt als beachtenswertesten Trend die Entwicklung neuer medizinischer Dienstleistungen und die steigende Lebenserwartung. In Südkorea werden in 2026 ältere Menschen 20 % der Gesamtbevölkerung ausmachen. In Zukunft werden Ärzte ihre Patienten mit Hilfe von Biochips per Ferndiagnose untersuchen und mit Nanorobotern und intelligenten Pillen zu Hause behandeln.

Im Einzelnen werden folgende Prognosen zum Thema Gesundheit genannt:

- 2010 werden die ersten medizinischen Ferndiagnosesysteme verfügbar sein.
- Ab 2012 wird für Diagnose und Behandlung aller Beschwerden eines Patienten ein einziger Klinikbesuch ausreichen, da alle involvierten Spezialisten und Fachärzte ihre Patienten fern behandeln.
- 2013 werden genetische Tests zur Verfügung stehen werden, um zu bestimmen, ob ein Patient Krebs entwickeln wird. Sowohl Test, Arztkonsultation und Behandlung können dabei dank der neuen Ferndiagnose und -behandlungsmethoden am Patienten direkt zu Hause angewandt werden.
- Ab 2014 soll sich in Südkorea ein nationales Programm zur Gesundheitsprävention unheilbarer Krankheiten widmen und gleichzeitig Volkskrankheiten wie Bluthochdruck, Diabetes und Arteriosklerose untersuchen.
- 2015 soll es möglich sein, das Immunsystem eines Menschen durch in die Blutbahn injizierte Nanoroboter stärker und widerstandsfähiger zu machen. Die Nanoroboter sollen krankheitserregende Bakterien töten und so Krankheiten vorbeugen oder heilen.

- Bis 2016 werden pflanzliche Medikamente entwickelt, die aus natürlichen Stoffen und Mikroorganismen bestehen.
- Für 2016 wird die Entdeckung der Ursachen von Bluthochdruck und Diabetes erwartet.
- 2017 wird dann ein auf Gentests basierendes Vorhersagesystem für das Auftreten von Krankheiten kommerzialisiert werden.
- In 2017 werden Technologien zur Massentierzucht für die menschliche Ersatzorganproduktion entwickelt.
- Für 2017 wird für Korea die Massenzüchtung von Tieren für Xenotransplantationen erwartet.
- Für 2019 wird die Kommerzialisierung von Ferndiagnosesystemen erwartet.
- 2020 werden Untersuchungen über den Biorhythmus und die biologische Uhr dazu beitragen, den Alterungsprozesses beim Menschen besser zu verstehen.
- 2020 werden Nanoroboter eingesetzt, um Blutgefäße zu reinigen.
- Für 2025 werden personalisierte Stammzelltherapien erwartet.

Im Bereich Ernährung werden folgende Aussagen genannt:

- Für 2009 wird die Entwicklung von Gefrier- und Tautechnologien zur Frischhaltung von Lebensmitteln erwartet. Ferner werden kostengünstige Methoden zur Lebensmittelkonservierung sowie Verteilungs- und Managementtechnologien zur Lebensmittelsicherheit und -versorgung kommerzialisiert.
- 2012 werden tragbare Geräte mit DNS-Chips entwickelt, mit denen Quarantärebestimmungen für Landwirtschafts- und Meeresprodukte überprüft werden können.

Nachhaltigkeit und Umwelt

Das Thema Umwelt ist für Südkorea sehr wichtig: einerseits wird für 2011 ein Wasserengpass von 4 Milliarden Tonnen¹⁶³ erwartet und andererseits werden auf Grund der für die nächsten 30 Jahre vorausgesagten Steigerung des Energieverbrauchs deutlich mehr Treibhausgase in die Atmosphäre ausgestoßen. Ferner wird erwartet, dass bis 2100 die durchschnittliche Temperatur auf der koreanischen Halbinsel um 2 Grad ansteigen wird und auf Südkorea deshalb große Umweltveränderungen zu kommen werden.

Wasserengpass

¹⁶³ ATIP, 2005

Die Studie geht auf zwei Aspekte des Themenfeldes „Nachhaltigkeit und Umwelt“ ein: Intensivierung des Umweltschutzes und Vorbeugung von Naturkatastrophen:

- Der Umwelt werden laut Studie zukünftige Technologieentwicklungen bei Fahrzeugen, Energieerzeugung und Materialien zu gute kommen (s. o.). So wird z. B. das Recycling-Problem von Kunststoff ab 2013 dadurch gelöst, dass biologisch abbaubares Plastik zur Verfügung stehen wird. Erste Möglichkeiten, CO₂ zu speichern, werden für 2018 in Südkorea vorhergesehen.
- Die Studie geht davon aus, dass neue Überwachungssysteme eingesetzt werden: 2012 soll in Südkorea ein Monitoring-System Verschmutzungspartikel in der Atmosphäre, z. B. schwermetallverseuchten „gelben Sand“ aus dem Nord-Osten des Landes, aufspüren. 2014 wird Südkorea über ein nationales satellitengestütztes Monitoring-System zum Schutz vor Naturkatastrophen wie Überschwemmungen und Dürre verfügen und ein Jahr später über ein Notfall-Reaktionssystem für Erdbebenkatastrophen.
- Korea erwartet für 2018 die Entwicklung von Wetterkontrolltechnologien, die es ermöglichen, künstlichen Regen zu erzeugen, Taifune abzuschwächen und Nebel zu erzeugen bzw. zu beseitigen.
- 2019 wird die Analyse von internationalen digitalen Wetterdaten nahezu 100 % sichere Wetterprognosen erlauben.

Verteidigung und Sicherheit

Folgende Prognosen werden in der Studie erwähnt:

- 2013 werden kleine, komplexe und leicht installierbare Sensoren zur Nutzung in Gebäudesicherheitssystemen entwickelt.
- 2017 werden Insekten wie Bienen und Schmetterlinge dazu eingesetzt werden, Bomben aufzuspüren.

Dienstleistungen

Die Studie erwähnt neue medizinische Dienstleistungen, die im Abschnitt Gesundheit beschrieben werden.

4.7 UK

4.7.1 Nationales Innovationssystem

Die Förderung von Wissenschaft und Innovation soll Schwerpunkt der britischen Haushaltspolitik der nächsten Jahre sein. Der entsprechende Rahmenplan „Science & Innovation Investment Framework 2004 - 2014“ wurde im Juli 2004 vorgelegt und setzte das Ziel fest, die öffentlichen und privaten Investitionen in Forschung und Entwicklung von 1,9 % in 2004 auf 2,5 % des Volkseinkommens im Jahre 2014 zu erhöhen.¹⁶⁴

Rahmenplan 2004

Das britische Nationale Innovationssystem (NIS) besteht im Wesentlichen aus folgenden Akteuren: der Regierung, dem Wissenschaftsbereich einschließlich der Universitäten und der öffentlichen F&E-Einrichtungen sowie den forschenden Unternehmen.

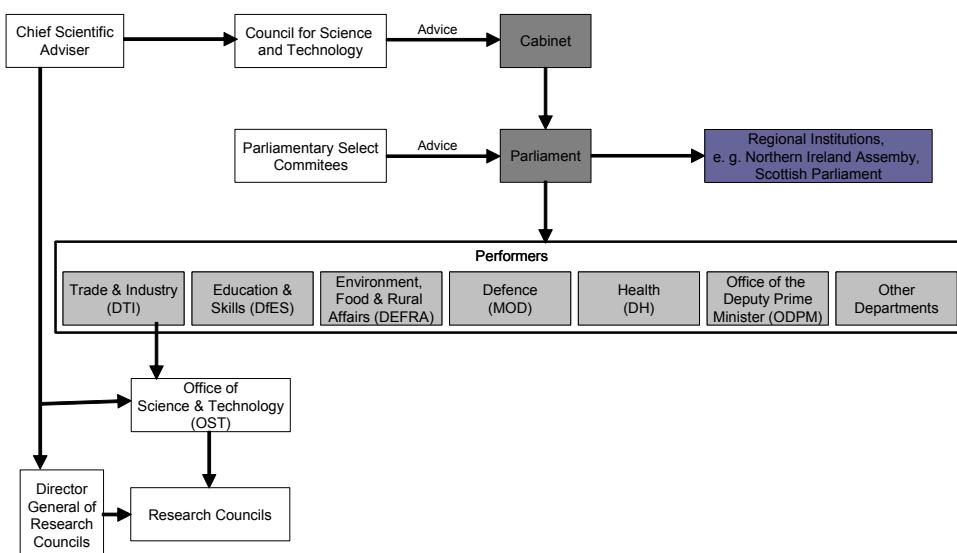


Abbildung 4.7: Übersicht des britischen Innovationssystems (Quelle: adaptiert aus „Guide to the Organisation of British Science and Technology“, GOST, British Council 2003¹⁶⁵)

Die wichtigste Rolle im öffentlichen Teil des NIS, der in Abbildung 4.7 dargestellt ist, spielt das britische Ministerium für Handel und Industrie („**Department of Trade and Industry**“ – DTI)^{166, 165}. Innerhalb des DTI ist das „**Office of Science and Technology**“(OST)¹⁶⁷ für die For-

¹⁶⁴ Dieses Ziel unterscheidet sich leicht von dem angestrebten Barcelona-Ziel, bis 2010 3% des BIP für F&E auszugeben. Vgl. „Science and Innovation Investment Framework 2004-2014“, Department for Education and Skills, HM Treasury (2004). www.hm-treasury.gov.uk

¹⁶⁵ Cunningham, 2004

¹⁶⁶ <http://www.dti.gov.uk>

¹⁶⁷ www.ost.gov.uk

schungsförderung verantwortlich. Hierfür bedient er sich der acht „**Research Councils**“¹⁶⁸. Das OST beinhaltet zudem den „Chief Scientific Adviser“ (CSA), der erstens die Koordination von Wissenschaft und Technologie in der Regierung übernimmt, zweitens den jährlichen Bericht „Forward Look of Government Funded Science, Engineering and Technology“ veröffentlicht, welcher die derzeitigen sowie die geplanten staatlichen Aktivitäten und finanziellen Aufwendungen darstellt, und drittens in Verbindung mit dem „Council for Science and Technology“ (CST) die Regierung berät.

Koordination
durch OST

Das OST koordiniert des Weiteren die F&E-Aktivitäten aller weiteren Ministerien mit Verantwortung für Wissenschaft und Technologie. Dazu gehören das „**Department for Education and Skills**“ (DfES)¹⁶⁹, das „**Department for Transport**“ (DfT)¹⁷⁰, das „**Department for Environment, Food and Rural Affairs**“ (defra)¹⁷¹, das „**Department of Health**“ (DH)¹⁷², das „**Ministry of Defence**“ (MoD)¹⁷³ sowie das „**Northern Ireland Office**“ (NIO)¹⁷⁴, das „**Scotland Office**“ (SO)¹⁷⁵ und das „**Wales Office**“ (WO)^{176, 177}.

Weitere beratende Funktion übernehmen die parlamentarischen Sonderausschüsse („**Select Committees**“) des „House of Commons“ und des

¹⁶⁸ Die 8 „Research Councils“ sind folgende: das „Arts and Humanities Research Council“ (<http://www.ahrc.ac.uk>), das „Biotechnology and Biological Sciences Research Council“ (<http://www.bbsrc.ac.uk>), das „Council for the Central Laboratory of the Research Councils“ (<http://www.cclrc.ac.uk>), das den anderen Councils großskalige Anlagen wie Höchstleistungsrechner oder Quellen für Synchrotronstrahlung zur Verfügung stellt, das „Engineering and Physical Sciences Research Council“ (<http://www.epsrc.ac.uk/default.htm>), das „Economic and Social Research Council“ (<http://www.esrc.ac.uk/ESRCInfoCentre/index.aspx>), das „Medical Research Council“ (<http://www.mrc.ac.uk>), das „Natural Environment Research Council“ (<http://www.nerc.ac.uk>) und das „Particle Physics and Astronomy Research Council“ (<http://www.pparc.ac.uk>).

¹⁶⁹ www.dfes.gov.uk

Im Vereinigten Königreich ist die Verantwortlichkeit für die Bildung dezentral angesiedelt. Das „**Department of Education and Skills**“ (DfES) kontrolliert und steuert das öffentliche Bildungssystem von England. Es ist für sämtliche Bereiche des staatlichen Bildungssystems sowie für die berufliche Weiterbildung verantwortlich. Mittel aus dem „**Department for Education and Skills**“ (DfES) werden über die „**Higher Education Funding Councils**“ der einzelnen Länder auf die Universitäten verteilt.

¹⁷⁰ www.dft.gov.uk

¹⁷¹ www.defra.gov.uk

¹⁷² www.dh.gov.uk

¹⁷³ www.mod.uk

¹⁷⁴ www.nio.gov.uk

¹⁷⁵ www.scotlandoffice.gov.uk

¹⁷⁶ www.walesoffice.gov.uk

¹⁷⁷ Quelle: Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de

„House of Lords“¹⁷⁸ und eine Reihe weiterer Gremien, wie die „Royal Commission on Environmental Pollution“, das „Standing Medical Advisory Committee“, die „Human Genetics Commission“, das „Advisory Committee on the Microbiological Safety of Food“ und das „Radioactive Waste Management Advisory Committee“.¹⁷⁷

Neben der öffentlichen Forschungsförderung spielt in Großbritannien auch die private Forschungsförderung eine wichtige Rolle: Im Jahr 2003 wurden 44 % aller in Großbritannien stattgefundenen Forschung und Entwicklung von Unternehmen finanziert¹⁷⁷ (öffentliche Förderung: 31 %; der Rest verteilt sich auf ausländische Finanziers, private Organisationen ohne Erwerbszweck sowie Eigenmittel der Universitäten). Die FuE im britischen Wirtschaftssektor hängt allerdings stark von einigen wenigen führenden Unternehmen ab, die vor allem im Bereich der Pharmazeutika tätig sind.

Um den gesamten prozentualen Anteil der F&E-Aufwendungen am BIP von 1,9 % auf 2,5 % zu erhöhen, strebt die Regierung eine allgemeine Erhöhung der privaten F&E-Ausgaben jenseits der pharmazeutischen Branche an. Deshalb werden momentan einerseits die Investitionen in die öffentliche F&E-Basis gesteigert, um der Wirtschaft Fachkräfte und Forschungsergebnisse bereitzustellen und F&E-Investitionen im Wirtschaftssektor nach Großbritannien zu locken. Andererseits werden direkte Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen und Universitäten und der Industrie gefördert.¹⁷⁹

Private FuE mit
Schwerpunkt
Pharmazie

4.7.2 Aktivitäten im Bereich Technologieprognosen

Großbritannien weist eine über 10-jährige Tradition in der Durchführung von nationalen, öffentlich finanzierten Technologieprognosen auf. 1993 wurde vom „Department of Trade and Industry“ (DTI)¹⁸⁰ nach einer umfangreichen Überprüfung der Regierungspolitik in den Bereichen Wis-

Über 10-jährige
Tradition

¹⁷⁸ Anders als die parlamentarischen Ausschüsse vieler anderer Länder, haben diese Ausschüsse keine direkte gesetzgebende und den Haushalt betreffende Vollmachten.

¹⁷⁹ Für alle Forschungseinrichtungen und Universitäten besteht die Möglichkeit, direkt mit der Industrie zu kooperieren und auf diese Weise Drittmittel einzuwerben. Gleiches gilt für die Förderung durch Stiftungen, von der auch die Forschungseinrichtungen der Industrie profitieren können. Auch die im Rahmen der „Initiative für Geschäftsunterstützung und Technologietransfer“ gegründeten „Science Parks“, in denen sich mehrere innovationsreiche Unternehmen zusammenschließen, tragen zur öffentlich-privaten Zusammenarbeit bei, und zwar indem sie durch die Verbindungen mit anderen Wissen produzierenden Einrichtungen z. B. Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsorganisationen den Technologietransfer erleichtern. (Quelle: Internationales Büro des BMBF, www.internationale-kooperation.de)

¹⁸⁰ <http://www.dti.gov.uk/>

senschaft und Technologie das britische „Foresight“-Programm¹⁸¹ ins Leben gerufen. Ziel des Programms ist die Identifikation von signifikanten Marktchancen und -bedrohungen sowie von neu entstehenden bzw. aufkommenden technologischen Potenzialen. Die betroffenen Bereiche in Politik und Bildung sollen ermittelt und etwaiger Handlungsbedarf aufgezeigt werden. Langfristig sollen so Wettbewerbsvorteile gesichert und die Steigerung der Lebensqualität unterstützt werden. Die erste Phase des „Foresight“-Programms verlief von 1994 bis 1999 und widmete sich mit einem Zeithorizont von 20 Jahren den wahrscheinlichen technologischen, aber auch gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Trends und identifizierte anschließend entsprechende Forschungsprioritäten. Die zweite „Foresight“-Phase von 1999 bis 2002 fokussierte dagegen nicht mehr so sehr auf zukünftige technologische Trends als auf ihre möglichen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Auswirkungen. Seit 2002 läuft die dritte Phase des „Foresight“-Programms, in deren Rahmen die im Folgenden besprochenen Studien entstanden sind.¹⁸¹

4.7.3 The UK Foresight-Programme

4.7.3.1 Kurzbeschreibung der Studie

Name der Studie: The UK Foresight-Programme

<http://www.foresight.gov.uk>

Auftraggeber: Department of Trade and Industry (DTI)

<http://www.dti.gov.uk/>

Office of Science and Technology (OST)

http://www.ost.gov.uk/index_v4.htm

Durchgeführt von: National Research Councils

Erscheinungsjahr: verschiedene Teilstudien seit 2003

Zeithorizont: 10 - 20 Jahre¹⁸²

Die betrachteten Studien entstanden im Rahmen der dritten Phase des „Foresight“-Programms der britischen Regierung. Nach einer Evaluierung der ersten zwei Phasen wurde 2002 eine dritte Foresight-Phase begonnen, die sich wieder vermehrt auf Wissenschaft und Technologie konzentrieren soll. Zudem wurde die bisherige Struktur des Prozesses modifiziert: In einem kontinuierlichen Verfahren werden nun je nach

¹⁸¹ www.foresight.gov.uk

¹⁸² Bei der Studie „Hochwasser- und Küstenschutz“ wird abweichend der Zeithorizont 2030 bis 2100 betrachtet.

Bedarf drei oder vier Fragestellungen parallel aufgegriffen. Diese projektorientierte Vorgehensweise ersetzt die Verteilung des „Foresight“-Programms auf Sektorgremien des zweiten „Foresight“-Zyklus.¹⁸¹ Ausgangspunkt der Projekte sind entweder Fragestellungen, bei denen Wissenschaft und Technologie Antworten auf bestehende Probleme versprechen, oder es werden potenzielle zukünftige Anwendungen der neuesten Forschung formuliert und bewertet.¹⁸³ Die Durchführung des Programms verteilt sich auf verschiedene „National Research Councils“ und weitere, im Rahmen des Programms eingebundene, Einrichtungen.

Projektorientierte
Vorgehensweise

Bis lang wurden vier Projekte im Rahmen der dritten Foresight-Phase durchgeführt. Vier weitere Projekte sind derzeit in Arbeit (Vgl. Tabelle 4.10).

Tabelle 4.10: Übersicht über Struktur und Inhalte der dritten Phase des britischen Foresight-Programms¹⁸⁴

Gliederungsebene I	Gliederungsebene II
Kognitive Systeme	Computer-Architekturen und -Systeme Automatische Planungssysteme Bilderkennung
Nutzung des elektromagnetischen Spektrums	Rein optische Datenübertragung Photonische Fertigungsverfahren mit molekularer Präzision Nahfeldoptik und Metamaterialien Bildgebung in Medizin und Sicherheitstechnik
Vertrauen im Cyberspace und Verbrechensprävention	Zuverlässigkeit von Cyberspace-Systemen Identifikation und Authentifizierung Benutzerfreundlichkeit im Cyberspace und Sicherheit IuK und Forensik Datenschutz und Privatsphäre
Hochwasser- und Küstenschutz	Ländliche Landschaft Städtische Umgebung Hochwasserereignisse Hochwasserschäden Technische Maßnahmen an Flüssen und Küsten
Fettleibigkeit (in Arbeit)	
Intelligente Infrastruktursysteme (in Arbeit)	
Erkennung und Identifizierung von infektiösen Krankheiten (in Arbeit)	
Neurowissenschaft, Sucht und Drogen (in Arbeit)	

¹⁸³ Cunningham, 2004

¹⁸⁴ Zu den Studien in grau waren zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses noch keine weiteren Informationen verfügbar, so dass diese nicht in die Analyse einfließen.

4.7.3.2 Inhaltsanalyse

Transport und Verkehr, Logistik

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Transport und Verkehr sowie Logistik befasst.

Luft- und Raumfahrt

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Luft- und Raumfahrt befasst.

Bauen und Wohnen

Das Projekt „Hochwasser- und Küstenschutz“ aus der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hatte die Aufgabe sich mit den folgenden beiden Fragestellungen zu befassen:

- Wie könnte sich das Risiko von Hochwasser und Küstenerosion im Vereinigten Königreich (UK) in den nächsten 100 Jahren ändern?
- Welches sind die besten Optionen für die Regierung und den privaten Sektor, um auf die zukünftigen Herausforderungen zu reagieren?

Szenarioansatz

Ein Team von 60 führenden Experten hat diese Aufgabe bearbeitet. Dazu wurde ein Szenarioansatz gewählt. Ausgehend von einer wissenschaftlichen Analyse der Schlüsselfaktoren für das Hochwasserrisiko wurden vier Szenarien aufgestellt mit jeweils verschiedenen Kombinationen von Ausprägungen für das Ausmaß des Klimawandels sowie die sozioökonomische Zukunft des Vereinigten Königreichs (soziale Werte, Regierungsstrukturen, Wirtschaftswachstum, Anteil der Landwirtschaft, Landentwicklung).

Ausgangssituation

Gegenwärtig sind beinahe 2 Millionen Häuser im UK an Flüssen, Mündungen und Küsten potenziell durch Hochwasser gefährdet. 80.000 Häuser innerhalb von Städten sind bei Überlastung des Abwassersystems gefährdet, überschwemmt zu werden. Alleine in England und Wales sind 4 Millionen Menschen sowie Gebäude im Wert von 200 Milliarden Pfund¹⁸⁵ bedroht. Pro Jahr werden 800 Millionen Pfund für den Hochwasser- und Küstenschutz ausgegeben. Im Durchschnitt entstehen trotz dieser Aufwendungen pro Jahr Schäden in Höhe von 1,4 Milliarden Pfund.

¹⁸⁵ Wechselkurs am 07. Feb. 2006: 1 brit. Pfund = 1,46 €.

Unter der Voraussetzung gleich bleibender Aufwendungen und Strategien zum Hochwasserschutz werden in allen vier betrachteten Szenarien steigende jährliche Hochwasserschäden erwartet. Im günstigsten Szenario würden die Schäden in den 2080er Jahren um knapp 1 Milliarde Pfund über dem heutigen Niveau liegen und um ca. 27 Milliarden Pfund im ungünstigsten Szenario. Die Zahl der Personen, die einem hohen Hochwasserrisiko ausgesetzt sind, könnte von heute 1,6 Millionen auf 2,3 bis 3,6 Millionen bis zu den 2080er Jahren ansteigen. Vom Risiko innerstädtischer Überschwemmungen könnten statt 200.000 Personen heute dann zwischen 700.000 und 900.000 Personen betroffen sein. Die Studienautoren kommen insgesamt zu dem Schluss, dass aufgrund der großen Unsicherheiten eine Abschätzung des zukünftigen Hochwasserrisikos schwierig ist, dass jedoch alle Szenarien auf ein erheblich höheres Risiko für die Zukunft hinweisen. Als besonders groß werden die Unsicherheiten bei der Einschätzung des innerstädtischen Überschwemmungsrisikos angesehen.

Die Experten haben insgesamt 80 mögliche Maßnahmen zur Reduzierung des Hochwasserrisikos identifiziert. Anhand ihrer Funktionsweise wurden die Maßnahmen in 26 Gruppen zusammengefasst, die einzeln auf ihr Potenzial zur Senkung des Hochwasserrisikos in jedem der betrachteten Szenarien bewertet wurden. Zusätzlich wurde betrachtet, ob die Maßnahmengruppen bestimmte Nachhaltigkeitskriterien (soziale Gerechtigkeit, Umweltverträglichkeit) erfüllen. Der Übersichtlichkeit halber wurden die 26 Gruppen fünf Themenbereichen zugeordnet.

In allen Szenarien erheblich höheres Risiko für die Zukunft

Maßnahmen zur Reduzierung des Hochwasserrisikos

Themenbereich	Maßnahmengruppe
Ländliche Landschaft	Ländliche Versickerung
	Rückhaltung im Einzugsgebiet
	Ländlicher Wasserabfluss
Städtische Umgebung	Städtische Rückhaltung
	Städtische Versickerung
	Städtischer Wasserabfluss
Hochwasserereignisse	Maßnahmen im Vorfeld
	Vorhersage und Warnung
	Maßnahmen zur akuten Hochwasserbekämpfung
	Gemeinschaftliche Maßnahmen zur Vermeidung von Hochwasserschäden
	Individuelle Maßnahmen zur Vermeidung von Hochwasserschäden
Hochwasserschäden	Flächennutzungsmanagement
	Hochwasserbeständigkeit
	Planung der Landentwicklung
	Baugesetzgebung
	Versicherungen, Risikoverteilung und -kompensation
	Maßnahmen zu Gesundheit und Sozialem

Technische Maßnahmen an Flüssen und Küsten	Erhöhung des Wasserabflusses in Flüssen
	Technische Maßnahmen zur Rückhaltung
	Hochwassertransfer in Rückhalteareale
	Schutzanlagen an Flüssen
	Schutzanlagen an Küsten
	Begradigung von Schutzanlagen an Küsten
	Aufgabe von Schutzanlagen an Küsten
	Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Küsten (Wellenbrecher, Strandbepflanzung)
	Morphologischer Schutz an Küsten

Keine Maßnahmengruppe für alle Szenarien optimal

Durch ein integriertes Maßnahmenportfolio halten die Studienautoren im ungünstigsten Szenario eine Reduzierung der jährlichen Hochwasserschäden auf 2 Milliarden Pfund für möglich. Allerdings erreicht keine der Maßnahmengruppen in Bezug auf Effektivität und Nachhaltigkeit für alle vier Szenarien optimale Bewertungen. Die Maßnahmengruppen Rückhaltung im Einzugsgebiet, Planung der Landentwicklung, Begradigung von Schutzanlagen an Küsten schneiden jedoch beispielsweise in drei der vier Szenarien gut ab und können nach Ansicht der Studienautoren deshalb als relativ zukunftssicher gelten.

Die beteiligten Experten sehen insgesamt noch einen beträchtlichen Forschungsbedarf und betonen, dass ein holistischer und integrierter Ansatz unter Einbeziehung der Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften den größten Nutzen hätte. Nach Ansicht der Studienautoren könnte eine Weiterentwicklung der verwendeten Methode zur Risikobewertung auch dazu genutzt werden, um den Wert neuer Forschungsergebnisse und technischer Fortschritte zu untersuchen.

Neue Ideen für Hochwasserschutz

Im Rahmen des Projektes wurde auch eine Reihe neuer Ideen für Maßnahmen im Hochwasserschutz gesammelt und diskutiert. Bei einigen dieser Ideen handelt es sich nach Ansicht der beteiligten Experten um die Adaption von Schutzmaßnahmen, die außerhalb des UK bereits praktiziert werden. Bei anderen Ideen ist nach Ansicht der Experten noch ein wissenschaftlicher Durchbruch zur Realisierung nötig, wie etwa bei diesen Beispielen:

- Konstruktion neuer Gebäude in Ufer- oder Küstennähe, die im Fall fortschreitender Erosion aus der Gefahrenzone verschoben werden können.
- Injektion von Material (Feststoff + Wasser), um das Oberflächenniveau von hochwasseranfälligen Arealen zu erhöhen.
- Verwendung von gebrauchten Autoreifen zum Aufbau von künstlichen Riffen.

- Impfung der Regenwolken von gefährlichen Wettersystemen über dem Atlantik, um die Regenmenge über Land zu reduzieren.

Besonders aussichtsreich erscheint den Experten die Verwendung von ubiquitären, intelligenten Sensoren und drahtlose Sensornetzen, um den Zustand von Schutzanlagen zu überwachen, zur Messung der Tiefe von Gewässern und als Frühwarnsysteme. Zur Lösung örtlich begrenzter Problemfälle könnte diese Technologie nach Ansicht der Experten unmittelbar eingesetzt werden, eine weite Verbreitung dieser Art Frühwarnsysteme wird innerhalb der nächsten 5 Jahre erwartet. Der Aufbau eines flächendeckenden Sensornetzes wird nach Einschätzung der Experten dagegen 15 bis 30 Jahre dauern. UK wird von den Experten in diesem Bereich gegenwärtig als führend in Europa angesehen.

Drahtlose
Sensornetze

Meerestechnik und Schifffahrt

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Meerestechnik und Schifffahrt befasst.

Energie

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Energie befasst.

Nano- und Mikrosystemtechnologie

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Nano- und Mikrosystemtechnologie befasst. Im Projekt „Nutzung des elektromagnetischen Spektrums“ wurde die Mikro- und Nanofabrikation mit optischen Technologien als aussichtsreiche Anwendung für das Vereinigte Königreich identifiziert.

Materialtechnik

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Materialtechnik befasst. Im Rahmen des Projekts „Nutzung des elektromagnetischen Spektrums“ wurde allerdings die Bedeutung der Materialentwicklung als Schlüsseltechnologie für die Photonik hervorgehoben.

Produktions- und Prozesstechnik

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Produktions- und Prozesstechnik befasst. Photonische Fertigungsverfahren mit molekularer Präzision waren jedoch Thema im Projekt „Nutzung des elektromagnetischen Spektrums“.

Optische Technologien

Eines der Projekte des britischen Foresight-Prozesses befasste sich mit der technischen Nutzung elektromagnetischer Strahlung vom Radiofrequenz- bis zum Röntgenbereich. Mit dieser Definition ist der Gegenstand des Projektes als nahezu deckungsgleich mit den optischen Technologien anzusehen. Mit Hilfe einer kleinen Gruppe von Fachleuten wurde zunächst eine Liste von 20 wissenschaftlich interessanten Themen mit Anwendungspotenzial aufgestellt. Aus dieser Liste wurden von Branchen-experten neun Themen ausgewählt, denen eine klare Marktnachfrage und eine gute wissenschaftliche Kompetenz im Vereinigten Königreich attestiert werden. Schließlich wurden unter Berücksichtigung der drei Kriterien

- langfristiger Zeithorizont von 10 bis 20 Jahren bis zu einer ausgeprägten wirtschaftlichen Nutzung,
- wirtschaftliche Signifikanz und
- gute Ausgangsposition für eine Umsetzung im Vereinigten Königreich

Vier Themen ausgewählt

sowie zusätzlich im Hinblick auf ein ausgewogenes Themenportfolio für eine detaillierte Behandlung die folgenden vier Themen ausgewählt:

- Rein optische Datenübertragung,
- Photonische Fertigungsverfahren mit molekularer Präzision,
- Nahfeldoptik und Metamaterialien sowie
- Bildgebung in Medizin und Sicherheitstechnik.

Zwei weitere Themen der Auswahlliste werden in anderen Zusammenhängen weiterverfolgt. Diese sind: dynamische Frequenzallokation in der Telekommunikation und kompakte Strahlquellen für kohärente Röntgenstrahlung. Zwei Technologiebereiche außerhalb der optischen Technologien wurden im Laufe des Projektes als wesentlich für die Ermöglichung einer Vielzahl von Anwendungen der optischen Technologien erkannt: Software für die Datenanalyse (insbesondere im Zusammenhang mit Bildern) sowie die Materialentwicklung.

Rein optische Datenübertragung

Während in den heutigen Glasfasernetzen die Daten optisch übertragen werden, geschieht ihre Vermittlung und Verschaltung noch elektronisch. Für die Gegenwart und die nahe Zukunft wird dies von den Studienautoren als kosteneffektiv und angemessen betrachtet. Die existierenden und absehbaren elektronischen Technologien würden aber an ihre Grenzen stoßen, sollte der Bandbreitenbedarf die Größenordnung von Terabit pro Sekunde erreichen. Nach Ansicht der Studienautoren könnte ein solcher Bedarf in einer stark wissensorientierten Ausprägung der Wirtschaft entstehen, in der Wert auf weltweiten schnellen Zugriff auf große Datenmengen gelegt wird. Als weitere mögliche Quellen für eine Steigerung des Bedarfs werden der Unterhaltungsbereich (Multimedia-Spiele, Versand von Spielfilmen per Internet), Telepräsenz-Anwendungen, umfassende Sicherheitssysteme sowie voll integrierte Patientenakten gesehen, die alle die Übertragung von großen Mengen an graphischen Informationen beinhalten.

Erreicht der Bandbreitenbedarf Tbit/s?

Sollte ein Bedarf an Terabit-Übertragungsraten tatsächlich erwachsen, so wird erwartet, dass zunächst hybride Systeme entstehen, in denen optische Elemente diejenigen Aufgaben übernehmen, die durch elektronische Systeme nicht mehr bewältigt werden können. Die folgenden Hauptanwendungen wurden identifiziert:

- Speicher-Netzwerke,
- Ausrüstung für Computer-Grids und
- Computer-Verbindungen.

Als technische Herausforderungen für die Realisierung hybrider, optischer Netze werden u. a. die folgenden Elemente gesehen:

- Schnelle optische Schalter (Schaltzeiten unter 10 Nanosekunden),
- Durchstimmbare Laser,
- Optische Zwischenspeicher (möglicherweise auf Basis von Materialien mit einer photonischen Bandlücke) und
- Komponenten für die optische Signal-Regeneration.

All diese Komponenten werden energieeffizient, skalierbar und kostengünstig sein müssen. Ihre Entwicklung wird nach Einschätzung der Studienautoren von Fortschritten in der integrierten Optik und bei optischen Materialien mit sehr hohen Nichtlinearitäten abhängen. Neben den noch offenen Grundlagenfragen wird erwartet, dass auch die Produktionstechnologie hohe Anforderungen stellen wird. Die Gesamtdauer bis zum Markteintritt wurde von den beteiligten Experten auf 8,5 Jahre geschätzt.¹⁸⁶

¹⁸⁶ Erscheinungsdatum des Abschlussberichts des Projektes ist April 2004.

Photonische Fertigungsverfahren mit molekularer Präzision

Nach Beobachtung der Studienautoren erfordern neue Entwicklungen in der Mikroelektronik und die Integration von Mikro- und Nanotechnologien häufiger drei-dimensionale Strukturen. Hier wird die Laser-Mikrobearbeitung als eine aussichtsreiche Fertigungstechnologie angesehen.¹⁸⁷ Die beteiligten Experten haben zwei Bereiche identifiziert und die jeweiligen Anwendungsfelder, Technologien, F&E-Aufgaben sowie eine Schätzung für die Zeit bis zum Markteintritt herausgearbeitet:

1) Mikro- und Nanofabrikation:

- Anwendungen: Solarzellen der nächsten Generation, intelligente Fasern und Textilien, photonische Kristalle, Labor-auf-einem-Chip („lab-on-a-chip“ – LoC).
- Technologien: Laser-Ablation sowie neue Strukturierungsmethoden wie die Zwei-Photonen-Absorption und die holographische Lithographie, die gegenüber den bestehenden Fertigungsverfahren den Vorteil einer direkten Strukturierung in drei Dimensionen bieten.
- F&E-Aufgaben: Vielstrahl-Parallelisierung, Integration von vorgefertigten Komponenten in eine 3D-Struktur, Entwicklung strukturierbarer Materialien, Prozessintegration, Massenproduktion.
- Zeit bis zum Markteintritt: 12 Jahre.

2) Integrierte, photonische LoC:

- Anwendungen: Plattformtechnologie für eine Vielzahl von diagnostischen Anwendungen. Längerfristig auch therapeutische Anwendungen, die aber höhere Investitionen für die Zulassung erfordern.
- Technologien: Aktiver integrierter Chip mit Laserquellen zur Analyse und Manipulation von Substanzen.
- F&E-Aufgaben: Mikrofluidik, kostengünstige und durchstimmbare Laser besonders für den sichtbaren und UV-Bereich, integrierte Detektion oder Bildgebung.
- Zeit bis zum Markteintritt: 9 Jahre.

Die Studienautoren weisen darauf hin, dass in Großbritannien eine starke wissenschaftliche Ausgangsposition besteht und dass noch eine ganze Reihe weiterer Anwendungen für die genannten Technologien existieren.

¹⁸⁷ Verfahren der präzisen Laser-Makrobearbeitung waren nicht Gegenstand der Be- trachtung.

Nahfeldoptik und Metamaterialien

Die Studienautoren weisen darauf hin, dass für die Anwendung elektromagnetischer Wellen im Allgemeinen nur der propagierende Teil genutzt wird. Das volle elektromagnetische Feld besteht aber neben diesem Anteil auch noch aus dem evaneszenten Feld, das nur in unmittelbarer Nähe zur Quelle existiert und deswegen auch Nahfeld genannt wird. Neu entdeckte Metamaterialien eröffnen nun nach Ansicht der beteiligten Experten Perspektiven für die Manipulation des Nahfeldes für einen weiten Frequenzbereich und dadurch für vielfältige Anwendungen. Drei mögliche Anwendungen von Nahfeldeffekten wurden näher betrachtet:

1) Antennen und Kontrolle von elektromagnetischen Interferenzen

Hier halten die Studienautoren eine kompakte, preiswerte Antenne für Mobilfunkanwendungen für möglich, die innerhalb von 5 Jahren auf den Markt gebracht werden könnte und sich dadurch auszeichnet, dass nur ein sehr geringer Anteil der Sendeleistung auf menschliches Gewebe ausgerichtet und dort absorbiert wird.

Mobilfunk-
anwendungen

2) Magnetresonanz-Bildgebung im Nahfeld

Die Magnetresonanztomographie (MRT) gehört zu den sichersten Modalitäten in der (medizinischen) Bildgebung, weil bei ihrem Gebrauch keine ionisierende Strahlung auftritt. MRT-Geräte sind aber recht groß und teuer, wodurch ihr Einsatzbereich eingeschränkt wird. Die beteiligten Experten halten es für möglich, dass sich mit Hilfe von Metamaterialien langfristig MRT-Geräte bauen lassen, die ausreichend preisgünstig und portabel sind, um mit den weit verbreiteten Ultraschall- und Röntgengeräten konkurrieren zu können. Nach Ansicht der Experten könnten Metamaterialien mit einem negativen Brechungsindex in Form einer Superlinse dazu genutzt werden, die MRT-Auflösung durch Abbildung des Nahfeldanteils des elektromagnetischen Radiofrequenz-Signals zu steigern. Außerdem könnten Metamaterialien genutzt werden, um die eingesetzten elektromagnetischen Felder besser zu steuern. Durch diese beiden Effekte könnten MRT-Geräte kompakter gebaut werden. Den Experten erscheinen langfristig selbst MRT-Geräte in der Art eines Stethoskops für möglich.

Metamaterialien für
MRT-Geräte

3) Örtliche Nahfeldkommunikation und optische Biosensoren

Eine weitere Möglichkeit für die Nutzung von Nahfeldeffekten wird in der Etablierung eines eigenen Nahfeld-Kommunikationskanals etwa für die Vernetzung intelligenter elektronischer Geräte gesehen. Hier könnte die örtliche Begrenzung von Vorteil sein, weil so ein unbeabsichtigter Datenaustausch mit weiter entfernten Geräten ausgeschlossen ist. Als weitere mögliche Anwendungen wurden nahfeldbasierte Verfahren für das Hochdurchsatz-Screening von DNS-Molekülen oder die Messung der Hirnaktivität auf Basis elektrischer Signale diskutiert. Bei all diesen Anwendungsoptionen sahen sich die Experten nicht in der Lage, ausrei-

Vernetzung intelli-
genter elektronischer
Geräte

Kontrastmittel
für molekulare
Bildgebung

UK führend

Kombination
verschiedener
Frequenzen

chend klare und zuverlässige Einschätzungen zu Marktchancen und Zeithorizonten abzugeben.

Bildgebung in Medizin und Sicherheitstechnik

Im Bereich der medizinischen Bildgebung sehen die Experten für die Zukunft eine zunehmend größere Rolle für Software zur Bildverarbeitung und für hochentwickelte, intelligente Kontrastmittel. Diese Kontrastmittel enthalten Partikel oder Moleküle, die sich an Indikatoren für Erkrankungen anheften und diese so frühzeitig erkennbar machen. Damit wird die Vision einer hochspezifischen molekularen Bildgebung zur frühen und nicht invasiven Erkennung von Erkrankungen eröffnet. Die Entdeckung geeigneter Inhaltsstoffe für die Kontrastmittel wird dabei als die größte technische Herausforderung angesehen. Die Zeit bis zum Markteintritt wird auf 16 Jahre geschätzt einschließlich der klinischen Prüfung und Zulassung.

Im Bereich der Sicherheitstechnik gilt den Experten die Detektion von Waffen und Sprengstoffen aus der Entfernung mit Hilfe einer sicheren, zuverlässigen und kostengünstigen Technologie als zunehmend wichtige Aufgabe. Die Experten sehen das Vereinigte Königreich in einer führenden Position in der Entwicklung von bildgebenden Verfahren in der Sicherheitstechnik auf Basis der Kombination verschiedener Frequenzen von Millimeterwellen über die Terahertz- bis zur Infrarot-Strahlung. Besonderes Interesse hatten die beteiligten Experten dabei an kostengünstigen Technologien, die in der Art einer Videoüberwachung funktionieren und Entfernungen bis zu 20 Metern abdecken können. Die mögliche Dauer bis zum Markteintritt wurde auf 6 Jahre geschätzt.

Informations- und Kommunikationstechnologien

Zwei der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms haben sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich IuK befasst. Dies ist zum einen das Projekt „Vertrauen im Cyberspace und Verbrechensprävention“ und zum anderen das Projekt „Kognitive Systeme“.

1) Vertrauen im Cyberspace und Verbrechensprävention

Ziel des Projektes war es, in einem weiten Sinne die Anwendungen und Auswirkungen der nächsten Generation von IuK-Technologien zu betrachten, um sicherzustellen, dass das Vereinigte Königreich von diesen Technologien profitieren kann. Der Schwerpunkt im engeren Sinne lag bei den folgenden Fragen: Wie lassen sich vertrauenswürdige Systeme aufbauen und wie kann es Nutzern ermöglicht werden einzuschätzen, welche Systeme vertrauenswürdig sind? Wie kann sichergestellt werden, dass Systeme und Systeme von Systemen so robust wie möglich sind und

dass sie so entworfen werden, dass sie neue Möglichkeiten für Verbrechen reduzieren?

In einer Reihe von wissenschaftlichen Übersichtsartikeln wurden u. a. diese offenen Probleme und Herausforderungen beschrieben:

Zuverlässigkeit von Cyberspace-Systemen

Die Zuverlässigkeit oder Vertrauenswürdigkeit eines Computersystems wird definiert als die Fähigkeit des Systems Ausfälle, zu vermeiden, die häufiger, schwerwiegender oder dauerhafter sind als akzeptabel. Es wird festgestellt, dass es eine große Kluft zwischen den besten bekannten Vorgehensweisen zum Entwurf und zur Entwicklung von Computersystemen und den tatsächlich in der Praxis verbreiteten Verfahren gibt. So zitieren die Autoren des Übersichtsartikels u. a. eine Studie, wonach allein in den USA im Jahr 2002 insgesamt 55 Milliarden US-\$ in abgebrochenen oder überzogenen IT-Projekten verschwendet wurden (bei IT-Gesamtausgaben von 255 Milliarden US-\$). Es wird erwartet, dass sich die gegenwärtige Situation eher noch verschärfen wird durch den aktuellen Trend zu alles durchdringenden Computernetzen, die alle Arten von Bestandteilen vom Supercomputer bis zu mobilen Kleinrechnern und intelligenten, eingebetteten Geräten umfassen sollen.

Hohe Kosten
gescheiterter
IT-Projekte

Identifizierung und Authentifizierung

Als wesentliche Herausforderung zur Verbrechensprävention im Cyberspace wird die Tatsache angesehen, dass die Nutzer des Cyberspace gegenwärtig die Möglichkeit haben, anonym zu bleiben. Dadurch entstehen neue Probleme hinsichtlich der geeigneten Maßnahmen zur Identifizierung und Authentifizierung von Nutzern.

Benutzerfreundlichkeit im Cyberspace und Sicherheit

Rolle des
Endanwenders

Häufig wird der Endanwender als das schwächste Glied in der Kette von Sicherheitselementen bezeichnet. Die Studienautoren weisen darauf hin, dass in dieser Betrachtungsweise die Benutzerfreundlichkeit von Authentifizierungsmechanismen oft nicht berücksichtigt wird. So deuten empirische Erhebungen darauf hin, dass solche Mechanismen oft nur schwer zu gebrauchen und ineffektiv sind, wodurch menschliche Fehler provoziert werden.

IuK und Forensik

Es wird bemängelt, dass es den gegenwärtigen Cyberspace-Systemen zum Datenmanagement an Kapazitäten zur Rückverfolgbarkeit und Überprüfbarkeit fehlt, die im Sinne einer Beweissicherung zur Verbrechensbekämpfung erforderlich wären. In diesem Zusammenhang wird internationale Zusammenarbeit als besonders wichtig angesehen, da Verbrechen im Cyberspace nicht durch nationale Grenzen eingeschränkt werden.

Gegenläufige Anforderungsprofile

Es werden Beispiele für gegenläufige Anforderungen und Interessen im betrachteten Themenfeld angeführt, von denen einige in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben sind.

Zuverlässigkeit von Software	Nutzeranforderungen, Kosten und Komplexität
Identifizierung	Anonymität
Authentifizierung von Software, Datenobjekten und Personen	Wahrung der Privatsphäre
Fehlerhafte Zurückweisung bei der Authentifizierung	Fehlerhafte Akzeptierung bei der Authentifizierung
Sicherheit im Cyberspace	Benutzerfreundlichkeit im Cyberspace

Neben diesen prinzipiellen Herausforderung und Problemen im Cyberspace werden die folgenden Arten von Bedrohungen durch Kriminelle/Verbrechen konkret benannt:

- Parasit-Wirt-Ökologie; Parasitensoftware (z. B. Trojaner) bleibt versteckt, lässt das System gerade gut genug funktionieren, um nicht entdeckt zu werden.
- Initiative zur Nutzung von Schwachstellen liegt immer auf Seiten des Kriminellen.
- Insider haben vielfältige Möglichkeiten, Systemschwachstellen auszunutzen. Outsourcing und die Natur von Webdiensten implizieren, dass es schwierig ist, volles Vertrauen in alle Systeme zu haben, auf die man sich verlässt.
- Automatisierung macht es lukrativ, eine große Zahl kleiner Transaktionen durchzuführen und ermöglicht es, eine Vielzahl von Angriffen simultan durchzuführen.
- Durch die Auswertung großer Datenmengen können Kriminelle genaue Zielergebnisse erhalten. Kriminelle können eine differenzierte „Marktforschung“ betreiben.
- Im Cyberspace ist es für Kriminelle möglich, aus sicherer Entfernung heraus in Aktion zu treten.

Auf Basis einer Szenariotechnik gelangen die Studienautoren zu dem Fazit, dass Technologien niemals per se die Lösung für die Sicherheitsprobleme im Cyberspace bereitstellen werden. Auch wird bezweifelt, dass ein zukunftssicheres Maßnahmenbündel von einem einzelnen Akteur initiiert werden könnte, weil sich die relativen Positionen von Behörden, Firmen und Bürgern fortlaufend ändern und zudem nur ungenau bekannt sind. Der Rahmen für die zukünftige Forschung umfasst nach Ansicht der beteiligten Experten

- Methoden für die zuverlässige Softwareentwicklung,
- Einschätzung der möglicher Ansatzpunkte für Kriminelle,
- Untersuchung der Verstärkung von Risiken im Cyberspace und
- Auswirkung von Maßnahmen zur Verbrechensprävention auf die Privatsphäre.

Die Einschätzung der genauen Implikationen des Foresight-Projektes für die zukünftige Forschung soll zusammen mit den Fördereinrichtungen des Vereinigten Königreiches im Anschluss an das Projekt erfolgen.

2) Kognitive Systeme

Ausgehend von verschiedenen Vorstellungen gelangten die beteiligten Wissenschaftler im Laufe des Projektes „Kognitive Systeme“ zu einer möglichen Definition des Begriffes: „Kognitive Systeme sind natürliche oder künstliche, informationsverarbeitende Systeme, einschließlich Systemen zur Wahrnehmung, zum Lernen, zur Schlussfolgerung und Entscheidungsfindung sowie zur Kommunikation und Aktion.“

Als Ziele des Projekts „Kognitive Systeme“ werden u. a. genannt:

- Untersuchung der aktuellen Fortschritte in den Feldern der biologischen und künstlichen Kognition,
- Ausarbeitung einer Prognose für beide Felder mit einem Zeithorizont von 10 bis 20 Jahren sowie
- Einschätzung der Möglichkeiten zum Austausch von Erkenntnissen zwischen beiden Feldern.

Insofern wurden eher Wissenschaftsprognosen als Technologieprognosen im Rahmen des Projektes erarbeitet. In den wissenschaftlichen Übersichtsartikeln, die zu Beginn des Projektes erstellt wurden, finden sich jedoch auch Aussagen zu zukünftigen Anwendungen kognitiver Systeme, von denen im Folgenden einige Beispiele wiedergegeben werden:

Eher Wissenschafts-
prognosen

(1) Computer-Architekturen und -Systeme

Einer der Übersichtsartikel befasst sich mit der Erforschung biologisch inspirierter, komplex adaptiver Systeme (BIKAS) in den Computerwissenschaften. Als Beispiele für BIKAS-Techniken werden angeführt:

- Biologische Metaphern (Morphogenese, Evolution) im automatisierten Entwurf von elektronischen Schaltkreisen;
- Schaffung eines künstlichen Immunsystems zur Sicherheit in Computernetzen;
- Künstliche neuronale Netze;

- Entwicklung von tierähnlichen, künstlichen, autonomen Agenten: einerseits als physische mobile Roboter und andererseits als virtuelle Entitäten in reinen Softwareapplikationen.

Die Autoren sehen drei zukünftige Anwendungsfelder von BIKAS:

1. Ultra-massive parallele Prozessierung (UMPP) wird als mögliche neue Generation von Rechnerarchitekturen gesehen, die einige Millionen von Prozessorelementen enthalten. Es wird erwartet, dass innerhalb der nächsten 20 Jahre solche Systeme einen sehr geringen Energieverbrauch und die Fähigkeit zur dynamischen Rekonfiguration und Selbstreparatur aufweisen werden und dass diese in der Lage sind, die auftretenden Probleme der Synchronisation und des Timings zu beherrschen. Eine weite Verbreitung von Anwendungen in Medizin, Technik und Wettermodellierung wird erwartet.
2. Verteilte und vernetzte Strukturen von Rechnern, die die Fähigkeit zur Selbstorganisation und zur Reaktion auf Änderungen der Umgebungsbedingungen aufweisen. Dabei wird als wesentlich betrachtet, dass die Kontrolle des Systems lokal (also dezentral) erfolgt. Es wird erwartet, dass solche dezentralisierten Systeme innerhalb der nächsten 20 Jahre in großen Computernetzen, der Telekommunikation und der Verteidigung zum Einsatz kommen werden.
3. Innerhalb der nächsten 5 Jahre wird erwartet, dass es stabile Kontrollsysteme geben wird, die nach Marktmechanismen funktionieren und beispielsweise die Verteilung der Rechenzeit in einem Computer-Cluster steuern. Dabei wird der künstliche Markt allein von autonomen Software-Agenten bevölkert. In einem Zeithorizont von 20 Jahren wird u. a. erwartet, dass eine große Anzahl autonomer Roboter in gefährlichen Umgebungen arbeiten könnte.

(2) Planungssysteme

Dramatischer Wandel
in der Planungs-
forschung

Nach Einschätzung der Experten hat sich in den letzten fünf bis sechs Jahren ein dramatischer Wandel in der Planungsforschung vollzogen. Statt des bisherigen Schwerpunktes auf den theoretischen Grundlagen der agentenbasierten Planung stehen jetzt empirische Untersuchungen von Systemen und Anwendungen im Mittelpunkt. Planung im Sinne dieser Forschung befasst sich mit dem Problem, Wege zu finden, um Ziele zu erreichen. Ein Plan ist eine Sammlung von Instruktionen, die angeben, was, bis wann und von wem getan werden muss. Typische Planungsprobleme, die bisher von automatischen Planern bearbeitet wurden, sind:

- optimale Verwendung eines bestimmten Satzes an Maschinen und Maschinenführern, um eine Menge an Aufträgen für gefertigte Teile zu erfüllen;

- die Sammlung einer möglichst großen Menge wissenschaftlicher Daten durch ein unbemanntes mobiles Labor auf einem fernen Planeten;
- der sichere Start einer neuen chemischen Anlage.

Mit den neuen Entwicklungen der letzten Jahre erscheint nun die Möglichkeit für viel weitergehende Anwendungen eröffnet. Aktuelle zentrale Forschungsarbeiten befassen sich mit den gemeinsamen Anforderungen der Planung und der Terminierung insbesondere in ressourcen-intensiven Kontexten wie Fertigungsprozessen, logistischen Operationen und dem Management von Arbeitsabläufen.

(3) Bildverarbeitung

Eine besondere Stärke biologischer visueller Systeme besteht in der Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf die hervorstechenden Regionen einer visuellen Szene zu richten. Es besteht nach der Expertenmeinung ein großes Anwendungspotenzial für Rechnerarchitekturen und Prozessierungsmechanismen für visuelle Aufmerksamkeit, die von Modellen biologischer Systeme abgeleitet werden. Besonders vielversprechende Anwendungen sind die Überwachung, die automatische Ziel- und Bilderkennung, Navigationshilfen und die Robotersteuerung.

Biologische visuelle Systeme

Themen aus dem Bereich IuK wurden auch im Rahmen des Projektes „Nutzung des elektromagnetischen Spektrums“ aufgegriffen und zwar die Möglichkeiten einer rein optischen Datenübertragung sowie die Anwendung von Nahfeldoptik und Metamaterialien auf Mobilfunkantennen. Das Thema der dynamischen Frequenzallokation wurde ebenfalls im Rahmen des genannten Projektes aufgegriffen und wird nun außerhalb des Foresight-Programms weiterverfolgt.

Elektronik

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Elektronik befasst.

Biotechnologie und Life Sciences

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Biotechnologie und Life Sciences befasst. Optische Biosensoren und integrierte, photonische LoC waren jedoch Thema des Projektes „Nutzung des elektromagnetischen Spektrums“.

Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Gesundheit und Ernährung befasst.

Einige der im Abschnitt „Optische Technologien“ beschriebenen Anwendungen gehören zum Bereich Gesundheit. Dies sind: Metamaterialen für verbesserte MRT-Geräte sowie die molekulare Bildgebung.

Nachhaltigkeit und Umwelt

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Nachhaltigkeit und Umwelt befasst. Das Projekt „Hochwasser- und Küstenschutz“ untersucht wie sich das Hochwasserrisiko u. a. aufgrund des Klimawandels in Zukunft ändern könnte. Neben dieser Risikoabschätzung liegt der Schwerpunkt des Projekts auf der Diskussion möglicher Maßnahmen zum Schutz der vom Menschen errichteten Umwelt (Gebäude, Infrastruktur). Die möglichen Maßnahmen werden auch vor dem Hintergrund ihrer Verträglichkeit mit dem Prinzip der Nachhaltigkeit bewertet.

Verteidigung und Sicherheit

Das Projekt „Vertrauen im Cyberspace und Verbrechensprävention“ könnte auch dem Bereich Sicherheit zugeordnet werden. Das Problem des Cyber-Terrorismus wird dort allerdings nur am Rande angesprochen. Auch das Projekt „Hochwasser- und Küstenschutz“ befasst sich letztlich mit der Erhöhung der Sicherheit für die Bürger, wobei es mehr um den Schutz vor Naturkatastrophen geht als um die Abwehr von Gefährdungen, die absichtsvoll herbeigeführt werden.

Im Rahmen der Diskussion der optischen Technologien wird die Bildgebung in der Sicherheitstechnik als ein attraktives Anwendungsfeld identifiziert.

Dienstleistungen

Keines der vier bislang abgeschlossenen Projekte der dritten Runde des UK-Foresight-Programms hat sich schwerpunktmäßig mit dem Bereich Dienstleistungen befasst.

4.8 USA

4.8.1 Nationales Innovationssystem

Die USA werden als das weltweit innovativste Land angesehen.¹⁸⁸ Sie gehören bei Innovationsinput (z. B. bei der Forschungsquote¹⁸⁹) und -output (z. B. Anzahl der von amerikanischen Wissenschaftlern veröffentlichten Fachartikel) sowie weiterhin bei der Kommerzialisierung von Innovation (z. B. Anzahl der generierten Patente) zu den weltweit Besten. Zudem wird geschätzt, dass die Hälfte der Steigerung des US-amerikanischen BIP in den letzten 50 Jahren auf Innovationserfolge zurückzuführen ist.¹⁸⁸ Dennoch wird seit einigen Jahren der Vorsprung der USA im Bereich Technologie und Innovation im Vergleich zur EU einerseits und asiatischen Ländern wie Japan, Südkorea, Taiwan und Singapur andererseits immer kleiner.¹⁹⁰ Auch die aufstrebenden Länder China, Indien und Russland könnten sich in den nächsten Jahren zu ernsthaften Konkurrenten für die USA entwickeln. Diese veränderte Wettbewerbssituation wirft Fragen nach einer Umgestaltung des Nationalen Innovationssystems auf, um den Herausforderungen der kommenden Jahre besser begegnen zu können.¹⁸⁸

Vorsprung der USA wird kleiner

Im Unterschied zu den meisten Industrieländern existiert in den USA keine zentrale Institution, die die F&E-Politik und die dazugehörigen Programme verwaltet. Vielmehr erfahren Forschung und Entwicklung ihre öffentliche Förderung von einem breiten Spektrum von Ministerien und Bundesagenturen mit z. T. sich überlagernden Zuständigkeiten. Zudem besitzen alle 50 Bundesstaaten ihr eigenes regionales Innovationssystem zur Förderung von Technologie und Innovation. Eine Abstimmung zwischen Bundes- und regionalen Agenturen bei der Aufstellung der Wissenschafts- und Technologiepolitik sowie der entsprechenden Förderprogramme findet nicht in ausreichendem Maße statt, was oft unnötige Arbeitsverdoppelung, manchmal allerdings auch einen fruchtbaren F&E-Wettbewerb zwischen den Staaten zur Folge haben kann.¹⁸⁸

Keine zentrale Institution

Die Abbildung 4.8 stellt das bundesstaatliche Innovationssystem der USA dar.

Die nationale Wissenschafts- und Technologiepolitik wird von dem Präsidenten in Zusammenarbeit mit dem „**Office of Science and Technolo-**

¹⁸⁸ Luger, 2005

¹⁸⁹ Als Forschungsquote oder Forschungsintensität wird das Verhältnis zum BIP aller innerhalb eines Landes öffentlichen und privaten Summen, die für F&E aufgewendet werden. Ein weiterer Indikator für den Innovationsinput ist die Anzahl der Forscher pro Millionen Einwohner, bei dem die USA weltweit den ersten Platz belegen (4099 Forschern pro Millionen Einwohner).

¹⁹⁰ So liegt beispielsweise die durchschnittliche Forschungsquote der Jahre 1996 bis 2002 in den USA mit 2,8% unter der von Japan (3,1%) und Südkorea (3%).

Rolle des OSTP

gy Policy“ (OSTP)¹⁹¹ festgesetzt.¹⁹² Weiterhin übernehmen das OSTP und insbesondere sein Direktor, der so genannte Wissenschaftsberater des US-Präsidenten – momentan John Marburger – die wichtigste Beratungsfunktion bei der Regierung auf dem Gebiet der Wissenschaft und Technologie. Das OSTP ist zudem für die Ressorts übergreifende Koordination der Wissenschafts- und Technologiepolitiken sowie der entsprechenden Budgets zuständig. Laut dem „National Science and Technology Policy, Organization, and Priorities Act“ von 1976 soll es mit der Wirtschaft zusammenarbeiten, um sicherzustellen, dass öffentliche Investitionen in Wissenschaft und Technologie zu wirtschaftlicher Prosperität, Umweltqualität und nationaler Sicherheit beitragen. In seine Zuständigkeit fallen weiterhin der Aufbau enger Partnerschaften auf Bundes-, Staats- und lokaler Regierungsebene sowie mit anderen Ländern und der Wissenschaftsgemeinschaft. Das OSTP ist zudem für die Evaluierung von Umfang, Qualität und Effektivität der Bundesanstrengungen in Wissenschaft und Technologie verantwortlich.¹⁹³

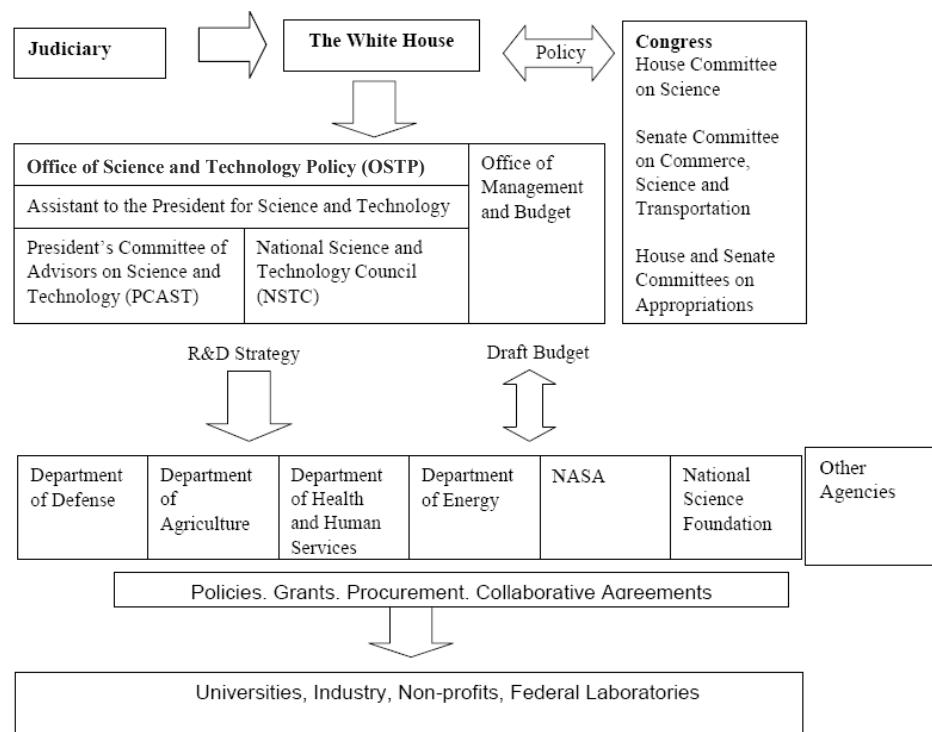


Abbildung 4.8: Nationales Innovationssystem der Vereinigten Staaten¹⁹⁴

¹⁹¹ www.ostp.gov

¹⁹² „National Science and Technology Policy, Organization, and Priorities Act“ von 1976

¹⁹³ Quelle: Internationales Büro des BMBF: www.internationale-kooperation.de

¹⁹⁴ nach Luger, 2005

Vom OSTP aufgestellte Gesetze durchlaufen vor ihrem Inkrafttreten insgesamt 13 für Wissenschaft und Technologie zuständige **Ausschüsse des Kongresses**.¹⁹⁵

Nach dem OSTP sind die zwei wichtigsten Beratungsorgane der amerikanischen Regierung das „**National Science & Technology Council**“ (NSTC)¹⁹⁶ und das „**President’s Council of Advisors on Science & Technology**“ (PCAST)¹⁹⁷.

- Das **NSTC** ist ein auf Kabinettsbene eingerichtetes Kollektivorgan unter dem Vorsitz des US-Präsidenten. Ihm gehören neben dem Vizepräsidenten, dem Wissenschaftsberater, der das NSTC auch koordiniert, und den Ministern auch die Spitzen der großen Forschungsförderungseinrichtungen an. Die Aufgabe des NSTC liegt in der Entwicklung von Prioritäten und Strategien für die amerikanische Forschungs- und Technologiepolitik.¹⁹³
- Das **PCAST** berät den Präsidenten seitens der Wirtschaft und der akademischen Forschung in Fragen der technologischen Entwicklung, der Forschungsprioritäten sowie der naturwissenschaftlichen Ausbildung. Der Rat besteht neben dem Wissenschaftsberater aus vom Präsidenten ernannten Experten aus Industrie, Bildung und Forschungsorganisationen.¹⁹³

Weitere Beratungsinstitutionen sind die „**National Academy of Sciences**“ (NAS)¹⁹⁸, das „**National Science Board**“ (NSB)¹⁹⁹ und der **Bioethikrat des Präsidenten**²⁰⁰. Für die Umsetzung und die Förderung der Wissenschafts- und Technologiepolitik sind schließlich mehrere Ministerien und Bundesagenturen zuständig. Die wichtigsten sind das „**Depart-**

¹⁹⁵ Die wichtigsten Kongressausschüsse für Wissenschaft und Technologie sind der „House Committee on Science“, der „Senate Committee on Commerce, Science and Transportation“ und der „House and Senate Committees on Appropriations“.

¹⁹⁶ http://www.ostp.gov/NSTC/html/NSTC_Home.html

¹⁹⁷ <http://www.ostp.gov/PCAST/pcast.html>

¹⁹⁸ Die NAS ist eine der vier „National Academies“ (www.nationalacademies.org), zu denen auch die „National Academy of Sciences“, die „National Academy of Engineering“, das „Institute of Medicine“ und der „National Research Council“ gehören. Die „National Academies“ sind private, nicht Profit orientierte Gesellschaften von zusammen zurzeit ungefähr 2000 in- und 300 ausländischen Forschern, die sich für die Verbreitung von Forschung und Wissenschaft zum Nutzen der Allgemeinheit einsetzen und die Regierung in Schlüsselfragen der Wissenschaftspolitik beraten.

¹⁹⁹ Das NSB als Steuerungsgremium für die NSF bestätigt ihre neuen Programme und führt Evaluationen durch. Es initiiert Studien und Berichte zu einem breiten politischen Themenspektrum. Hierzu gehört die zweijährliche Veröffentlichung der „Science and Engineering Indicators“. Mitglieder des NSB sind Experten aus Industrie und Universitäten. <http://www.nsf.gov/nsb/>

²⁰⁰ Der Bioethikrat des Präsidenten setzt sich aus hochkarätigen Rechts-, Politik-, Philosophie-, Theologie- und Biomedizinwissenschaftlern sowie einem Kolumnisten zusammen, mehrheitlich konservativ, zum Teil liberal. Er befasst sich hauptsächlich mit Fragen des menschlichen Klonens und der menschlichen Embryonforschung. <http://www.bioethics.gov/>

ment of Defense“²⁰¹, das „Department of Health and Human Services“²⁰², das „Department of Energy“ (DOE)²⁰³, die NASA²⁰⁴ und die „National Science Foundation“ (NSF)²⁰⁵.

Keine zentrale Koordination

4.8.2 Aktivitäten im Bereich Technologieprognosen

Es werden in den USA keine institutionalisierten, systematischen nationalen Technologieprognosen (so genannte „Foresight“-Studien) durchgeführt. Vielmehr tragen unterschiedliche, z. T. miteinander konkurrierende zukunftsgerichtete Aktivitäten dazu bei, Entwicklungstrends und zukünftige Chancen und Förderprioritäten in Wissenschaft und Technologie zu identifizieren. Die fehlende zentrale Koordination in der Durchführung technologieorientierter Zukunftsstudien erklärt sich hauptsächlich dadurch, dass es, wie im vorigen Abschnitt erläutert, ebenfalls keine zentrale Einrichtung des US-amerikanischen Innovationssystems gibt, die für die Förderung der gesamten Bandbreite der Wissenschaft und Technologie zuständig ist²⁰⁶ und deshalb für ihre Strategieplanung auf die Ergebnisse eines einheitlichen Technologie-Vorausschauprozesses angewiesen wäre.²⁰⁷

Heute tragen in den USA folgende Aktivitäten zur Identifizierung neuer Trends in Wissenschaft und Technologie bei:

- **Workshops** zu spezifischen Themen werden jährlich von allen US-amerikanischen wissenschaftlichen und technologischen Einrichtungen organisiert – allen voran der NSF²⁰⁵, aber auch den „National Institutes of Health“, dem „Department of Energy“²⁰³ und dem „Department of Defense“²⁰¹. Neben Entwicklungstrends diskutieren Fachexperten auch über Forschungsprioritäten und über sozioökonomische Aspekte der untersuchten Technologien.

²⁰¹ www.defenselink.mil

²⁰² www.hhs.gov

²⁰³ www.energy.gov

²⁰⁴ www.nasa.gov

²⁰⁵ Die NSF ist mit einem Anteil von 40% Prozent der Förderung der gesamten Grundlagenforschung an Universitäten außerhalb der Lebenswissenschaften die größte Forschungsförderorganisation der USA. www.nsf.gov

²⁰⁶ Zum Prozess der Aufstellung der Wissenschafts- und Technologiepolitik in den USA, siehe Cheney, 2003.

²⁰⁷ In der Sekundärliteratur ist ein weiterer, wenn auch weniger ausschlaggebender Grund für das Fehlen (der Notwendigkeit) eines einheitlichen Technologie-Vorausschauprozesses in den USA zu finden: Größe und Ressourcen des Landes erlauben nämlich die Förderung vieler breit gestreuter wissenschaftlicher und technologischer Projekte, ohne dass diese Förderung einer systematischen Koordination bedarf – kleinere bzw. weniger wohlhabende Länder müssen dagegen koordinierter und zielgerichteter in ihrer Förderung sein. Vgl. Cheney, 2003.

- „**Technology roadmaps**“ zur Vorhersage der Entwicklungen bestimmter Technologien nach dem Modell der „International Technology Roadmap for Semiconductors“²⁰⁸ werden in vielen Branchen der Industrie²⁰⁹ aufgestellt und z. T. mit öffentlichen Mitteln von der „Defense Advanced Research Projects Agency“ (DARPA)²¹⁰ oder dem „Department of Energy“²⁰³ gefördert.
- Eine große Anzahl technologieorientierter **Zukunftsstudien** wird schließlich von „Think Tanks“, Beratungsausschüssen und Institutionen erstellt, mit dem Ziel, sowohl den zukünftigen Forschungsbedarf als auch soziale Auswirkungen von Technologien zu untersuchen. Gefördert werden solche Studien typischerweise von der Regierung und von privaten Stiftungen, wobei letztere aus dem ganzen politischen Spektrum kommen. Auch die Studien des „National Research Council“ (NRC)²¹¹, auf die im Folgenden eingegangen wird, gehören zu dieser Kategorie.
- Seit Mitte der 80er Jahre wurden so genannte „**Critical Technologies**“-Studien mit dem Ziel durchgeführt, einerseits den US-amerikanischen Technologiestand zu ermitteln und andererseits den nötigen Handlungs- und Entwicklungsbedarf in der Technologiepolitik zu identifizieren. Gesellschaftliche Aspekte bleiben dabei außen vor. Wichtige „Critical Technologies“-Studien waren die in den 80er Jahren entstandenen Studien zu Verteidigungstechnologien und Materialien vom „Department of Defense“ und zu wichtigen aufkommenden Technologien vom „Department of Commerce“²¹². Anfang der 90er Jahre folgten die vom „Council on Competitiveness“²¹³ aufgestellte Liste der für die Industrie wichtigsten Technologien und die „National Critical Technologies List“ vom OSTP¹⁹¹. Allerdings werden gegenwärtig keine „Critical Technologies“-Studien mehr durchgeführt.²¹⁴

²⁰⁸ <http://public.itrs.net>

²⁰⁹ Z. B. in der Halbleiter- und Elektronikindustrie, der Optoelektronik-, der Aluminium-, der Papier- und Zellstoffindustrie

²¹⁰ www.darpa.mil

²¹¹ <http://www.nationalacademies.org/nrc/>

²¹² www.commerce.gov

²¹³ www.compete.org

²¹⁴ Cheney, 2003

4.8.3 Studien des „National Research Council“

4.8.3.1 Kurzbeschreibung der Studien

Die im Folgenden besprochenen Studien wurden vom „National Research Council“ (NRC)²¹⁵ herausgegeben. Der NRC ist eine der vier unter dem Dach der „National Academies“ zusammengeschlossenen Einrichtungen¹⁹⁸ und wird gemeinschaftlich von der „National Academy of Sciences“, der „National Academy of Engineering“ und dem „Institute of Medicine“ verwaltet. Er fungiert als wichtiges Beratungsorgan der Regierung, der Öffentlichkeit und der wissenschaftlichen Community, indem er jedes Jahr eine beträchtliche Anzahl von z. T. zukunftsorientierten Studien zu verschiedensten wissenschaftlichen und technologischen Fragestellungen herausgibt.

NRC als
Beratungsorgan

Auftraggeber von
NRC-Studien

Auftraggeber solcher Studien sind mehrheitlich Regierungsbehörden oder das Parlament. Aber auch private Stiftungen, Universitäten, Unternehmen oder Mitglieder der „National Academies“ können eine NRC-Studie anstoßen, sobald das von ihnen vorgeschlagene Thema das Bewilligungsverfahren erfolgreich durchlaufen hat. Dafür müssen laut dem „National Research Council Process“ sowohl die „Research Council Commission“ als auch die für das eingereichte Thema zuständige Fachabteilung²¹⁶ des NRC zustimmen. NRC-Studien werden entweder ausschließlich öffentlich oder durch eine Mischung aus öffentlichen und privaten Mitteln finanziert, wobei private Auftraggeber für höchstens 50 % der Finanzierung der von ihnen in Auftrag gegebenen Projekte aufkommen dürfen – dies, um Unabhängigkeit und Unparteilichkeit von Studien und Ergebnissen sicherzustellen. Durchgeführt wird jede Studie von einem eigens aufgestellten Komitee.²¹⁷

Unter den 132 vom NRC zwischen dem 01.01.05 und dem Stichtag 30.11.05 herausgegebenen Studien wurden für die folgende Inhaltsanalyse diejenigen 32 berücksichtigt, die einen Zukunftsbezug aufweisen. Diese Studien stammen entsprechend der Klassifizierung der „National Academies Press“ aus folgenden Kategorien:

²¹⁵ <http://www.nationalacademies.org/nrc>

²¹⁶ Der NRC zählt die 5 folgenden Fachabteilungen: Verhaltens- und Gesellschaftswissenschaften und Bildung, Geo- und Lebenswissenschaften, Ingenieur- und Physikalische Wissenschaften, Politik und Globale Angelegenheiten und Verkehrs- und Transportforschung.

²¹⁷ Für weitere Details zur Auswahl der Studienthemen, Ernennung der Komitees und Durchführung der NRC-Studien, siehe www.nationalacademies.org/about/faq3.html

Tabelle 4.11: Übersicht über die thematische Zuordnung der ausgewerteten zukunftsgerichteten NRC-Studien²¹⁸ (mehrfache Zuordnung einzelner Studien zu verschiedenen Themen möglich)

Kategorie	Titel der berücksichtigten Studien
Biologie	<ul style="list-style-type: none"> „Catalyzing Inquiry at the Interface of Computing and Biology” „Critical Needs for Research in Veterinary Science” „Mathematics and 21st Century Biology”
Informatik	<ul style="list-style-type: none"> „Building an Electronic Records Archive at the National Archives and Records Administration: Recommendations for a Long-Term Strategy” „Catalyzing Inquiry at the Interface of Computing and Biology” „Deconstructing the Computer: Report of a Symposium” „Signposts in Cyberspace: The Domain Name System and Internet Navigation”
Geowissenschaft	<ul style="list-style-type: none"> „Earth Science and Applications from Space: Urgent Needs and Opportunities to Serve the Nation” „Review of Goals and Plans for NASA's Space and Earth Sciences” „Improved Seismic Monitoring – Improved Decision-Making: Assessing the Value of Reduced Uncertainty”
Energie	<ul style="list-style-type: none"> „Prospective Evaluation of Applied Energy Research and Development at DOE (Phase One): A First Look Forward”
Ingenieurwissenschaften	<ul style="list-style-type: none"> „Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations” „Avoiding Surprise in an Era of Global Technology Advances” „Decreasing Energy Intensity in Manufacturing: Assessing the Strategies and Future Directions of the Industrial Technologies Program” „Interfaces for Ground and Air Military Robots: Workshop Summary” „Linkages: Manufacturing Trends in Electronics Interconnection Technology” „Technology Pathways: Assessing the Integrated Plan for a Next Generation Air Transportation System”
Umweltfragen	<ul style="list-style-type: none"> „Toxicogenomic Technologies and Risk Assessment of Environmental Carcinogens: A Workshop Summary”
Meeresforschung	<ul style="list-style-type: none"> „Polar Icebreaker Roles and U.S. Future Needs: A Preliminary Assessment”
Mathematik und & Statistik	<ul style="list-style-type: none"> „Mathematics and 21st Century Biology”
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> „Globalization of Materials R&D: Time for a National Strategy” „Going to Extremes: Meeting the Emerging Demand for Durable Polymer Matrix Composites” „High-Performance Structural Fibers for Advanced Polymer Matrix Composites”

²¹⁸ Die vollständigen Quellenangaben zu den Studien erscheinen im Fußnotenapparat der im nächsten Abschnitt durchgeführten Inhaltsanalyse.

Medizin und Öffentliche Gesundheit	<ul style="list-style-type: none"> „An International Perspective on Advancing Technologies and Strategies for Managing Dual-Use Risks: Report of a Workshop“ „Saving Women's Lives: Strategies for Improving“, „Breast Cancer Detection and Diagnosis“
Politik	<ul style="list-style-type: none"> „An International Perspective on Advancing Technologies and Strategies for Managing Dual-Use Risks: Report of a Workshop“ „Asking the Right Questions About Electronic Voting“ „Sea Basing: Ensuring Joint Force Access from the Sea“ „Sensor Systems for Biological Agent Attacks: Protecting Buildings and Military Bases“
Raumfahrt	<ul style="list-style-type: none"> „Bioastronautics Roadmap: A Risk Reduction Strategy for Human Exploration of Space“ „Priorities in Space Science Enabled by Nuclear Power and Propulsion“ „Review of Goals and Plans for NASA's Space and Earth Sciences“ „Review of NASA Plans for the International Space Station“ „Science in NASA's Vision for Space Exploration“ „The Navy's Needs in Space for Providing Future Capabilities“
Transport und Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> „Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations“ „Review of the Research Program of the FreedomCAR and Fuel Partnership: First Report“

4.8.3.2 Inhaltsanalyse

Transport und Verkehr, Logistik

„FreedomCAR & Fuel Partnership“

Seit September 2003 existiert eine Partnerschaft zwischen dem US-amerikanischen Energieministerium, Automobilherstellern und Energiekonzernen. Gegenstand dieser Partnerschaft ist ein vorwettbewerbliches Forschungsprogramm mit dem langfristigen Ziel, für die gesamte Bandbreite an Fahrzeugklassen von Privat-PKW eine vollständige Funktion ohne Erdöl und ohne schädliche Emissionen bei gleichzeitigem Erhalt der Freiheit der gewünschten Mobilität und der Fahrzeugwahl zu ermöglichen.²¹⁹ Damit sollen die Abhängigkeit der USA von Erdölimporten reduziert und ein Beitrag zur Begrenzung des Kohlendioxid-Ausstoßes geleistet werden.

²¹⁹ Partner der „FreedomCAR (Cooperative Automotive Research) & Fuel Partnership“ sind DaimlerChrysler, Ford und General Motors als Automobilhersteller sowie die Energiekonzerne BP America, Chevron Corporation, ConocoPhillips, ExxonMobil Corporation und Shell Hydrogen (U.S.). Die Partnerschaft startete mit der Zusage des Präsidenten, in den Fiskaljahren 2004 bis 2008 Fördermittel in Höhe von insgesamt 1,7 Milliarden US-\$ zu beantragen.

In einer Studie des NRC werden u. a. die technischen Ziele und Zeitpläne dieser Forschungsinitiative begutachtet.²²⁰ Der geplante Weg sieht als ersten Schritt effizientere (Benzin- und Diesel-)Verbrennungsmotoren vor, gefolgt von einem verbreitetem Einsatz elektrischer Hybridfahrzeuge (betrieben mit Benzin oder Diesel) über wasserstoffbetriebene Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren und Hybridfahrzeuge bis schließlich zum Übergang zu Brennstoffzellen getriebenen Fahrzeugen auf Basis von Wasserstoff.

In den folgenden sieben Bereichen werden Zielgrößen in Bezug auf Technologie und Kosten für 2010 und 2015 genannt:

Verbrennungsmotoren: Bis 2007 soll eine spezifische Abgasnorm²²¹ der EPA („U.S. Environmental Protection Agency“²²²) für konventionelle Verbrennungsmotoren erreicht werden; ab 2010 dann auch für Verbrennungsmotoren auf Wasserstoffbasis. In der Studie wird empfohlen, die Energieindustrie noch stärker in die Forschungsaktivitäten einzubeziehen, um die Randbedingungen für die Einführung besonders günstiger Treibstoffmischungen besser berücksichtigen zu können.

Verbrennungsmotoren

Brennstoffzellen: Eine Betriebslebensdauer von 5000 Stunden wird bis 2010 angestrebt. Die Kosten sollen bis 2010 auf 45 US-\$ pro kW (elektrisch) und bis 2015 auf 30 US-\$ sinken – jeweils unter Einbeziehung der Kostenvorteile einer Massenproduktion. Allerdings wird in der Studie darauf hingewiesen, dass technologische Durchbrüche bei den Membranmaterialien, den Katalysatoren, dem mechanischen Katalysatoraufbau und dem Plattenaufbau erforderlich sind, um diese Ziele fristgerecht zu erreichen.

Brennstoffzellen

Wasserstoffspeicher: Die Anforderungen an das Gewicht des Wasserstoffspeichers sind abgeleitet von der angestrebten Reichweite des Fahrzeugs von 300 Meilen (ca. 480 km). Seine Volumendichte ist durch das zur Verfügung stehende Bauteilvolumen beschränkt. Als Zielgrößen werden genannt für 2010: 2,0 kWh/kg (entsprechend 6 % Wasserstoff nach Gewicht) und 1,5 kWh/l sowie für 2015: 3,0 kWh/kg (entsprechend 9 % Wasserstoff nach Gewicht) und 2,7 kWh/l. Zum Vergleich: Benzin weist einen Wert von 6,0 kWh/l auf. Die Systemkosten des Wasserstoffspeichers sollen bis 2010 einen Wert von 4 US-\$/kWh erreichen und bis 2015 noch einmal auf 2 US-\$/kWh sinken.

Wasserstoffspeicher

Nach Einschätzung der Studienautoren sind diese Zielgrößen sinnvoll vor dem Hintergrund der Entwicklung eines kommerziell rentablen Fahrzeugs. Eine etwaige Einschätzung der tatsächlichen Erreichbarkeit dieses

²²⁰ Committee on Review of the FreedomCAR and Fuel Research Program, National Research Council: “Review of the Research Program of the FreedomCAR and Fuel Partnership: First Report” (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²²¹ Bezeichnung der Abgasnorm: Tier 2, Bin 5

²²² www.epa.gov

Elektrische Energiespeichersysteme für Hybridfahrzeuge

Elektrische Antriebssysteme

Materialien für Leichtgewichtsfahrzeuge

Wasserstoffproduktion und -verteilung

Ziels oder die Abschätzung eines Zeithorizonts wird aber nicht als verlässlich eingestuft: „Discovery is needed and cannot be scheduled.“

Elektrische Energiespeichersysteme für Hybridfahrzeuge: Ein vorrangiges Ziel für elektrische Energiespeichersysteme ist die Entwicklung einer Batterie mit einer Lebensdauer von 15 Jahren bei einer verfügbaren Energie von 300 Wh und einer Entladungsleistung von 25 kW für 18 s bei Kosten von 20 US-\$/kW bis zum Jahr 2010.

Die Studienautoren sehen in der Entwicklung von Hochenergie-Batterien und reinen Elektrofahrzeugen eine eigenständige Alternative zu wasserstoffbetriebenen Automobilen, da dies keine größere Herausforderung darstellt als die Entwicklung eines Wasserstoffspeichers und einer Wasserstoff-Infrastruktur.

Elektrische Antriebssysteme: In Bezug auf Elektromotoren lautet das Kostenziel 7 US-\$/kW (Spitzenleistung) für das Jahr 2010. Die Studienautoren sind nicht überzeugt, dass dieses Ziel erreichbar ist, da die Kosten des Motors eher von den Kupfer- und Eisenpreisen abhängen und nicht so sehr durch Fortschritte in der Forschung beeinflusst werden. Daneben wird die Leistungsfähigkeit bei hohen Temperaturen als ein kritischer Faktor angesehen.

Materialien für Leichtgewichtsfahrzeuge: Das Komitee hält eine Erreichung des Ziels einer Gewichtsreduktion um 50 % mit Zeithorizont 2010 bis 2012 unter dem zusätzlichen Kriterium einer nur minimalen Kosten erhöhung für extrem unwahrscheinlich. Realistischer erscheint dem Komitee eine Reduzierung des Ziels auf 30 % Gewichtersparnis bei um bis zu etwa 5 % höheren Kosten. Dies würde mit einer Anpassung der Zielgrößen des Gesamtsystems oder alternativ mit einer Kompensation durch die Zielgrößen der anderen Subsysteme einhergehen.

Wasserstoffproduktion und -verteilung: Der Übergang zu einer Wasserstoffwirtschaft erfordert einen massiven Wandel der Infrastruktur. In der Übergangsphase wird eine Vielzahl von Wasserstoff-Tankstellen für relativ wenige wasserstoffgetriebene Fahrzeuge nötig sein. Deswegen wird eine verteilte Wasserstoffproduktion als wesentlich erachtet – etwa durch Erdgas-Reformierung oder Elektrolyse. Erst bei Erreichung eines großen Marktanteils für wasserstoffgetriebene Fahrzeuge wird eine zentrale Wasserstoffproduktion unter Ausnutzung der Kostenvorteile großer Anlagen als wahrscheinlich betrachtet. Ein Fahrzeuganteil von mehr als 50 % wird nicht vor 2035 erwartet. Als mögliche Energiequellen für die Wasserstoffproduktion werden Erdgas, Kohle, Kernenergie, biologische Systeme, Wind und Sonne genannt. Kohle wird als eine brauchbare und schwer zu ersetzende Option für eine zentrale Wasserstoffproduktion angesehen. Sie weist zwar auf Grund der CO₂-Problematik Schwierigkeiten auf, die aber etwa durch Sequestrierung gelöst werden sollen.

Insgesamt kommt die Studie zu dem Schluss, dass die Ziele des Forschungsprogramms sehr ambitioniert sind, wobei keine unüberwindbaren

Hindernisse gesehen werden – wohl aber einzelne kritische Komponenten wie etwa Wasserstoffspeicher oder Brennstoffzellen.

Luft- und Raumfahrt

Im Dezember 2003 wurde ein gemeinsames Planungs- und Entwicklungsbüro für das Luftrtransportsystem der nächsten Generation in den USA gegründet.²²³ Dieses Büro hat einen integrierten Plan mit Zeithorizont 2025 vorgelegt, zu dem der NRC in einer beauftragten Studie Stellung genommen hat.²²⁴

Die Studie betont, dass die steigende Nachfrage der wichtigste Faktor für alle Aspekte des Luftrtransportsystems ist. Die „Federal Aviation Agency (FAA)“ prognostiziert, dass die Nachfrage im Passagiertransport im Zeitraum von 2005 bis 2016 um 58 % ansteigen wird. Im Bereich der Luftfracht wird ein Anstieg von 70 % in diesem Zeitraum erwartet. Schon jetzt übersteigt die Nachfrage die Kapazitäten bei 5 der 35 größten Flughäfen in den USA. Selbst unter optimistischen Annahmen wird damit gerechnet, dass diese Zahl bis 2020 auf 18 ansteigen wird. Der einfache Ausbau der bestehenden Infrastruktur bietet nach Ansicht der Studienautoren nur ein begrenztes Lösungspotenzial. Hohe Kosten, Umweltschutz und mangelnde Verfügbarkeit von Flächen stehen einem schnellen Ausbau entgegen. Die Probleme von Betriebssicherheit, Schutz vor externen Bedrohungen, Kapazität, Umweltschutz und Verbraucherzufriedenheit werden sämtlich durch eine steigende Nachfrage noch weiter verschärft.

Steigende Nachfrage

Dementsprechend wird in der Studie des NRC empfohlen, Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen zur Steigerung der Kapazitäten die höchste Priorität einzuräumen – insbesondere für Flughäfen, die bereits jetzt nahe bzw. an ihrer Kapazitätsgrenze operieren. Als Kerntechnologien in diesem Zusammenhang werden u. a. genannt:

- Automatisierungstechnologien und Informationssysteme zur Kommunikation, Visualisierung, Situationserfassung, -beurteilung und -prognose;
- Technologien zur Unterstützung der verteilten, gemeinschaftlichen Entscheidungsfindung (insbesondere im Zusammenspiel verschiedener Personen und automatisierter Systeme);
- Technologien zur Reduzierung der lokalen, regionalen und globalen Auswirkungen von Lärm und Emissionen;

Höchste Priorität
für Steigerung
der Kapazitäten

²²³ „Next Generation Air Transportation System (NGATS) Joint Planning and Development Office (JPDO)“

²²⁴ Committee on Technology Pathways: Assessing the Integrated Plan for a Next Generation Air Transportation System, National Research Council: „Technology Pathways: Assessing the Integrated Plan for a Next Generation Air Transportation System“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

- Technologien zur Vorhersage oder direkten Beobachtung von Wirbelschleppen mit dem Ziel, den Abstand zwischen Flugzeugen ohne Beeinträchtigung der Flugsicherheit zu reduzieren sowie
- Luftfahrtelektronik, die ubiquitäre und transparente Kommunikation, Navigation und Überwachung ermöglicht und zur Reduzierung des Abstandes zwischen Flugzeugen beiträgt, ohne die Flugsicherheit zu beeinträchtigen.

Der Kapazitätssteigerung für den konventionellen Flugbetrieb wird eine höhere Priorität eingeräumt als der Berücksichtigung eher spekulativer Entwicklungen wie etwa einem zukünftigen starken Aufkommen an unbemannten Luftfahrzeugen.

Es wird weiterhin empfohlen, die Aktivitäten an den drei Betriebsphasen auszurichten und zwar dem Flughafenbetrieb (Start, Anflug, Landung, Rollfeld, Terminalbetrieb), dem Flugbetrieb im Zielgebiet und dem Flugbetrieb auf der Strecke. Insbesondere Fragen der Sicherheit sollten nicht gesondert behandelt werden, sondern im engen Zusammenhang mit den jeweiligen Betriebsabläufen berücksichtigt werden.

Ausrichtung am
Betriebsablauf

Neue
Raumfahrtpolitik

Im Januar 2004 hat der US-amerikanische Präsident eine neue Raumfahrtpolitik angekündigt, mit dem Ziel einer beständigen Erkundung des Weltraums sowohl in unbemannten als auch bemannten Missionen.²²⁵ Drei Ziele werden in der Ankündigung genannt:

1. Bis zum Jahr 2010 werden die USA die zugesicherten Arbeiten an der Internationalen Raumstation abschließen.
2. Ein neues Raumschiff für die bemannte Raumfahrt wird bis zum Jahr 2008 entwickelt und spätestens bis zum Jahr 2014 seine erste bemannte Mission bestreiten. Dieses Raumschiff soll auch zum Transport von Astronauten und Wissenschaftlern zur Internationalen Raumstation dienen.
3. Die USA werden im Zeitraum von 2015 bis 2020 mit dem zu entwickelnden Raumschiff zum Mond zurückkehren. Ziel dieser erneuten Mondlandung ist es, Menschen zunehmend längere Aufenthalte auf dem Mond zu ermöglichen. Solche Mondaufenthalte sollen zur Vorbereitung auf und als Ausgangsbasis für weitere bemannte Missionen über den Mond hinaus dienen – beginnend mit einer Mission zum Mars. Diese Ziele sollen auch durch Roboter basierte Erkundungen unterstützt werden.

²²⁵ The White House: "President Bush announces new vision for space exploration program. Remarks by the President on U. S. space policy." (2004) [\[http://www.whitehouse.gov/news/releases/2004/01/20040114-3.html\]](http://www.whitehouse.gov/news/releases/2004/01/20040114-3.html)

Die NASA hat auf Grund dieses Auftrags einen strategischen Planungsprozess begonnen, der durch den NRC in einer Reihe von Studien begutachtet und unterstützt wird.

Eine dieser Studien befasst sich mit den Plänen der NASA zur Fertigstellung der Internationalen Raumstation und ihrer unterstützenden Rolle für die bemannte Erkundung des Sonnensystems.²²⁶

Eine weitere Studie diskutiert die Roadmap der NASA zur Reduzierung der Gesundheitsrisiken von längeren Aufenthalten im All.²²⁷ Es werden drei Referenzfälle von Weltraum-Aufenthalten betrachtet: ein Jahr auf der Internationalen Raumstation, einen Monat auf der Mondoberfläche, eine 30-monatige Reise zum Mars und zurück. Die Studie des NRC kommt u. a. zu dem Schluss, dass die F&E-Arbeiten an Gegenmaßnahmen zu Gesundheitsrisiken wesentlich beschleunigt werden müssen, da ansonsten das Erkundungsprogramm in der Vision des Präsidenten²²⁸ gefährdet sei.

Gesundheitsrisiken von längeren Aufenthalten im All

Neben dieser Unterstützung zur technischen Realisierung der präsidialen Visionen befassen sich weitere Studien mit dem wissenschaftlichen Programm, das verfolgt werden soll.^{228, 229} Diese Studien stellen allgemeine Kriterien auf und verweisen auf die vom NRC wiederkehrend durchgeführten Prozesse zur Bestimmung der wichtigsten wissenschaftlichen Fragen für die jeweils nächste Dekade in verschiedenen Disziplinen, deren Ergebnisse überwiegend bereits vorliegen und in den Studien zitiert werden. Ein weiterer Prozess dieser Art ist gerade im Gang für den Bereich der weltraumgestützten Erd- und Umweltbeobachtung, der sich durch seine unmittelbare gesellschaftliche Relevanz auszeichnet (Katastrophenschutz, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Luft- und Seefahrt etc.). In einem Zwischenbericht²³⁰ wird auf ein rapide sinkendes NASA-Budget für diesen Bereich hingewiesen, dessen Absinken im Zusammenhang mit dem neuen Erkundungsprogramm gesehen wird. Die Studienau-

Weltraumgestützte Erd- und Umweltbeobachtung

²²⁶ Review of NASA Strategic Roadmaps: Space Station Panel, National Research Council: „Review of NASA Plans for the International Space Station“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²²⁷ David Longnecker und Ricardo Molins (Hrsg.), Committee on Review of NASA's Bioastronautics Roadmap, National Research Council: „Bioastronautics Roadmap: A Risk Reduction Strategy for Human Exploration of Space“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²²⁸ Committee on the Scientific Context for Space Exploration, National Research Council: „Science in NASA's Vision for Space Exploration“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²²⁹ Panel on Review of NASA Science Strategy Roadmaps, National Research Council: „Review of Goals and Plans for NASA's Space and Earth Sciences“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²³⁰ Committee on Earth Science and Applications from Space: A Community Assessment and Strategy for the Future, National Research Council: „Earth Science and Applications from Space: Urgent Needs and Opportunities to Serve the Nation“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

toren empfehlen, einen Satelliten zur globalen Niederschlagsmessung (GPM) ohne weitere Verzögerung zu starten und internationale Bemühungen zu unterstützen, einen anderen Satelliten zur hoch zeitaufgelösten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessung (GIFTS) bis 2008 in Umlauf zu bringen.

Im Jahr 2002 hat ein NASA-Programm begonnen, das das Potenzial von nuklearen Energiequellen und Antriebssystemen für Raumschiffe untersucht. Aufbauend auf dessen Ergebnissen wurde der NRC aufgefordert, Empfehlungen abzugeben, einerseits für hochprioritäre wissenschaftliche Aufgabenstellungen, die von solchen nuklearen Energiequellen und Antriebssystemen in besonderer Weise profitieren können, sowie andererseits für ein entsprechendes Technologieentwicklungsprogramm für zukünftige Raumfahrtmissionen.²³¹ Diese Studie kommt zu dem Schluss, dass Energiequellen auf Basis von Radioisotopen für vielfältige Raumfahrtmissionen kurz- und mittelfristig nützlich sein können und weiterentwickelt werden sollten. Die Gutachter waren dagegen nicht davon überzeugt, dass die Untersuchungen der NASA die Realisierbarkeit eines nuklear-elektrischen Antriebs mit breiter Anwendbarkeit belegen. Es wird insbesondere darauf verwiesen, dass Raumschiffe mit Nuklearantrieb in jedem Fall sehr groß, sehr schwer, sehr komplex und vermutlich ebenfalls sehr teuer sein werden. Sie empfehlen daher, auch nuklear-thermische und bimodale Antriebe zu untersuchen und mit Sonnensegeln, chemischen und solar-elektrischen Antrieben zu vergleichen.

Die Bedeutung der Raumfahrttechnik für die Erfüllung der zukünftigen Aufgaben der US-Marine wird vor allem für die Bereiche Navigation, Kommunikation, Aufklärung sowie Luft- und Raketenabwehr als hoch bewertet (siehe weitere Studie des NRC²³²).

Bauen und Wohnen

„Advanced National Seismic System“

In den USA ist die Verbesserung des Netzes von seismischen Messgeräten, dem „Advanced National Seismic System (ANSS)“, geplant. Diese Messgeräte dienen der Aufzeichnung von Erdbeben sowie der Reaktion von Gebäuden und Infrastruktur auf Erdbeben. Damit wird ein Beitrag zur Reduzierung von Erdbebenbeschäden geleistet – etwa durch die Entwicklung von verbesserten Bauvorschriften und Flächennutzungsplänen, effektiveren Notfallplänen und genaueren Erdbebenvorhersagen. In einer Studie des NRC wird der mögliche ökonomische Nutzen des endgültigen

²³¹ Committee on Priorities for Space Science Enabled by Nuclear Power and Propulsion, National Research Council: „Priorities in Space Science Enabled by Nuclear Power and Propulsion“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²³² Committee on the Navy's Needs in Space for Providing Future Capabilities, National Research Council: „The Navy's Needs in Space for Providing Future Capabilities“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

ANSS abgeschätzt.²³³ Die durchschnittlichen jährlichen Schäden an Gebäuden im Zusammenhang mit Erdbeben werden mit 5,6 Milliarden US-\$ beziffert. Die Kosten des ANSS liegen bei 96 Millionen US-\$. Die Studienautoren kommen zu dem Ergebnis, dass der Nutzen von besseren Maßnahmen zur Schadensvermeidung, die mit einem voll ausgebauten ANSS möglich wären, dessen Kosten um ein Mehrfaches übersteigen würden.

Der Einsatz von Sensorsystemen zum Schutz von Gebäuden vor Angriffen mit Biowaffen ist Gegenstand einer Studie des NRC, die im Abschnitt zu Verteidigung und Sicherheit näher vorgestellt wird.²³⁴

Meerestechnik und Schifffahrt

In einer Studie des NRC werden die Erfordernisse an schweren Eisbrechern für die Polarregionen im Zeitraum von 2009 bis 2013 diskutiert.²³⁵ Bei dieser Studie stehen eher strategische und wissenschaftspolitische Fragen im Vordergrund zusammen mit organisatorischen Aspekten (Akteure, Budget) der Sicherstellung von ausreichenden Eisbrecherkapazitäten. Die Technologie dieses Schiffstyps und deren zukünftig zu erwartende Entwicklung werden dabei nicht im Detail diskutiert.

Eisbrecher für die Polarregionen

In der Zukunftsplanung der US-Marine²³⁶ spielt das Konzept einer See-Basis eine wichtige Rolle. Damit sind Schiffe gemeint, die als schwimmende Umschlagspunkte auf hoher See dienen und die es ermöglichen sollen, Truppen und Material auch dort an Land zu bringen, wo kein Hafen zur Verfügung steht. In einer Studie des NRC wird u. a. eine Technologie-Roadmap im Zusammenhang mit diesem Konzept aufgestellt.²³⁷ Die Studie weist darauf hin, dass sich das Konzept der See-Basis noch im Entwurfsstadium befindet. So ist beispielsweise noch nicht klar, in welchem Umfang die Schiffe zur Selbstverteidigung fähig sein müssen. Die

Zukunftsplanung der US-Marine

²³³ Committee on the Economic Benefits of Improved Seismic Monitoring, Committee on Seismology and Geodynamics, National Research Council: „Improved Seismic Monitoring - Improved Decision-Making: „Assessing the Value of Reduced Uncertainty” (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²³⁴ Committee on Materials and Manufacturing Processes for Advanced Sensors, National Research Council: „Sensor Systems for Biological Agent Attacks: Protecting Buildings and Military Bases” (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²³⁵ Committee on the Assessment of U.S. Coast Guard Polar Icebreaker Roles and Future Needs, National Research Council: „Polar Icebreaker Roles and U.S. Future Needs: A Preliminary Assessment” (2005) Wahsington, D. C., The National Academies Press

²³⁶ Hon. Gordon England, Secretary of the Navy; ADM Vern Clark, USN, Chief of Naval Operations; Gen James L. Jones, USMC, Commandant of the Marine Corps: „Naval Power 21” (2002) Department of Defense, Washington, D. C.

²³⁷ Committee on Sea Basing: Ensuring Joint Force Access from the Sea, National Research Council: „Sea Basing: Ensuring Joint Force Access from the Sea” (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

Studienautoren gehen davon aus, dass die Fähigkeit zum Frachtumschlag zwischen zwei Schiffen bei schwerer See im Zeitraum zwischen 2012 bis 2022 verfügbar sein wird, abhängig davon wie stark diese Fähigkeiten vom gegenwärtigen Stand abweichen. Schwere Transportflugzeuge mit besonderen Rotor- bzw. Flügelkonstellationen zur vertikalen Landung und mit Ladekapazitäten zwischen 20 und 23 Tonnen werden nach Ansicht der Studienautoren erst nach 2025 zum Einsatz kommen können.

Energie

In einer Studie des NRC im Auftrag des US Energieministeriums²³⁸ werden u. a. die Forschungsziele für drei Einzelprogramme aufgeführt und zwar für das Programm zur CO₂-Sequestrierung, das Brennstoffzellenprogramm und das Programm für Leuchtdioden zur Allgemeinbeleuchtung.

CO₂-Sequestrierung

CO₂-Sequestrierung: Das Ziel des Programms besteht darin, bis zum Jahr 2012 Technologien zu identifizieren, zu entwickeln, zu erproben und kommerziell verfügbar zu machen, mit der Treibhausgase eines – auf fossilen Brennstoffen basierenden – Kraftwerks sequestriert werden können. Der Anstieg der Kosten der erzeugten Elektrizität im Zusammenhang mit der Sequestrierung soll maximal 10 % betragen. Die an der Studie beteiligten Experten halten diese Ziele für sehr optimistisch und gehen eher von einem Realisierungszeitraum zwischen 2017 und 2022 bei zudem höheren Kosten aus. Zusätzlich bemängeln sie, dass das Fördervolumen des Energieministeriums gegenwärtig nicht ausreichend ist.

Brennstoffzellen

Brennstoffzellen: Das Ziel des Programms für stationäre Brennstoffzellen ist, bis zum Jahr 2010 eine Festoxid-Brennstoffzelle („solid oxide fuel cell (SOFC)“ mit Leistungen zwischen 3 und 10 kW zu produzieren und dies mit einem Kapitalaufwand von maximal 400 US-\$ pro kW. Ziele für den Zeitraum von 2012 bis 2015 sind die Hochskalierung der SOFC-Module in den Megawatt-Bereich sowie das Betreiben von Brennstoffzellen-Turbinen-Hybride auf Basis von Kohle als Brennstoff. Bis 2015 ist das Ziel, ein 40-MW Brennstoffzellen-Hybrid an einer Kohlevergasungsanlage zu betreiben. In beiden Fällen werden ebenfalls Kapitalkosten in Höhe von 400 US-\$ pro kW angestrebt. Nähere Angaben zu den derzeitigen Kapitalkosten und zum Stand der Entwicklungen im Hinblick auf die Kostenziele wurden vom Energieministerium als vertraulich eingestuft, so dass die Experten keine genaueren Einschätzungen zu den Erfolgsaussichten des Programms geben konnten.

²³⁸ Committee on Prospective Benefits of DOE's Energy Efficiency and Fossil Energy R&D Programs, National Research Council: "Prospective Evaluation of Applied Energy Research and Development at DOE (Phase One): A First Look Forward" (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

Die Ziele im Zusammenhang mit mobilen Brennstoffzellen wurden bereits im Abschnitt zu Transport und Verkehr aufgeführt.

Die Ziele im Bereich der Beleuchtung werden im Abschnitt Optische Technologien vorgestellt.

Im Abschnitt Produktion- und Prozesstechnik findet sich die Darstellung einer Studie des NRC zu den Energieeinsparpotenzialen in der industriellen Produktion.²³⁹

Nano- und Mikrosystemtechnologie

In einer Studie des NRC, die sich mit allgemeinen technologischen Entwicklungen und ihrer Relevanz für die Verteidigung befasst,²⁴⁰ heißt es: „Es existieren mehrere Listen, die Technologien mit großen Auswirkungen identifizieren, von denen erwartet wird, dass sie sich in den nächsten Jahren rapide weiterentwickeln werden. Nahezu jede dieser Listen enthält irgendeine Permutation von Informationstechnologien, Biotechnologien und Nanotechnologien.“²⁴¹ Im gleichen Sinne wird in dieser Studie auch von der Mikrosystemtechnik gesprochen.

Eigene, dezidierte Studien des NRC zur Nanotechnologie oder Mikrosystemtechnologie mit Publikationsjahr 2005 liegen jedoch nicht vor.²⁴² Nanomaterialien werden im nächsten Abschnitt angesprochen.

Materialtechnik

Eine Studie des NRC im Auftrag des Verteidigungsministeriums befasst sich mit Materialtechnik und untersucht die Frage, welche Auswirkungen die zunehmende Globalisierung von F&E-Aktivitäten im Bereich der Materialtechnik für die nationale Sicherheit der USA haben wird.²⁴³

Auswirkungen der Globalisierung

Mit Bezug auf militärische Anwendungen wird die folgende Vision angeissen: Zukünftige Verteidigungssysteme könnten fortschrittliche Materialien einsetzen, die selbstheilend sind, die eigenständig mit der Umge-

²³⁹ Committee for Review of the Department of Energy's Industrial Technologies, National Research Council: „Decreasing Energy Intensity in Manufacturing: Assessing the Strategies and Future Directions of the Industrial Technologies Program“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press (Näheres zu dieser Studie im Abschnitt Verteidigung und Sicherheit)

²⁴⁰ Committee on Defense Intelligence Agency Technology Forecasts and Reviews, National Research Council: „Avoiding Surprise in an Era of Global Technology Advances“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁴¹ *ibid.* S. 3; eigene Übersetzung

²⁴² Stand 30. November 2005

²⁴³ Committee on Globalization of Materials Research and Development, National Research Council: „Globalization of Materials R&D: Time for a National Strategy“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

bung wechselwirken, die die Funktionsfähigkeit einer Struktur oder Komponente während des Betriebs überwachen und die eingebettete Sensoren bzw. integrierte Antennen enthalten.

Die Studie gibt auch einen kurzen Überblick über besonders interessante Teilgebiete in wichtigen Materialklassen:

Biomaterialien

Biomaterialien: Darunter werden in der Studie Materialien für den In-vivo-Einsatz verstanden. Hierzu wird bemerkt, dass sich der Schwerpunkt von der Entwicklung neuer Materialien verlagert hat – hin zur Schaffung einer optimierten Schnittstelle zwischen synthetischen und biologischen Systemen.

Keramiken

Keramiken: Keramiken für die Wasserstoffwirtschaft, nanostrukturierte Keramiken, Ultrahochtemperaturkeramiken für Hyperschallanwendungen, Diamant- und diamantartige Filme, Ferroelektrika, Piezoelektrika, Keramiken mit strukturierter Porosität, Rapid Prototyping und direktschreibende Prozessierungstechniken sowie nichtlineare Optik.

Komposite

Komposite: Bei anisotropen und maßgeschneiderten Kompositen, insbesondere auf der Nanoskala, werden viele Teilbereiche mit Wachstumspotenzial gesehen.

Magnetische Materialien

Magnetische Materialien: Hier werden Materialien für das magnetische Kühlen als besonders aktives Forschungsfeld hervorgehoben.

Materialien für die Elektronik und Photonik

Materialien für die Elektronik und Photonik: Hier wird ein Schwerpunkt bei Nanomaterialien gesehen, die die weitere Miniaturisierung der Elektronik ermöglichen könnten. Auch für die Verpackung und Verkapselung elektronischer und optoelektronischer Elemente erscheinen den Studienautoren Nanomaterialien als aussichtsreich. Daneben werden Substratmaterialien für die Sensorik hervorgehoben.

Supraleitung

Supraleitung: Es wird auf den besonderen Bedarf zur Modernisierung und Erweiterung der Elektrizitätsversorgung in den USA hingewiesen. Dies hat stärkere Aktivitäten im Bereich der Supraleitung in den USA zur Folge – auch deshalb, weil zu den öffentlichen Fördermitteln private Investitionen in gleicher Höhe hinzukommen. Supraleitende Drähte der zweiten Generation mit ausreichender Länge zur Entwicklung von Anwendungen in der Energiewirtschaft werden noch vor 2010 erwartet.

Polymere

Polymere: Das Feld der Polymerforschung wird insgesamt optimistisch gesehen. Auf Grund der steigenden Erdölkosten wird ein stark wachsendes Interesse an Polymeren aus Biomasse konstatiert. Insbesondere Polymere auf Zucker-Basis erscheinen aussichtsreich vor dem Hintergrund der sinkenden Kosten für Zucker (etwa aus Mais, Zuckerrohr usw.).

Katalysatoren

Katalysatoren: Die Studienautoren heben hervor, dass sich das Feld der Katalyseforschung sich nach wie vor weltweit sehr dynamisch zeigt. Als wichtige Teilgebiete werden u. a. gesehen: Katalysatoren für die Umwelttechnik, für die Treibstoffprozessierung und die Wasserstoffproduktion.

tion, für selektive Oxidation sowie Säure-Base-Katalyse, Biokatalyse, asymmetrische Katalyse und Photokatalyse.

Nanomaterialien: Die Studienautoren weisen darauf hin, dass für Nanomaterialien weithin das schnellste Wachstum unter allen Teilgebieten der Nanotechnologie erwartet wird. Es wird ein enger Zusammenhang mit den Materialien für die Elektronik und Photonik gesehen.

Nanomaterialien

Zwei weitere Studien des NRC – beide im Auftrag des US-Verteidigungsministeriums – befassen sich mit Trends und zukünftigen Anwendungsfeldern im Bereich der Polymer-Matrixkomposite.^{244, 245}

Produktions- und Prozesstechnik

Das US-Energieministerium unterhält seit vielen Jahren ein Forschungsprogramm für industrielle Technologien mit dem Ziel, die Energieintensität²⁴⁶ des amerikanischen industriellen Sektors zu senken. In einer Studie des NRC werden u. a. der strategische Plan des Programms sowie die Erreichbarkeit der gesetzten Ziele begutachtet.²⁴⁷ Das Programm wendet sich an sieben besonders energieintensive Industriezweige, die zusammen 75 % des Energieverbrauchs des industriellen Sektors in den USA ausmachen. Diese Industrien sind: Aluminium, Chemie, Forstprodukte, Glas, Gießereien, Bergbau und Stahl.

Energieintensive Industriezweige

Der strategische Plan des Programms enthält zwei allgemeine quantitative Ziele: eine Senkung der Energieintensität der sieben genannten Industriezweige um 25 % über den Zeitraum von 2002 bis 2020 sowie die Kommerzialisierung von mehr als 10 industriellen Energieeffizienztechnologien zwischen 2003 und 2010. Eine belastbare Einschätzung zur Erreichbarkeit dieser beiden Ziele halten die Studienautoren für schwierig, da detaillierte Informationen dazu fehlen, wie die Zielerreichung gemessen werden soll. Einerseits erscheint den Experten eine Einsparung

Senkung der Energieintensität um 25 %

²⁴⁴ Committee on High-Performance Structural Fibers for Advanced Polymer Matrix Composites, National Research Council: „High-Performance Structural Fibers for Advanced Polymer Matrix Composites“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁴⁵ Committee on Durability and Life Prediction of Polymer Matrix Composites in Extreme Environments, National Research Council: „Going to Extremes: Meeting the Emerging Demand for Durable Polymer Matrix Composites“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁴⁶ Energieintensität ist dabei definiert als verbrauchte Energie gemessen in Btu („British thermal units“) pro Einheit an industriellem Ausstoß gemessen in US-\$ des BIP im Vergleich mit Btu pro Einheit an industriellem Ausstoß im Jahr 2002.

²⁴⁷ Committee for Review of the Department of Energy's Industrial Technologies, National Research Council: „Decreasing Energy Intensity in Manufacturing: Assessing the Strategies and Future Directions of the Industrial Technologies Program“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

von 25 % als recht ambitioniert. Andererseits werden 10 Technologien als eher wenig betrachtet, da seit 1980 bereits 160 Technologien kommerzialisiert wurden.

Zu allen einzelnen Industriezweigen existieren separate Technologie-Roadmaps. Dort werden Ziele für die jeweiligen Industriezweige benannt. Den Studienautoren erscheint das Projektportfolio der Teilprogramme überwiegend als geeignet, um die gesetzten Ziele zu erreichen.

Daneben gibt es fünf übergreifende Themenfelder: Verbrennung, Sensoren und Automatisierung, industrielle Materialien, unterstützende Industrien (u. a. Wärmebehandlung, Schmieden, Schweißen, Pulvermetallurgie, Keramik, Kohlenstoffprodukte, industrielle Heizgeräte) sowie Softwareentwicklung. Auch für einige dieser Themenfelder liegen separate Roadmaps vor.

Optische Technologien

In einer Studie des NRC im Auftrag des US Energieministeriums²³⁸ werden u. a. die Forschungsziele für das Programm für Leuchtdioden (LED) zur Allgemeinbeleuchtung aufgeführt und analysiert.

Beleuchtungsfragen sind seit langer Zeit ein wichtiges Forschungsthema für das Energieministerium wegen des hohen Anteils am Elektrizitätsverbrauch, der durch die Beleuchtung in Gebäuden verursacht wird. Schwerpunkt des aktuellen Beleuchtungsprogramms sind festkörperbasierte Lichtquellen („Solid State Lighting (SSL)“) und zwar halbleiterbasierte LED und organische LED. Gegenwärtig werden LED bereits in vielen Anwendungsbereichen eingesetzt. Für die Allgemeinbeleuchtung sind sie jedoch noch nicht konkurrenzfähig. Das Ziel des Forschungsprogramms sind hocheffiziente, preisgünstige Weißlicht-LED mit hoher Lebensdauer und guter Farbtemperatur, die konventionelle Lichtquellen ersetzen können. Es wird angestrebt, eine Effizienz von 150 Lumen pro Watt (lm/W) bis zum Jahr 2015 zu erreichen. Im Rahmen der Studie hat sich ein Expertengremium u. a. zu den Erfolgsaussichten dieses Forschungsprogramms geäußert. Die Experten sind der Ansicht, dass zur Zielerreichung mehrere technologische Durchbrüche sowie beachtliche, inkrementelle Fortschritte erforderlich sind. Abbildung 4.9 zeigt quantitative Experteneinschätzungen zu der Wahrscheinlichkeit, bestimmte Zielmarken bei der Effizienz zu erreichen (in Abhängigkeit vom eingesetzten Fördervolumen).

Die erwarteten Realisierungszeithorizonte für verschiedene Effizienzen der LED wurden in einer Analyse des Energieministeriums ermittelt und sind in Abbildung 4.10 dargestellt. Analysiert wurden drei Förderszenarien: 1. Volle Förderung (von 50 Millionen US-\$ pro Jahr für 10 Jahre) ab 2005. 2. Reduzierte Förderung (von 25 Millionen US-\$ pro Jahr für 20

„Solid State
Lighting“

150 lm/W bis 2015

Jahre) ab 2005 und 3. Reduzierte Förderung (von 25 Millionen US-\$ pro Jahr für 20 Jahre) ab 2010²⁴⁸.

Zu den Themen Displays, optische Datenspeicher und Laserdrucker enthält der nachfolgende Abschnitt einige Aussagen.

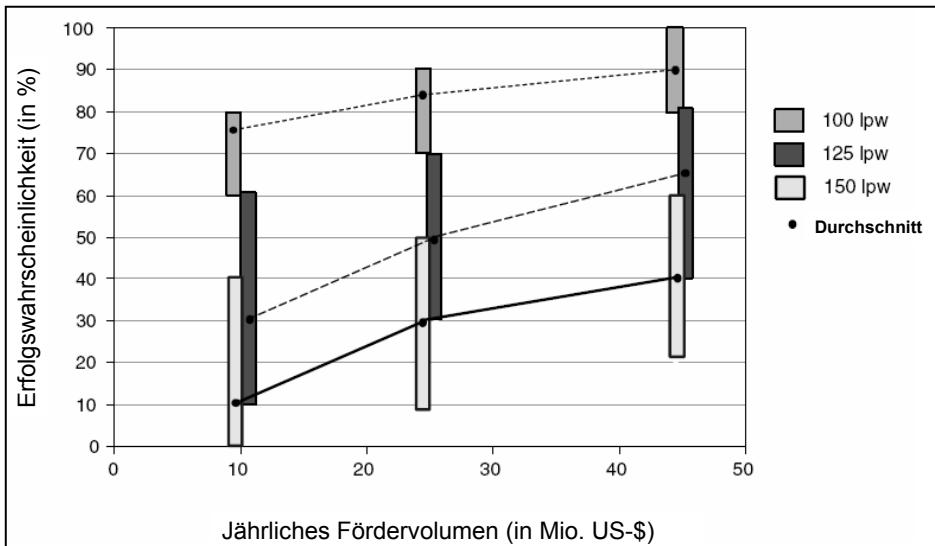


Abbildung 4.9: Experteneinschätzungen zu den Erfolgsaussichten des SSL-Programms in Abhängigkeit vom Fördervolumen

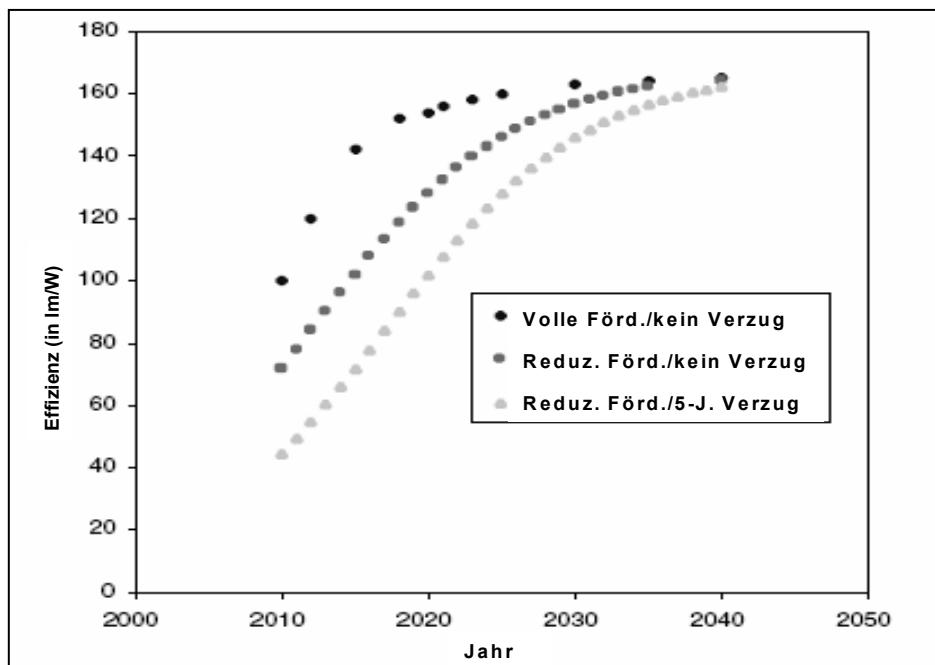


Abbildung 4.10: Prognose der Entwicklung der Effizienzen von LED zur Allgemeinbeleuchtung in drei Förderszenarien

²⁴⁸ Die Reduzierung äußert sich in einer Streckung des Fördervolumens über den doppelten Zeitraum.

Informations- und Kommunikationstechnologien

Im Rahmen eines größeren Projektes des NRC zur „New Economy“ liegt der Bericht eines Symposiums vor, das sich u. a. mit aktuellen Trends bei Computer-Komponenten und -Peripherie befasst hat.²⁴⁹ Aussagen zu Computer Hardware (Prozessoren und Graphik) werden im nachfolgenden Abschnitt zu Elektronik vorgestellt.

Speicher

Speicher: Gegenwärtig befindet sich die Technologie von Festplatten im Übergang von der longitudinalen Orientierung eines Bit auf der Platte hin zur vertikalen Orientierung. Für die vertikale Technologie gibt es bereits jetzt eine mögliche Nachfolgetechnologie: die hitzeunterstützte magnetische Aufzeichnung, „heat assisted magnetic recording“ (HAMR). Dabei leuchtet ein Laserstrahl durch den Schreib-Lese-Kopf hindurch und erhitzt das Speichermedium auf einige hundert Grad Celsius. Damit lassen sich theoretisch Dichten in der Aufzeichnung bis zu 10 Tbit pro Quadrat-Inch erreichen. Die Markteinführung des HAMR wird etwa 2008 erwartet. Der Vorteil der Technologie wird u. a. darin gesehen, dass der Lese- prozess unverändert bleibt. Etwa ab dem Jahr 2013 soll die Technologie selbstgeordneter magnetischer Gitter, „self-ordered magnetic arrays (SOMA)“, eingesetzt werden, mit der sich Dichten um 50 Tbit pro Quadrat-Inch erreichen lassen sollen.

Der Festplatten-Markt für PCs gilt als gesättigt. Ein beträchtliches Wachstum wird im Markt für mobile Konsumentenanwendungen gesehen, wie etwa elektronische Notizbücher, MP3-Geräte, Multimedia-Mobiltelefone, Digitalkameras usw. Darüber hinaus wird erwartet, dass die elektronische Infrastruktur der Wohnungen und Häuser voranschreiten wird, etwa die Ausstattung von Fernsehern und anderen Geräten mit Festplatten aber auch die Etablierung von zentralen Servern, von denen aus alle PCs und andere Elektronik im Haus mit Daten versorgt werden.

Speichersysteme

Speichersysteme: Es wird mit einer zunehmenden Automatisierung in der Speicheradministration mit Hilfe von Software gerechnet. Außerdem wird erwartet, dass es nach der softwaregestützten Virtualisierung verteilter Speichermedien nun zu einer Zunahme von Software zur Virtualisierung ganzer Server kommen wird.

Flachbildschirme

Flachbildschirme: Die Produktion von Plastikdisplays mit Rollendruck- verfahren könnte nach der Expertenmeinung die Anwendungen von Flachbildschirmen revolutionieren. Ziel ist die preisgünstige Herstellung großer Flächen eines Materials, das dann nach Wunsch für verschiedenste Displays zugeschnitten werden kann. Besonders geeignet zur Realisierung dieser Vision erscheinen OLED, die als selbstleuchtende Einheiten

²⁴⁹ Dale W. Jorgenson und Charles W. Wessner (Hrsg.) Committee on Deconstructing the Computer, Committee on Measuring and Sustaining the New Economy, National Research Council: „Deconstructing the Computer: Report of a Symposium“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

ohne Hintergrundbeleuchtung auskommen. Sie versprechen somit prinzipiell höhere Effizienzen und würden ebenso den Aufbau strukturell einfacherer Displays erlauben – etwa im Vergleich zu den heute gängigen LCDs. Gegenwärtig agiert die Industrie nach Ansicht des Experten aber noch zurückhaltend. Gründe dafür sind einerseits die derzeit niedrigen Margen bei gleichzeitig hohem Investitionsbedarf im Bereich der Displayfertigung und andererseits das Fehlen einer echten Durchbruchsanwendung für flexible Displays. Daher sei in diesem Bereich eine Unterstützung durch die Regierung sinnvoll.

CD/DVD-Laufwerke und -Rekorder: Nach der Expertenmeinung werden sich optische Speichermedien durch Wiederbeschreibbarkeit und einheitliche Laufwerke für alle Formate zur nächsten Floppydisk entwickeln. Allerdings besteht für diese Anwendung Konkurrenz durch USB-Sticks und magnetische RAM-Speicher (MRAM). Weitere Konkurrenz könnte durch drahtlose Netzwerke erwachsen, bei denen verschiedenste mobile Endgeräte per Funk auf einen zentralen Speicher zugreifen.

CD/DVD-Laufwerke und -Rekorder

Neben dem blauen Laser wird es nach der persönlichen Sicht des Experten in der nächsten Dekade nur wenig neue Technologieentwicklung im Bereich der optischen Speicherung geben.²⁵⁰ Einem Übergang zu UV-Lasern stünden der Kostendruck, die hohen Anforderungen der Massenfertigung und zusätzliche technische Schwierigkeiten (wie etwa das Versagen von Standardspiegeln für bestimmte UV-Wellenlängen) entgegen.

Laser- und Tintenstrahldrucker: Ein Laserdruckverfahren mit flüssigem Toner wurde von dem Experten als besonders relevante Neuentwicklung hervorgehoben. Diese Technologie erreicht die Druckqualität von Offset-Verfahren und ist eine voll digitale Technologie. Insofern wird eine Entwicklung beschrieben, wodurch die professionelle Drucktechnik in die Computer-Peripherie rückt. Durch solche voll digitalen Druckverfahren wird es künftig zunehmend möglich, stark personalisierte Dokumente in der Qualität von Massendruckerzeugnissen herzustellen. Dies wird insbesondere für Anwendungen im Marketing als relevant angesehen: So kann ein Anbieter maßgeschneiderte Werbebroschüren herstellen, etwa um auf eingehende Anfragen zu reagieren, die den Namen des Interessenten enthalten sowie Informationen zu genau dem Produkt präsentieren, an dem Interesse geäußert wurde.

Laser- und Tintenstrahldrucker

Weitere vergleichbare Symposien des NRC sind zunächst zum Thema Telekommunikation und nachfolgend zu Software geplant.

²⁵⁰ *ibid.* S. 75

In einer Studie des NRC, die von verschiedenen Einrichtungen²⁵¹ unterstützt wurde, wird die Schnittstelle zwischen den modernen Biowissenschaften und IT betrachtet.²⁵² Dies umfasst auch den Aspekt, welche Bedeutung Erkenntnisse der Biowissenschaften für die IT haben können. Diese Überlegung geht von der Beobachtung aus, dass biologische Systeme viele Eigenschaften besitzen, die auch für IT-Systeme wünschenswert wären: Anpassungsfähigkeit, Zuverlässigkeit, Intelligenz, Geschwindigkeit und Widerstandsfähigkeit. Biologische Systeme verfügen über effiziente Methoden, um Lösungen zu finden. Sie speichern und verarbeiten „Daten“, integrieren „Hardware“ und „Software“ und sind selbstkorrigierend. Deswegen verspricht man sich von den Biowissenschaften ein beträchtliches Potenzial zur Beeinflussung des Designs von Computern, der Komponentenfabrikation und der Software. Beispiele könnten sein: Evolutionäre Berechnung, DNS als Substrat für neue Rechnerhardware, Immunologie als Vorbild für die Computersicherheit, Schwarmverhalten als Vorbild für verteilte autonome Systeme.

Nach Einschätzung der Studienautoren ist dieses Versprechen noch weitgehend unerfüllt und die Überlegungen werden als eher spekulativ charakterisiert, denn der tatsächliche Einfluss der Biowissenschaften auf die IT ist bislang überwiegend metaphorischer Natur. Ein Grund wird schlicht in dem noch mangelnden Verständnis der biologischen Systeme selbst gesehen. Es wird daher darauf verwiesen, dass in diesem Feld noch langfristige Forschung nötig ist, die gleichwohl als sinnvoll angesehen wird.

Bestimmte wichtige Einzelaspekte der IuK sind der Gegenstand weiterer Studien des NRC. So befasst sich eine Studie des NRC im Auftrag der „National Science Foundation“ (NSF) und des US-Handelsministeriums mit dem aktuellem Status und den Zukunftsaussichten des Systems der Domänen-Namen, „domain name system“ (DNS), und dessen Zusammenhang mit der Internet-Navigation.²⁵³ Die Frage der dauerhaften Speicherung und Bereitstellung von elektronischen Dokumenten als öffentliche, archivarische Aufgabe ist Gegenstand einer weiteren Studie.²⁵⁴ Diese

²⁵¹ Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), National Science Foundation (NSF), Department of Energy (DOE), National Institutes of Health (NIH)

²⁵² John C. Wooley und Herbert S. Lin (Hrsg.) Committee on Frontiers at the Interface of Computing and Biology, National Research Council: „Catalyzing Inquiry at the Interface of Computing and Biology“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁵³ Committee on Internet Navigation and the Domain Name System: Technical Alternatives and Policy Implications, National Research Council: „Signposts in Cyberspace: The Domain Name System and Internet Navigation“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁵⁴ Robert F. Sproull und Jon Eisenberg (Hrsg.) Committee on Digital Archiving and the National Archives and Records Administration, National Research Council: „Building an Electronic Records Archive at the National Archives and Records

Frage stellt sich mit besonderer Dringlichkeit, weil auch für die Zukunft davon auszugehen ist, dass durch den raschen Wandel der Informations-technologien (IT), neue Datenformate und -träger entstehen und alte obsolet werden. Eine weitere Studie wirft Fragen auf, die im Zusammenhang mit der Anwendung von Computern und IT im Wahlprozess von Relevanz sind, insbesondere bei der elektronischen Stimmabgabe und Stimmenzählung aber auch bei der Wählerregistrierung.²⁵⁵

Elektronik

Im Rahmen eines größeren Projektes des NRC zur „New Economy“ liegt der Bericht eines Symposiums vor, der sich u. a. mit aktuellen Trends bei Computer Hardware (Prozessorentwicklung und Graphik) beschäftigt hat.²⁴⁹ Aussagen zu Computer-Komponenten und -Peripherie finden sich im Abschnitt zu IuK.

Prozessor-Entwicklung: Die hohe Geschwindigkeit der Fortschritte in diesem Bereich beruht nach Ansicht des Experten unmittelbar auf dem Einfluss der Halbleiter-Roadmap. Sie ist einerseits wesentlich für die Koordination der vielen verschiedenen Bestandteile der Technologie und fördert andererseits den Wettbewerb, weil die Firmen versuchen, die Ziele der Roadmap zu übertreffen.

Prozessor-
Entwicklung

Graphik: Die rasante Entwicklung der Graphik-Industrie kommt nach der Expertenansicht durch die Kombination aus verbesserter Halbleitertechnologie und -architektur mit Fortschritten bei den Algorithmen zustande. Die Industrie werde sich auch in Zukunft stark am Sektor mit den höchsten Qualitätsansprüchen orientieren, wie er beispielsweise durch neue hochauflösende Displays eröffnet werde. Dieser Bereich sei der eigentliche Innovationstreiber des Segments, dem dann ein Transfer in Massenanwendungen folge. Durch die zunehmende Einbettung von Displays und damit auch von Graphik-Technologie in verschiedenste Anwendungen eröffne sich außerdem ein Zukunftsfeld jenseits der PCs.

Graphik

Trends im Bereich der Verbindungstechnik für die Elektronik und deren Auswirkungen auf die Bedürfnisse der US-Verteidigung sind der Gegenstand einer Studie des NRC für das US-Verteidigungsministeriums.²⁵⁶ Es wird erwartet, dass militärische Systeme in zunehmenden Maße neu

Verbindungs-
technologie

Administration: Recommendations for a Long-Term Strategy” (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁵⁵ Richard Celeste, Dick Thornburgh und Herbert Lin (Hrsg.) Committee on a Framework for Understanding Electronic Voting, National Research Council: „Asking the Right Questions About Electronic Voting” (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁵⁶ Committee on Manufacturing Trends in Printed Circuit Technology, National Research Council: „Linkages: Manufacturing Trends in Electronics Interconnection Technology” (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

entstehende kommerzielle Verbindungstechnologien benötigen werden – wie etwa: Flüssigkristallpolymere, eingebettete MEMS und Optoelektronik sowie Hochfrequenz-Substrate. (Militärische) Anwendungen werden bspw. in der Entwicklung von Mikrosensoren für den Nachweis von biologischen und chemischen Kampfstoffen gesehen.

Biotechnologie und Life Sciences

IT für
Biowissenschaften

Echter
Paradigmenwechsel

In der schon erwähnten Studie des NRC zur Schnittstelle zwischen den modernen Biowissenschaften und IT²⁵² liegt der Schwerpunkt auf der Nutzung von IT in den Bio- und Lebenswissenschaften. Die Studienautoren sehen darin einen echten Paradigmenwechsel für diese Wissenschaften im Übergang zum 21. Jahrhundert, der in seiner Bedeutung mit der Einführung der Analysis in die Physik verglichen werden kann.

Das Neue der beginnenden Entwicklung wird darin gesehen, dass mittlerweile das höchste Niveau an Expertise in IT und Computerwissenschaften erforderlich ist, um die schwierigsten und drängendsten Probleme in der Biologie zu bearbeiten. Hieraus ergibt sich nach Ansicht der Studienautoren der Bedarf einer echten computerwissenschaftlichen Forschung im biologischen Kontext.

Die IT-Nutzung in den Biowissenschaften wird in vier Felder gegliedert:

1. Rechnergestützte Werkzeuge: Datenintegration, Algorithmen zur Bearbeitung von Daten aus Genomik, Proteomik aber auch aus der Bildgebung, Werkzeuge zur Darstellung von Daten.
2. Rechnergestützte Modelle: Beispiele existieren in Molekularbiologie, Genregulierung, Zellbiologie, Organphysiologie, Neurowissenschaften, Virologie, Epidemiologie, Evolution und Ökologie.
3. Computerwissenschaften als Anregung und Metapher für die Biologie.
4. Cyberinfrastruktur und Datenerfassung mit dem Bedarf an Supercomputerzentren und zentralen Datenbanken, auf die über Netzwerke zugegriffen werden kann.

In einem ähnlichen Sinne und mit ähnlicher Kernaussage untersucht eine Studie des NRC im Auftrag des DOE, wie die Biowissenschaften zukünftig besser durch die Mathematik unterstützt werden können und welche Art von mathematischem Forschungsprogramm zu diesem Zweck geeignet ist.²⁵⁷ Mathematik wird darin weit gefasst – inklusive Statistik sowie numerische und angewandte Mathematik. Wie schon in der zuvor

²⁵⁷ Committee on Mathematical Sciences Research for DOE's Computational Biology, National Research Council: "Mathematics and 21st Century Biology" (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

besprochenen Studie, wird der Grund für die Aktualität und Dringlichkeit des Einsatzes von Mathematik/IT in der Flut an biologischen Daten gesehen. Biologie entwickelt sich nach Ansicht der Studienautoren zunehmend zu einer quantitativen Wissenschaft, die auch die Genauigkeit von Aussagen beziffern kann. Die verwendete Gliederung erfolgt vom Kleinen zum Großen: Moleküle, Zellen, Organismen, Populationen, Gemeinschaften und Ökosysteme.

Die zentrale Empfehlung der Studie lautet, einen breiten Förderansatz zu verfolgen, der jeweils von den biologischen Fragestellungen ausgeht. Eine Konzentration der Ressourcen – etwa auf das Ziel der prädiktiven Simulation einer frei lebenden Zelle (z. B. *Escherichia coli*) – wird als verfrüht bewertet.

Breiter Förderansatz empfohlen

Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung

Wie mit allen technologischen Revolutionen, so besteht auch für die rasanten Entwicklungen in den Lebenswissenschaften und der Biotechnologie die Gefahr des gezielten wie auch des unabsichtlichen Missbrauchs. Ausgehend von dieser Prämisse stellt ein Workshop-Bericht des NRC aktuelle Trends und zukünftige Forschungsziele der Lebenswissenschaften dar, die im Zeitraum von etwa 2010 bis 2015 zur Entwicklung einer neuen Generation von biologischen Bedrohungen für Gesundheit und Ernährung führen können.²⁵⁸ Dabei wird auch das Zusammenspiel mit den Materialwissenschaften und der Nanotechnologie berücksichtigt.

Die Studie benennt u. a. die folgenden zukünftigen Technologietrends:

Pharmazeutika: Patienten- und genomspezifische Medikamente, Erstellung von Genprofilen zur Optimierung von Therapien, Entwicklung von alternativen Verfahren zum Wirkstofftransport in Medikamenten.

Pharmazeutika

Medizin: Automatische Analyse von Gentests zur Verbesserung der Diagnose, bessere Behandlung infektiöser Erkrankungen, Identifikation und Behandlung fehlerhafter Gene, Erforschung und Kontrolle der molekularen Alterungsbasis zur Lebensverlängerung, Entwicklung abstoßungsfreier Gewebe und Organe für die Transplantation etwa durch verbesserte Xenotransplantation.

Medizin

Landwirtschaft: Transgene Nahrungsmittel mit höherem Nährwert oder als Verfahren zum Transport von Wirkstoffen.

Landwirtschaft

Biomaterialien: Künstliche Organe, Biopolymere als neue Materialien für biologische und industrielle Anwendungen.

Biomaterialien

²⁵⁸ Committee on Advances in Technology and the Prevention of Their Application to Next Generation Biowarfare Threats, National Research Council: „An International Perspective on Advancing Technologies and Strategies for Managing Dual-Use Risks: Report of a Workshop“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

Militär

Militär: Impfstoffe und Prophylaktika, schnelle Diagnosemethoden sowie Detektoren zur Verteidigung, Entwicklung effektiverer Biowaffen (trotz Verbotes).

Diese Trends werden im Wesentlichen ermöglicht durch Gensequenzierung, Biochips, biomedizinische und Gen-Datenbanken, IT-Einsatz und Nanotechnologie.

Gefahren durch Bioregulatoren

Im Bezug auf die mit diesen Trends assoziierten Gefahren wird u. a. hervorgehoben, dass neben den Pathogenen gerade auch neue und effizientere Verfahren zur Verabreichung von Medikamenten (bspw. durch verbesserte Aerosoltechniken) ein hohes Missbrauchspotenzial bergen. Dies gilt insbesondere für die Gefahren im Zusammenhang mit Bioregulatoren. Sie spielen eine wesentliche Rolle für die normale Funktion vielfältiger zellulärer Prozesse und letztlich für wichtige Körperfunktionen wie etwa auch für die Immunabwehr. Entsprechend könnte ein Missbrauch zu Störungen dieser Körperfunktionen mit gravierenden Folgen führen. Bislang wurde das Missbrauchsrisiko von Bioregulatoren als gering eingestuft. Dies könnte sich mit dem Aufkommen von entsprechenden Mechanismen des Wirkstofftransports ändern.

Tiermedizin

Forschungstrends im Bereich der Tiermedizin sind u. a. Gegenstand einer Studie des NRC.²⁵⁹ Tiermedizinische Forschung ist entscheidend für die Gesundheit von Tieren aber auch die des Menschen. Die BSE-Krise belegt die große Bedeutung des Themas Lebensmittelsicherheit. Die Vogelgrippe zeigt den engen Zusammenhang bei Infektionen von Mensch und Tier. In der Medikamentenentwicklung sind Tiermodelle wesentlich für die frühe Phase in der Wirkstoffforschung. Ein besseres Verständnis der Tiermodelle und der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen könnte hier zu erheblichen Effizienzsteigerungen führen. Als neu entstehendes Feld mit Potenzial für diesen Bereich wird etwa die kitative Genetik genannt.

Brustkrebs-Prävention

Die Verbesserung der Brustkrebs-Prävention und -Diagnose wird in einer anderen Studie des NRC untersucht.²⁶⁰ Die Studienautoren kommen zu dem Ergebnis, dass für die unmittelbare Zukunft ein breiterer und besserer Einsatz der Mammographie das größte Potenzial hat, Leben zu retten. Selbst die viel versprechendsten neuen Technologien, die die Studienautoren identifiziert haben, wie z. B. biologische Marker und die Erstellung

²⁵⁹ Committee on the National Needs for Research in Veterinary Science, National Research Council: „Critical Needs for Research in Veterinary Science“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁶⁰ Janet E. Joy, Edward E. Penhoet und Diana B. Petitti (Hrsg.) Committee on New Approaches to Early Detection and Diagnosis of Breast Cancer, Institute of Medicine and National Research Council: „Saving Women's Lives: Strategies for Improving“ Breast Cancer Detection and Diagnosis“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

molekularer Profile, werden wahrscheinlich nur zu inkrementellen Fortschritten führen und die Mammographie nicht ablösen. Ein größerer unmittelbarer Patientennutzen wird darin gesehen, die möglichen inkrementellen Fortschritte auch tatsächlich zu realisieren und diese Technologien in die klinische Praxis einzuführen, anstatt den Versuch zu unternehmen, eine einzelne neue Technologie zu isolieren und voranzutreiben, die die Mammographie ersetzen könnte.

Wie die Risikoanalyse von Karzinogenen in der Zukunft von toxikogenischen Technologien profitieren kann, wird in einem Workshop-Bericht des NRC beschrieben.²⁶¹ Toxikogenomik wird als eine Disziplin beschrieben, die die Expertise der Felder Toxikologie, Genetik, Molekularbiologie und Umweltgesundheit kombiniert, um die Reaktion von lebenden Organismen auf belastende Umwelteinflüsse aufzuklären. Bei der Risikoanalyse i. A. wie auch bei Karzinogenen geht es um regulatorische Aspekte, wie etwa die Festlegung von gesetzlich zulässigen Grenzwerten. Als mögliche Anwendungen der Toxikogenomik auf dem Feld der Risikoanalyse von karzinogenen Gefahrstoffen wurden u. a. benannt: Genexpressionsanalyse zum systematischen Screening potenzieller Karzinogene, besseres Verständnis der Relevanz von Tierversuchen für den Menschen, Quantifizierung der Belastung eines Menschen und Analyse von Summationseffekten, Zusammenhang zwischen Dosis und Effekt einer Belastung insbesondere bei niedrigen Dosen, Auswirkung von Belastungen in unterschiedlichen Lebensaltern, Belastung durch mehrere Chemikalien und individuelle Unterschiede bei der Reaktionen auf Belastungen.

Risikoanalyse von Karzinogenen

Nachhaltigkeit und Umwelt

Es liegen eine Vielzahl von Studien des NRC zu Umweltfragen vor, die in einer eigenen Kategorie mit dem Namen „Environmental Issues“ zusammengefasst sind.²⁶² In den ausgewerteten Studien finden sich jedoch kaum Aussagen mit dem Charakter von Technologieprognosen.

Dagegen sind eine Reihe der bereits vorgestellten Studien auch relevant im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Umwelt. Dies gilt bspw. für einige Studien, die hier den Themen Transport und Verkehr, Luft- und Raumfahrt²⁶³, Energie, Produktions- und Prozesstechnik und Optische Techno-

²⁶¹ Committee on How Toxicogenomics Could Inform Critical Issues in Carcinogenic Risk Assessment of Environmental Chemicals, Committee on Emerging Issues and Data on Environmental Contaminants, National Research Council: „Toxicogenomic Technologies and Risk Assessment of Environmental Carcinogens: A Workshop Summary“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁶² <http://www.nap.edu/category.html?id=ev>

²⁶³ Studie zur weltraumgestützten Erd- und Umweltbeobachtung, vgl. Fußnote 230

logien zugeordnet sind sowie für die Studie zur Risikoanalyse von Karzinogenen im vorigen Abschnitt.

Verteidigung und Sicherheit

Eine detaillierte Analyse von neuen Technologien in Hinblick auf mögliche Gefährdungen der Leistungsfähigkeit des US-Militärs wird in einer NRC-Studie im Auftrag der „Defense Intelligence Agency (DIA)“ vorgelegt.²⁶⁴ Die Stärke des US-Militärs gründet sich danach auf technologischer Überlegenheit. Insbesondere auf Grund der Globalisierung und des Entwicklungsstandes kommerzieller Technologien kann diese Überlegenheit für die Zukunft aber keine Grundannahme mehr sein. Deswegen wird der Funktion einer Technologiefrühwarnung eine zunehmende Bedeutung beigemessen, die mit dieser Studie gemeinsam mit dem NRC angestoßen werden soll.

Methodischer Ausgangspunkt der Analyse ist dabei keine generische Liste von möglicherweise disruptiven Technologien sondern vielmehr eine Vision der zukünftig angestrebten Fähigkeiten der US-amerikanischen Streitkräfte.²⁶⁵ Die jeweils zu beantwortende Frage lautet, welche neuen Technologien zur Erreichung dieser angestrebten Fähigkeiten wesentlich sind und mit welchen Technologien ein möglicher Widersacher versuchen könnte, die Erreichung zu stören oder zu verhindern.

Der Reifegrad der betrachteten Technologien wird bewertet und in vier Kategorien eingeteilt (Alarm, Warnung, Beobachtung, Zukunft), was in etwa einer schematischen Einordnung der relevanten Zeithorizonte entspricht (aktuell, kurz-, mittel-, langfristig).

Aufklärung und Kommunikation sind wesentliche Faktoren im militärischen Umfeld, so dass in der Sicherstellung einer „Informativen Überlegenheit“ eine zentrale Fähigkeit gesehen wird. Hier bestehen Gefahren durch preisgünstige, kommerzielle IT-Geräte. Ein Widersacher könnte diese Geräte nutzen, um mobilen elektronischen Geräten physischen Schaden zuzufügen, Störsender zu installieren, Überlastungen von Computernetzen herbeizuführen sowie um Sensordaten zu verfälschen oder Sensoren durch Überlastung komplett zu blockieren.

Die Studie weist darauf hin, dass US-Streitkräfte zunehmend häufig im städtischen Umfeld agieren müssen und sich Taktiken einer Stadtguerilla gegenüber sehen. Hier könnten Widersacher preisgünstige, kommerzielle Laser nutzen, um lasergelenkte Waffen der US-Truppen abzulenken.

²⁶⁴ Committee on Defense Intelligence Agency Technology Forecasts and Reviews, National Research Council: „Avoiding Surprise in an Era of Global Technology Advances“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁶⁵ JCS (Joint Chiefs of Staff), Director for Strategic Plans and Policy, J5, Strategy Division: „Joint Vision 2020“ (2000) Washington, D. C., U.S. Government Printing Office

Hologramme in Lebensgröße könnten eingesetzt werden, um Angriffsziele vorzutäuschen und so fehlgeleitete Angriffe auf Unbeteiligte auszulösen.

Die Wahrung der Überlegenheit der US-amerikanischen Luftstreitkräfte wird als ein wesentliches Ziel betrachtet. In diesem Bereich werden die Herausforderungen weniger in der Entwicklung überlegener Luftstreitkräfte von gleichem Typ und Aufbau durch andere Nationen gesehen. Vielmehr wird eine Bedrohung erkannt in tragbaren Raketen systemen und kleinen ferngesteuerten oder autonomen Luftfahrzeugen von einigen Kilogramm Gewicht oder weniger. Letztere könnten wesentlich größeren und teureren, konventionellen Militärflugzeugen als eine Art fliegende Mine gefährlich werden. Als technologische Voraussetzung für diese Entwicklung werden die Miniaturisierung von Elektronik und Sensoren, sowie eine bessere Steuerung und Navigation neben einer höheren Reichweite genannt.

Wahrung der Luftüberlegenheit

Eine Studie des NRC im Auftrag der US-Marine, befasst sich mit der zukünftigen Rolle von unbemannten, autonomen Luft-, Land- und Wasser-Fahrzeugen bei Einsätzen der US-Marine.²⁶⁶ Der Grad an Autonomie der betrachteten Fahrzeuge reicht von ferngesteuerten bis zu vollständig intelligenten Systemen.

Unbemannte, autonome Fahrzeuge

Die Studie kommt zu dem Schluss, dass unbemannte Luftfahrzeuge in den letzten drei bis vier Jahren einen hohen Reifegrad erreicht haben. Es wird erwartet, dass sie in der Zukunft eine zunehmend wichtige Rolle im Bereich Überwachung, Aufklärung und Zielfindung spielen werden. Insbesondere die ständige Überwachung eines Kampfgebietes wird als eine Aufgabe angesehen, für die unbemannte Flugzeuge wesentlich sein werden.

Das Aufspüren von Minen ist sowohl für autonome Boote als auch für autonome Unterseeboote die wichtigste Aufgabe. Autonome Landfahrzeuge sollen dagegen zukünftig von der US-Marine zur Minenräumung in der Brandungszone und an Stränden eingesetzt werden.

In einem Workshop-Bericht des NRC wird die Frage untersucht, wie die Schnittstelle zwischen Bedienpersonal und autonomen sowie semiautonomen Fahrzeugen in der Zukunft gestaltet sein wird.²⁶⁷ Ziele bestehen etwa darin, dass eine Person mehrere Systeme zugleich überwachen und

²⁶⁶ Committee on Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations, National Research Council: „Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

²⁶⁷ Tal Oron-Gilad, Rapporteur, Planning Committee for the Workshop on Scalable Interfaces for Air and Ground Military Robots, Committee on Human Factors, National Research Council: „Interfaces for Ground and Air Military Robots: Workshop Summary“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

kontrollieren kann sowie darin, dass solche Schnittstellen auf die unterschiedlichsten Systeme angepasst werden können unter weitgehender Beibehaltung der wesentlichen Funktionsprinzipien.

Einige NRC-Studien untersuchen bestimmte Technologiefelder hinsichtlich ihrer Bedeutung für die US-Streitkräfte. Solche Studien sind z. T. in anderen Abschnitten beschrieben: Raumfahrt²³², Schifffahrt²³⁷, Materialforschung^{243, 244, 245}, Elektronik²⁵⁶.

Schutz vor Biowaffen

Eine Studie des NRC im Auftrag der „Defense Threat Reduction Agency (DTRA)“ untersucht den Einsatz von Sensoren zum Schutz vor terroristischen Angriffen mit Biowaffen.²⁶⁸ Dabei liegt der Schwerpunkt auf Systemen, die bis zum Jahr 2010 zum Einsatz kommen können. Heute ist es bereits möglich, als Biowaffen eingesetzte Krankheitserreger so frühzeitig nachzuweisen und zu identifizieren, dass die Opfer rechtzeitig vor dem Auftreten von Symptomen behandelt werden können. Für die Zukunft sollen Systeme entwickelt werden, die so rasch vor den Biowaffen warnen, dass ein Kontakt mit den bösartigen Agenten noch vermieden werden kann – z. B. durch Umlenkung der kontaminierten Luft innerhalb der Belüftung eines Gebäudes, durch deren Behandlung oder durch Anlegen von Schutzkleidung. Um dies zu realisieren, müssen Reaktionszeiten der Sensoren unterhalb von 3 bis 5 Minuten oder besser noch von weniger als einer Minute erreicht werden. Dies umfasst die Probennahme, -behandlung und -analyse sowie die Einleitung von Schutzmaßnahmen. In der Studie wurden als Referenzfälle die Biowaffen-Freisetzung innerhalb eines Gebäudes sowie unter freiem Himmel als Angriff auf eine militärische Einrichtung untersucht.

Einige Technologien werden als viel versprechend hervorgehoben, so wird etwa die Massenspektrometrie als ein Verfahren genannt, das sich durch einen geringen Verbrauch an Reagentien auszeichnet. Preisgünstige, semiselective Sensoren könnten als verteilte biologische Rauchmelder zur Auslösung von Schutzmaßnahmen mit geringem Aufwand dienen. Bioassays auf Basis ribosomaler RNA werden als Kandidat betrachtet, die erforderliche Reaktionszeiten zu realisieren, weil bestimmte zeitaufwändige Zwischenschritte anderer Verfahren vermieden werden. Allerdings werden dazu noch erhebliche Entwicklungsarbeiten als nötig angesehen. Eine generelle Herausforderung besteht in der Begrenzung der Fehlalarmrate.

²⁶⁸ Committee on Materials and Manufacturing Processes for Advanced Sensors, National Research Council: „Sensor Systems for Biological Agent Attacks: Protecting Buildings and Military Bases“ (2005) Washington, D. C., The National Academies Press

Zukünftige Bedrohungen durch Biowaffen sind der Gegenstand einer Studie, die im Abschnitt zu Gesundheit und Ernährung angesprochen wird.²⁵⁸

Dienstleistungen

Studien des NRC zum Thema Dienstleistungen mit Publikationsjahr 2005 liegen nicht vor.²⁶⁹

²⁶⁹ Stand 30. November 2005.

5 VERGLEICH DER TECHNOLOGIEFELDER

Die nachfolgende Themenmatrix fasst zusammen, welche Studien sich mit welchen Themenfeldern befassen.

	USA	Süd-afrika	Kanada	China	Däne-mark	Süd-korea	Indien	UK
Nachhaltigkeit und Umwelt								
Informations- und Kommunikationstechnologien								
Biotechnologie und Life Sciences								
Gesundheit (inkl. Medizintechnik) & Ernährung								
Energie								
Produktions- und Prozesstechnik								
Materialtechnik								
Nano- und Mikrosystemtechnik								
Transport und Verkehr, Logistik								
Luft- und Raumfahrt								
Bauen und Wohnen								
Verteidigung und Sicherheit								
Elektronik								
Optische Technologien								
Dienstleistungen								
Meerestechnik und Schifffahrt								

Tabelle 5.1: Themenmatrix für die Beschäftigung einer Studie mit dem jeweiligen Themenfeld; dunkelgraue Felder bedeuten eine intensive Beschäftigung mit der Thematik, hellgraue Felder stehen für eine weniger intensive Thematisierung und weiße Felder besagen, dass sich die jeweilige Studie nicht bzw. nur marginal zu diesem Themenfeld äußert.

Hierbei ist es wichtig hervorzuheben, dass sich die Aussagen letztlich immer nur auf die im Rahmen dieser Analyse betrachtete Technologiestudie bezieht. Es wurde zwar möglichst die jeweils maßgebliche nationale Technologieprognose im jeweiligen Land ausgewählt – dies stellt aber nur ein grobes Indiz für das Profil eines Landes bezüglich des tech-

nologischen Zukunftsinteresses dar und ist nicht als umfassende Länderanalyse zu verstehen.²⁷⁰

Zur größeren Übersichtlichkeit werden in der Tabelle auf Seite 179 wie auch in folgenden Tabellen aber die Technologiestudien dennoch mit ihrem Herkunftsland bezeichnet.

Sortierung der Themenmatrix

In dieser Themenmatrix sind die Zeilen und Spalten jeweils nach der Anzahl dunkelgrauer Felder sortiert (und bei gleicher Anzahl dunkelgrauer Felder nach der Zahl hellgrauer Felder). D. h. je mehr Technologieprognosen sich eingehend mit einem Thema befassen, umso weiter oben erscheint die Technologie in der Themenmatrix. Dies kann als Hinweis auf das Ausmaß des Interesses an der zukünftigen Entwicklung einer bestimmten Technologie gelten.

Des Weiteren gilt, je mehr Technologien von einer Technologieprognose betrachtet werden, umso weiter links ist die Position eines Landes in der Themenmatrix. Dies wiederum kann als Maß für die thematische Breite der betreffenden Technologieprognose gesehen werden.

Beobachtungen anhand der Themenmatrix

Mit diesen Einschränkungen lassen sich die folgenden Beobachtungen machen. Das ausgeprägteste Interesse besteht in dieser Reihenfolge an den Themen: Nachhaltigkeit und Umwelt, IuK, Biotechnologie und Life Sciences, Gesundheit und Ernährung, Energie, Produktions- und Prozesstechnik, Materialtechnik sowie der Nano- und Mikrosystemtechnik. Im Vergleich zur Vorläuferstudie fällt insgesamt eine große Kontinuität auf. Es gibt aber zwei ausgeprägte Veränderungen:

1. Das Interesse an Nachhaltigkeit und Umwelt erscheint deutlich gewachsen. Während in der Vorläuferstudie Nachhaltigkeit und Umwelt nicht unter den acht Themenfeldern mit dem breitesten Interesse erschien, ist es nun das Themenfeld, das das größte Interesse auf sich zieht.
2. Das Interesse an Elektronik in den Technologiestudien ist dagegen deutlich gesunken. Hier kommt möglicherweise zum Tragen, dass die Weiterentwicklung der Elektronik gemäß dem Moore'schen Gesetz und aufgrund der anerkannt hohen Bedeutung der International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) als recht vorhersehbar gilt.

Hinsichtlich der thematischen Breite der einzelnen Technologieprognosen bestätigt sich die Beobachtung, dass sich thematisch umfassendere

²⁷⁰ Beispielsweise ist in den USA eine ausführliche Technologiestudie zur Nanotechnologie erschienen, die allerdings nicht von der hier betrachteten Institution (NRC) herausgegeben wurde. Ebenso existiert z. B. eine indische Studie zur Nutzung der Atomenergie. Außerdem entsteht durch die Auswahl des Publikationszeitraums eine gewisse Willkür.

Einzelstudien eher in denjenigen Ländern finden, die erst geringe Erfahrung bei der Erstellung von Technologieprognosen haben. Dies wird an den Beispielen aus Südafrika und Kanada deutlich, die beide sehr viele Themen in nur einer Studie bzw. in nur einem Prozess abdecken. Auf der anderen Seite dieses Spektrums findet sich UK mit einer ausgeprägten Vorgeschichte in der Technologieprognose, wo aktuell eine starke Konzentration auf bestimmte Einzelthemen festzustellen ist. Diese Konzentration auf Einzelthemen und -aspekte gilt im Prinzip auch für die USA, wo aber nichtsdestotrotz auch die größte thematische Breite festzustellen ist, was auf den sehr großen Umfang der Aktivitäten des NRC zurückzuführen ist.

5.1 Themenprofile der einzelnen Länder

5.1.1 China („China's Report on Technology Foresight“)

Technologiefeld	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse (ggf. Realisierungszeitraum)
Transport und Verkehr, Logistik	—
Luft- und Raumfahrt	—
Bauen und Wohnen	Analyse des Energieverbrauchs in Gebäuden und energieoptimierte Gebäudeplanung Neue Baumaterialien
Meerestechnik und Schifffahrt	—
Energie	Technologien zur Ausbeutung von Tiefsee-Öl- und Gasfeldern Sicherheits- und Schutzsysteme für große Stromnetze
Nano- und Mikrosystemtechnologie	Mikro- und Nanofabrikation Nanomaterialien
Materialtechnik	Moderner kostengünstiger Hochleistungsstahl und kostengünstige, hochwertige Eisenmaterialien Leichtmetalllegierungen
Produktions- und Prozess-technik	Effiziente Techniken zur Wassereinsparung in der Landwirtschaft Umfassende Nutzungstechnik für Abfälle und erneuerbare Ressourcen
Optische Technologien	—
Informations- und Kommunikationstechnologien	Technologie zur Informationssicherheit Sicherheitstechnik für Netzwerke
Elektronik	Spezialausrüstung zur Fertigung von integrierten Schaltkreisen (< 45 nm) Entwicklung und Fertigung von 64-Bit Hochleistungs-Mehrzweck-CPU-Chips
Biotechnologie und Life Sciences	Technologie zur Behandlung von Umweltschadstoffen Erforschung der funktionellen Genomik des Menschen
Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung	Schnelltest- und Diagnose-Reagenzien für wichtige und infektiöse Erkrankungen Standardisierung der Qualitätskontrolle bei Medikamenten und Verwaltung der Standards
Nachhaltigkeit und Umwelt	Technologie zur Klärung und Wiederaufbereitung von städtischen Abwässern Umfassende Technologie zur Vorbeugung und Behandlung komplexer Luftverschmutzungen in Städte-Clustern
Verteidigung und Sicherheit	—
Dienstleistungen	—

5.1.2 Dänemark („Teknologisk Fremsyn – Technology Foresight in the Danish Ministry of Science, Technology and Innovation“)

Technologiefeld	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse (ggf. Realisierungszeitraum)
Transport und Verkehr, Logistik	—
Luft- und Raumfahrt	—
Bauen und Wohnen	—
Meerestechnik und Schifffahrt	—
Energie	Flexible Energiesysteme mit steigendem Anteil an Windenergie Optimierung des Energieverbrauchs in Häusern und Gebäuden
Nano- und Mikrosystemtechnologie	Nanosensorik und Nanofluidik Nanokatalyse, Wasserstofftechnologien
Materialtechnik	Biokompatible Materialien Nanomaterialien mit neuen funktionellen Eigenschaften
Produktions- und Prozesstechnik	„Grünes Design“
Optische Technologien	Nanooptik und Nanophotonik
Informations- und Kommunikationstechnologien	Ubiquitäres Computing
Elektronik	Polymerelektronik
Biotechnologie und Life Sciences	Stammzelltherapie Nanoskalige Bioelektronik und elektronische Implantate
Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung	Anwendung des Ubiquitären Computings in der Gesundheitsversorgung Gentherapie und personalisierte Medizin
Nachhaltigkeit und Umwelt	Präzisionslandwirtschaft Biolandwirtschaft
Verteidigung und Sicherheit	—
Dienstleistungen	—

5.1.3 Indien („Zukunftsgerichtete Studien des TIFAC“)

Technologiefeld	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse (ggf. Realisierungszeitraum)
Transport und Verkehr, Logistik	Entwicklung von Brennstoffzellenbussen
Luft- und Raumfahrt	—
Bauen und Wohnen	—
Meerestechnik und Schifffahrt	—
Energie	Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle für verstreute Stromerzeugung (2013)
Nano- und Mikrosystemtechnologie	—
Materialtechnik	Rostfreie Stähle
Produktions- und Prozesstechnik	Herstellung von kaltem Zement ohne Brennprozesse (2013 bis 2018)
Optische Technologien	—
Informations- und Kommunikationstechnologien	—
Elektronik	—
Biotechnologie und Life Sciences	Biochips Transgene Pflanzen mit erhöhter Schädlingsresistenz Transgene Tiermodelle
Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung	Transgene Pflanzen mit erhöhtem Nährstoffgehalt
Nachhaltigkeit und Umwelt	Plastik-Recycling und biologisch abbaubares Plastik Rentable Technologien zur Nutzung von Stahlwerksabfällen
Verteidigung und Sicherheit	—
Dienstleistungen	—

5.1.4 Kanada („Science and Technology Foresight Pilot Project“)

Technologiefeld	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse (ggf. Realisierungszeitraum)
Transport und Verkehr, Logistik	Telepräsenz statt Personentransporte (2025) Gütertransport direkt vom Produktionsort zum Konsumenten (2025)
Luft- und Raumfahrt	—
Bauen und Wohnen	Intelligente Gebäude und Wohnhäuser (2015) Städteweite, zentrale Systeme zur Überwachung und Kontrolle der Nachhaltigkeit (2020)
Meerestechnik und Schifffahrt	Unterwassersysteme und -antriebe
Energie	Hochentwickelte Brennstoffzellen Landwirtschaftliche Methoden (und evt. genetisch modifizierte Organismen) zur Energieextraktion aus Feldfrüchten
Nano- und Mikrosystemtechnologie	Konstruktionen von MOEMS (2010) Erste kommunizierende und/oder programmierbare Nano-Systeme (2015)
Materialtechnik	Computergestützte Materialentwicklung
Produktions- und Prozess-technik	—
Optische Technologien	—
Informations- und Kommunikationstechnologien	Vision: Grundrecht auf freien Zugang zur Informationsinfrastruktur
Elektronik	Weitere Gültigkeit des Mooreschen Gesetzes
Biotechnologie und Life Sciences	Genchips könnten billig und weit verfügbar sein (2010) Biotechnologisch basierte Wirtschaft beginnt mit der landwirtschaftlichen Produktion von signifikanten Energiequellen und natürlichen Rohstoffen (2015)
Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung	Computerbasiertes System, das die Entscheidungsfindung von medizinischem Personal unterstützt und proaktive Gesundheitsinformationen zur Verfügung stellt
Nachhaltigkeit und Umwelt	Erfassung der gesamten Biosphäre von Kanada Umwelt-Forschungsnetzwerk für Ozeane und Küsten
Verteidigung und Sicherheit	Sensornetzwerk als Basis für eine Plattform zur Notfallreaktion
Dienstleistungen	—

5.1.5 Südafrika („Benchmarking of Technology Trends and Technology Developments“)

Technologiefeld	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse (ggf. Realisierungszeitraum)
Transport und Verkehr, Logistik	Leichtgewichtsmaterialien Hybrid-, Elektro- und alternativ angetriebene Fahrzeuge
Luft- und Raumfahrt	Kompositmaterialien Zustandsüberwachung von Flugsystemen
Bauen und Wohnen	—
Meerestechnik und Schifffahrt	—
Energie	Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen
Nano- und Mikrosystemtechnologie	—
Materialtechnik	Hochleistungs- und technischen Textilien
Produktions- und Prozesstechnik	Bioprozesstechnik in der chemischen Industrie Extraktionsprozesse für Leichtmetalle
Optische Technologien	—
Informations- und Kommunikationstechnologien	Mobile Technologien und Geräte, drahtlose Netze Sprachtechnologien
Elektronik	—
Biotechnologie und Life Sciences	Rekombinante Therapeutikaproduktion Impfstoffe
Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung	Detektion von Mikroorganismen, Pathogenen, Toxinen in Lebensmitteln
Nachhaltigkeit und Umwelt	Energieeinsparung
Verteidigung und Sicherheit	—
Dienstleistungen	Mobile, drahtlose Technologien im Tourismus Sprachtechnologien im Tourismus

5.1.6 Südkorea („The 3rd Korean Foresight Exercise“)

Technologiefeld	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse (ggf. Realisierungszeitraum)
Transport und Verkehr, Logistik	IuK-gestützte Transport- und Logistikanwendungen
Luft- und Raumfahrt	—
Bauen und Wohnen	Energieeffiziente Häuser, deren Energiebedarf nur noch die Hälfte des heutigen Bedarfs ausmacht (2013)
Meerestechnik und Schifffahrt	—
Energie	Speichertechnologien für Methanhydrat (2018) Massenproduktion von Wasserstoff (2020)
Nano- und Mikrosystemtechnologie	—
Materialtechnik	Biologisch abbaubarer Kunststoff verfügbar (2013)
Produktions- und Prozesstechnik	Erste vollautomatisierte Fabriken ohne menschliche Arbeiter (2018)
Optische Technologien	—
Informations- und Kommunikationstechnologien	Biometrische Erkennungssysteme zur automatischen und unauffälligen Identifikation von Personen (2012) Geräte für Video-Konferenzen mit Funktion zur direkten Übersetzung kommerziell verfügbar (2015)
Elektronik	—
Biotechnologie und Life Sciences	Überwachungstechnologien, um den Import gefährlicher Biomaterialien zu verhindern (2014)
Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung	Verfügbarkeit von medizinischer Ferndiagnose (2010) und Ferntherapie (2012) Injektion von Nanorobotern in die Blutbahn zur Stärkung des Immunsystems (2015)
Nachhaltigkeit und Umwelt	Möglichkeiten zur CO2-Speicherung (2018) Wetterprognosen zu nahezu 100 % sicher (2019)
Verteidigung und Sicherheit	Insekten werden eingesetzt, um Bomben aufzuspüren (2018)
Dienstleistungen	—

5.1.7 UK („The UK Foresight Programme“)

Technologiefeld	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
Transport und Verkehr, Logistik	—
Luft- und Raumfahrt	—
Bauen und Wohnen	Flächendeckendes Sensornetz im Hochwasser- und Küstenschutz im Zeitraum (2020 - 2035)
Meerestechnik und Schifffahrt	—
Energie	—
Nano- und Mikrosystemtechnologie	Mikro- und Nanofabrikation mit optischen Technologien (2016)
Materialtechnik	Materialentwicklung als Schlüsseltechnologie für die Photonik
Produktions- und Prozesstechnik	—
Optische Technologien	Hybride optische Datennetze (2012) Nahfeldoptik und Metamaterialien
Informations- und Kommunikationstechnologien	Vertrauen im Cyberspace und Verbrechensprävention Anwendungen biologisch inspirierter komplex adaptiver Systeme (2024)
Elektronik	—
Biotechnologie und Life Sciences	Integriertes, photonisches „lab-on-a-chip“ (2013)
Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung	Hochspezifische molekulare Bildgebung (2020)
Nachhaltigkeit und Umwelt	—
Verteidigung und Sicherheit	Bildgebung in der Sicherheitstechnik (2010)
Dienstleistungen	—

5.1.8 USA („Zukunftsgerichtete Studien des NRC“)

Technologiefeld	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
Transport und Verkehr, Logistik	Anteil wasserstoffgetriebener Fahrzeuge von mehr als 50 % (2035)
Luft- und Raumfahrt	Kapazitätssteigerung von Flughäfen durch IuK-Systme Erneute Landung von Menschen auf dem Mond (2015 - 2020)
Bauen und Wohnen	Verbessertes Netz von seismischen Messgeräten
Meerestechnik und Schifffahrt	Frachtdumschlag zwischen zwei Schiffen bei schwerer See (2012 - 2022)
Energie	Technologie zur CO2-Sequestrierung kommerziell verfügbar (2012) Stationäre Brennstoffzelle im Megawatt-Bereich (2012 - 2015)
Nano- und Mikrosystemtechnologie	—
Materialtechnik	Supraleitende Drähte der zweiten Generation für Anwendungen in der Energiewirtschaft (2010)
Produktions- und Prozesstechnik	Senkung der Energieintensität um 25% bei den sieben energieintensivsten Industriezweigen (2020)
Optische Technologien	Weißlicht-LED mit 150 lm/W (2015)
Informations- und Kommunikationstechnologien	Magnetische Datenspeicher mit 50 Tbit/in ² (2013)
Elektronik	Prozessorentwicklung gemäß ITRS Graphik-Technologie für eingebettete Displays
Biotechnologie und Life Sciences	Paradigmenwechsel in den Bio- und Lebenswissenschaften durch Einsatz von Mathematik und IT
Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung	Komparative Genetik (zw. Human- und Tiermedizin) Toxikogenomik zur Risikoanalyse von Karzinogenen
Nachhaltigkeit und Umwelt	Weltraumgestützte Erd- und Umweltbeobachtung
Verteidigung und Sicherheit	Abwehr asymmetrischer Bedrohungen der Luftstreitkräfte Unbemannte, autonome Luft-, Land- und Wasser-Fahrzeuge Sensoren zum Schutz vor terroristischen Angriffen mit Biowaffen
Dienstleistungen	—

5.2 Ländervergleich der Technologiefelder

5.2.1 Transport und Verkehr, Logistik

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	—
Dänemark	—
Indien	Entwicklung von Brennstoffzellenbussen
Kanada	Telepräsenz statt Personentransporte (2025) Gütertransport direkt vom Produktionsort zum Konsumenten (2025)
Südafrika	Leichtgewichtsmaterialien Hybrid-, Elektro- und alternativ angetriebene Fahrzeuge
Südkorea	IuK-gestützte Transport- und Logistikanwendungen
UK	—
USA	Wasserstoffgetriebene Fahrzeuge (Anteil von mehr als 50 % nicht vor 2035)

Automobilverkehr

In den Studien, die Aussagen zum Bereich Transport und Verkehr sowie Logistik machen, steht der Automobilverkehr stark im Vordergrund. Infrastruktur, Schienenverkehr und öffentlicher Personenverkehr bzw. Gütertransport werden nur am Rande erwähnt.

Energie und Umwelt

Bezogen auf den Automobilverkehr sind Energieeinsparung und Reduzierung der Umweltbelastung die zentralen Themen. Deshalb sind der Leichtbau und alternative Antriebsformen (insbesondere Brennstoffzellen-getriebene Fahrzeuge und Wasserstoff als Treibstoff) von größtem Interesse.

Verbesserung
durch IuK

Eine Verbesserung des Verkehrsflusses, der Sicherheit und des Komforts wird durch mehr Elektronik und Sensorik in den Fahrzeugen und den Einsatz von IuK als möglich angesehen. Anwendungen könnten in der Navigation sowie in der Stau- und Unfallvermeidung liegen. In der kanadischen Studie wird die Vision entworfen, dass der Bedarf an Personen-transport durch IuK-basierte Telepräsenz bis zum Jahr 2025 stark reduziert wird.

5.2.2 Luft- und Raumfahrt

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	—
Dänemark	—
Indien	—
Kanada	—
Südafrika	Kompositmaterialien Zustandsüberwachung von Flugsystemen
Südkorea	—
UK	—
USA	Kapazitätssteigerung von Flughäfen durch IuK-Systme Erneute Landung von Menschen auf dem Mond (zwischen 2015 und 2020)

In der südkoreanischen Studie wird die Luft- und Raumfahrt als ein Bereich betrachtet, der von einigen wenigen Nationen dominiert wird. Diese Aussage bestätigt sich insofern, als nur in zwei von acht Technologiestudien Prioritäten für die Technologieentwicklung in der Luft- und Raumfahrt benannt werden.

Durch wenige Nationen dominiert

Südafrika verfügt nach Aussage der Studienautoren aufgrund einer strategischen Förderung der Luftfahrt zu militärischen Zwecken während der letzten vierzig Jahre über beträchtliche Kompetenzen in diesem Feld.

In den USA wird eine beständig steigende Nachfrage im Luftverkehr erwartet, die zu einer drastischen Ausweitung von Kapazitätsengpässen an US-Flughäfen führen wird. (IuK-)Technologien, die den Abstand zwischen Flugzeugen unter Wahrung der Flugsicherheit zu reduzieren helfen, wird die höchste Priorität eingeräumt.

Kapazitätsengpässe im Luftverkehr

In der US-Raumfahrt wird die gegenwärtige Technologieplanung von der neuen Raumfahrtpolitik und dem Ziel bemannter Missionen zum Mond und Mars bestimmt. Die satellitengestützte Erd- und Umweltbeobachtung erfährt nach Ansicht der Autoren einer NRC-Studie in diesem Zusammenhang ein rapide absinkendes Budget.

Neue Raumfahrt-politik der USA

5.2.3 Bauen und Wohnen

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	Analyse des Energieverbrauchs in Gebäuden und energieoptimierte Gebäudeplanung Neue Baumaterialien
Dänemark	Optimierung des Energieverbrauchs in Häusern und Gebäuden
Indien	—
Kanada	Intelligente Gebäude und Wohnhäuser (2015) Städteweite, zentrale Systeme zur Überwachung und Kontrolle der Nachhaltigkeit (2020)
Südafrika	—
Südkorea	Energieeffiziente Häuser, deren Energiebedarf nur noch die Hälfte des heutigen Bedarfs ausmacht (2013)
UK	Flächendeckendes Sensornetz im Hochwasser- und Küstenschutz im Zeitraum (zwischen 2020 - 2035)
USA	Verbessertes Netz von seismischen Messgeräten

Senkung des Energiebedarfs

In drei Studien (China, Dänemark, Südkorea) wird die Senkung des Energiebedarfs in Gebäuden als prioritäres Ziel benannt. Es werden ehrgeizige Energieeinsparziele benannt: Südkorea – Senkung des Energiebedarfs um die Hälfte bis 2013; Dänemark – Senkung um zwei Drittel (ohne genauen Zeithorizont). Die ambitionierten Ziele der USA zur Effizienzsteigerung von Leuchtdioden zur Beleuchtung von Gebäuden passen auch in diesen Zusammenhang.

Schutz vor Naturkatastrophen

Der Schutz von Häusern und Gebäuden vor Naturkatastrophen ist Gegenstand von Studien aus den USA (Vermeidung von Schäden durch Erdbeben) und UK (Vermeidung von Schäden durch Hochwasser und Küstenerosion).

5.2.4 Meerestechnik und Schifffahrt

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	—
Dänemark	—
Indien	—
Kanada	Unterwassersysteme und -antriebe
Südafrika	—
Südkorea	—
UK	—
USA	Frachtausbau zwischen zwei Schiffen bei schwerer See (zwischen 2012 und 2022)

Das Thema Meerestechnik und Schifffahrt wird in den betrachteten Studien nur in sehr geringem Ausmaß diskutiert.

Nur in sehr geringem Ausmaß diskutiert

Einige der NRC-Studien (USA) im Auftrag der US-Marine widmen sich dem Thema aus der Blickrichtung von Verteidigung und Sicherheit. Studien sowohl aus den USA als auch aus Kanada befassen sich in diesem Zusammenhang mit autonomen, robotischen Wasser- bzw. Unterwasserfahrzeugen.

Der Frachtausbau zwischen zwei Schiffen ist für die US-Marine von Interesse im Zusammenhang mit dem Konzept einer See-Basis, die es ermöglichen soll, Truppen und Material auch dort an Land zu bringen, wo kein Hafen zur Verfügung steht.

5.2.5 Energie

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	Technologien zur Ausbeutung von Tiefsee-Öl- und Gasfeldern Sicherheits- und Schutzsysteme für große Stromnetze
Dänemark	Flexible Energiesysteme mit steigendem Anteil an Windenergie
Indien	Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle für verstreute Stromerzeugung (2013)
Kanada	Hochentwickelte Brennstoffzellen Landwirtschaftliche Methoden (und eventuell genetisch modifizierte Organismen) zur Energieextraktion aus Feldfrüchten
Südafrika	Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen
Südkorea	Speichertechnologien für Methanhydrat (2018) Massenproduktion von Wasserstoff (2020)
UK	—
USA	Technologie zur CO ₂ -Sequestrierung kommerziell verfügbar (2012) Stationäre Brennstoffzelle im Megawatt-Bereich (zwischen 2012 und 2015)

Zuverlässigkeit der
Versorgung
&
Verbesserung der
Umweltverträglichkeit

Beim Thema Energie stehen die beiden Aspekte einer ausreichenden und zuverlässigen Versorgung mit Energie und einer Verbesserung der Umwelt- und Klimaverträglichkeit der Energieversorgung im Vordergrund. In allen Teilbereichen der Energieversorgungskette wird nach Verbesserungsmöglichkeiten im Bezug auf diese beiden Aspekte gesucht und entsprechend breit gestreut sind die diskutierten Themen:

- Energieeinsparung im Verkehr, in Gebäuden und in der industriellen Produktion;
- Erschließung neuer fossiler Energieträger und deren saubere Nutzung;
- CO₂-Sequestrierung;
- Kernenergie;
- Windenergie;
- Energie aus nachwachsenden Rohstoffen sowie
- Wasserstoff als Energieträger aus fossilen und alternativen Quellen zusammen mit einer Weiterentwicklung der Brennstoffzellen-technik.

Zuverlässigkeit der Stromversorgung spielt in den Studien aus China und Indien eine Rolle: Sicherheit großer Stromnetze (China); Brennstoffzellen als umweltfreundliche Notstromaggregate anstelle von Dieselgeneratoren (Indien).

5.2.6 Nano- und Mikrosystemtechnologie

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	Mikro- und Nanofabrikation Nanomaterialien
Dänemark	Nanosensorik und Nanofluidik Nanokatalyse, Wasserstofftechnologien
Indien	—
Kanada	Konstruktionen von MOEMS (2010) Erste kommunizierende und/oder programmierbare Nano-Systeme (2015)
Südafrika	—
Südkorea	—
UK	Mikro- und Nanofabrikation mit optischen Technologien (2016)
USA	—

Im Bereich der Nano- und Mikrosystemtechnologie werden übereinstimmend Technologien zur Nano- und Mikrofabrikation als wichtig angesprochen. Auch Nanomaterialien werden mehrfach als wichtige, innovative Materialklasse genannt.

Nano- und Mikrofabrikation
Nanomaterialien

Die beiden Studien aus Dänemark und Kanada sprechen darüber hinaus Aspekte der Nanomedizin und der Nanosensorik an.

In der südafrikanischen Studie wird die Nanotechnologie ausführlich in verschiedenen Kapiteln angesprochen. Die Position Südafrikas wird aber durchweg als schwach eingeschätzt, so dass keine Prioritäten in der Nanotechnologie herausgearbeitet werden.

5.2.7 Materialtechnik

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	Moderner kostengünstiger Hochleistungsstahl und kostengünstige, hochwertige Eisenmaterialien Leichtmetalllegierungen
Dänemark	Biokompatible Materialien Nanomaterialien mit neuen funktionellen Eigenschaften
Indien	Rostfreie Stähle
Kanada	Computergestützte Materialentwicklung
Südafrika	Hochleistungs- und technischen Textilien
Südkorea	Biologisch abbaubarer Kunststoff verfügbar (2013)
UK	Materialentwicklung als Schlüsseltechnologie für die Photonik
USA	Supraleitende Drähte der zweiten Generation für Anwendungen in der Energiewirtschaft (2010)

Querschnitts- und
Schlüsseltechnologie

Große Bandbreite
von Materialklassen

Stahl, Metalle und
Baumaterialien wich-
tig für China & Indien

Die Materialtechnik stellt sich in den betrachteten Studien als eine breite Querschnitts- und Schlüsseltechnologie dar. Alle betrachteten Studien enthalten Aussagen zur Materialtechnik. In der Diskussion der zukünftigen Entwicklung der verschiedenen Technologiefelder finden sich häufig Querverweise auf die jeweils relevanten Materialaspekte (z. B. Wichtigkeit von Leichtgewichtsmaterialien für den zukünftigen Fahrzeug- und Flugzeugbau).

Es wird dementsprechend eine große Bandbreite von Materialklassen in den Studien mit unterschiedlichen Prioritäten je nach Anwendungsfeld angesprochen. Insgesamt lässt sich jedoch beobachten, dass Nanomaterialien besonders häufig hervorgehoben werden.

Sowohl für China als auch für Indien spielen Stahl, Metalle und Baumaterialien eine wichtige Rolle.

5.2.8 Produktions- und Prozesstechnik

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	Effiziente Techniken zur Wassereinsparung in der Landwirtschaft Umfassende Nutzungstechnik für Abfälle und erneuerbare Ressourcen
Dänemark	„Grünes Design“
Indien	Herstellung von kaltem Zement ohne Brennprozesse (zwischen 2013 und 2018)
Kanada	—
Südafrika	Bioprozesstechnik in der chemischen Industrie Extraktionsprozesse für Leichtmetalle
Südkorea	Erste vollautomatisierte Fabriken ohne menschliche Arbeiter (2018)
UK	—
USA	Senkung der Energieintensität um 25 % bei den sieben energieintensivsten Industriezweigen (2020)

Die Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz sowie die Vermeidung von Abfällen in der industriellen Produktion stehen im Mittelpunkt des Interesses im Bereich der Produktions- und Prozesstechnik. Besonderes Augenmerk liegt auf klassischen Industriezweigen wie bspw. Chemie, Metallerzeugung, Stahl- und Zementherstellung. Es werden überwiegend nur inkrementelle Fortschritte erwartet.

Steigerung der
Energie- und
Ressourceneffizienz

5.2.9 Optische Technologien

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	—
Dänemark	Nanooptik und Nanophotonik
Indien	—
Kanada	—
Südafrika	—
Südkorea	—
UK	Hybride optische Datennetze (2012) Nahfeldoptik und Metamaterialien
USA	Weißlicht-LED mit 150 lm/W (2015)

Nur UK ausführlich
zu optischen
Technologien

Von den ausgewählten Technologieprognosen befasst sich nur das UK-Foresight-Programm ausführlich mit den optischen Technologien als eigenständigem Technologiefeld. Dabei werden spezifische Stärken von UK in diesem Feld herausgearbeitet und benannt.

5.2.10 Informations- und Kommunikationstechnologien

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	Technologie zur Informationssicherheit Sicherheitstechnik für Netzwerke
Dänemark	Ubiquitäres Computing
Indien	—
Kanada	Grundrecht auf freien Zugang zur Informationsinfrastruktur
Südafrika	Mobile Technologien und Geräte, drahtlose Netze Sprachtechnologien
Südkorea	Biometrische Erkennungssysteme zur automatischen und unauffälligen Identifikation von Personen (2012) Geräte für Video-Konferenzen mit Funktion zur direkten Übersetzung kommerziell verfügbar (2015)
UK	Vertrauen im Cyberspace und Verbrechensprävention Anwendungen biologisch inspirierter komplex adaptiver Systeme (2024)
USA	Magnetische Datenspeicher mit 50 Tbit/in ² (2013)

Im IuK-Bereich kann quer durch alle betrachteten Studien die Verbreitung intelligenter, (auch drahtlos) vernetzter Objekte als ein wesentlicher Trend identifiziert werden. Diese neuartigen alles durchdringenden (Computer-)Netze können dabei alle Arten von Bestandteilen vom Supercomputer bis zu mobilen Kleinrechnern und intelligenten, eingebetteten Geräten sowie Mikrosystemen, Sensoren, RFID-Chips usw. umfassen. In einer Studie (UK) wird die Frage nach der Zuverlässigkeit solcher komplexen Netzwerke aufgeworfen und als mögliche Lösung auf eine dezentrale Steuerung und den Einsatz von Softwareagenten verwiesen.

Vernetzung

Kognitive Systeme werden in drei Studien als neues Forschungsfeld im Bereich IuK angesprochen (Kanada, Südkorea, UK).

Kognitive Systeme

Daneben ist ein Trend zur Virtualisierung und Digitalisierung von komplexen Systemen zu erkennen. In vielen Bereichen wird die Verwendung von (prädiktiven) Computermodellen angesprochen: Umwelt- und Wettermodellierung, computergestützte Materialentwicklung, digitale Produktionsplanung, virtuelle Pflanzen und Zellen, rechnergestützte Biowissenschaften usw. Bei einigen Anwendungsbeispielen greifen die Computermodelle (in Echtzeit) auf Daten aus (großflächigen) intelligenten Sensorsnetzen zurück.

Trend zur
Virtualisierung
komplexer Systeme

5.2.11 Elektronik

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	Spezialausrüstung zur Fertigung von integrierten Schaltkreisen (< 45 nm) Entwicklung und Fertigung von 64-Bit Hochleistungs-Mehrzweck-CPU-Chips
Dänemark	Polymerelektronik
Indien	—
Kanada	Weitere Gültigkeit des Mooreschen Gesetzes
Südafrika	—
Südkorea	—
UK	—
USA	Prozessorentwicklung gemäß ITRS Graphik-Technologie für eingebettete Displays

Mooresches Gesetz

Integrierte Schaltkreise als Engpass in China

Der geringe Umfang der Beschäftigung mit Elektronik in den ausgewählten Studien steht in deutlichem Gegensatz zum ausgedehnten Interesse an IuK-Technologien allgemein. In den Studien, die die Elektronik explizit ansprechen, wird auf das Mooresche Gesetz hingewiesen, dessen Gültigkeit auch in den kommenden Jahren erwartet wird, bzw. auf die ITRS, die als maßgeblich für die zukünftige Entwicklung der Elektronik angesehen wird.

In der chinesischen Studie werden integrierte Schaltkreise als ein Engpass für die Entwicklung der chinesischen IuK-Industrie betrachtet. Dementsprechend wird in der Materialtechnik den Siliziumeinkristallen, in der Produktionstechnik der Spezialausrüstung zur Elektronikfertigung und im Bereich IuK der Entwicklung von 64-Bit-Chips eine hohe Bedeutung beigemessen.

5.2.12 Biotechnologie und Life Sciences

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	Technologie zur Behandlung von Umweltschadstoffen Erforschung der funktionellen Genomik des Menschen
Dänemark	Stammzelltherapie Nanoskalige Bioelektronik und elektronische Implantate
Indien	Biochips Transgene Pflanzen mit erhöhter Schädlingsresistenz Transgene Tiermodelle
Kanada	Genchips könnten billig und weit verfügbar sein (2010) Biotechnologisch basierte Wirtschaft beginnt mit der landwirtschaftlichen Produktion von signifikanten Energiequellen und natürlichen Rohstoffen (2015)
Südafrika	Rekombinante Therapeutikaproduktion Impfstoffe
Südkorea	Überwachungstechnologien, um den Import gefährlicher Biomaterialien zu verhindern, bis 2014
UK	Integriertes, photonisches „lab-on-a-chip“ (2013)
USA	Paradigmenwechsel in den Bio- und Lebenswissenschaften durch Einsatz von Mathematik und IT

Genomik und Proteomik werden in fast allen betrachteten Studien als wesentliche Treiber in den Biowissenschaften genannt, wobei besonders häufig die funktionelle Genomik genannt wird. Auch die Bedeutung der verschiedenen Arten von Biochips in diesem Zusammenhang wird oft hervorgehoben.

Genomik und
Proteomik

Als Anwendungen der Erkenntnisse aus Genomik und Proteomik werden Fortschritte in der Humanmedizin (s. u.) und gentechnische Veränderung von Pflanzen und Tieren aufgeführt. Die Studien aus Indien und Südafrika weisen beide auf die mögliche Nutzung gentechnisch veränderter Pflanzen und Tiere als Bioreaktoren hin.

Fortschritte in
der Humanmedizin

Ein weiterer Schwerpunkt umfasst die industrielle Biotechnologie und Umweltbiotechnologie. Hier finden sich in den Studien Anwendungsbeispiele wie etwa die Biokatalyse, Bioprozesstechnik, Biotechnologie in der Nutzung nachwachsender Rohstoffe und die biotechnologische Be seitigung von Umweltschäden.

Umweltbiotechnologie

5.2.13 Gesundheit (inklusive Medizintechnik) und Ernährung

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	Schnelltest- und Diagnose-Reagenzien für wichtige und infektiöse Erkrankungen Standardisierung der Qualitätskontrolle bei Medikamenten und Verwaltung der Standards
Dänemark	Anwendung des Ubiquitären Computings in der Gesundheitsversorgung Gentherapie und personalisierte Medizin
Indien	Transgene Pflanzen mit erhöhtem Nährstoffgehalt
Kanada	Computerbasiertes System, das die Entscheidungsfindung von medizinischem Personal unterstützt und proaktive Gesundheitsinformationen zur Verfügung stellt
Südafrika	Detektion von Mikroorganismen, Pathogenen, Toxinen in Lebensmitteln
Südkorea	Verfügbarkeit von medizinischer Ferndiagnose (2010) und Ferntherapie (2012) Injektion von Nanorobotern in die Blutbahn zur Stärkung des Immunsystems (2015)
UK	Hochspezifische molekulare Bildgebung (2020)
USA	Komparative Genetik (zwischen Human- und Tiermedizin) Toxikogenomik zur Risikoanalyse von Karzinogenen

Prävention und personalisierte Diagnostik

Erkenntnisse aus (funktioneller) Genomik und Proteomik könnten nach Einschätzung einiger der betrachteten Studien die Medizin in Richtung auf eine verbesserte Prävention und eine personalisierte Diagnostik und Therapie verbessern. Biochips werden dabei voraussichtlich die Diagnostik und die Überwachung von Therapieerfolgen unterstützen.

Telemedizin

Ein vermehrter Einsatz von Sensoren und drahtlose Telekommunikationstechnologien könnten zunehmend zur Gesundheitsüberwachung, Ferndiagnose und letztlich auch zur Fernbehandlung genutzt werden (Dänemark, Kanada, Südkorea).

Lebensmittel-sicherheit

Die Studien aus Dänemark und Südafrika betonen den Einsatz von Sensorik (und IuK-Technologien) zur Verbesserung der Lebensmittelsicherheit und -rückverfolgbarkeit.

5.2.14 Nachhaltigkeit und Umwelt

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	Technologie zur Klärung und Wiederaufbereitung von städtischen Abwässern Umfassende Technologie zur Vorbeugung und Behandlung komplexer Luftverschmutzungen in Städte-Clustern
Dänemark	Präzisionslandwirtschaft Biolandwirtschaft
Indien	Plastik-Recycling und biologisch abbaubares Plastik Rentable Technologien zur Nutzung von Stahlwerksabfällen
Kanada	Erfassung der gesamten Biosphäre von Kanada Umwelt-Forschungsnetzwerk für Ozeane und Küsten
Südafrika	Energieeinsparung
Südkorea	Möglichkeiten zur CO2-Speicherung (2018) Wetterprognosen zu nahezu 100 % sicher (2019)
UK	—
USA	Weltraumgestützte Erd- und Umweltbeobachtung

Fragen im Zusammenhang mit Umwelt und Nachhaltigkeit werden in allen betrachteten Studien eingehend behandelt. Dabei wird eine große Bandbreite von Umweltaspekten angesprochen: Sicherheit des Trinkwassers, Wassernutzung und -einsparung, Reinhaltung der Luft, Abfallvermeidung und -behandlung, Recycling, (nachwachsende) Ressourcen, Energieeinsparung und -effizienz sowie ökologische Landwirtschaft.

Der Umweltüberwachung durch Sensornetze und Fernerkundung sowie der computergestützten Umweltmodellierung werden eine hohe Bedeutung eingeräumt und zwar in den Studien aus Dänemark, Kanada, Südkorea und USA sowie am Rande auch UK.

In allen Studien eingehend behandelt

Sensornetze & Fernerkundung
Umweltmodellierung

5.2.15 Verteidigung und Sicherheit

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	—
Dänemark	—
Indien	—
Kanada	Sensornetzwerk als Basis für eine Plattform zur Notfallreaktion
Südafrika	—
Südkorea	Insekten werden eingesetzt, um Bomben aufzuspüren (2018)
UK	Bildgebung in der Sicherheitstechnik (2010)
USA	Abwehr asymmetrischer Bedrohungen der Luftstreitkräfte Unbemannte, autonome Luft-, Land- und Wasser-Fahrzeuge Sensoren zum Schutz vor terroristischen Angriffen mit Biowaffen

Schwerpunkt
in den USA

Verteidigung und Sicherheit stellen einen Schwerpunkt in den Studien des NRC (USA) dar, der in keiner anderen Studie bzw. Sammlung von Studien in vergleichbarer Ausführlichkeit behandelt wird. Gleichzeitig ist eine sehr breite Betrachtungsweise festzustellen, die die Relevanz der zukünftigen Technologieentwicklung sowohl im Hinblick auf neuartige Gefährdungen als auch für die Gefahrenabwehr beschreibt und bewertet. So werden die Technologiefelder Luft- und Raumfahrt, Schifffahrt, Robotik, Materialtechnik, Elektronik, IuK sowie Biotechnologie jeweils auch im Zusammenhang mit Verteidigung und Sicherheit diskutiert.

5.2.16 Dienstleistungen

Land	Technologien von hoher Priorität bzw. hohem Interesse + genannter Realisierungszeitraum
China	—
Dänemark	—
Indien	—
Kanada	—
Südafrika	Mobile, drahtlose Technologien im Tourismus Sprachtechnologien im Tourismus
Südkorea	—
UK	—
USA	—

Dienstleistungen und zugehörige Technologien werden als eigenständiges Thema nur in der Studie aus Südafrika und dort nur im Zusammenhang mit Tourismus angesprochen.

5.3 Fazit des Ländervergleichs

Zu den wichtigsten Technologiefeldern, die von mehr als der Hälfte der betrachteten Studien detailliert angesprochen werden, lassen sich die folgenden Kernaussagen knapp zusammenfassen.

Nachhaltigkeit und Umwelt: Fragen von Nachhaltigkeit und Umwelt werden in großer Breite behandelt. Sauberkeit von Wasser und Luft, Vermeidung von Abfällen sowie effiziente Nutzung von Ressourcen und Energie sind die zentralen Themen.

Informations- und Kommunikationstechnologien: Es wird mit der Verbreitung von großflächigen Computer- und Sensornetzen gerechnet. Die Sensornetze stellen Daten zur Verfügung, die bspw. zur Überwachung von Umwelt- und Gesundheitsgefahren sowie im Zusammenhang mit einer umfassenden Umweltmodellierung genutzt werden können.

Biotechnologie und Life Sciences: Genomik und Proteomik werden auch weiterhin als wesentliche Treiber der Biotechnologie angesehen. Daneben ist ein ausgeprägtes Interesse an Biotechnologie zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz in der industriellen Produktion und der Beseitigung von Umweltschäden zu erkennen.

Gesundheit und Ernährung: Proteomik und funktionelle Genomik werden zusammen mit Biochips als die Grundlage einer stärker präventiv und individuell ausgerichteten Medizin gesehen. Sensoren und drahtlose Telekommunikation könnten die Gesundheitsüberwachung aus der Ferne, Ferndiagnose und letztlich auch Ferntherapie ermöglichen.

Energie: Die beiden Aspekte einer ausreichenden und zuverlässigen Versorgung mit Energie sowie einer Verbesserung der Umwelt- und Klimaverträglichkeit der Energieversorgung stehen im Mittelpunkt des Interesses. Neben der Energieeinsparung im Verkehr, in Gebäuden und der industriellen Produktion werden die saubere Nutzung fossiler Energieträger und der stärkere Einsatz alternativer Energiequellen diskutiert.

Produktions- und Prozesstechnik: Die Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz sowie die Vermeidung von Abfällen in klassischen Industriezweigen sind vom höchsten Interesse.

Nachhaltigkeit
und Umwelt als
das Leitthema

Grund: Globalisierung

Die aggregierte Sicht auf die untersuchten Studien ergibt ein klares Fazit: Nachhaltigkeit und Umwelt erweisen sich als *das Leitthema* dieser Metaanalyse.

Grund für diese hohe Bedeutung sind u. a. Aspekte der Globalisierung von Wirtschaft und Technologie, deren Zusammenhänge und Probleme in den Studien aus Südafrika und Indien besonders deutlich und nachdrücklich ausgesprochen werden: Die Globalisierung und die Öffnung der Märkte führten zu einem hohen Wettbewerbsdruck. Wer im interna-

tionalen Wettbewerb bestehen will, muss schon allein aus Kostengründen die zur Verfügung stehenden Ressourcen (einschließlich der Energie) möglichst effizient nutzen. Dies wiederum resultiert in einem hohen Bedarf an technologischen Innovationen.

Gleichzeitig führen die Ausweitung der industriellen Produktion und die Verbesserung des Lebensstandards zu ernsten Umweltproblemen. Die gleichen Themen finden sich (wenngleich auch in eher stichwortartiger Form) in der chinesischen Technologiestudie: Sauberkeit von Luft und Wasser, Vermeidung von Abfällen, Ressourceneffizienz. Im Bereich der Energieversorgung erscheint nach der chinesischen Technologiestudie allerdings die Sicherstellung der Versorgung einen gewissen Vorrang vor der Umweltfreundlichkeit zu besitzen.

In den Studien aus Dänemark, Kanada und Südkorea (z. T. auch UK) werden für die Zukunft großflächige Sensornetze zur Umweltbeobachtung und computergestützte Modellierung zur Vorhersage von Wetter, Klima und Umweltbedingungen sowie Abschätzung der Auswirkungen von Eingriffen in die Umwelt und zur Warnung vor Gesundheitsgefahren (Umweltschadstoffe, Ausbreitung von Krankheitserregern) erwartet. In einer NRC-Studie (USA) wird die Bedeutung von Satelliten zur Erd- und Umweltbeobachtung betont.

Verteidigung und Sicherheit stellen sich im Vergleich zu Nachhaltigkeit und Umwelt nicht als ein ebenso globales Technologiethema dar und wird eingehend nur von den Studien aus Nordamerika (und teilweise UK) diskutiert. In den NRC-Studien (USA) zu diesem Thema stehen die Herausforderungen, die sich aus der Globalisierung für die nationale Sicherheit der USA ergeben, deutlich im Vordergrund.

Ressourceneffizienz aus Kostengründen

Ausweitung der industriellen Produktion führt zu Umweltproblemen

Sensornetze

Umweltmodellierung

Umweltbeobachtung

Sicherheit kein vergleichbar globales Technologiethema

6 ZUSAMMENFASSUNG

Technologieprognosen spielen seit Beginn der 90er Jahren eine immer stärkere Rolle in der Innovations- und Technologiepolitik verschiedenster Akteure. Die Unterschiedlichkeit der Akteure wie auch der praktizierten Technologiepolitik, der Erfahrung bei der Durchführung von Technologieprognosen sowie der Zielsetzungen eines solchen Prozesses führen zu einer großen Bandbreite von Herangehensweisen und Methodiken, welche wiederum den Vergleich internationaler Technologieprognosen erschwert.

Große Bandbreite von Akteuren und Methodiken

Trotz der daher nicht zu vermeidenden methodischen Schwierigkeiten eines solchen Vergleiches kann eine Meta-Analyse von Technologieprognosen dazu beitragen, ein Gesamtbild im Hinblick auf die zukünftige Technologieentwicklung zu entwerfen.

Im Rahmen dieser Meta-Analyse lässt sich zunächst festhalten, dass sich die einzelnen untersuchten Technologiestudien hinsichtlich ihrer Themenbreite sowie ihrer Konkretisierungstiefe teils deutlich voneinander unterscheiden. Einerseits liegen sehr breite Studien vor, die allerdings die jeweiligen Technologien nur stichwortartig betrachten (z. B. China, Südkorea); andererseits liegen Studien vor, die spezielle Technologiebereiche sehr detailliert bearbeiten (z. B. UK). Auch die Studien aus den USA sind Beispiele für eine sehr detaillierte Bearbeitung spezieller Technologiebereiche, die aber aufgrund ihrer großen Anzahl gleichwohl einen breiten Themenbereich abdecken.

Trotz der Unterschiedlichkeit der Technologiestudien lässt sich eine deutliche inhaltliche Schwerpunktsetzung identifizieren: Nahezu alle Studien setzen sich mit dem Technologiefeld Nachhaltigkeit und Umwelt auseinander. Zudem finden sich in den meisten Technologiestudien Querbezüge zu Nachhaltigkeit und Umwelt auch in anderen Technologiefeldern (beispielsweise im Bereich der Energie oder der Produktions- und Prozesstechnik). Dies steht im Unterschied zur Vorläuferstudie, wo die Themenbereiche Bio – Nano – Material – IuK (und die Konvergenz dieser Technologien) im Vordergrund standen, während das Technologiefeld Nachhaltigkeit und Umwelt eine eher untergeordnete Rolle einnahm.

Technologiefeld Nachhaltigkeit und Umwelt als Schwerpunkt

Als weitere wichtige Technologiefelder, die von mehr als der Hälfte der in dieser Meta-Analyse untersuchten Studien detailliert betrachtet wurden, sind die Informations- und Kommunikationstechnologien, Biotechnologie/Life Sciences, Gesundheit/Ernährung, Energie sowie die Produktions- und Prozesstechnik.

Unterschied zur Vorläuferstudie

Literaturverzeichnis

Im Rahmen der vorliegenden Vergleichsstudie diskutierte Technologieprognosen

- **China:** China's Report on Technology Foresight (2003 - 2004)
- **Dänemark:** Teknologisk Fremsyn – Technology Foresight in the Danish Ministry of Science, Technology and Innovation (2003 - 2006)
- **Indien:** Zukunftsgerichtete Studien des TIFAC (2003 - 2004)
- **Kanada:** Science and Technology Foresight Pilot Project (STFPP) (2003)
- **Südafrika:** Benchmarking of Technology Trends and Technology Developments (2004)
- **Südkorea:** The 3rd Korean Foresight Exercise – The Future Perspectives and Technology Foresight of Korea – Challenges and Opportunities (2004)
- **UK:** The UK Foresight Programme (seit 2003)
- **USA:** Zukunftsgerichtete Studien des NRC (2005)

Sekundärliteratur:

ATIP-Report „Korean Prediction for Future S&T“ (2005)

Burmeister, K., Neef, A. und Beyers, B., „Corporate Foresight – Unternehmen gestalten Zukunft“, Murmann Verlag, Hamburg (2004)

Cheney, D. W., „The Emergence of S&T Priorities in the United States“, Beitrag zur 2. „International Conference on Technology Foresight“, 27 - 28 Februar 2003, Tokyo (2003)

Choi, Y., „Technology Roadmap in Korea“, The Second International Conference on Technology Foresight, online-Veröffentlichung (www.nistep.go.jp/IC/ic030227/pdf/p5-1.pdf) (2003)

Cunningham, P. und Malik, K., „Annual Innovation Policy Report for the United Kingdom“, European Trend Chart on Innovation (2004)

Gruber, M., Kolpatzik, B. W., Schönhut, J., Venter, C., „Die Rolle des Corporate Foresight im Innovationsprozess – Ziele, Ausgestaltung und Erfahrungen am Beispiel der Siemens AG“, zfo 5/2003 (72. Jg.), S. 285 - 290 (2003)

Hsiung, D-I., „An Evaluation of China's Science & Technology System and Its Impact on the Research Community“, A Special Report for the Environment, Science & Technology Section, U. S. Embassy, Beijing, China (2002)

Jensen, S., „Annual Innovation Policy Report for Denmark“, European Trend Chart on Innovation (2004)

- Luger, M., Maynard, N., „Annual Policy Trends Report for Brazil, Canada, Mexico, U. S.”, European Trend Chart on Innovation, European Commission (2004)
- Luger, M., Maynard, N. und Christie, L., „Annual Innovation Policy Trends Report for United States, Canada, Mexico and Brazil”, European Commission (2005)
- National Advisory Council on Innovation (NACI), Annual Report (2004/2005)
- Park, B., Son, S.-H., Lee, S.-Y. und Oh, D., „Technology Foresight for Long-Term S&T Planning - The 3rd Technology Foresight Exercise in Korea”, Preprint, persönliche Mitteilung (2005)
- Rogova, A., Toivonen, N., „Danish Innovation System”, Beitrag auf der „9th Circumpolar Universities Co-Operation Conference – Globalization and Sustainable Development of the Circumpolar North”, Petrozavodsk, Republik Karelien, Russland (2005)
- Shin, T., „Technology Forecasting and S&T Planning: Korean Experience”, Beitrag zum internationalen Workshop über Vorausschauprojekte in Brasilia, September 2000 (2000)
- Shin, T., „Technology Foresight and S&T Policy Making: Korean Exercise”, Prepared for the international workshop in Sao Paulo, S. 26 - 29 April 2005 (2005)
- Sigurdson, J., „A New Technological Landscape in China”, China Perspectives, Nr. 42, Juli - August 2002, S. 37 - 53 (2002)
- Socher, M., „Die Rückkehr des Office of Technology Assessment – zwischen Vision und Wirklichkeit“, Technikfolgenabschätzung, Nr. 1/11. Jahrgang März 2002, S. 73 - 76 (2002). Online-Version unter <http://www.itas.fzk.de/tatup/021/soch02a.htm>
- Tsipouri, L. J., Zygoura, A., Papakonstantinou, P., „Annual Innovation Policy for Asian Countries“, European Trend Chart on Innovation, European Commission (2004)
- Tsipouri, L., Zygoura, A. und Patsatzis, V., „Annual Innovation Policy Trends Report for Japan, China, Korea, Taiwan, Singapore, India, Malaysia, Thailand, Indonesia”, European Trend Chart on Innovation, European Commission (2005)
- Walsh, K., „Foreign High-Tech R&D in China – Risks, Rewards, and Implications for U. S- China Relations”, The Henry L. Stimson Center (2003)
- Yang, Q.-Q., Gong, Z.-M., Cheng, J.-Y., Wang, G., „Technology Foresight and critical technology selection in China“, Int. J. Foresight and Innovation Policy, Vol. 1, Nos. ½, S. 168 - 180 (2004)

ANHANG

Im Rahmen der Recherche konnten diverse nationale und internationale Technologieprognosen bzw. vergleichbare Vorausschau-Aktivitäten wie Roadmaps identifiziert werden, die aber auf Grund der im Kapitel 3 dargestellten Auswahlkriterien nicht in die vorliegende Meta-Studie aufgenommen werden konnten. Um diese Informationen dem Leser dennoch zur Verfügung zu stellen, werden sie in diesem Anhang zusammen mit Sekundärartikeln/Veröffentlichungen über Vorausschau-Projekte eines Landes erfasst, falls solche im Laufe der Recherche aufgefunden worden sind. Auch wurden je nach Informationslage öffentliche Förderprogramme für Wissenschaft und Technologie oder Strategiepläne mit in die Liste aufgenommen – allerdings nur, sofern sie einen Einblick in die nationalen Prioritäten eines Landes auf dem Gebiet der Wissenschaft und Technologie erlauben.

Die Auflistung stellt für jedes Land tabellarisch je nach Informationslage Foresight-/Technologiestudien, nationale Förderprogramme/Strategiepläne sowie schließlich Sekundärartikel/Veröffentlichungen dar. Die Auflistung erhebt dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie ermöglicht aber dennoch einen groben Überblick in die nationalen (Anhang A), europäischen (Anhang B) und internationalen Aktivitäten (Anhang C) der Technologievorausschau und -förderung.

Anhang D beschäftigt sich schließlich mit Vorausschau-Aktivitäten von großen Unternehmen. Die Herausarbeitung von technologischen, marktlichen und sozioökonomischen Trends ist angesichts eines beschleunigten technologischen Fortschritts und verkürzter Produktlebenszyklen zunehmend entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens.²⁷¹ Vermehrt werden von Unternehmen deshalb Methoden der Technologieprognose wie die Trend- und Umfeldanalyse, die Szenarientechnik, Expertenbefragungen und Delphi-Verfahren eingesetzt²⁷², um etwa Technologiesprünge rechtzeitig zu erkennen und ihr Portfolio frühzeitig an den veränderten Stand der Technologie anzupassen. Die Suche nach derartigen Vorausschauprojekten und entsprechenden Arbeitsgruppen erfolgte – unter zur Hilfenahme von Schlagwörter wie „Corporate Foresight“ bzw. verwandter Begriffe – auf den Internetpräsentationen der Unternehmen. Dabei muss einschränkend betont werden, dass der Erfolg einer solchen Suche in erheblichem Maße davon abhängt, dass die Unternehmen die Inhalte ihrer Strategieprozesse und damit verbundener Technologieprognosen veröffentlichen, was im Allgemeinen (unter anderem aus Wettbewerbsgründen) nicht der Fall ist. Eine Ausnahme bilden sehr große Unternehmen, bei denen die Verbreitung interner Technologieprognosen Teil der Öffentlichkeitsarbeit sein kann.²⁷³ Darüber hinaus verfügen große Unternehmen eher über Ressourcen für breit angelegte und themenübergreifende Technologieprognosen. Die Recherche konzentrierte sich daher auf die weltweit größten (nach Marktkapitalisierung) börsennotierten Firmen. Da eine hohe Aktualität der Technologieprognosen wegen der Geschwindigkeit der technologischen Entwicklung von zentraler Bedeutung ist, beschränkte sich die Suche auf nach 2000

²⁷¹ Gruber et al., 2003

²⁷² Burmeister et al., 2004

²⁷³ So wird die Zeitschrift „Pictures of the Future“ von Siemens, die zum Bereich der Technologieprognosen gezählt werden kann, u. a. in die Öffentlichkeitsarbeit des Unternehmens mit einbezogen. Siehe dazu Gruber et al., 2003.

veröffentlichte Studien. Trotz umfangreicher Suche²⁷⁴ konnte allerdings nur eine relativ geringe Zahl solcher Vorausschau-Initiativen gefunden werden, was die ursprüngliche Vermutung bestätigt, dass Unternehmen derartige Aktivitäten aus strategischen Gründen nicht veröffentlichen. Auch diese Auflistung erhebt aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

A: Länder

AUSTRALIEN

	Titel	Institution/Autor
Foresight/ Technologie- studien	„Alumina Technology Roadmap“, Zeithorizont 2020 (2001)	Australian Aluminium Council – http://www.aluminium.org.au
	„Renewable Energy Technology Roadmap“, Zeithorizont 2010 (2002)	Australian Government, Department of Industry, Tourism and Resources – www.isr.gov.au
	„Technology Roadmap of the Australian Building and Construction Industry“ (2004) – http://www.copper.com.au/technology_roadmap	ACIIC – Australian Centre for Innovation and International Competitiveness – http://www.aciic.org.au/index.pl?page=1
Nationale Förderpro- gramme/ Strategie- pläne	„Backing Australia’s Ability – Building our Future through Science and Innovation“, 2004 - 2012 (2004) – http://backingaus.innovation.gov.au	Australian Government Department of Education, Science and Training – www.dest.gov.au
	Nationale Forschungsprioritäten (2002)	Australian Government Department of Education, Science and Training
	„National Research Flagship (NRF) Program“ (2004/2005)	CSIRO – Australia’s Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization – http://www.csiro.au/

BELGIEN

	Titel	Institution /Autor
Foresight/ Technologie- studien	Belgian Federal Foresight Study (Foresight Studie ter ondersteuning van het federale wetenschapsbeleid), Étude prospective en appui de la politique scientifique fédérale (2002) – http://www.socioforesight.net	Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC) – www.belspo.be

²⁷⁴ Zusätzlich zu den in der Tabelle vorkommenden Unternehmen wurde nach Vorausschau-Initiativen von folgenden Unternehmen gesucht: Alcatel, Altria Group, American International Group, Apple, BP, Citigroup, Coca Cola, Deutsche Telekom, Ericsson, Ford, France Telecom, General Electric, Infineon, Johnson & Johnson, JP Morgan Chase, Microsoft, Motorola, Nestle, Novartis, Pfizer, Philips, Procter & Gamble, Roche, Saint-Gobain, Samsung, Sony, UBS, Wal Mart

BRASILIEN

	Titel	Institution/Autor
Foresight/ Technologie- studien	- „Projeto Brasil 2020“ (1996) - „Programa ProspeCTar: Ministerio da Ciencia e Tecnologia“ (2001 - 2003)	Ministerio da Ciencia e Tecnologia – http://www.mct.gov.br
	Technology Foresight Initiative for Latin America – http://www.unido.org/en/doc/4219	UNIDO – http://www.unido.org

BULGARIEN

	Titel	Institution/Autor
Foresight/ Technologie- studien	Foretech - Technology and Innovation Foresight for Bulgaria and Romania (2002 - 2004) – http://foretech.online.bg/about.php	<u>Auftraggeber</u> : STRATA-Programme der Abteilung „DG Research“ der europäischen Kommission <u>Koordinator</u> : Applied Research and Communications Fund – www.arc.online.bg

CHILE

	Titel	Institution/Autor
Foresight/ Technologie- studien	Programa Prospectiva Tecnológica – http://www.ppt.cl/inicio/prospectiva.php	Gobierno de Chile, Ministerio de Economía – http://www.minecon.cl

CHINA

Vgl. Kapitel 4.1

	Titel	Institution/Autor
Foresight/ Technologie- studien	The China Futures Programs	Center for the Future of China – http://www.china-future.org
	The China Foresight: A Strategic Guide to China's Future	
Sekundär- artikel/ Veröffent- lichungen	Cheng Jiayu, Zhou Yongchun, „A Brief Introduction of National Technology Foresight in China“, The Proceeding of International Conference on Technology Foresight, Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP) (2001) – http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/mat077e/html/mat077de.html	
	China Five-Year Forecast (2002), Center for the Future of China – http://www.china-future.org/	

DÄNEMARK

Vgl. Kapitel 4.2

	Titel	Institution/Autor
Foresight/ Technologie- studien	„The Future Danish Energy System – Scenarios and Development Trails“ (laufend).	The Danish Board of Technology – www.tekno.dk

	<p>„Green Technology Foresight“ – http://www.risoe.dk/sys/tes/projekter/green_tech_foresight.htm</p> <p>„Nordic H2 Energy Foresight“ (2003 - 2005) – http://www.h2foresight.info</p> <p>„Foresight in Creative Industries: Sound and Light Technologies“</p> <p>„EurEnDel: Technology and Social Visions for Europe Energy's Future: (European Energy Delphi)“ (2004) – http://www.izt.de/eurendel</p> <p>„Technology Foresight in Nordic Countries“ (2002).</p>	Risø National Laboratory, Department Systems Analysis – www.risoe.dk
Sekundär- artikel/ Veröffent- lichungen	<p>Danish National Green Technology Foresight Project (2004 - 2005) – http://www.greentechnologyforesight.dk/project.php</p>	Danish Environmental Protection Agency (EPA) – http://www.mst.dk
	<p>Borch, K.; Rasmussen, B., „Debating the future of genetically modified plants – bridging knowledge dimensions. A technology foresight study“, Risø-R-1421(EN) (2003) 30</p> <p>Andersen, P. D., „Introduction to Foresight in Science and Technology“, Risø National Laboratory</p> <p>Andersen, P. D., Rasmussen, B., „The Technology Scenarios Programme at Risø National Laboratory“, TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 3, 10. Jg (2001)</p> <p>Borup, M., „Green Technology Foresight as Instrument in Governance for Sustainability“ (2003)</p>	Risø National Laboratory – www.risoe.dk

ESTLAND

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/ Technologie- studien	eforesee-Projekt in Estland – http://www.eforesee.info/estonia/?s=C325BAA2-7D5B14172720-39A6	STRATA-Programme der Abteilung „DG Research“ der europäischen Kommission
	Estonian eVikings – http://www.esis.ee/eVikings/index.en.html	Europäische Kommission
	„Estonia 2010“	Estonian Institute for Future Studies (EIFS) – http://www.eti.ee/english
Sekundär- artikel/ Veröffent- lichungen	„Estonia – Future Scenarios for Year 2010“, in: Best Papers from the 1997 Brisbane Conference on Global Conversations (Paper presented in World Future Studies Federation Conference, Brisbane, 1997), WWW Version (1998)	
	Loogma, K., Pettai, I. „Forecast of the economic stratification of population with the Delfi method: Estonian case“, Paper presented in the 4th European Association of Sociology Conference „Will Europe Work?“, Amsterdam (1999)	

FINNLAND

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	„Foresight Analysis of the Energy cluster in Pirkanmaa region 2010 - 2020“ (2005) – http://www.tukkk.fi/tutu/research.asp	Finland Future Research Centre – http://www.tukkk.fi/tutu
	„Energy 2010“ (2001)	The Committee for the Future, Parliament of Finland – http://www.eduskunta.fi
	„Renewable Energy Sources in Finland by 2030“ (2002)	
	„Development Project for Technology Foresight“ (laufend)	Ministry of Trade and Industry, Technology Department, Technology Foresight – http://www.ktm.fi/index.phtml?menu_id=6&lang=3&fs=10
Sekundär-artikel/Veröffentlichungen	Report by the Committee for the Future on the Government’s report Finland 2015: Balanced Development (2002)	The Committee for the Future
	Kauhanen, A.-L., Lyytinen, J., „Best Before 01 01 2015 Future Makers – Finland 2015: Finnish Success Factors and Challenges for the Future. Final Report on the Finland 2015 Programme 7“ (2003)	The Finnish National Fund for Research and Development (Sitra) – http://www.sitra.fi/eng/index.asp

FRANKREICH

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	« Technologies-Clés 2010 » (laufendes Projekt, dessen Ergebnisse für Herbst 2005 angekündigt sind). – http://www.tc-2010.fr	Ministère français de l’Économie, des Finances et de l’Industrie – www.minefi.gouv.fr
	« Agora 2020 » (2003 - 2005) – http://www2.equipement.gouv.fr/recherche/pvs/CPVS6/activites_recherche_agora2020.htm	Ministère des Transports, de l’Équipement, du Tourisme et de la Mer (METLTM) – www.equipement.gouv.fr
	« INRA 2020. Alimentation, agriculture, environnement: une prospective pour la recherche » (2001 - 2003)	Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) – www.inra.fr
	« Opération Futuris - Recherche Innovation Société » (2003 - 2005)	Association Nationale de la Recherche Technique (ANRT) – www.anrt.asso.fr
	Research Foresight. Agriculture, Food and the Environment (2005)	Groupe Futuribles – www.futuribles.fr

GRIECHENLAND

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	Greek Technology Foresight Programme – http://www.foresight-gsrt.gr/english	<u>Auftraggeber:</u> Europäische Kommission zu 75 % und griechischer öffentlicher Sektor zu 25 %

INDIEN

Vgl. Kapitel 4.3

	Titel	Institution/Autor
Sekundär- artikel/ Veröffent- lichungen	„Long-Term Vision of DAE“ (2001)	Department of Atomic Energy (DAE), Government of India – http://www.dae.gov.in/publ/doc11/index.htm
	„Our Collective Vision“ (2004) – http://www.dae.gov.in/publ/doc11/index.htm	Joseph, K. J., and Kumar, N., „National Innovation Systems and India's IT Capability: Are there any lessons for ASEAN New Comers?“, RIS-DP # 72/2004 (2004)
		Research and Information System for the Non-Aligned and other Developing Countries – www.ris.org.in

INDONESIEN

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/ Technologie- studien	Foresight-Untersuchung im Zeitraum Januar-August 2004 im Rahmen vom ASEAN Technology Foresight and Scan Project: „Technology Roadmap for Automotive Components Industry In Indonesia“ (2004)	APEC Centre for Technology Foresight – www.apecforesight.org
Nationale Förderpro- gramme/ Strategie- pläne	„Vision and Mission of 2025 S & T“	State Ministry of Science and Technology – www.ristek.go.id

IRLAND

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/ Technologie- studien	Technology Foresight Ireland (1999) – http://www.forfas.ie/icsti/statements/tforesight/overview/index.html	Irish Council for Science, Technology and Innovation (ICSTI) – www.forfas.ie/icsti

ISRAEL

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/ Technologie- studien	„Science and Technology Foresight for Israel“ (1999 - 2000)	The interdisciplinary Center for Technology Analysis & Forecasting at Tel-Aviv University (ICTAF) – http://www.ictaf.org.il
Sekundär- artikel/ Veröffent- lichungen	„The Israel Science and Technology Foresight Study Towards the 21st Century“ Report No-H/237 (2001)	

ITALIEN

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	„Mapping of (Technology) Foresight Competencies in Europe“ (2003)	Fondazione Rosselli, Centre of Science and Technology Policy (CeS&T) – http://www.fondazionerosselli.it
	„Technology Foresight in Lecco“ (2003 - 2005)	
	„Technology Foresight, technology transfer and local economic development: a new methodological approach“ (2003 - 2005)	
	„The Corridor 5 and ICT infrastructures for an Information Society: medium term scenarios“ (2003)	
	„The Technology Foresight as technological policy instrument in the industrial districts“ (2003)	
	„A transnational analysis of results and implications of industrially oriented technology foresight studies (France, Spain, Italy and Portugal)“ (2002)	

JAPAN

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	The 8th Science and Technology Foresight Survey (2004)	National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP) – http://www.nistep.go.jp
Sekundär-artikel/Veröffentlichungen	Kuwahara, T., „Technology Foresight in Japan: The Potential and Implications of DELPHI Approach“, The Proceeding of International Conference on Technology Foresight, – The approach to and the potential for New Technology Foresight – (2001) – (http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/mat077e/html/mat0771e.html)	(Auftraggeber: Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology – www.mext.go.jp)

KANADA

Vgl. Kapitel 4.4

MALAYSIA

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	Malaysia's Vision 2020 – http://www.wtec.org/loyola/em/04_07.htm http://www.pmo.gov.my/website/webdb.nsf/vA_LLDOC/7AD5D804A3DF90CD48256E840035808E	Regierung
	Foresight-Untersuchung im Zeitraum Januar-August 2004 im Rahmen vom ASEAN Technology Foresight and Scan Project: „Technology Foresight for the Plant-Biotechnology Industry“	

Nationale Förderprogramme/ Strategiepläne	DSTN 2 – The Second National Science and Technology Policy – http://www.mosti.gov.my/opencms/opencms/MostePortal/ST/STdstnEn.html	Ministry of Science, Technology and Innovation (MOSTI) – www.mosti.gov.my , National Council for Scientific Research & Development (NCSR/MPKSN) – http://www.mosti.gov.my/opencms/opencms/MostePortal/ST/STmpksnEn.html
--	---	--

NEUSEELAND

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/ Technologiestudien	„Futurewatch“ (2004 - 2006) – http://www.morst.govt.nz/?CHANNEL=Futurewatch&PAGE=Futurewatch	Ministry of Research, Science and Technology (MORST) – www.morst.govt.nz

NIEDERLANDEN

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/ Technologiestudien	„Building on Knowledge. Report of the Foresight committee for construction“ (2000)	Advisory Council for Science and Technology Policy (Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid – AWT) – www.awt.nl

Sekundärartikel/ Veröffentlichungen	Walker, W. E., Rahman, S. A., Poyhonen, M., van der Lande, R. W. I., „Technology foresight for the Netherlands: strategic technologies and the knowledge infrastructure to support them“, International Journal of Technology, Policy and Management, Vol. 1, No. 1, pp 9 - 28 (2001)
--	---

NORWEGEN

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/ Technologiestudien	„Norwegian aquaculture 2020“ (2003 - 2004) – http://www.invanor.no/templates/NewsPage_55384.aspx http://www.forskningsradet.no/forport/application?origin=innholdsliste.jsp&event=bea.portal.frame-work_internal.refresh&pageid=ProgrammesActivities&childId=1103644960303&childName=Pro/Int/Marine/SummaryAquaculture2020&childAssetType=GenerellArtikel	Research Council of Norway – www.rcn.no

PHILIPPINEN

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/ Technologiestudien	„Science and Technology Forecasting“ (1997), Research Project for the National Economic Development Authority (NEDA)	Technology Management Center, University of the Philippines, Diliman – http://www.tmc.upd.edu.ph

Nationale Förderprogramme/Strategiepläne	National Science and Technology Plan 2002 - 2020 – http://www.dost.gov.ph/nstp.php?vop=intro	Department of Science and Technology (DOST) – www.dost.gov.ph
	„Medium-Term Philippine Development Plan (MTPDP)“ 2004 - 2010 (2004)	National Economic and Development Authority (NEDA) – http://www.neda.gov.ph
	„I.T. Action Agenda for the 21st Century“ (1997)	

RUSSISCHE FÖDERATION

	Titel	Institution/Autor
Sekundär- artikel/ Veröffentlichungen	„Science and Technology in Russia: a Forecast till 2010“, L. Gokhberg (Hrsg.), L. Mindeli (Hrsg.), Moscow (2000) (Russisch)	Center for Science Research and Statistics – http://www.csrs.ru

SCHWEDEN

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/ Technologiestudien	Technology Foresight in Sweden (2000)	Royal Swedish Academy of Engineering Sciences (IVA) – http://www.iva.se/templates/Page.aspx?id=582
	Teknisk Framsyn för Sverige (2004) – http://www.tekniskframsyn.nu	
	Energy Foresight Sweden in Europe (2000)	

SINGAPUR

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/ Technologiestudien	Singapore Infocomm Foresight 2015	Infocomm Development Authority of Singapore (IDA) – www.ida.gov.sg
Nationale Förderprogramme/Strategiepläne	Science and Technology (S&T) 2010 Plan	„Agency for Science, Technology and Research“ (A*STAR) – www.a-star.edu.sg
	Intelligent Nation 2015 (iN 2015) Master Plan	Infocomm Development Authority of Singapore (IDA) – www.ida.gov.sg
	„Connected Singapore“	

SÜDAFRIKA

Vgl. Kapitel 4.5

	Titel	Institution/Autor
Nationale Förderprogramme/Strategiepläne	„White Paper on Science and Technology: Towards the 21 st Century“ (1996)	Department of Science and Technology (DST) – www.dst.gov.za
	National Research and Development Strategy (2001)	
	National Biotechnology Strategy (2001)	
	Department of Science and Technology: Strategic Plan (2002 - 2005)	

SÜDKOREA

Vgl. Kapitel 4.6

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	„ETRI's Technologies for the 21st Century“	ETRI: Electronics and Telecommunications Research Institute – http://www.etri.re.kr/e_etri/index.php
	A 2010 Energy Policies	MOCIE Ministry of Commerce, Industry and Energy (MOCIE) – http://www.mocie.go.kr/eng/default.asp
Sekundär- artikel/ Veröffent- lichungen	Lim, K., „The 2nd Technology Forecast Survey by Delphi Approach in Korea“, Beitrag zur NISTEP-Konferenz „The Proceeding of International Conference on Technology Foresight, – The approach to and the potential for New Technology Foresight“ (2001)	
	Pyengmu, B., „Major Developments and Achievements of Korea's S&T Basic Plans – Focused on S&T Basic Plans“, Presentation Paper prepared for the international Workshop on the Comprehensive Review of the Basic S&T Plans in Japan - toward the effective benchmarking of an integrated S&T Policy (2004)	

THAILAND

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	Foresight-Untersuchung im Zeitraum Januar-August 2004 im Rahmen vom ASEAN Technology Foresight and Scan Project: „Future Needs of Manpower for Biotechnology Development in Thailand“ (2004)	APEC Centre for Technology Foresight – www.apecforesight.org ; Teil der National Science and Technology Development Agency (NSTDA) – www.nstda.or.th/english

TSCHECHISCHE REPUBLIK

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	Foresight-Untersuchung als Basis für die Aufstellung des „National Research-Programme“ (NRPII)“ (2003/2004)	Ministry of Education, Youth and Sport – www.msmt.cz

TÜRKEI

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	Vision 2023 (Subproject: Technology Foresight Project) – http://www.tubitak.gov.tr/english/policy/vision_2023.htm	The Scientific and Technological Research Council of Turkey – www.tubitak.gov.tr

UK

Vgl. Kapitel 4.7

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	Technology Roadmap 1 (2002)	Foresight Vehicle – http://www.foresightvehicle.org.uk
	Technology Roadmap 2 (2004)	

UNGARN

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	Ungarian Technology Foresight-Programme (TEP) (2000)	National Office for Research and Technology – www.nkth.gov.hu

USA

Vgl. Kapitel 4.8

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	„2020 Project“ (2004)	National Intelligence Council (NIC) – http://www.cia.gov/nic
	„Seven Revolutions“ (laufend)	CSIS – Center for Strategic and International Studies – http://www.csis.org/
	« Visions 2020 » (laufend) – http://www.visions2020.gov/Index.htm	National Science and Technology Council – http://www.ostp.gov/NSTC/html/NSTC_Home.html
	„Facilities for the Future of Science: a twenty-year outlook“ (2003)	Office of Science, US Department of Energy – http://www.er.doe.gov/
Sekundär-artikel/Veröffentlichungen	Science for the 21 st Century (2004) – http://www.ostp.gov/nstc/21stcentury/index.html	National Science and Technology Council – http://www.ostp.gov/NSTC/html/NSTC_Home.html
	„EXPEDITE: Expert-System Based Predictions of Demand for Internal Transport in Europe, 2020“ (2003)	RAND, Science and Technology Policy Institute – www.rand.org
	„New Foundations for Growth: The U.S. Innovation System Today and Tomorrow“ (2002)	
	„Next Generation Environmental Technologies: Benefits and Barriers“ (2003)	

VIETNAM

	Titel	Institution/Autor
Nationale Förderprogramme/Strategie-pläne	„Strategy for S&T development to 2010“ (2000, improved 2002)	National Institute for Science and Technology Policy and Strategy Studies (NISTPASS) – www.nistpass.gov.vn

B: Europäische Union

Auf europäischer Ebene werden Aktivitäten in der Technologieprognose in erster Linie von der Europäischen Kommission, dem Europäischen Parlament und der ESF („European Science Foundation“) durchgeführt.

Europäische Kommission

Die wichtigste Institution auf der Ebene der Kommission ist das **Referat K2 „Wissenschaftliche und technologische Zukunftsorschung“**²⁷⁵. Die Hauptaufgaben des Referates sind:

- Kooperationen im Bereich Foresight in Europa anzuregen und zu fördern;
- Informationen im Bereich Foresight zu sammeln und auszuwerten;
- Verfahren zu implementieren, die relevant für Wissenschafts- und Technologievorausschau sind.

Die wichtigsten Ergebnisse des Foresight-Referates werden auf den Internetseiten von CORDIS²⁷⁶ veröffentlicht. Hier findet sich z. B. auch der regelmäßige Newsletter zum Thema Foresight.²⁷⁷ Im Rahmen des 6. Rahmenprogramms (2002-2006) wurden über die „European Foresight Knowledge Sharing Platform“ drei wichtige Projekte für die Verbreitung und die systematische Nutzung von Vorausschauergebnissen realisiert:

- Aufbau des Netzwerkes EFMN („European Foresight Monitoring Network“). Auf der Webseite des EFMN²⁷⁸ werden Informationen über Vorausschauaktivitäten innerhalb und außerhalb Europas angeboten;
- Unterstützen des gegenseitigen Lernens zwischen Anwendern, Wissenschaftlern und Politikern im Rahmen des Projektes FOR-LEARN²⁷⁹, in dem u. a. die Entwicklung eines internet-gestützten Leitfadens für Foresight-Neueinsteiger, die Bereitstellung eines internet-gestützten Service für Praktiker, die eine Vorausschauaktivität planen oder gerade durchführen sowie die Durchführung von Lern-Workshops geplant ist;
- Unter „Promoting EU wide Foresight approaches“ wurden neun separate Studien zu verschiedenen Aspekten der Vorausschau durchgeführt.²⁸⁰

Parallel hierzu hat das Referat in Rahmen des 6. Rahmenprogramms zwei für Technologievorausschau relevante Expertengruppen einberufen: erstens die „Expert Group for Foresighting the New Technology Wave“²⁸¹, die sich in ihrem Abschlussbericht mit den „Converging Technologies“ beschäftigen, sowie zweitens die „Expert Group for Key Technologies for Eu-

²⁷⁵ <http://www.ec.europa.eu/dgs/research/organisation.cfm?lang=de#K>

²⁷⁶ <http://cordis.europa.eu/foresight/home.html>

²⁷⁷ http://ec.europa.eu/research/foresight/index_en.htm

²⁷⁸ <http://www.efmn.info/>

²⁷⁹ <http://forlearn.jrc.es/index.htm>

²⁸⁰ <http://cordis.europa.eu/foresight/platform3.htm>

²⁸¹ http://cordis.europa.eu/foresight/technology_wave.htm

rope“²⁸², die sich mit verschiedenen Themen (u. a. Nanotechnologie, Biotechnologie, Energie) auseinandersetzt haben.

Neben den genannten Aktivitäten der Generaldirektion Forschung werden auch in weiteren Generaldirektionen Aktivitäten zur Vorausschau durchgeführt. Eine umfassende Analyse dieser Aktivitäten ist an dieser Stelle nicht möglich, beispielhaft sind daher folgende genannt:

- Im Rahmen des 6. Rahmenprogramms wurden verschiedene „Advisory Groups“ eingerichtet, die der Kommission bei der Entwicklung ihrer Forschungsstrategie beratend zur Seite stehen. Hier ist beispielsweise im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien die ISTAG („Information Society Technologies Advisory Group“)²⁸³ zu nennen, die sich bspw. in ihrem Bericht „Shaping Europe’s Future through ICT“²⁸⁴ mit den Entwicklungspfaden im ICT-Bereich auseinandersetzt.
- Die europäischen Technologieplattformen²⁸⁵, die mittlerweile zu 29 verschiedenen Themenbereichen (u. a. Nanomedizin, Photonik oder nachhaltiger Chemie) etabliert sind und sich mit der zukünftigen Entwicklung in ihrem jeweiligen Bereich auseinandersetzen. Eine Aufgabe der Technologieplattformen besteht jeweils darin, eine „Strategic Research Agenda“ aufzustellen und fortzuschreiben.
- Darüberhinaus ist festzustellen, dass in vielen sog. „Specific Support Actions“ innerhalb des 6. Rahmenprogramms auch Technologieroadmaps erarbeitet werden. Stellvertretend seien die folgenden Beispiele genannt: 1. Das MONA-Projekt²⁸⁶ beschäftigt sich mit dem Verschmelzen von Optik und Nanotechnologie und stellt gegenwärtig hierfür eine Roadmap mit einem Zeithorizont von 5 bis 10 Jahren auf. 2. Die Nanotechnologie-Roadmap²⁸⁷, die für drei Anwendungsbereiche der Nanotechnologie (Materialien, Gesundheit und Medizin sowie Energie) Forschungsfahrpläne vorgelegt hat (Zeithorizont: 10 Jahre).
- Die NEST-Aktivität im 6. Rahmenprogramm („New and emerging science and technology“)²⁸⁸, die unkonventionelle und visionäre Forschung unterstützen soll, die das Potenzial hat, neue Felder für die europäische Wissenschaft und Technologie zu eröffnen oder die an potenziellen Problemen forscht, die von der Wissenschaft aufgedeckt werden.

Im vorliegenden Vorschlag für das 7. Rahmenprogramm ist die Unterstützung von Vorausschau-Aktivitäten in Wissenschaft, Technologie und den damit verbundenen sozioökonomischen Themen durch die Europäische Kommission vorgesehen²⁸⁹. Die hier vorgeschlagene

²⁸² http://cordis.europa.eu/foresight/kte_expert_group_2005.htm

²⁸³ <http://cordis.europa.eu/ist/istag.htm>

²⁸⁴ <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/istag-shaping-europe-future-ict-march-2006-en.pdf>

²⁸⁵ http://cordis.europa.eu/technology-platforms/home_en.html

²⁸⁶ <http://www.ist-mona.org/home.asp>

²⁸⁷ <http://www.nanoroadmap.it/>

²⁸⁸ <http://cordis.europa.eu/nest/home.html>

²⁸⁹ http://ec.europa.eu/research/foresight/08/edito_en.htm

zukünftige Ausgestaltung der Vorausschau-Aktivitäten beruht u.a. auf den Ergebnissen der folgenden Aktivitäten:²⁹⁰

- Im Rahmen eines ***Mid-Term Assessment of EU Foresight activities*** wurden 2004 die Foresight-Aktivitäten des Referates K2 von einem Gremium unabhängiger Experten begutachtet und mit dem Fokus auf deren Auswirkungen auf EU-, nationaler und regionaler Forschungs- und Technologiepolitik bewertet, um darauf aufbauend Empfehlungen für das 7. Rahmenprogramm zu geben.²⁹¹
- Im März 2004 wurde eine Umfrage („***Call for Ideas***“) unter Foresight-Akteuren durchgeführt, um Anregungen für zukünftige Forschungsthemen im 7. Rahmenprogramm zu erhalten²⁹². In Ergänzung dieses Aufrufs wurde im Herbst 2004 eine ***Open Web Consultation*** durchgeführt, deren Ergebnisse im Dezember 2004 veröffentlicht wurden²⁹³.
- Auf den genannten Aktivitäten baute der Workshop „***Shaping the European Dimension of Foresight***“ im Februar/März 2005 auf.²⁹⁴ Ergebnis dieses Workshops war, dass die Foresight-Aktivitäten im Vergleich zum 5. und 6. Rahmenprogramm ausgeweitet werden sollen.

Europäisches Parlament

Auf der Ebene des Europäischen Parlamentes finden sich Technologieprognosen vorwiegend im Zusammenhang mit dem EPTA („European Parliamentary Technology Assessment“)²⁹⁵. Projekte von EPTA beschäftigen sich beispielsweise mit Verkehrsszenarien in 2020, Nanotechnologie oder den Chancen und Risiken von RFID.

ESF

Die ESF²⁹⁶ trägt mit ihrem Instrument „Forward Look“²⁹⁷ zu den Vorausschauaktivitäten der Europäischen Union bei. Bisher sind beispielsweise prospektive Studien zur Nanomedizin, Ernährung und zunehmender Urbanisierung erschienen.

Institute for Prospective Technological Studies (IPTS)

Das IPTS²⁹⁸ in Sevilla ist eines von acht Forschungsinstituten der Gemeinsamen Forschungsstelle („Joint Research Centre“ - JRC)²⁹⁹ und unterstützt sowohl die Europäische Kommission

²⁹⁰ <http://cordis.europa.eu/foresight/future.htm>

²⁹¹ ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/mta_finalreport.pdf

²⁹² ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/cfi2004_essai.pdf

²⁹³ ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/consultation2004_final2.pdf

²⁹⁴ http://ec.europa.eu/research/foresight/08/article_2851_en.htm

²⁹⁵ <http://www.eptanetwork.org/EPTA/>

²⁹⁶ <http://www.esf.org/index.php?language=0>

²⁹⁷ http://www.esf.org/esf_activity_home.php?language=0&domain=0&activity=8

²⁹⁸ www.jrc.es

²⁹⁹ <http://www.jrc.cec.eu.int/>

als auch das Europäische Parlament bei Fragen u. a. zur Vorausschau. Zahlreiche Studien des IPTS zur Technologievorausschau, die auf den Internetseiten des Instituts zu finden sind, wurden vom ***European Science and Technology Observatory (ESTO)*** durchgeführt. Beispielhaft genannt sind hier das Projekt „Monitoring Foresight, Technology Forecasting and Technology Assessment Activities“, das ein vertieftes Verständnis über zukunftsorientierte Aktivitäten in Europa und deren Auswirkungen zum Ziel hatte, oder das Projekt „Mapping of (Technology) Foresight Competencies in Europe“, mit dem die wesentlichen Inhalte verschiedener Vorausschauaktivitäten in Europa erfasst werden. Seit 2005 ist das ***European Techno-Economic Policy Support Network (ETEPS)***³⁰⁰ der Nachfolger von ESTO.

C: Internationale Organisationen

	Titel	Institution/Autor
Foresight-/Technologie-studien	Current Foresight Projects for „Future Fuel Technology“, „DNS Analysis for Human Health“, „Nanotechnology“, „APEC Megacities“, „Technology for Learning and Culture“ and „Water Supply and Management“	APEC Centre for Technology Foresight – www.apecforesight.org
	Technology Foresight Initiative for Latin America – http://www.unido.org/en/doc/4219	United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) – www.unido.org
Sekundär- artikel/Veröffent- lichungen	„Foresight Analysis“ (2004)	International Council of Science (ICSU) – www.icsu.org

D: Multinationale Unternehmen

Wie in der Auflistung zu erkennen ist, orientieren sich die Technologieprognosen von Unternehmen häufig an deren Kerngeschäft. So widmet sich die Technologieprognose der Firma Nokia drahtlosen Kommunikationstechnologien, während Energieunternehmen wie Total oder Exxon zukünftige Entwicklungen des Energiemarktes untersuchen. Aus diesem Grund sind Technologieprognosen von in verschiedenen Branchen tätigen Unternehmen schwerer miteinander zu vergleichen als öffentliche nationale oder internationale Technologieprognosen.

Eine Ausnahme stellt allerdings die Firma Siemens dar, die in ihrer 2004 veröffentlichten Zukunftsstudie „Horizons 2020“ sowohl gesellschaftliche und wirtschaftliche Trends behandelt als auch ein breites technologisches Spektrum abdeckt. Inhaltlich ist diese Studie durchaus mit öffentlichen technologieübergreifenden Prognosen vergleichbar. Dennoch wurden auf Grund der gewählten Vergleichsmethodik der vorliegenden Meta-Analyse, die einzelne Länder und deren nationale Prioritäten und nicht einzelne Studien in den Fokus stellt, Vorausschau-Aktivitäten von Unternehmen – so sie denn überhaupt vergleichbar sind – nicht weiter berücksichtigt.

³⁰⁰ <http://www.eteps.net/>

Name des Unternehmens	Titel der Vorausschauintiative	Zeithorizont
BASF – www.bASF.de	„Zukunft gestalten“, Unternehmensbericht (2004)	2012
British Telecommunications – www.bt.com	„Technology Timeline till 2030 and beyond (2002)“	2030
	„2005 BT Technology Timeline“ (2005) – www.btplc.com/Innovation/News/timeline/TechnologyTimeline.pdf	2006 - 2040
Daimler-Chrysler – www.daimlerchrysler.com	„Visionen 2020“, ausgearbeitete vom Arbeitskreis Umwelt der MitarbeiterInnen der Daimler Chrysler AG (2002)	2020
	Forschung zur Energie der Zukunft der Arbeitsgruppe „Daimler-Chrysler’s Society and Technology Research Group“	k. A.
Deutsche Bank – www.deutsche-bank.de	„Globale Wachstumszentren 2020“ (2005)	2020
Deutsche Telekom	„Living tomorrow - Information and Communication Technology in Germany in 2015“ (2005?)	2015
Exxon – www.exxon.com	„Energy Trends“, „Entwicklung der Weltenergieversorgung, Treibhausgasemissionen und alternative Energieträger“ (dt. Version) (2004)	2030
Henkel – www.henkel.de	Veröffentlichung des Forschungsmagazin „Heute für morgen“, in dem „ausgewählte Forschungs- und Entwicklungsthemen in attraktiv illustrierten Artikeln anschaulich präsentiert werden“.	unterschiedlich
Hypovereinsbank – www.hypovereinsbank.de	„Mittlerer Osten 2010“ (über langfristige Geschäftspotenziale)	2010
	„Gesundheitsmarkt 2013“	2013
IBM Corp. – www.ibm.com	„2004 Global Innovation Outlook findings“ (2004)	k. A.
	„Pharma 2010“	2010
Intel Corp. – www.intel.com	„Platform 2015: Enabling Innovation in Parallelism for the Next Decade“	2015
	Innovation in Computing Platforms: Future Vision 2015	2015
Nokia – www.nokia.com	„Technologies for the Wireless Future“	2010 - 2015
Shell – www.shell.com	„Energy Needs, Choices and Possibilities, Scenarios to 2050“ (2001)	2050
	„The New Shell Global Scenarios to 2025“ (2005)	2025
Siemens – www.siemens.de	„Horizons 2020“ (2004)	2020
	Zeitschrift „Pictures of the Future“	unterschiedlich
Total – www.total.com	2003 „Sharing our Energies“, Corporate Social Responsibility Report (2003)	2005 - 2010
	„Energies“, Total’s Corporate Magazine: „From Energy to Energies: Energies of the Year 2050“	2050

Veröffentlichungen zu Innovationsprozessen in Unternehmen	Gruber, M., Kolpatzik, B. W., Schönhut, J., Venter, C., „Die Rolle des Corporate Foresight im Innovationsprozess, Ziele, Ausgestaltung und Erfahrungen am Beispiel der Siemens AG“, zfo 5/2003 (72 Jg.), S. 285 - 290 (2003)
	Holmes, C., Ferrill, M., „The Application of Operation and Technology Roadmapping to aid Singaporean SMEs Identify and Select Emerging TechnologiesTechnological Forecasting & Social Change“ 72, S. 349 - 357 (2005)
	Becker, P., „Corporate Foresight in Europe: a first overview“, Institute for Science and Technology Studies, University of Bielefeld, Germany (2002)
	Reger, G., Bürgel, H. D., Ackel-Zakour, R., „Technology Foresight in Industrial Firms: Learning from Experiences for Public Services Companies“, in: <i>Burton, Fred/ Yamin, Mo/ Bowe, Mike (eds.): EIBA 99 - European International Business Academy, 25th Annual Conference: International Business and the Global Services Economy, Manchester, 12 - 14 December 1999 (CD-Rom)</i> (1999)

Zukünftige Technologien Consulting

ist eine Beratungseinheit der VDI Technologiezentrum GmbH in Düsseldorf.

Zukünftige Technologien Consulting (ZTC) berät Entscheider aus

- Politik / politischer Administration / Regionen
EU - Bund - Länder - etc.
- Industrieunternehmen
Großunternehmen - KMU - junge Unternehmen - etc.
- Verbänden / Vereinen / Organisationen
Industrieverbände - Forschungseinrichtungen - etc.
- Finanzdienstleistern
Banken - Venture Capital Gesellschaften - etc.
- Versicherungen
Rückversicherer - etc.

in technologischen und gesellschaftlichen Zukunftsfragen.

ZTC deckt durch ein Team verschiedenster Fachdisziplinen ein breites Themen- und Methodenspektrum ab. Systematisch und mit Unterstützung eigener Softwareinstrumente werden kundenspezifisch strategische Themen identifiziert, Ideen entwickelt sowie praxisnahe Lösungen umgesetzt.

Beispiele für Beratungsdienstleistungen sind:

- Innovations- und Technologiemonitoring
- Technologiefrüherkennung
- Newsmonitoring
- Szenarien und Prospektionen
- Meta-Analysen von Zukunftsstudien
- Studien und Innovationsanalysen
- Prozessberatungen, Prozessmoderationen
- Innovations- und Technologiemanagement
- Themengenerierung

Weitere Informationen erhalten Sie unter **www.zt-consulting.de**

Zukünftige Technologien Consulting (ZTC)
VDI Technologiezentrum GmbH
Graf-Recke-Straße 84
40239 Düsseldorf
Telefon: +49 (0) 211 62 14-5 72
Telefax: +49 (0) 211 62 14-1 39
Email: ztc@vdi.de

www.zt-consulting.de