

## Bericht

des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung  
(18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung

### Technikfolgenabschätzung (TA)

#### Innovationsreport

#### Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien

#### Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| <b>Vorwort</b> .....  | 4     |
| <b>Zusammenfassung</b> .....  | 5     |
| <b>I. Einleitung</b> .....  | 10    |
| <b>II. Blockaden: eine Literatur- und Datenanalyse</b> .....        | 13    |
| 1. Innovationsdeterminanten .....                                   | 13    |
| 2. Innovationsarten und Innovationsphasen .....                     | 17    |
| 3. Blockaden im internationalen Vergleich .....                     | 24    |
| 3.1 Blockaden aus Sicht der Wirtschaft .....                        | 24    |
| 3.2 Blockaden in der Kostendimension .....                          | 29    |
| 3.3 Blockaden in der Wissensdimension .....                         | 32    |
| 3.4 Blockaden in der Marktdimension .....                           | 41    |
| 3.5 Blockaden in der institutionellen Dimension .....               | 45    |
| 3.6 Blockaden in weiteren Dimensionen .....                         | 49    |
| 4. Zusammenfassung und Hypothesenbildung .....                      | 51    |
| <b>III. Innovative Schlüsseltechnologien</b> .....                  | 53    |
| 1. Indikatoren zur Bestimmung innovativer Schlüsseltechnologien ... | 53    |
| 2. Auswahl dreier Fallbeispiele .....                               | 56    |
| 3. Vorgehensweise für die Fallstudienanalyse .....                  | 59    |

|   | Seite |
|---|-------|
| <b>IV. Fallstudie Nanoelektronik</b> .....                | 60    |
| 1. Technologiebeschreibung .....                          | 60    |
| 1.1 Entwicklung und Stand der Nanoelektronik .....        | 61    |
| 1.2 Innovationssystem Nanoelektronik .....                | 63    |
| 2. Blockaden .....  | 67    |
| 2.1 Blockaden im Bereich „More Moore“ .....               | 67    |
| 2.2 Blockaden im Bereich „More than Moore“ .....          | 69    |
| 2.3 Blockaden im Bereich „Beyond CMOS“ .....              | 69    |
| 2.4 Blockaden im „Innovationssystem Nanoelektronik“ ..... | 70    |
| 2.5 Blockaden – eine Zusammenfassung .....                | 71    |
| 3. Akteursspezifische Maßnahmen .....                     | 73    |
| 3.1 Maßnahmen im Bereich „More Moore“ .....               | 73    |
| 3.2 Maßnahmen im Bereich „More than Moore“ .....          | 76    |
| 3.3 Maßnahmen im Bereich „Beyond CMOS“ .....              | 79    |
| 3.4 Maßnahmen im „Innovationssystem Nanoelektronik“ ..... | 82    |
| <b>V. Fallstudie Windenergie</b> .....                    | 85    |
| 1. Technologiebeschreibung .....                          | 85    |
| 1.1 Innovationssystem Windkraft .....                     | 86    |
| 1.2 Entwicklung und Stand der Windenergie .....           | 88    |
| 2. Blockaden .....  | 94    |
| 2.1 Blockaden in der Forschung und Entwicklung .....      | 94    |
| 2.2 Blockaden bei der Umsetzung .....                     | 97    |
| 2.3 Blockaden bei der Diffusion in die Breite .....       | 100   |
| 3. Akteursspezifische Maßnahmen .....                     | 102   |
| 3.1 Maßnahmen für die Politikakteure .....                | 103   |
| 3.2 Maßnahmen für die Wissenschaftsakteure .....          | 106   |
| 3.3 Maßnahmen für die Wirtschaftsakteure .....            | 106   |
| <b>VI. Fallstudie MP3-Player und Mini-Beamer</b> .....    | 107   |
| 1. Technologiebeschreibung .....                          | 107   |
| 1.1 Entwicklung und Stand der MP3-Technologie .....       | 108   |
| 1.2 Vergleich von MP3-Player und Mini-Beamer .....        | 113   |
| 2. Blockaden .....  | 114   |
| 2.1 Blockaden in der Kostendimension .....                | 115   |
| 2.2 Blockaden in der Wissensdimension .....               | 116   |
| 2.3 Blockaden in der Marktdimension .....                 | 116   |
| 2.4 Blockaden in der institutionellen Dimension .....     | 117   |
| 2.5 Blockaden in weiteren Dimensionen .....               | 118   |
| 2.6 Blockaden – eine Zusammenfassung .....                | 118   |
| 3. Akteursspezifische Maßnahmen .....                     | 119   |

---

|   | Seite |
|---|-------|
| <b>VII. Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien:<br/>eine vergleichende Analyse</b> ..... | 121   |
| 1. Technologiespezifische und -übergreifende Blockaden .....  | 121   |
| 2. Zusammenfassung übergreifender Blockaden .....   | 129   |
| 3. Maßnahmen zum Abbau der Blockaden .....  | 131   |
| <b>VIII. Literatur</b> .....  | 136   |
| <b>IX. Anhang</b> .....   | 140   |
| 1. Tabellenverzeichnis .....  | 140   |
| 2. Abbildungsverzeichnis .....  | 142   |

## Vorwort des Ausschusses

Im globalen Wettbewerb um die weltweiten Märkte ist es für die exportorientierte Volkswirtschaft Deutschlands von elementarer Bedeutung, Ergebnisse von Forschung und Entwicklung sowie innovative Ideen rasch zur Anwendung zu bringen. Auch ist eine schnelle Diffusion und Etablierung konkreter Produkte und Verfahren im Markt gegen oftmals starke Konkurrenz erforderlich. Welche Faktoren aber entscheiden über den Erfolg im Innovationswettbewerb? Und welche Möglichkeiten bestehen für Forschungs-, Bildungs- und Innovationspolitik, Blockaden zu beseitigen und günstige Rahmenbedingungen zu schaffen?

Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung hat deshalb das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) beauftragt zu untersuchen, welche fördernden und hemmenden Faktoren in Deutschland über die Umsetzung von Schlüsseltechnologien, die Schaffung deutscher Vorreitermärkte und damit über nachhaltige Exporterfolge entscheiden. Der Untersuchungsauftrag wurde durch den Ausschuss dahingehend konkretisiert, anhand dreier Fallstudien – Nanoelektronik als Querschnittstechnologie, Windenergie als Anwendungstechnologie, MP3-Player und Mini-Beamer als Anwendungen – spezifische und übergreifende Faktoren und damit Ansatzpunkte für die politische Gestaltung des deutschen Innovationssystems zu identifizieren.

Der vom TAB vorgelegte Innovationsreport zeigt auf, welche Blockaden auf den unterschiedlichen Ebenen Kosten, Wissen, Markt und Institutionen über die verschiedenen Phasen des Innovationsprozesses hinweg von besonderer Relevanz waren bzw. sind. Zudem werden aus der Perspektive einer systemischen Innovationspolitik übergreifende Handlungsoptionen herausgearbeitet:

- Bildung strategischer Allianzen z. B. zwischen FuE-Instituten und der Industrie, um Entwicklungskosten zu teilen;
- Unterstützung von Förderentscheidungen durch wissenschaftliche Vorausschauaktivitäten, Roadmaps und Instrumente zur technologischen Früherkennung im Hinblick auf technologische Realisierbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Markt- und Wachstumspotenziale, Lösung globaler Probleme und Nachhaltigkeit;
- Stärken internationaler Sichtbarkeit und globaler Nachfrage nach deutschen Technologien durch Leuchtturmprojekte z. B. in den Bereichen Klimaschutz und Energieeffizienz;
- Aufbau von Testinfrastrukturen bzw. Testzentren zur Unterstützung von KMU, frühzeitige Gestaltung adäquater regulatoriver Rahmenbedingungen für technische Standards und Normen, eine verstärkte IPR-Verwertung sowie ein verstärkter IPR-Schutz.

Die innovationspolitischen Handlungsoptionen werden den Gremien des Deutschen Bundestages für ihre weitere Arbeit, geeignete Bedingungen zu schaffen, dass Deutschland nicht nur auf seinen traditionell starken Märkten, sondern auch auf den Märkten zukünftiger Schlüsseltechnologien erfolgreich sein kann, zur Kenntnisnahme empfohlen.

Berlin, den 20. Mai 2010

## Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung

**Ulla Burchardt, MdB**

Ausschussvorsitzende

**Dr. Thomas Feist MdB**

Berichtersteller

**René Röspel, MdB**

Berichtersteller

**Prof. Dr. Martin Neumann, MdB**

Berichtersteller

**Dr. Petra Sitte, MdB**

Berichterstellerin

**Hans-Josef Fell, MdB**

Berichtersteller

## Zusammenfassung

Deutschland gilt als innovativ und im weltweiten Vergleich exzellent in der Grundlagenforschung und Technologieentwicklung. Deutschland ist stark in seinen traditionellen Märkten. Das ist nicht neu und wird in Expertengesprächen und Innovationsstudien immer wieder betont. Deutschland hat aber auch Probleme, wenn es um die schnelle und breite Umsetzung der innovativen Ideen und Ergebnisse der Forschung und Entwicklung in konkrete Anwendungen geht. Auch die Diffusion und Etablierung der aus neuen Schlüsseltechnologien entstandenen Anwendungen am Markt stellen die Unternehmen oftmals vor kaum oder schwer zu überwindende Blockaden.

## Zielsetzung und Vorgehen

Im Auftrag des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung hat das TAB eine Untersuchung zum Thema „Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien“ durchgeführt. In dem vorliegenden TAB-Innovationsreport „Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien“ geht es daher um die Frage, welche Innovationshemmnisse in Deutschland existieren, wenn es um die Umsetzung von Schlüsseltechnologien und die Schaffung deutscher Vorreitermärkte („lead markets“) geht, und wie diese abgebaut werden können. Denn Vorreitermärkte stellen eine wichtige Bedingung für zukünftige Exporterfolge dar.

Hinsichtlich einzelner konkreter Schlüsseltechnologien, aber auch im Rahmen allgemeiner Innovationssystemanalysen, ist bereits auf derartige Fragestellungen eingegangen worden. Der Ansatz in dem vorliegenden Innovationsreport ist eine Kombination aus einer technologieübergreifenden Innovationssystemanalyse, basierend auf einer umfassenden Literatur- und Datenanalyse, sowie drei technologiespezifischen, vertiefenden Fallstudien zu konkreten Schlüsseltechnologien. Der Innovationssystemansatz liefert ein Untersuchungsraaster für die vergleichende Betrachtung der drei Fallstudien und zielt zunächst auf das Erfassen und Strukturieren der zentralen Hemmnisfaktoren ab, welche in den Fallstudien konkret analysiert und bewertet werden. Dabei wird der aktuelle wissenschaftliche Stand von technologieunspezifischen Innovationshemmnissen dargestellt. Die drei Fallstudien ermöglichen wichtige Vergleiche und Schlussfolgerungen anhand differenzierter und technologiespezifischer Betrachtungen aus Sicht der Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Im Rahmen einer vergleichenden Analyse werden schließlich technologieübergreifende Handlungsoptionen für die Etablierung von Schlüsseltechnologien abgeleitet.

## Innovationssystemanalyse zu Innovationsblockaden

Die technologieübergreifende Analyse zielt auf eine Bestandsaufnahme von Einflussgrößen der Innovation ab, sogenannte Innovationsdeterminanten. Diese können für Innovationen förderlich oder hemmend wirken und hängen maßgeblich von der Art der Innovation (z. B. Pro-

dukt-, Prozessinnovation) und den Phasen des Innovationsprozesses ab (z. B. FuE, Umsetzung, Diffusion). Zentrale Innovationshemmnisse bzw. „Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien“ lassen sich vier Dimensionen zuordnen – Kosten, Wissen, Markt und Institutionen.

Im Ergebnis stellen sich vor allem Blockaden in der Kostendimension, wie zu hohe Innovationskosten, mangelnde private Finanzierungsquellen oder öffentliche Fördermittel als Problem dar. Eher positiv gelten am Standort Deutschland die Faktoren technische Informations- und Kommunikationsstruktur, Kooperation innovativer Unternehmen und Wettbewerbsintensität. Auch das prinzipielle Vorhandensein zentraler und wichtiger Förderinstrumente sowie fachspezifischer Netzwerke und Cluster sind positive Merkmale. Die Mehrzahl der Faktoren – darunter auch einige der als besonders wichtig eingeschätzten – gilt allerdings tendenziell als hemmend. Darunter fallen u. a. das Regulierungsumfeld und bürokratische Hürden oder eine fehlende Risikobereitschaft deutscher Unternehmen.

**Kostenfaktoren:** Unter Kostenaspekten zeigt sich, dass in Deutschland die überwiegende Mehrzahl der Innovationen aus Eigenkapital finanziert wird. Dabei stellt die Beschaffung von Fremdkapital Unternehmen aus den neuen Bundesländern vor größere Schwierigkeiten als Unternehmen aus den alten Bundesländern. Außerdem zeigt der europäische Vergleich, dass es in kaum einem anderen Land so schwierig ist, an Wagniskapital (Venture Capital) zu gelangen, wie in Deutschland. Auch die allgemeine Bewertung der Finanzierungsbedingungen von Innovationen fällt für Deutschland vergleichsweise deutlich schlechter aus als für die meisten anderen europäischen Staaten und die USA. Allerdings sollte diese Problematik angesichts der 2008 begonnenen Finanzkrise unter einem erweiterten Blickwinkel betrachtet werden, da sich eine geringere Schuldenlast und Abhängigkeit von der Investitionsbereitschaft privater Geldgeber weniger negativ auf den Standort Deutschland auswirkten.

**Wissensfaktoren:** In Bezug auf die Wissensfaktoren zeigt sich, dass der Anteil der FuE-Ausgaben am BIP in Deutschland etwas über dem OECD- und deutlich über dem EU-Durchschnitt liegt. Auch der Anteil industrie-finanzierter FuE-Ausgaben liegt deutlich über dem europäischen Durchschnitt. Dabei sanken in Deutschland – im Gegensatz zum internationalen Trend – die öffentlich finanzierten FuE-Aufwendungen in den letzten Jahren zusätzlich. In keinem anderen europäischen Land fließt ein so hoher Anteil der FuE-Ausgaben in das verarbeitende Gewerbe wie in Deutschland, wobei der Schwerpunkt im Bereich hochwertiger Technologien liegt. Gleichzeitig gibt es jedoch auch kaum ein europäisches Land, in dem ein so geringer Teil der FuE-Ausgaben im Dienstleistungsbereich getätigt wird. Hinsichtlich des Bildungssystems liegt Deutschland nur im Bereich Humanressourcen in Wissenschaft und Technik über den EU-Durchschnittswerten. Bei den Bildungsausgaben und dem Anteil der Absolventen naturwissenschaftlicher und technischer Disziplinen steht Deutschland vergleichsweise deutlich

schlechter dar. Beim Anteil der Absolventen naturwissenschaftlicher und technischer Disziplinen liegt Deutschland ebenfalls unter dem EU-Durchschnitt. Noch schlechter gestaltet sich seine Position im europäischen Vergleich, wenn man den Anteil von Unternehmen betrachtet, welche Innovationskooperationen mit Forschungseinrichtungen eingehen.

**Marktfaktoren:** Bei den Marktfaktoren wird in der Darstellung zwischen Wettbewerb und Nachfrage unterschieden. Verschiedene Datenquellen zeigen, dass Deutschland zu den zehn wettbewerbsstärksten Volkswirtschaften der Welt gehört. Als problematisch oder verbesserungsfähig werden jedoch insbesondere folgende Aspekte identifiziert: die wenig flexible Arbeitsmarktpolitik, die unbewegliche Bürokratie, die nur mit großem Aufwand einhaltbaren Regulierungen, unproduktive Staatsausgaben. In Bezug auf die Nachfrage zeigt sich zunächst, dass Auftraggeber oder Kunden in Deutschland etwas häufiger eine wichtige Rolle als Informationsquelle spielen als im europäischen Durchschnitt. Bei den innovationsfördernden Nachfragebedingungen liegt Deutschland im internationalen Vergleich im Mittelfeld.

**Institutionelle Faktoren:** Die institutionellen Faktoren werden in erster Linie auf der Ebene von Regulierungen betrachtet. Dabei zeigt sich, dass die deutschen Regulierungen sowohl aus der Perspektive deutscher Unternehmen als auch aus der Perspektive von Unternehmen in anderen europäischen Ländern überdurchschnittlich häufig als besonders innovationshemmend empfunden werden. Einzig bei der Wahrung von geistigen Eigentumsrechten steht Deutschland im internationalen Vergleich mit an der Spitze.

### **Drei Typen von Schlüsseltechnologien**

Das in der Innovationssystemanalyse erarbeitete Untersuchungsraster erlaubt eine komparative Betrachtung konkreter Fallbeispiele und seine Überprüfung der technologieübergreifenden Blockaden hinsichtlich der Dimensionen Kosten, Wissen, Markt und Institutionen. Es zeigt sich, dass Schlüsseltechnologien als mindestens drei zentrale Technologietypen vorliegen können, welche nicht voneinander unabhängig sind. Sie sind daher in ihrem Zusammenspiel zu betrachten: Querschnittstechnologien (wie z. B. optische Technologien, Nanotechnologie, Biotechnologie), welche die Zukunftschancen und Wachstumsmärkte von morgen darstellen und in zahlreiche Anwendungen münden können. Anwendungstechnologien (wie z. B. Medizin-, Umwelt-, Automobil-, Energietechnik), in denen Deutschland z. T. traditionelle Stärken aufweist und welche auch langfristige, globale Nachfrage erzeugen können. Anwendungen (wie konkrete Produkte oder Verfahren), welche in Nischen-, Wachstums- und globalen Nachfragemärkten auch in Zukunft zur Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands beitragen können. Typischerweise gehen Querschnittstechnologien aus vielfältigen innovativen Ideen, Entwicklungen, Forschungsergebnissen bzw. Schlüsseltechnologien in mehreren Anwendungstechnologien und schließlich Anwendungen auf.

Die Fallstudien zur Nanoelektronik als Querschnittstechnologie, Windenergie als Anwendungstechnologie sowie zu MP3-Playern und Mini-Beamern als Anwendungen stellen jeweils repräsentative Beispiele dieser Technologietypen dar. Verbindende Charakteristika der Fallbeispiele sind diesen gemeinsam zugrundeliegende Ex-Post-Perspektiven (bei der Nanoelektronik aus Sicht der bereits etablierten Halbleitermikroelektronik, bei der Windenergie aus Sicht der Onshorewindkraftanlagen, bei der MP3-Technologie aus Sicht des MP3-Formats bzw. des MP3-Players) als auch Ex-Ante-Perspektiven (bei der Nanoelektronik hinsichtlich alternativer Konzepte jenseits der heutigen Halbleiterelektronik, bei der Windenergie in Bezug auf Offshorewindkraftanlagen, bei dem Mini-Beamer aus Sicht eines noch nicht am Markt etablierten innovativen Produkts). Die auf Literaturanalysen, Experteninterviews und einem Workshop im Deutschen Bundestag mit Experten zu den drei Technologiebeispielen basierenden Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

### **Blockaden in der Nanoelektronik**

Die Nanoelektronik stellt mit ihren breiten Anwendungsmöglichkeiten u. a. in IuK-Anwendungen, Sicherheits-, Umwelt-, Medizintechnik einen Wachstumsmarkt mit enormen Potenzialen dar und bietet die Chance, zu vielfältigen innovativen Anwendungen beizutragen. Sie gilt daher sicherlich als strategisch wichtiges Zukunftsfeld, in welchem die deutsche Forschung aus heutiger Sicht prinzipiell gut aufgestellt ist.

**Kostenfaktoren:** Zu zentralen Blockaden zählen die mit jeder Fabrikgeneration steigenden Investitionskosten für Fertigungslinien, inklusive der FuE-Kosten, sodass die wenigen verbleibenden Chiphersteller weltweit in einem besonders harten Wettbewerb stehen. Für die Produktion gilt zudem insbesondere das zyklische Geschäft mit Massenspeichern als problematisch und risikoreich. Massive staatliche Investitionsförderungen in Fernost, insbesondere durch Steuererleichterungen und Subventionen oder die Bereitstellung kompletter Fertigungslinien und Infrastrukturen durch den Staat, stellen für die europäischen Halbleiterstandorte, welche dem EU-Beihilferecht unterliegen, ein zusätzliches Problem dar. Das Thema der staatlichen Unterstützung nimmt gerade in der Nanoelektronik eine europäische Dimension ein, da in Europa nur noch wenige Hersteller in diesem Bereich existieren, welche im „leading edge“ auf unterschiedlichen Märkten agieren (z. B. Qimonda bei DRAMs, Numonyx bei Flashspeichern, AMD bei Prozessoren). Infolge der enormen Kosten, ungleichen Förderbedingungen sowie einer fehlenden Industriepolitik besteht die Gefahr der Abwanderung der Fertigung aus Deutschland bzw. Europa nach Asien, bis nur noch wenige globale Player den Markt dominieren.

**Marktfaktoren:** Zentrale Blockaden werden neben dem nicht vorhandenen oder knappen Kapital der KMU vor allem in der fehlenden oder schwachen Kooperation bzw. dem Wissens- und Technologietransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zur schnellen Identifikation und

Besetzung neuer Anwendungen und Marktsegmente gesehen. Ausbleibende durchschlagende Ideen für Produktinnovationen in diesem Bereich, welche sich durchsetzen lassen und einen Markt nachhaltig besetzen können, sind Herausforderungen. Die z. T. noch fehlende Fokussierung vor allem der Großindustrie hinsichtlich ihrer Produktspektren oder nachhaltiger Geschäftsmodelle stellt sich als Blockade heraus und erschwert die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Als konkrete Bereiche, in welchen Deutschland beispielsweise gut positioniert ist und künftig Vorreiterpositionen einnehmen könnte, gelten Nanomaterialwissenschaften, 3-D-Integration, Heterointegration (Sensorik, Aktuatorik), Opto-, Leistungs- oder energieeffiziente bzw. „grüne“ Elektronik.

Wissensfaktoren: Fehlende u. a. bessere Lehrangebote und gemeinsame Aktivitäten der Universitäten mit Unternehmen, um den Nachwuchs für eine Unternehmensgründung zu interessieren, machen Probleme. Die mangelhafte und wenig zielgerichtete Umsetzung der Forschungsergebnisse der Wissenschaft in die Fertigung bzw. in Produkte sowie das fehlende rechtzeitige Erkennen potenzieller Anwendungen und das sofortige Reagieren, um mit Produktideen schnell am Markt zu sein, werden als weitere Blockaden benannt. Für die Erforschung und Entwicklung neuer nanotechnologischer Verfahren, welche für spätere industrielle Anwendungen herangezogen werden könnten, besteht z. B. gezielter Förderbedarf. Auch die fehlende Konzentration der Wissenschaft auf zentrale Themen und Fragestellungen, in denen Deutschland gut aufgestellt ist, sowie die konsequente Förderung einer Nanoelektronik jenseits der heutigen Halbleiterelektronik werden als Blockaden wahrgenommen.

Institutionelle Faktoren: Auf nationaler und europäischer Ebene fehlen eine gemeinsame Vision und der politische Wille, sich offensiv zur Nanoelektronik zu bekennen. Synergieeffekte werden oft nicht genutzt und es kommt aufgrund mangelnder Arbeitsteilung zu Doppelarbeiten, z. B. in Entwicklungslabors. Europäische Halbleiterunternehmen haben zunehmend mit Patentverletzungen durch Länder wie Taiwan, China, Korea und Nordamerika zu kämpfen, welche u. a. zu Verlusten von Marktanteilen und Marktwerten der Unternehmen führen können und somit die Wettbewerbsfähigkeit stark beeinflussen. Zu starre Rahmenbedingungen in der Forschung bzw. der Industrie selbst sowie bürokratische, zeitaufwendige Hürden sind weitere Blockaden. Die Hightech-Strategie der Bundesregierung wird positiv bewertet, jedoch wird nach einer deutlicheren und nachhaltigeren Umsetzung und einem koordiniertem bzw. dem zielgerichteten Einsatz von Instrumenten gefragt.

### **Blockaden in der Windenergie**

Die Windenergie lässt sich wohl mittlerweile in die Anwendungstechnologien mit traditionellen deutschen Stärken einreihen oder könnte dies in Zukunft sein. In Deutschland reichen die Aktivitäten im Bereich der Windenergie von FuE über Umsetzung bis hin zur Marktverbreitung bzw. Diffusion der Anwendungen von Wind-

kraftanlagen. Sie hat sich in den letzten Jahren zu einem wichtigen Wirtschaftsfaktor entwickelt.

Kostenfaktoren: Innovative Vorhaben (z. B. im Offshorebereich) scheitern öfters an der mangelnden Risikobereitschaft, Akzeptanz und Begeisterungsfähigkeit der Förderer. Hinzu kommen vergleichsweise schwierige teure und riskante Offshorebedingungen in Deutschland (u. a. aufgrund von Naturschutzgebieten oder des Wattenmeers). Hohe Investitionskosten sowie technologische und marktseitige Unsicherheiten bei Umsetzung und Diffusion und damit verbundenen hohen Risiken führen zu erheblichen Bedenken bei allen beteiligten Akteuren und erschweren z. B. Risikobewertungen. Da es sich zudem um einen politisch getriebenen Markt handelt, hängt die Sicherheit der Prognosen zusätzlich noch von politischen Faktoren ab, die es zu kalkulieren gilt. Wichtig sind daher Transparenz und stabile Rahmenbedingungen. Für Deutschland wird außerdem eine zu späte und unzureichende Förderung der Offshoreindustrie entlang der gesamten Wertschöpfungskette als Hemmnis identifiziert (u. a. Installation und Logistik).

Wissensfaktoren: Der sich abzeichnende Fachkräftemangel, insbesondere in den Bereichen Naturwissenschaften und Ingenieurwesen, hemmt die Technologieentwicklung in der Windenergie, vor allem im Offshorebereich. Mit zunehmender Diffusion wächst der Bedarf nach einer systematischen, nachfrageorientierten Ausbildung an Fachkräften. Dabei wird deutlich, dass eine engere Zusammenarbeit bzw. Abstimmung zwischen Ausbildungseinrichtungen und Wirtschaft immer wichtiger wird. Neben der Ausbildungsproblematik fehlt z. B. auch bislang eine einheitliche nationale Forschungsstrategie und die Übersetzung der formulierten Globalziele (z. B. zum künftigen Anteil der erneuerbaren Energien) in ein definiertes, stimmiges, die gesamte Wertschöpfungskette umfassendes gesamtes Forschungsprogramm. Die Windenergie wird primär durch das BMU gefördert (derzeit mit Fokus auf Offshore). Indem andere Ministerien stärker einbezogen werden sowie eine koordinierte, landesweite und akteursübergreifende Forschungsstrategie verfolgt wird, könnten Potenziale durch die aktuelle Förderpolitik systematischer ausgeschöpft werden.

Marktfaktoren: Blockaden stellen sich im Zusammenhang mit mangelnder Kunden- und Verbraucherakzeptanz dar. So sind in der Windenergie die „mangelnde Ästhetik“ sowie Lärmbelästigungen oft genannte Hemmnisse. Weiterhin werden beispielsweise durch fehlende politische Zielvorgaben Unsicherheiten erzeugt. So gibt es z. B. immer noch kein klares „globales Commitment“ zu CO<sub>2</sub>-Zielen. Ein weiteres Hemmnis wird darin gesehen, dass der internationale Bedarf nicht immer bekannt ist. Die zunehmende Entkopplung zwischen FuE- und Produktionsstätten sowie Absatzmärkten, u. a. durch die Verlagerung der Schlüsselabnehmermärkte, bedarf einer zügigeren Internationalisierung, die u. a. mit der Ausrichtung auf internationale Nachfragespezifika verbunden ist. Der Einfluss der Politik auf Einzelmärkte wird hier besonders deutlich, da der Erfolg der Windenergie in Deutschland mehr durch die Politik bzw. den politischen Willen (ins-

besondere in punkto Umweltfragen) als durch den Markt bestimmt wird. Dies kann privatwirtschaftliche FuE-Investitionen behindern oder zu Marktverzerrungen führen. Andererseits hat sich an Großprojekten wie GROWIAN gezeigt, dass ein Wechselspiel zwischen „Staat als intelligenter Nachfrager“ und freier Markt-/Technikentwicklung vorteilhaft ist.

**Institutionelle Faktoren:** Hinsichtlich der internationalen Markterschließung sowie der internationalen Wettbewerbsfähigkeit in der Windenergie wird derzeit als Innovationshemmnis gesehen, dass z. B. noch kein einheitlicher EU-Binnenmarkt vorhanden ist, obgleich ein Bedarf nach Marktgröße und „kritischer Masse“ existiert. Um dies erreichen zu können, sind im Bereich der gesetzlichen Regelungen u. a. eine frühzeitige europäische Standardsetzung für den Netzzugang und eine weltweite Normung der Anschlussbedingungen („grid codes“) erforderlich. Eng hieran gekoppelt ist eine zentrale Kritik, dass deutsche Akteure derzeit noch unzureichend in internationale Standardisierungs- und Normierungsprozesse eingebunden sind bzw. diese Prozesse nicht aktiv genug vorantreiben.

#### **Blockaden bei MP3-Player und Mini-Beamer**

Obwohl das MP3-Format in Deutschland entwickelt wurde, konnten die Diffusions- und Marktpotenziale im Fall des MP3-Players von deutschen Unternehmen nicht entsprechend ausgeschöpft werden. Unternehmen in den USA und Asien besetzen heute den Markt für MP3-Player. Im Fall des Mini-Beamers, als zweite Anwendung, könnte sich eine vergleichbare Entwicklung abzeichnen. Der Erfolg der MP3-Technologie als solcher sowie der Forschungsergebnisse im Bereich der Entwicklung von Mini-Beamern wurde maßgeblich durch die frühen Akteure bestimmt. Er äußert sich durch ein breites Engagement dieser Akteure, hochklassige Forschung zu produzieren, diese breit an Unternehmen zu lizenzieren und durch Folgeaktivitäten wie der aktiven Normungsarbeit auf internationaler Ebene den Einfluss der Technologie zu stärken.

**Kostenfaktoren:** Im Fall des MP3-Players ist der fehlende Zugang zu adäquaten Finanzierungsquellen vor allem beim Übergang vom Prototypen zur Markteinführung zentral. Mangels Risikokapitals kam es hier beispielsweise zu einer suboptimalen Marktdurchdringung. Zudem liegen die benötigten Produktionskapazitäten gerade in der Unterhaltungselektronik konzentriert fast nur noch im asiatischen Raum vor. Der Zugang komplementärer Technologien, d. h. der Zugriff auf zusätzliche Bauteile, ist in Deutschland oftmals nicht gegeben, so im Fall des MP3-Players. Auch im Vergleichsfall der Mini-Beamer zeigt sich, dass bestimmte Chips nicht zur Verfügung stehen, welche für die Entwicklung von Prototypen und vor allem der Entwicklung erster Produktkleinserien notwendig wären.

**Wissensfaktoren:** Neben dem Problem des Personal Mangels zeigte sich im Fall der MP3-Technologie die Schwierigkeit, Kooperationspartner im Bereich der Vermarktung zu finden, als zentrales Problem. Ähnliches lässt sich ak-

tuell auch im Fall des Mini-Beamers beobachten. Eine unterschiedliche Wahrnehmung der wirtschaftlichen Verwertbarkeit deutscher Forschungsergebnisse seitens in- und ausländischer Unternehmen wird hier als Blockade identifiziert. Der Mangel an Risikobereitschaft deutscher Unternehmen wird als unternehmensinternes Problem festgestellt.

**Marktfaktoren:** Oftmals stellen die Rolle starker Marken und die damit verbundene Dominanz etablierter Unternehmen für die Umsetzung und Diffusion neuer Technologien ein Hemmnis dar, dies gilt auch im Fall des MP3-Players. Die ausländische Konkurrenz hat es hier zudem geschafft, ihre Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln, so dass sich die Verwertung der MP3-Technologie nicht in der Herstellung und Vermarktung von Geräten erschöpfte, sondern auch andere Formen der Wertschöpfung ermöglichen konnte, z. B. über den Vertrieb von Medien, also im Dienstleistungsbereich. Die Relevanz und Förderung von Vermarktungspartnerschaften bzw. Vermarktungskonsortien werden im Fall des MP3-Players besonders betont.

**Institutionelle Faktoren:** Für die Anwendungsbeispiele MP3-Player und Mini-Beamer haben institutionelle Faktoren weniger Bedeutung und betreffen lediglich das Problem bürokratischer Hürden – zumeist für KMU bei der Beantragung öffentlicher Fördermittel. Die Verfahren werden oft als kosten- und zeitintensiv angesehen. Auch hier wird beklagt, dass kleinen und innovativen Chipherstellern meist Infrastrukturen zum Testen der Chipdesigns fehlen.

#### **Maßnahmen zur Etablierung neuer Schlüsseltechnologien**

Eine vergleichende Betrachtung der drei Fallstudien ermöglicht eine technologieübergreifende Zusammenfassung der abgeleiteten Handlungsoptionen und Überprüfung der im Rahmen der allgemeinen Analyse identifizierten Blockaden in den vier Dimensionen Kosten, Wissen, Markt und Institutionen. Dabei stehen Kostenfaktoren stets an erster Stelle der genannten Blockaden und auch Wissensfaktoren sind über alle Innovationsphasen hinweg relevant. Institutionelle Faktoren sind vor allem für eine frühe Weichenstellung von Bedeutung und Marktfaktoren gewinnen mit zunehmender Anwendungsnähe an Relevanz.

Auch die Betrachtung aus Sicht der Einzeltechnologien zeigt, dass Blockaden im Bereich von Querschnittstechnologien, wie z. B. der Halbleiterelektronik oder den optischen Technologien, zunächst vor allem in den Phasen der FuE und Umsetzung vorliegen. Anwendungstechnologien, wie die Automobil-, Maschinenbau- oder Energiebranche, haben über alle Innovationsphasen hinweg zu überwindende Blockaden. Spezifische Anwendungen wie MP3-Player oder Mini-Beamer weisen auf eine zunehmende Relevanz der Blockaden gegen Ende der Wertschöpfungskette hin, also bei der Umsetzung und Diffusion. Der Vergleich der technologiespezifischen Blockaden über die drei Fallbeispiele hinweg zeigt dabei einen starken thematischen Bezug der Nanoelektronik,

des MP3-Players und des Mini-Beamers. Hier lassen sich Überlappungen in den identifizierten Blockaden finden, wobei deutlich wird, dass sich Probleme einer Nanoelektronik nachhaltig auf High-End-Anwendungen auswirken und für diese nachgelagerte Probleme darstellen können. Das Beispiel der Windenergie stellt einen stark politisch beeinflussten Sektor dar und zeigt, wie bzw. mit welcher Wirkung der Staat als Nachfrager in eine Markt- und Technikentwicklung eingreifen kann.

Insgesamt scheint aus heutiger Sicht oftmals eine eher nachfrageorientierte Förderpolitik sinnvoll, welche mit nationalen und internationalen politischen Zielen vereinbar ist (z. B. Klima-, Energie-, Umweltpolitik, Demografie). Förderpolitische Maßnahmen würden dabei geeignet in den jeweiligen Phasen des Innovationsprozesses bzw. entlang des Wertschöpfungsprozesses einsetzen und ineinander greifend ausgeweitet werden, d. h. Maßnahmen zur Ausbildung, FuE-Förderung, Start-up- und KMU-Unterstützung, infrastrukturelle Maßnahmen, Standortpolitik möglicherweise bis hin zur Erzeugung von Nachfrage in konkreten Sektoren (wie im Fall der Windenergie geschehen). Obgleich sich die konkreten Blockaden der Fallbeispiele z. T. sehr unterschiedlich ausgestalten, werden dennoch oftmals ähnliche bzw. gleiche Maßnahmen und Handlungsoptionen genannt, weshalb diese für die drei Fallbeispiele gemeinsam dargestellt werden:

**Kostenfaktoren:** FuE, Prototypentwicklung und Produktherstellung werden in fast allen Technologiebereichen immer kostenintensiver und die immer stärker anwachsenden Kosten können nicht mehr von wenigen Akteuren getragen werden, sollten aber auch nicht ausschließlich durch staatliche Förderung gedeckt werden. Um den zentralen Problemen der hohen Investitionskosten sowie fehlenden Finanzquellen und Fördermitteln zu begegnen (z. B. steigende FuE-Kosten und Kosten für Fertigungslinien in der Halbleiternanoelektronik, hohe Kosten bei der Überführung von Prototypen in marktreife Produkte am Beispiel des MP3-Players oder hohe Investitionskosten und teure Offshorebedingungen in der Windenergie), lassen sich mehrere Maßnahmen finden. Während in Einzelfällen die aktive Suche nach z. B. ausländischen Investoren an Bedeutung gewinnt, wie im aktuellen Fall des insolventen Speicherchipherstellers Qimonda, werden Staatsbeteiligungen und Subventionen als Maßnahmen hingegen kontrovers gesehen. Dennoch zeigt die in der Vergangenheit stark subventionierte Region Dresden, heute „Silicon Saxony“, dass derartige staatliche Maßnahmen und eine Standortpolitik den Aufbau international sichtbarer Cluster fördern können. Gerade im Fall der Nanoelektronik zeichnet sich die zunehmende Bedeutung und Relevanz von Kooperationen zwischen Akteuren und Clustern auf EU-Ebene ab.

Durch strategische Allianzen vor allem zwischen FuE-Instituten und der Industrie können z. B. Entwicklungskosten geteilt werden (z. B. nach dem Modell der IBM-Allianz im Bereich Nanoelektronik). Weitere Maßnahmen, welche stärker die Wirtschaft fördern, betreffen spezifische Geschäftsmodelle der Unternehmen (z. B. wichtige High-End-Märkte adressieren, Produktspektrum

spezifizieren, Nachfrage- und Nischenmärkte bedienen, Vermarktung um Dienstleistungsaspekte erweitern, Exklusivverträge mit Lieferanten komplementärer Technologien aushandeln). Dabei benötigen aber auch Start-ups und KMU ständige Förderung, um sich z. B. in Nischenbereichen international aufstellen zu können (u. a. durch Förderung des wissenschaftlichen Transfers in Unternehmen). Für die Förderpolitik ergibt sich hier die Möglichkeit entsprechende Anreize zu schaffen. Die Entwicklung neuer, flexiblerer Projektmodelle (z. B. PPP-Modelle), transnationaler Kooperationsmodelle (z. B. stärker über FuE-Institute und Unternehmen direkt als über Projekte) sind weitere positiv bewertete Ansätze.

**Wissensfaktoren:** Eine konsistente, nationale Förderstrategie, welche globale Ziele vor Augen hat, ist für die nachhaltige Etablierung neuer Schlüsseltechnologien wichtig. Um Innovationen langfristig und breit am Markt zu positionieren und die deutsche Vorreiterrolle in bestimmten Sektoren und Branchen zu besetzen, gilt es nicht nur für private Unternehmen, sondern auch für den Staat, Schwerpunkte zu setzen. Das beginnt bereits bei der Früherkennung und Definition neuer Themen und Technologien mit vielfältigen Anwendungspotenzialen, welche zu wichtigen Nischen- oder Wachstumsmärkten werden können.

Globale gesellschaftspolitische Bedürfnisse wie Klima, Umwelt, Energie, Demografie sowie strategische, politische Bestrebungen und wirtschaftliche Zukunftsmärkte in Form von Pionierprogrammen oder Leuchtturmprojekten zu adressieren, welche mit klaren Zielen (z. B. Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes, energieeffiziente Technologien) verbunden sind, kann helfen, eine internationale Sichtbarkeit und globale Nachfrage nach deutschen Technologien zu erzeugen. Das ab 2009 durch das BMBF geförderte „Cool Silicon Cluster“ in der Region Dresden zur Entwicklung einer energieeffizienten Elektronik ist ein Beispiel, das mehrere Forschungs- und Industrieakteure über eine gemeinsame Fragestellung miteinander vernetzt. Ähnliche Maßnahmen können auch für weitere strategische Hightech-Sektoren sinnvoll sein, z. B. in der Energietechnik.

Die Zusammenführung bestehender themenspezifischer und -übergreifender Cluster auf nationaler, transnationaler sowie europaweiter Ebene (z. B. Nanoelektronikstandorte Dresden, Grenoble, Leuven) kann helfen, die internationale Sichtbarkeit und Stärke strategischer Branchen zu erhöhen. Auf nationaler Ebene werden FuE-Zentren z. B. im Bereich der Windenergie und Nanoelektronik vorgeschlagen, um Daten- und Wissensaustausch sowie Kooperationen zu fördern. Die fehlende Nutzung von Querverbindungen, Komplementaritäten und „Kreuzbefruchtungen“ über Akteursgruppen bzw. Fachdisziplinen hinweg können zudem ermöglicht werden. Transferstellen, die zwischen Wissenschaft und Wirtschaft vermitteln, können Wissens- und Technologietransferaktivitäten, Management von Wissensmonitoring sowie gezielte Technologieberatung auf- bzw. ausbauen. Derartige Transferstellen oder FuE-Institutionen, welche dieser Aufgaben annehmen können, liegen oftmals bereits vor (z. B. Verbände der Fraunhofer-Gesellschaft),

haben aber kein Budget für derartige Tätigkeiten oder sind nicht entsprechend mit diesen Aufgaben betraut.

Für einen nachhaltigen Wissensaufbau und verstärkten Aufbau von Humankapital werden Ausbildungsverbünde zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, Praktika in Wissenschaft, FuE-Instituten und Unternehmen oder technologiespezifische bzw. nachfrageorientierte Anpassungen in der Ausbildung empfohlen, die sowohl technologische Veränderungen als auch industriell nachgefragte Kompetenzen berücksichtigen. Maßnahmen können weiterhin Innovationswettbewerbe, Imageprogramme, um Zielgruppen (z. B. Schüler, Studenten) anzusprechen, oder konkrete technische Ausbildungszentren sein, welche Forschung und Industrie gemeinsam betreiben. Die Wissenschaftler und Unternehmer von morgen können mit derartigen Maßnahmen frühzeitig ihr persönliches Netzwerk aufbauen. Ähnlich ließe sich überlegen, auch potenziellen Unternehmensgründern eine bessere Plattform zur Vernetzung, Zugang zu Wissen (wie z. B. Marktinformationen) in Form von Informationszentren bzw. „Gründerzentren“ zu bieten. Hierzu können oft bestehende Infrastrukturen und Akteursgruppen genutzt werden (z. B. Transferstellen), deren Aufgabenspektrum lediglich spezifiziert werden müsste.

**Marktfaktoren:** Im Fall der Marktfaktoren zeigt sich der Aufbau und die Förderung von Vermarktungspartnerschaften oder Verwertungskonsortien durch die Erweiterung des Förderspektrums um nachfrageorientierte Verwertungsaspekte als mögliche Maßnahme zur Unterstützung innovierender junger Unternehmen und wird im Fall des MP3-Players empfohlen. Für diese gilt, ebenso wie für heute etablierte Unternehmen, auf Weltmarktnischen zu fokussieren. Auch die Präsenz deutscher Unternehmen im Ausland kann hinsichtlich einer internationalen Sichtbarkeit und der Vermarktungsstrategien hilfreich sein und ist insbesondere für Branchen von Bedeutung, welche für Deutschland strategisch wichtig sind. Weiterhin wird empfohlen, bestehende Potenziale in traditionellen Märkten weiter auszuschöpfen und geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, damit dies gelingt.

**Institutionelle Faktoren:** Die Bündelung bereits bestehender und bewährter Strukturen, noch stärkere Fokussierung, thematische oder sektorale Profilbildung, Vernetzung der Akteure sowie Konzentration öffentlicher Investitionen in FuE werden betont, u. a. um Synergien besser zu nutzen. Eine Vernetzung der Akteure kann z. B. auch durch übergeordnete Dachorganisationen und Plattformen (z. B. Technologieplattformen) ermöglicht werden, wie am Beispiel der Windenergie empfohlen wird. Aber auch eine Abstimmung politischer Aktivitäten auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene sowie der konsequente und langfristige Einsatz der Politik und der politische Wille, sich zu strategischen Sektoren zu bekennen (z. B. gezielte Standortpolitik, Förderung von Kooperationsnetzwerken zwischen Wissenschaft und Industrie, Kommunikationsplattformen für die Industrie und industriellen Forschungszentren), ist hierfür von Bedeutung. Durch eine Zentralisierung und Abstimmung von Prozessen und politischen Entscheidungen könnten die bestehende Büro-

kratie weiter abgebaut, Arbeiten und Zuständigkeiten besser verteilt und Kooperationen erleichtert werden.

Der Bedarf an Testinfrastrukturen bzw. Testzentren wird in allen drei Fallbeispielen geäußert und kann vor allem für KMU eine wichtige Unterstützung darstellen. Auch die Schaffung frühzeitiger regulatorischer Rahmenbedingungen für technische Standards und Normen und eine verstärkte IPR-Verwertung sowie ein verstärkter IPR-Schutz werden empfohlen. Beispielsweise stellt sich gerade im Fall des Verlusts von Fertigungsstätten der Halbleiterbranche die Frage, ob zumindest das in diesem Zusammenhang erzeugte Know-how (u. a. in Form von Patenten) geschützt und durch Lizenzen oder neue Geschäftsmodelle gewinnbringend vermarktet werden kann.

Aber auch ein stärkerer politischer Einsatz wäre erforderlich, um die genannten Maßnahmen umzusetzen, was eine Bündelung und Abstimmung der Aktivitäten auf Landes-, Bundes-, transnationaler bis hin auf EU-Ebene erfordern würde. Die Politik könnte bei Entscheidungen, welche die Unterstützung konkreter Technologien betreffen, durch verstärkte wissenschaftlich-technische Vorausschauaktivitäten, Roadmaps und Instrumente zur technologischen Früherkennung beraten werden. Diese Instrumente wären hinsichtlich wichtiger Untersuchungskriterien zu spezifizieren und Technologien entsprechend zu bewerten (wie z. B. technologische Realisierbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Markt- und Wachstumspotenziale, gesellschaftspolitische Relevanz, Lösung globaler Bedürfnisse und Probleme, Nachhaltigkeit), um für Deutschland wichtige Themen und Sektoren zu identifizieren oder gar neue Technologien zu definieren, wie im Fall der Windenergie vorgeschlagen. Hierüber könnten auch unter Beteiligung der Wissenschaft, Wirtschaft und Politik, Kriterien und Prioritäten für eine angemessene Verteilung von Fördermitteln abgeleitet werden.

## I. Einleitung

### Hintergründe

Trotz aller Probleme haben Deutschlands Unternehmen mit ihren innovativen Produkten weiterhin große internationale Erfolge auf ihren traditionell starken Märkten, wie dem Maschinen- und Fahrzeugbau oder der Elektrotechnik. Bei zukunftsorientierten Schlüsseltechnologien, welche als bereits vorhandene Technologien einen gewissen Bekanntheitsgrad erlangt haben, aber noch über ein enormes Innovationspotenzial verfügen, schneiden sie dagegen weniger erfolgreich ab. Beispiele sind die Pharmazeutik, die Biotechnologie oder die Informations- und Kommunikationstechnik. Bei weiteren zukünftigen Schlüsseltechnologien, wie z. B. der Nanotechnologie, droht ebenfalls die Gefahr, dass die sehr gute Ausgangssituation in der Forschung nicht in die entsprechende Vermarktung innovativer Produkte und damit auch nicht in Exporterfolge umgesetzt werden kann.

Hierfür werden die folgenden Gründe angeführt: Neben der Bildungsmisere und dem absehbaren Rückgang an verfügbaren Fachkräften ist z. T. eine große Zurückhaltung unter privaten Investoren bei der Bereitstellung von

Risikokapital für Investitionen in zukünftige Schlüsseltechnologien zu beobachten. Ferner sind die regulativen Rahmenbedingungen sowohl für Firmenneugründungen als auch für die Zulassung innovativer Produkte im Vergleich zu anderen Hochtechnologieländern im Bereich von Schlüsseltechnologien nicht auf eine rasche Umsetzung von Forschungsergebnissen in vermarktungsfähige Produkte ausgerichtet. Zwar ist die deutsche Bevölkerung – entgegen gern gepflegter Vorurteile – keineswegs technikfeindlich, zeigt jedoch eine gewisse Technikskepsis.

Will sich Deutschland auch in neuen Schlüsseltechnologien frühzeitig etablieren, die z. T. existierende Märkte und damit Exportchancen ablösen werden, so ist es aus staatlicher Sicht nicht hinreichend, umfangreiche FuE-Programme zu finanzieren. Es müssen auch die entsprechenden Bedingungen für die erstmalige Umsetzung dieser Schlüsseltechnologien in Produkte und Dienstleistungen geschaffen werden, indem entsprechendes Kapital für Unternehmensgründungen bereitgestellt, adäquat ausgebildete Fachkräfte in ausreichendem Maß zur Verfügung stehen und ein von allen Akteuren im Innovationssystem akzeptierter regulativer Rahmen geschaffen wird. Letzteres bedeutet, dass sowohl die Anbieter von auf Schlüsseltechnologien basierten innovativen Produkten als auch deren „lead user“ eine hinreichende rechtliche Sicherheit erfahren, aber auch dass die Gesellschaft als Ganzes hinter diesen Umsetzungen von Schlüsseltechnologien steht. Erst dann sind die Grundvoraussetzungen gegeben, dass Deutschland in diesen Bereichen eventuell zum Vorreitermarkt („lead market“) werden wird, eine Bedingung für zukünftige Exporterfolge in Schlüsseltechnologien.

### Die Bedeutung von Schlüsseltechnologien

Schlüsseltechnologien sind vorhandene Technologien, welche zwar schon einen gewissen Bekanntheitsgrad erlangt haben aber noch über ein enormes Innovations- bzw. Veränderungspotenzial verfügen. Sie ermöglichen die Erschließung neuer Technikbereiche, verschaffen aktuelle Wettbewerbsvorteile, befinden sich im Wachstum und sind daher entscheidend für die zukünftige Wirtschaft. Dabei sind Schlüsseltechnologien idealtypisch Teil einer Technologiekette und stellen eine Weiterentwicklung von Zukunfts- und Schrittmachertechnologien dar (Heinrich 2005). Zukunftstechnologien stehen dabei als sich noch abzeichnende Technologien im Lebenszyklus von Technologien am Anfang. Von ihnen wird ein erhebliches Innovationspotenzial erwartet. Sie entwickeln sich typischerweise aus der Grundlagenforschung, z. B. an Hochschulen und weiteren Forschungseinrichtungen, zu Schrittmachertechnologien. Schrittmachertechnologien befinden sich in einem noch frühen Entwicklungsstadium und haben ein großes Potenzial, die Wettbewerbslage in einer Branche deutlich zu verändern. Sie gehen in Schlüsseltechnologien über, welche schließlich zu Basistechnologien werden, wenn sie allgemein erprobt und anerkannt sind und ihr Innovationspotenzial weitestgehend ausgeschöpft bzw. ausgereift ist. Basistechnologien haben eine große Marktverbreitung und spielen in der Wirtschaft an sich zwar eine große, jedoch im Wirtschaftswachstum eine geringere Rolle (Heinrich 2005).

Schlüsseltechnologien lösen somit frühere, existierende Märkte und damit Exportchancen ab und stellen aus gesamttechnologischer Sichtweise gewissermaßen eine Schnittstelle zwischen FuE und der Marktdiffusion dar, wobei es um die Umsetzung, Positionierung oder Etablierung vielversprechender Technologien mit hohen Wachstumschancen und hohem Entwicklungspotenzial geht.

Schlüsseltechnologien können zudem in Form unterschiedlicher Technologietypen vorliegen, wie z. B. Querschnitts- und Anwendungstechnologien sowie konkreten Anwendungen (z. B. Produkt-, Prozess- oder Verfahrensinnovationen). Diese Technologietypen sind nicht unabhängig voneinander, sondern können vielmehr ineinander übergehen.

### Zielsetzung und Vorgehen

Zielsetzung des vorliegenden TAB-Innovationsreports „Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien“ ist die Untersuchung der in Deutschland existierenden Innovationshemmnisse, welche die Etablierung neuer Schlüsseltechnologien bzw. die Ablösung traditioneller Exporttechnologien durch neue Schlüsseltechnologien blockieren oder erschweren. Es sollen dabei aber auch Faktoren identifiziert werden, die sich hierbei besonders förderlich auswirken. Zum anderen sollen auf dieser Grundlage spezifische Technologien bzw. Märkte identifiziert werden, in welchen Deutschland sein Diffusions- und Marktpotenzial noch nicht ausgeschöpft hat bzw. dies besonders gut gelungen ist. Durch eine Analyse der Faktoren, auf welche diese Defizite oder Erfolge zurückzuführen sein könnten, sollen schließlich politische Einflussmöglichkeiten eruiert werden, die zum Abbau bestehender Blockaden und der Förderung positiver Faktoren beitragen können.

Um diese Ziele zu erreichen, wurden im Rahmen des Projekts vier Arbeitsschritte definiert, deren Einzelziele, Ablauf und methodisches Vorgehen sowie Ergebnisse im Folgenden vorgestellt werden.

Literatur- und Datenanalyse: Die politisch wie wissenschaftlich hochrelevante, aber auch sehr anspruchsvolle Thematik ist in Bezug auf einzelne Schlüsseltechnologien in den jeweiligen Einzelkomponenten sowie im Kontext von Innovationsstudien bereits wissenschaftlich bearbeitet worden, z. B. in den Berichten zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, aber auch durch Technikakzeptanzuntersuchungen. Eine umfassende Betrachtung der Angebots- und Nachfrage- bzw. Akzeptanzaspekte steht jedoch noch aus. Inzwischen existieren verschiedene internationale Datenquellen, welche in einem ersten Schritt einen generellen Vergleich Deutschlands mit anderen Ländern hinsichtlich der verschiedenen Angebots- und Nachfragefaktoren möglich machen. In einem ersten Untersuchungsschritt wurden die in der Literatur bereits diskutierten Hemmnisfaktoren für Innovationen identifiziert, dargestellt und bewertet. Es wurden aber gleichzeitig die fördernden Aspekte mit betrachtet, die für politische Initiativen ebenfalls von hoher Relevanz sind. Hemmende bzw. fördernde Faktoren für neue innovative Technologien und Produkte können grundsätzlich den

drei Dimensionen Angebotsseite, Nachfrageseite, Rahmenbedingungen zugeordnet werden. So reichen Hemmnisse auf der Angebotsseite beispielsweise von der fehlenden Verfügbarkeit notwendiger wissenschaftlicher Erkenntnisse bis hin zu Finanzierungsproblemen und Schwierigkeiten bei der Unternehmensgründung. Zudem kann auf der Nachfrageseite mangelnde Kundenakzeptanz oder fehlende Nachfragebereitschaft hinsichtlich neuer Produkte und Dienstleistungen dazu führen, dass es nicht zu deren erfolgreichen Diffusion kommt. Schließlich müssen generelle Rahmenbedingungen gegeben sein, damit es zur Entwicklung neuer Märkte kommt bzw. die Akteure auf der Angebots- und Nachfrageseite genügend Anreize haben, in innovative Aktivitäten zu investieren.

Das Ziel der Literaturanalyse bestand darin, für die drei genannten Dimensionen Angebot, Nachfrage und Markt eine Reihe von Faktoren zu identifizieren, welche für die Entwicklung von neuen Technologien bzw. Märkten entscheidend sind. Hierbei wurde u. a. auf die Diffusionsliteratur und die sogenannte „Lead-Market“-Literatur zurückgegriffen. Diese Faktoren wurden mit einem Kriterienraster bewertet. Darunter fallen auch ihre Beeinflussbarkeit, die verantwortlichen Akteure und die Einsetzbarkeit innovations- und wirtschaftspolitischer Instrumente. Auf Basis dieser Vorarbeiten wurden existierende Daten zur Ausprägung der identifizierten Indikatoren zusammengetragen und bewertet. Darunter fallen auch Daten zur Diffusion ausgewählter neuer Technologien bzw. zur Entwicklung neuer Märkte. Die Problematik hinsichtlich der Datenlage besteht darin, dass keine umfassenden international vergleichbaren Daten zu Diffusionsverläufen neuer Technologien bzw. Entwicklung neuer Märkte vorliegen. Ziel dieses Arbeitsschritts war dennoch die Identifikation von drei spezifischen Technologien bzw. Märkten, in welchen Deutschland sein Diffusions- und Marktpotenzial noch nicht ausgeschöpft hat oder ein Vorbildcharakter für andere neue Technologien vorliegt.

Fallspezifische Analysen und Interviews mit Interessenvertretern und Experten: Auf Basis der identifizierten Technologien bzw. Märkte wurden zunächst spezifische Informationen im Gegensatz zu den allgemein herausgearbeiteten Informationen gesammelt. Diese dienen dann als Grundlage für einen allgemeinen Interviewleitfaden, auf dessen Basis mit ausgewählten Interessenvertretern und Experten der drei ausgewählten Themenfelder Interviews geführt wurden.

Ziel dieser Interviews war die kritische Überprüfung der aus der Literatur gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der Rolle verschiedener Hemmnisfaktoren bzw. auch fördernder Faktoren, aber auch die Identifikation weiterer bisher unbestimmter Aspekte. Bei der Auswahl der Gesprächspartner wurde darauf geachtet, dass repräsentative Vertreter der Angebotsseite, wie z. B. branchen- oder technologiespezifische Verbände, und der Nachfrageseite, wie Verbrauchervertreter oder Nutzergruppen, für Interviews gewonnen wurden. Ferner sollten Vertreter von Institutionen konsultiert werden, welche für wichtige Rahmenbedingungen der spezifischen Technologien bzw. Märkte verantwortlich sind.

Das Ergebnis des zweiten Arbeitsschritts stellten technologie- bzw. marktspezifische Fallstudien dar, die die gesammelten Informationen und erhobenen Einschätzungen der Interessenvertreter und Experten zusammenfassen.

Workshop mit Interessenvertretern und Experten: In einem dritten Arbeitsschritt wurde ein Workshop im Deutschen Bundestag in Berlin mit insgesamt etwa 40 Teilnehmern für die drei Themenfelder organisiert, durchgeführt und die Ergebnisse mit den Erkenntnissen der Interviews zusammengeführt. Auf dem Workshop wurden die Ergebnisse aus den ersten beiden Arbeitsschritten vorgestellt und Ansatzpunkte für zukünftige Aktivitäten nicht nur vonseiten der Politik, sondern auch der Wissenschaft und Wirtschaft in Arbeitsgruppen identifiziert und diskutiert. Repräsentanten der verschiedenen Interessengruppen erhielten die Möglichkeit, sich zu den Ergebnissen der Analysen und den Vorschlägen zu äußern. Die Arbeitsgruppen des Workshops zielten schließlich darauf ab, spezifische Aktionspläne für die betrachteten Technologien bzw. Märkte zu entwickeln, in denen die von allen relevanten Akteuren zu leistenden Beiträge zu einer schnelleren und breiteren Diffusion neuer Technologien bzw. Entwicklung neuer Märkte in ein Gesamtkonzept zusammengefasst werden. Endergebnis dieses Arbeitsschritts waren drei kurze Workshopberichte sowie validierte Fallstudien.

Vergleichende Analyse: Auf Basis der drei ersten Arbeitsschritte wurde eine vergleichende Analyse der drei Technikfelder vorgenommen, welche von den Hemmnisfaktoren bis hin zu den entwickelten Aktionsplänen reicht. Dieser komparative Untersuchungsansatz sollte dazu dienen, zu verallgemeinerbaren Aussagen zum Zusammenhang zwischen Hemmnisfaktoren hinsichtlich der Diffusion neuer Technologien bzw. Entwicklung neuer Märkte zu kommen, aber auch den Zusammenhang zwischen Hemmnisfaktoren, geeigneten Maßnahmen und zu involvierenden Akteuren genereller darzustellen.

### **Aufbau des Berichts**

Die Ergebnisse der vier vorgestellten Arbeitsschritte sind in den Kapiteln II bis VII des vorliegenden Innovationsreports zusammengeführt.

In Kapitel II werden, basierend auf einer umfassenden Literatur- und Datenanalyse, wesentliche Einflussgrößen der Innovation betrachtet, sogenannte Innovationsdeterminanten. Diese können in ihrer Bedeutung für die Etablierung von Schlüsseltechnologien je nach Innovationsart oder Phase von Innovationsprozessen variieren und unterschiedliche Hemmnisse und politische Einflussmöglichkeiten zur Folge haben. Für eine Analyse konkreter Schlüsseltechnologien können somit unterschiedliche Untersuchungsraster geeignet sein, die aus einer technologieübergreifenden Perspektive vorbereitet werden. Um ein fundiertes Verständnis über innovationshemmende und -fördernde Faktoren zu gewinnen, werden relevante Faktoren auf einer empirischen Ebene in Branchen- oder länderübergreifenden Vergleichen analysiert. Die zentralen Ergebnisse werden zusammenfassend dargestellt und

ergeben ein zunächst technologieunabhängiges Kriterienraster für die Untersuchung konkreter Fallbeispiele.

In Kapitel III werden, basierend auf den Ergebnissen von Kapitel II sowie weiterer Technologie- und Wirtschaftsindikatoren, drei für eine vertiefende Analyse geeignete Fallbeispiele identifiziert. Dabei werden die Auswahlkriterien begründet sowie die Vorgehensweise für die Durchführung der Fallstudien erarbeitet.

In den Kapiteln IV bis VI werden, basierend auf den vorangegangenen Kapiteln, Fallstudien zur Nanoelektronik, Windenergie sowie MP3-Player und Mini-Beamer präsentiert, welche jeweils eine Beschreibung der Technologie, eine Analyse hemmender und fördernder Faktoren sowie abgeleitete aktueursspezifische Einflussmöglichkeiten und Maßnahmen bzw. Handlungsoptionen enthalten. Durch die Analyse konkreter Fallbeispiele werden die in Kapitel II identifizierten technologieübergreifenden bzw. -unabhängigen Blockaden und Einflussmöglichkeiten um technologiespezifische Aspekte ergänzt.

Kapitel VII dient einerseits der vergleichenden Analyse der Fallstudienresultate und andererseits der Ergebnisübertragung auf weitere Schlüsseltechnologien durch die Zusammenführung technologiespezifischer sowie -unabhängiger Ergebnisse in dem verbindenden Kriterienraster aus Kapitel II.

## II. Blockaden: eine Literatur- und Datenanalyse

Dieses Kapitel beruht auf einer Literatur- und Datenanalyse. Zunächst werden unterschiedliche, in der wissenschaftlichen Debatte diskutierte, Hemmnisse dargestellt. Zusätzlich zu den hemmenden Faktoren werden auch die fördernden Faktoren betrachtet, welche für politische Initiativen gleichermaßen von Relevanz sind. Um beide Aspekte zu erfassen, wird von Innovationsdeterminanten bzw. Einflussgrößen der Innovation gesprochen, welche sich entweder positiv (= innovationsfördernde Faktoren) oder negativ (= innovationshemmende Faktoren) auswirken können.

Auf der Grundlage der in Kapitel II.1 identifizierten Innovationsdeterminanten wird eine Kategorisierung vorgenommen, welche eine umfassende Betrachtung aller relevanten hemmenden und fördernden Faktoren ermöglicht.

Weiterhin wird in Kapitel II.2 dargestellt, inwieweit sich diese Innovationsdeterminanten zum einen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Innovationsarten und zum anderen in Abhängigkeit der einzelnen Phasen des Innovationsprozesses unterscheiden bzw. welche Faktoren in welchem Zusammenhang von besonderer Relevanz sind. Dabei wird besonderes Augenmerk auf solche Faktoren gelegt, welche die Diffusion und Etablierung neuer Schlüsseltechnologien behindern oder fördern können. In diesem Zusammenhang werden auch denkbare politische Maßnahmen identifiziert, welche zur besseren Umsetzung von Forschungsergebnissen in vermarktungsfähige Produkte führen und deren Verbreitung auf dem Markt unterstützen können. Diese Analyse erfolgt technologie- und anwenderbranchenübergreifend.

In Kapitel II.3 werden existierende Daten zur Ausprägung der identifizierten hemmenden und fördernden Faktoren zusammengestellt und diskutiert. Je nach verfügbarer Datengrundlage wird ein Vergleich zwischen Deutschland und anderen Ländern oder ein innerdeutscher Branchenvergleich vorgenommen. Das Ziel ist eine umfassende Betrachtung aller relevanten Faktoren auf empirischer Ebene.

In Kapitel II.4 werden die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt und als technologieübergreifende Hypothesen zu „Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien“ formuliert.

### 1. Innovationsdeterminanten

Eine Untersuchung von Innovationsdeterminanten bzw. Einflussgrößen der Innovation kann mindestens auf den folgenden vier Ebenen erfolgen: auf Ebene der Innovation bzw. innovationsimmanent, auf Ebene der Unternehmen bzw. unternehmensintern, auf volkswirtschaftlicher Ebene oder auf sektoraler bzw. technologiespezifischer Ebene.

Innovationsimmanente und unternehmensinterne Determinanten sind in den meisten Fällen von staatlicher Seite kaum oder nur sehr langfristig u. a. durch die Verbesserung des unternehmensinternen Innovationsmanagements beeinflussbar und werden daher nur kurz beschrieben. Allerdings können insbesondere innovationsspezifische Einflussfaktoren maßgeblich die Diffusion spezifischer Technologien hemmen oder fördern. Der Schwerpunkt der folgenden Betrachtung liegt auf solchen Faktoren, die den Innovationsprozess auf der Ebene des Marktes bzw. hinsichtlich aller Innovationen gesamtwirtschaftlich positiv oder negativ beeinflussen können. Auf dieser Basis werden existierende Daten zur Ausprägung der identifizierten Indikatoren zusammengestellt und bewertet.

#### Innovationsimmanente Determinanten

Innovationsimmanente Determinanten bzw. innovationsinterne Einflussgrößen bezeichnen spezifische Eigenschaften von Innovationen, welche die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Einführung und Diffusion im Markt erhöhen. Im Allgemeinen werden hierbei besonders fünf erfolgversprechende Charakteristika hervorgehoben (Mohr 1977; Rogers 1995; Vahs/Burmeister 1999):

- Relativer Vorteil der Innovation: Das Leistungsprofil des neuen Produkts ist – für den Kunden offensichtlich und objektiv nachvollziehbar – besser als das der bis dahin bestehenden Alternativen.
- Kompatibilität der Innovation: Es existieren hohe Übereinstimmungen oder Synergieeffekte mit den vorhandenen Verwendungsmöglichkeiten der potenziellen Nutzer und den Produktions- und Absatzmöglichkeiten des Unternehmens.
- Komplexität der Innovation: Der Grad der Vielfältigkeit und der damit verbundene Schwierigkeitsgrad ei-

ner Innovation führen nicht zu einer Überforderung der potenziellen Nutzer.

- Möglichkeit der Beobachtung bzw. Erprobung der Innovation: Die Innovation ist direkt „erlebbar“, d. h., der relative Vorteil des neuen Produkts ist für den potenziellen Abnehmer als solches unmittelbar zu erkennen und individuell nachzuprüfen.
- Reifegrad der Innovation: Das Produkt ist ausgereift, qualitativ hochwertig und im Idealfall fehlerfrei.

Man könnte diese innovationsinternen Eigenschaften als notwendige Bedingungen bezeichnen, welche allerdings nicht hinreichend für den Erfolg einer Innovation sind. Dieser hängt maßgeblich vom Zusammenspiel der innovationsinternen und innovationsexternen Faktoren ab.

### Unternehmensinterne Determinanten

Auf der Unternehmensebene werden unter Innovationsdeterminanten vor allem management- und organisationsbezogene Faktoren betrachtet. Neben Einflussfaktoren, wie das Alter eines Unternehmens, seine Unternehmens- und Innovationshistorie, seine Größe und die finanziellen Ressourcen, werden als typische Schwachstellen im unternehmerischen Innovationsprozess z. B. die folgenden diskutiert (Vahs/Burmeister 1999):

- organisatorische Schwachstellen: hoher Spezialisierungsgrad, viele Hierarchieebenen, mangelnde Koordination und Kooperation zwischen FuE, Marketing und Produktion, unzureichende Bewältigung des „organisatorischen Dilemmas“,
- personelle Schwachstellen: fehlendes Innovationsbewusstsein, unzureichende innovative Fähigkeiten, fehlende Innovationsbereitschaft durch zu geringe Wertschätzung von Innovationen, lückenhafte Informationen, ungenügende Partizipationsmöglichkeiten, Kommunikationsprobleme zwischen den beteiligten Stellen,
- planerische Schwachstellen: keine oder unzureichende Innovationsstrategie, fehlende Systematik in der Vorgehensweise zur Generierung und Umsetzung innovativer Ideen, falscher Markteintrittszeitpunkt, fehlende Kenntnis und/oder Anwendung des Planungsinstrumentariums, unzureichendes Innovationscontrolling,
- umweltbezogene Schwachstellen: unvollständige und unsystematische Analyse des marktlichen und wettbewerblichen Umfelds sowie der technologischen, rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen.

### Innovationsdeterminanten auf volkswirtschaftlicher Ebene

Um die Unterschiede in der Innovationsdynamik zwischen verschiedenen Ländern zu verstehen, hat sich auf der konzeptionellen Ebene der Ansatz des nationalen Innovationssystems durchgesetzt. Allerdings stellt dieser Ansatz kein geschlossenes theoretisches Modell dar, sondern präsentiert sich als Konglomerat unterschiedlicher Konzepte und Betrachtungsweisen einer Vielzahl von

Autoren (Edquist 1997; Freeman 1987; Lundvall 1992; Nelson 1993). Gemeinsam ist dem überwiegenden Teil der Beiträge die Auseinandersetzung mit den relevanten nationalen Entstehungszusammenhängen und Bedingungsfaktoren von Innovationen.

Die Funktion des nationalen Innovationssystems besteht in der Generierung, Entwicklung, Diffusion und Verwendung von Innovationen. Dementsprechend setzt es sich aus solchen Institutionen zusammen, welche den Innovationsprozess in einer Nation bestimmen, wobei die Interaktion zwischen diesen Institutionen von maßgeblicher Bedeutung ist. Zu den innovationsrelevanten Institutionen gehören Schulen, Universitäten, Forschungsinstitute (Bildungs- und Wissenschaftssystem), industrielle Unternehmen (Wirtschaftssystem), die in diesem Feld tätigen politisch-administrativen und intermediären Instanzen (politisches System) sowie Banken und Finanzunternehmen (Finanzsystem), die das notwendige Kapital zur Verfügung stellen. Von zentraler Bedeutung ist außerdem die spezifische Nachfrage in den einzelnen Ländern, von welcher die Diffusion und der kommerzielle Erfolg einer Innovation maßgeblich abhängen (TAB 2006). Die Unterschiede zwischen verschiedenen nationalen Innovationssystemen ergeben sich aus der spezifischen Ausgestaltung ihrer innovationsrelevanten Institutionen und deren Fähigkeiten neues Wissen zu generieren, zu absorbieren, produktiv zu nutzen und ökonomisch zu verwerten. Die Leistungsfähigkeit eines nationalen Innovationssystems ist somit auf die Performanz der einzelnen Elemente und die Qualität der Beziehungen zwischen diesen Elementen zurückzuführen.

Während sich hinsichtlich innovationsimmanente und unternehmensinterne Innovationsdeterminanten in der Literatur relativ einheitliche systematische Klassifikationen durchgesetzt haben, koexistieren auf der Ebene volkswirtschaftlich relevanter Innovationsdeterminanten hingegen zahlreiche Klassifikationen (u. a. Crespi 2004; Harabi 1997; Morck/Yeung 2001), wovon hier nur ausgewählte Beispiele aufgeführt werden sollen.

Steg (2005) hat auf Basis einer umfassenden Literaturstudie eine Vielzahl der nationalspezifischen Charakteristika innovationsrelevanter Organisationen und Einzelakteuren zusammengestellt, welche in unterschiedlichen Kontexten diskutiert werden (Tabelle 1). Diese innovationsrelevanten nationalen Spezifika können als Innovationsdeterminanten verstanden werden, die je nach Ausprägung oder Performanz einen positiven oder negativen Einfluss auf den Innovationsprozess ausüben. Die theoretischen Überlegungen zum nationalen Innovationssystem stoßen allerdings oft noch an ihre Grenzen, wenn man nach ihrer Eignung als Handlungsrahmen für die empirische Forschung und praktische technologiepolitische Entscheidung fragt (Spielkamp 1997). Trotz vielfältiger empirischer Anstrengungen findet man in den bisherigen Arbeiten zum nationalen Innovationssystem meistens nur Hinweise darauf, wie partielle Bereiche des gesamten Systems erfahrungsgemäß operationalisiert werden können. Konsequenterweise konnte der Systemgedanke in seiner Gesamtheit auf der empirischen Ebene bisher nicht

Tabelle 1

**Nationalspezifische Charakteristika innovationsrelevanter Organisationen  
und einzelner Akteure**

| <b>Organisationen und Einzelakteure</b>  | <b>innovationsrelevante nationale Spezifika</b>   |
|--|---|
| öffentliche Forschung, Aus- und Weiterbildung  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– institutioneller Rahmen für z. B. Gestaltungsräume und Anreizsysteme</li> <li>– Finanzierungsformen und -volumen</li> <li>– Umfang und Qualität von Forschung und Bildung</li> <li>– inhaltliche Schwerpunkte, Grundlagen ggf. Anwendungsorientierung</li> <li>– etablierte Methoden und didaktische Konzepte</li> <li>– Umgang und Form der beruflichen bzw. betrieblichen Weiterbildung</li> <li>– Bildungszugang für unterschiedliche soziale Gruppen</li> </ul>  |
| industrielle FuE, Produktion und Dienstleistungen  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Industriestruktur insgesamt: Branchenmix, Größenstruktur, Forschungsintensität und Exportorientierung</li> <li>– industrielle FuE: Organisation und Management der betrieblichen Einheiten und Aktivitäten, Anreizsysteme, Inhalt, Umfang, Zeithorizont und Risikoorientierung der FuE</li> <li>– Verzahnung und Abstimmung von FuE mit Produktion und Marketing</li> <li>– Existenz anspruchsvoller industrieller Nachfrager als Grundlage für eine qualitativ hochwertige „user-producer-interaction“, Größe und Struktur des Heimatmarktes bei industriellen Abnehmern, Wettbewerbsintensität</li> <li>– Formen der Informationsübermittlung, Kommunikation und Wissenserzeugung</li> <li>– Formen der Entscheidungsfindung, Mitbestimmung und Unternehmenskultur</li> </ul>  |
| Finanzierung   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kapitalausstattung der Unternehmen</li> <li>– Verhältnis von Eigen- gegenüber Fremdfinanzierung</li> <li>– bevorzugte Formen der Fremdfinanzierung, Finanzierungssysteme (banken- oder börsenbasiert), Beziehungsgeflecht und Abstimmungsformen zwischen Anbieter und Nachfrager auf Kapitalmärkten</li> <li>– Umfang der staatlichen Regulierung, Überwachung und Intervention</li> </ul>   |
| Gesellschaft (private Nachfrager, Bürger allgemein)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Existenz anspruchsvoller und zahlungskräftiger privater Nachfrager</li> <li>– Größe und Struktur des Heimatmarktes auf der Seite privater Nachfrager</li> <li>– Technikaufgeschlossenheit und -akzeptanz der Bürger, Bedeutung von Innovation und wirtschaftlichem Wachstum gegenüber anderen Werten, Organisation gesellschaftlicher Interessen</li> </ul>  |
| Politik und weitere staatliche Organisationen der Gesetzgebung, Verwaltung, Rechtsprechung | <ul style="list-style-type: none"> <li>– makroökonomischer Rahmen und Gesetzgebung, Marktinterventionen, Rolle des öffentlichen Sektors (Finanz-, Industrie-, Handelspolitik, Wettbewerbspolitik, Eigentumsrechte)</li> <li>– Technologie- und Innovationspolitik (insbesondere Umfang, Zeithorizont, Grundlagen/ Anwendungsorientierung der Förderung, Formen und Instrumente der Technologiepolitik, v. a. auch Koordinationswirkung, inhaltliche Schwerpunkte)</li> <li>– Verteilungs- und Sozialpolitik mit jeweils spezifischen Formen der Anreizwirkung und Regelung von Verteilungskonflikten bei strukturellem Wandel</li> <li>– Angebot und Investitionen in innovationsrelevanten Infrastrukturen</li> <li>– Umfang und Struktur der staatlichen Nachfrage, Verzahnung mit Technologiepolitik (z. B. Verkehr, Infrastruktur, Verteidigung)</li> </ul> |

überprüft werden. Es bleibt somit völlig offen, wie die einzelnen Systemebenen als Ganzes zusammenspielen, ob es eine Hierarchie der einzelnen Systemebenen gibt und wie sich diese gegenseitig beeinflussen.

Abgesehen von den verschiedenen Systemebenen, kann man sich aber auch auf die Aktivitäten konzentrieren, die ein erfolgreiches Innovationssystem als Ganzes erfüllen muss, um das primäre Ziel der Entwicklung, Anwendung und Diffusion neuen technologischen Wissens zu erreichen.

In der Literatur werden positiv oder negativ zur Zielerreichung beitragende Aktivitäten als die Funktionen eines Innovationssystems bezeichnet. Hekkert et al. (2007) haben vor diesem Hintergrund eine Reihe von Erfolgsfaktoren eines Innovationssystems identifiziert und jeweils entsprechende politische Einflussmöglichkeiten aufgezeigt (Tabelle 2).

Einen Spezialfall der innovationstreibenden Faktoren stellen die Entstehungsbedingungen sogenannter Vorreitermärkte bzw. „lead markets“ dar. Unter diesen werden regionale Märkte verstanden, auf denen im engen Zusammenspiel von Herstellern und lokalen Nutzern Innovationen eingeführt und weiterentwickelt werden, welche sich später als international erfolgreich erweisen. Bei ihrem

internationalen Siegeszug setzen sie sich gegen alternative Innovationsdesigns aus anderen Ländern (international „dominante Designs“) durch und prägen schließlich das Innovationsdesign, das sich zum weltweiten Standard entwickelt (Beise et al. 2002; Beise/Cleff 2004). Meyer-Krahmer (2004) spezifiziert in diesem Zusammenhang sieben wichtige Vorreitermarktkriterien:

- eine Nachfragesituation, die durch hohe Einkommens- und niedrige Preiselastizitäten oder ein hohes Pro-Kopf-Einkommen geprägt ist,
- eine Nachfrage mit hohen Qualitätsansprüchen, große Bereitschaft, Innovationen anzunehmen, Innovationsneugier und hohe Technikakzeptanz,
- gute Rahmenbedingungen für rasche Lernprozesse bei Anbietern,
- Zulassungsstandards, welche wegweisend für Zulassungen in anderen Ländern sind, wie z. B. die Pharmazutik in den USA,
- ein funktionierendes System des Explorationsmarketing (Lead-User-Prinzipien),
- spezifischer, innovationstreibender Problemdruck und
- eine offene innovationsgerechte Regulierung.

Tabelle 2

### Erfolgsfaktoren und Politikmaßnahmen in einem Innovationssystem

| Erfolgsfaktoren   | Politikmaßnahmen  |
|---|---|
| Unternehmensaktivitäten                                       | „corporate governance“; Vergleichs- und Konkursrecht (insolvency legislation); Bildung  |
| Wissenserzeugung  | Finanzierung von Grundlagen- und angewandter Forschung; (höhere) Bildung und Ausbildung   |
| Wissensdiffusion durch Netzwerke                              | Förderung von FuE- und Innovationsnetzwerken (Industrie, Hochschulen etc.) und Clustern; Multi-Akteurs-Programme; Förderung von Wissensinfrastrukturen (z. B. Patentdatenbanken)  |
| Suchberatung (Guidance of the search)                         | Wissenschafts- und Technologie-Foresightaktivitäten; Kommunikationsplattformen/-foren für Industrie, Wissenschaft, soziale Organisationen und Politik   |
| Marktformation  | regulative Rahmenbedingungen für technische Standards und Normen; ethische Regulierung; geistige Eigentumsrechte (IPR) etc.   |
| Ressourcenmobilisierung                                       | thematische oder sektorale Profilbildung öffentlicher Investitionen in Wissenschaft, FuE und Bildung  |
| Schaffung von Legitimation/Umgang mit Widerstand gegen Wandel | Wissenschafts- und Technologie-Foresightaktivitäten; Kommunikationsplattformen/-foren; Pflege von Politiknetzwerken (z. B. Multi-Level-Kooperationen über Regionen, Länder und auf transnationaler Ebene); Unterstützung von institutioneller Adaptation und Wandel |

Quelle: Hekkert et al. 2007

Auch auf empirischer Ebene existieren unterschiedliche Klassifikationen nationaler Innovationssysteme, z. B. das „European Innovation Scoreboard“ (EC 2006) oder der „Innovationsindikator“ des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) (Werwatz et al. 2008). Im Folgenden wird das „Oslo Manual“ näher betrachtet. Diese Klassifikation wurde von der OECD und Eurostat vorgenommen, um Unternehmen direkt danach zu fragen, welches aus ihrer Perspektive die wichtigsten Hemmnisfaktoren sind. Hierzu zählen Kostenfaktoren (z. B. Risiko, Kosten, Finanzierung), Wissensfaktoren (z. B. FuE, Personal, technische und Marktinformationen, externe Dienstleistungen, Möglichkeit zu Kooperationen, Organisation, personelle Kapazitäten), Marktfaktoren (z. B. Nachfrage, Marktstruktur), institutionelle Faktoren (z. B. Infrastruktur, Eigentumsrechte, Gesetzgebung, Regulierung, Standards, Steuerregelungen). Das Oslo Manual gilt als der wichtigste internationale Leitfaden, der Richtlinien für eine gemeinsame Grundlage für die Sammlung und Auswertung von Daten über technologische Innovationen präzisiert und festlegt.

Bei dem Vergleich der einzelnen Klassifikationen erscheint die im Oslo Manual entwickelte als die umfassendste. Alle in den anderen Klassifikationen und Aufstellungen unterschiedenen Innovationsdeterminanten können hier eingeordnet werden. Auf einer allgemeinen Ebene können somit alle innovationsrelevanten Determinanten einer der folgenden Dimensionen zugeordnet werden:

- Kostenfaktoren,
- Wissensfaktoren,
- Marktfaktoren,
- institutionelle Faktoren.

Zu berücksichtigen ist allerdings, dass der Einfluss einzelner Innovationsdeterminanten je nach Innovationsart und in Abhängigkeit der Phase, in welcher sich eine Technologie im Innovationsprozess befindet, variieren und somit sehr unterschiedlich ausfallen kann. Ebenso zeigen sich sektoral- oder technologiespezifische Determinanten. Die Betrachtung dieser spezifischen Determinanten erfolgt im Rahmen der Fallstudienanalysen in den Kapiteln IV, V und VI.

## 2. Innovationsarten und Innovationsphasen

### Innovationshemmnisse nach Innovationsart

Aus der auf dem Oslo Manual (OECD/Eurostat 2005) beruhenden Tabelle 3 geht hervor, welche Innovationshemmnisse für welche Innovationsarten relevant sind. Es zeigen sich dabei erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Innovationsarten:

- Produktinnovationen sind Erneuerungen bei den abatzfähigen materiellen und immateriellen Leistungen

von Unternehmen. Ziele, welche mit einer Produktinnovation erreicht werden sollen, sind auf Unternehmensseite beispielsweise die Sicherung der Überlebensfähigkeit, die Verbesserung des Gewinns, die Vergrößerung des Marktanteils, die Pflege des Kundestamms, die Erhaltung der Unabhängigkeit, die Erhöhung des Prestiges, die Schaffung neuer Arbeitsplätze. Bei Produktinnovationen können alle dargestellten Faktoren – mit Ausnahme der marketingspezifischen – den Innovationsprozess negativ beeinflussen.

- Prozessinnovationen (auch Verfahreninnovationen genannt) sind Erneuerungen bei den Leistungserstellungsprozessen in Unternehmen. Sie zielen im Gegensatz zu Produktinnovationen auf die Verbesserung der Neugestaltung der Unternehmensprozesse ab. Angestrebt werden hierbei beispielsweise eine Verbesserung der Gewinnmöglichkeiten, eine Steigerung der Produktivität, die Einsparungen an Rohstoffen und Energie, die Erhöhung der Sicherheit, die Vermeidung von Umweltschäden. Bei Prozessinnovationen sind Kosten- und Wissensfaktoren sowie institutionelle Faktoren entscheidend. Marktfaktoren spielen hier hingegen keine Rolle.
- Organisationsinnovationen beziehen sich auf die Einführung neuer Organisationsmethoden in die Unternehmensführung, Arbeitsplatzorganisation oder externen Beziehungen. Erreicht werden sollen beispielsweise reduzierte Transaktions- und administrative Kosten, eine höhere Arbeitszufriedenheit, eine Steigerung der Attraktivität auf dem Arbeitsmarkt, Unabhängigkeit vom Arbeitsmarkt und von externen Bildungseinrichtungen, Identifikation der Mitarbeiter mit den Unternehmenszielen oder die Wahrnehmung sozialer Verantwortung gegenüber Belegschaft und Gesellschaft. Organisationsinnovationen scheitern in erster Linie an Kostenfaktoren. Wissensfaktoren sind nur auf der unternehmensinternen Ebene von Bedeutung oder wenn es um die Verfügbarkeit externer Dienstleistungen geht. Marktfaktoren und institutionelle Faktoren spielen hingegen keine Rolle.
- Marketinginnovationen umfassen die Implementierung neuer Marketingmethoden, welche maßgebliche Veränderungen im Produktdesign, der Verpackung, der Platzierung, der Werbung oder des Preises beinhalten. Angestrebt wird dadurch beispielsweise eine Vergrößerung des Verkaufsvolumens oder des Marktanteils. Bei Marketinginnovationen sind – ähnlich wie bei Produktinnovationen – alle Faktoren relevant.

Da Schlüsseltechnologien überwiegend unter die Kategorien Produkt- und Prozessinnovationen fallen, ergibt sich für das weitere Vorgehen, dass alle vier Kategorien von Innovationshemmnissen berücksichtigt werden müssen. Insbesondere gilt dies bei Betrachtung konkreter Produkte und Anwendungen im Gegensatz zu Technologie-sektoren oder allgemeinen Querschnittstechnologien.

Tabelle 3

**Hemmnisfaktoren nach Innovationsarten**

|  | <b>Produkt-<br/>innovatio-<br/>nen</b> | <b>Prozess-<br/>innovatio-<br/>nen</b> | <b>Organi-<br/>sationsinno-<br/>vationen</b> | <b>Marketing-<br/>innovatio-<br/>nen</b> |
|--|--|--|--|--|
| <b>Kostenfaktoren</b>  |  |  |  |  |
| zu hohes Risiko  | X                                      | X                                      | X  | X  |
| zu hohe Kosten   | X                                      | X                                      | X  | X  |
| Mangel an unternehmensinternen Finanzierungsquellen  | X                                      | X                                      | X  | X  |
| Mangel an geeigneten externen Finanzierungsquellen   |  |  |  |  |
| Wagniskapital (Venture Capital)  | X                                      | X                                      | X  | X  |
| öffentliche Fördermittel   | X                                      | X                                      | X  | X  |
| <b>Wissensfaktoren</b>   |  |  |  |  |
| unzureichendes Innovationspotenzial (FuE, Design etc.)   | X                                      | X                                      |  | X  |
| Mangel an qualifiziertem Personal:   |  |  |  |  |
| innerhalb des Unternehmens   | X                                      | X                                      |  | X  |
| auf dem Arbeitsmarkt   | X                                      | X                                      |  | X  |
| fehlende technische Informationen  | X                                      | X                                      |  |  |
| fehlende Marktinformationen  | X                                      |  |  | X  |
| mangelndes Angebot an externen Dienstleistungen  | X                                      | X                                      | X  | X  |
| Schwierigkeiten, Kooperationspartner zu finden für:  |  |  |  |  |
| Produkt- oder Prozessentwicklungen   | X                                      | X                                      |  |  |
| Marketingpartnerschaften   |  |  |  | X  |
| Organisationsrigiditäten innerhalb des Unternehmens:   |  |  |  |  |
| Einstellungen des Personals zu Veränderungen   | X                                      | X                                      | X  | X  |
| Einstellungen der Manager zu Veränderungen   | X                                      | X                                      | X  | X  |
| Managementstruktur des Unternehmens  | X                                      | X                                      | X  | X  |
| keine Möglichkeit, Beschäftigte für Innovationsaktivitäten freizustellen wegen Produktionserfordernissen | X                                      |  |  |  |
| <b>Marktfaktoren</b>   |  |  |  |  |
| unsichere Nachfrage nach innovativen Produkten und Dienstleistungen                                      | X                                      |  |  | X  |
| potenzieller Markt wird durch etablierte Unternehmen dominiert   | X                                      |  |  | X  |
| <b>institutionelle Faktoren</b>  |  |  |  |  |
| fehlende Infrastruktur   | X                                      | X                                      |  | X  |
| mangelhafte Eigentumsrechte  | X                                      |  |  | X  |
| Gesetzgebung, Regulierung, Standards, Steuerregelungen   | X                                      | X                                      |  | X  |
| andere Gründe, nicht zu innovieren:  |  |  |  |  |
| keine Notwendigkeit zu innovieren aufgrund früherer Innovationen   | X                                      | X                                      | X  | X  |
| keine Notwendigkeit aufgrund fehlender Nachfrage nach Innovationen                                       | X                                      |  |  | X  |

Quelle: OECD/Eurostat 2005

**Innovationshemmnisse in unterschiedlichen Phasen des Innovationsprozesses**

Die Bedeutung einzelner Innovationsdeterminanten variiert nicht nur in Abhängigkeit von der Innovationsart, sondern unterscheidet sich auch hinsichtlich der unterschiedlichen Phasen des Innovations- bzw. Technologiezyklus. Das Technikzyklusmodell von Meyer-Krahmer/Dreher (2004) bietet eine allgemeine Beschreibung und Klassifizierung von unterschiedlichen Phasen der technologischen Entwicklung durch die Kombination von Wissenschaftszyklen und Diffusionsmodellen (Abbildung 1). Das Modell gliedert sich in einer dreidimensionalen Darstellung in sechs Phasen. Die Dimensionen umfassen das Aktivitätsniveau, die Breite der Forschungsaktivitäten beziehungsweise der angestrebten Nutzungsmöglichkeiten und die Zeit.

Nach der Entdeckung (Phase 1) werden die Möglichkeiten der neuen technischen Prinzipien trans- und interdisziplinär erforscht. In der wachsenden Wissenschaftler- und Forschergemeinde breitet sich damit einhergehend eine euphorische Stimmung bezüglich der neuen technologischen Möglichkeiten aus (Phase 2). Nach und nach erweisen sich jedoch einzelne Möglichkeiten als wissenschaftlich oder wirtschaftlich nicht realisierbar, sodass Forschungsaktivitäten eingeschränkt oder eingestellt werden müssen, woraufhin sich Ernüchterung breit macht (Phase 3). Aufgrund der sich daraus ergebenden Verunsicherungen tragen in der Phase 4 nur Akteure mit einer

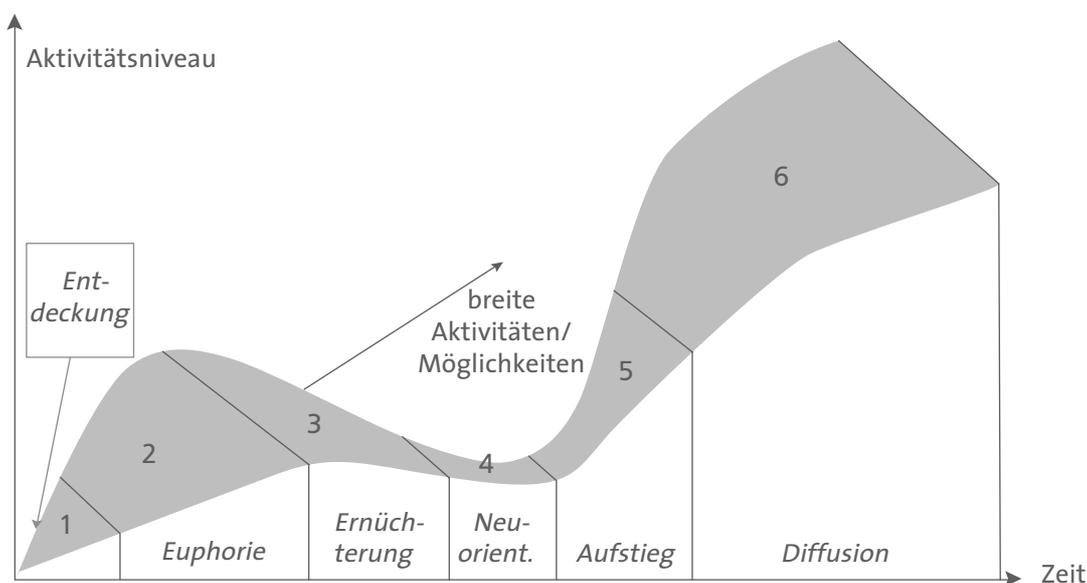
großen Ausdauer oder mit radikal neuen Ansätzen zu einer Neuorientierung innerhalb der Technikentwicklung bei.

In der Phase 5 des Aufstiegs erzielen diese Akteure die entscheidenden ersten industriellen Durchbrüche, von welchen diejenigen, die sich am Markt am schnellsten durchsetzen, den zukünftigen Umgang mit der Technologie maßgeblich prägen (dominantes Design). Phase 5 stellt somit die Umsetzungsphase einer Technologie dar. In der Diffusionsphase (Phase 6) fächern sich die Anwendungsgebiete wieder auf, da es durch Skaleneffekte zu Preisrückgängen kommt und neue Einsatzgebiete erschlossen werden können.

Das idealtypische Modell ist demnach so angelegt, dass es nach der Entdeckung zunächst zu einem Aufschwung in der Phase der Euphorie kommt. Daraufhin folgt eine Verlangsamung der Entwicklung, welche sich in einem Abschwung (Ernüchterung) ausdrückt. Eingeleitet durch eine Phase der Neuorientierung erfolgen ein erneuter Aufstieg und eine anschließende breite Diffusion. Nach Linden/Fenn (2007) kann man diese Entwicklung auch als eine „Doppel-Hype-Kurve“ bezeichnen. Nach einer ersten Hochphase kommt es zu einem deutlichen Rückgang des Wachstums bis hin zu einer negativen Entwicklung (Neuorientierung). Daran schließt sich eine erneute Wachstumsphase an, welche zu einer deutlichen Ausweitung der Aktivitäten und zu einem erneuten Hype führt (Schmoch 2007).

Abbildung 1

**Technikzyklusmodell**



Quelle: Meyer-Krahmer/Dreher 2004

Dreher et al. (2006) haben auf der Basis von Patent- und Publikationsstatistiken sowie diffusionsorientierten Daten die Innovationspfade von vier Technologiefeldern untersucht, um die empirische Belastbarkeit des aus der Literatur entwickelten Modells zu prüfen (Robotics, Laser in der Fertigung, elektrisch leitende Polymere, immobilisierte Enzyme). In allen Fällen wiesen die untersuchten Verläufe den Doppel-Hype-Charakter des Modells auf. Allerdings wird darauf verwiesen, dass nicht davon auszugehen ist, dass dieser Charakter allen Technologien zu eigen ist, aber vermutlich vielen der wissenschaftlichen. Insgesamt sind die Autoren auf eine Reihe ähnlicher Muster gestoßen u. a.:

- Im Verlauf des Technologiezyklus gehen die wissenschaftlichen Trends den technologischen um fünf bis zehn Jahre voraus. Sie treten schon vor dem ersten Patentboom in eine Stagnationsphase und nehmen vor dem zweiten Patentboom wieder zu.
- Dabei sind die wissenschaftlichen Aktivitäten beständiger und zeigen nicht so deutliche Schwankungen wie die technologischen, da die Unternehmen sehr schnell reagieren, wenn die erwarteten technologischen und kommerziellen Ergebnisse nicht in einer relativ kurzen Zeitspanne erzielt werden können.
- Der Technologiezyklus ist relativ lang. Die Zeitspanne zwischen dem ersten Anstieg und dem zweiten kann 15 Jahre und länger sein. In allen untersuchten Fällen war der Scheitelpunkt des zweiten Aufstiegs noch nicht sichtbar, sodass eine Gesamtlänge von 30 oder sogar 40 Jahren durchaus realistisch erscheint.
- Die Marktaktivitäten erreichen bis zum Beginn des zweiten technologischen Booms keinen substantziellen Umfang.

Um Wachstumschancen zu realisieren, bedarf es damit – neben der Nachfrage – einer langfristigen, zeitlich abgestimmten Entwicklung von spezifischen Kompetenzen entsprechend der verschiedenen Phasen des Innovationspfades. Konsequenterweise sollten innovationspolitische Maßnahmen gezielt auf die jeweilige Phase, in der sich eine Technologie befindet, abgestimmt werden.

Aus der relativ langen Zeitspanne, die ein Innovationszyklus umfassen kann, ergibt sich die Notwendigkeit, dass die politische Unterstützung und Förderung einer neuen Technologie langfristig angelegt sein muss. Auf politischer Seite besteht häufig die Tendenz, neue Bereiche in der frühen Phase der Euphorie zu unterstützen. Liegen jedoch nach fünf Jahren keine sichtbaren Ergebnisse vor, macht sich häufig nicht nur bei den involvierten Forschern, sondern auch bei den verantwortlichen staatlichen Institutionen Enttäuschung breit und die Förderung wird zurückgefahren. Neue Bereiche sollten jedoch gerade in der Phase der Ernüchterung Unterstützung erfahren, wenn die Unternehmen dazu tendieren, ihre Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten einzuschränken. Die Abnahme von Patentaktivitäten der Forschungseinrichtungen und von Unternehmen ist beispielsweise kein verlässlicher Indikator dafür, dass eine weitere staatliche

Unterstützung nicht mehr sinnvoll ist. Vielmehr sollten auf innovationspolitischer Ebene abnehmende Patentaktivitäten genau beobachtet und analysiert werden, um in der Lage zu sein, den Start eines möglichen zweiten Aufstiegs, der für das Marktwachstum von entscheidender Bedeutung ist, entsprechend zu stützen. In diesem Zusammenhang ist es sinnvoll, auch die wissenschaftlichen Aktivitäten zu fördern, um das Risiko verlorener Investitionen zu reduzieren.

Beispielsweise sind im Bereich der Nanotechnologie große Teile der Forschungsaktivitäten im Moment noch in der Phase der Grundlagenforschung. Dementsprechend gering ist der bisherige Anteil anwendungsorientierter Ergebnisse. Es ist anzunehmen, dass die momentane Euphorie den ersten Anstieg im Zyklus markiert und es in den nächsten Jahren zu einer deutlichen Ernüchterung kommen wird, da viele Entdeckungen und Ideen möglicherweise nicht so schnell in Anwendungen oder Produkte umsetzbar sind, wie ursprünglich gedacht oder es vielleicht sonstige technische Schwierigkeiten oder Akzeptanzprobleme gibt. Gut konzipierte staatliche Förderung und Unterstützung kann in der Lage sein, diese Zwischenphase des Abschwungs und der Stagnation abzumildern und zu verkürzen.

Um zu verstehen, warum sich bestimmte Schlüsseltechnologien trotz guter Ausgangssituation im Forschungs- und Entwicklungsprozess nicht durchsetzen, muss herausgearbeitet werden, welche Faktoren vor allem den Aufstieg (Phase 5) und die Diffusion (Phase 6) einer Technologie behindern können. Um dies aufzuzeigen, wird auf einen Ansatz zurückgegriffen, der im Rahmen des EduaR&D-Projekts („Energy data and Analysis of Research and Development“) entwickelt wurde (Bradke et al. 2007). Aus der Verknüpfung des Innovationssystemansatzes und des Technologiezyklusmodells können dadurch im ersten Schritt die Funktionen, welche das Innovationssystem in bestimmten Phasen erfüllen muss, aufgezeigt werden. Im zweiten Schritt können die entsprechenden Systemengpässe bzw. Hemmnisfaktoren identifiziert werden, die zu Disfunktionalitäten führen können. Schließlich können hemmnisspezifische politische Instrumente formuliert werden, die einen Beitrag dazu leisten können, die entsprechenden Systemengpässe zu überwinden.

### Die Aufstiegsphase neuer Technologien

In der Aufstiegsphase (Phase 5) einer neuen Technologie muss das Innovationssystem vor allem fünf Funktionen erfüllen (Bradke et al. 2007):

- breite Marktakzeptanz mit langfristig positivem Kosten-Nutzen-Verhältnis,
- Kontinuität der angewandten Forschung, Anpassung an sich verändernde Marktbedürfnisse und Entwicklung von Varianten,
- breite Verfügbarkeit von technologischem Wissen für die Produzenten,

- Anpassung und Ausbau der notwendigen Kapazitäten hinsichtlich Herstellungs-, Dienstleistungs-, Installierungs- und Wartungserfordernisse der neuen Technologie sowie
- die Diffusion unterstützende regulative und infrastrukturelle Rahmenbedingungen.

Im Folgenden wird für jede dieser Funktionen dargestellt, welche Faktoren dazu führen können, dass die spezifische Funktion nicht oder nur unzureichend erfüllt werden kann und welche politischen Maßnahmen in der Literatur diskutiert werden, die zu einem Abbau der spezifischen Hemmnisfaktoren beitragen können.

Die Entwicklung einer breiten Marktakzeptanz mit einem langfristigen positiven Kosten-Nutzen-Verhältnis kann vor allem durch Marktfaktoren behindert werden, wobei die Nachfrage die entscheidende Rolle spielt. Um die Nachfrage nach einer neuen Technologie zu fördern bzw. zu steigern, stehen verschiedene nachfrageorientierte Politikinstrumente zur Verfügung (TAB 2006). Die staatliche Beschaffung ist dabei die unmittelbarste Form, mit politischen Mitteln über die Nachfrageseite die Verbreitung von Innovation zu stimulieren. Hilfreich kann weiter eine kooperative Beschaffung sein, bei der staatliche Stellen gemeinsam mit privaten Nachfragern kaufen und beide die gekaufte Innovation nutzen. Der Staat kauft demnach nicht nur für die Erfüllung seiner eigenen Aufgaben, sondern auch, um die privaten Nachfrager bei ihrer Kaufentscheidung zu unterstützen. Allerdings kann solch ein Einsatz des Einkaufs der öffentlichen Hand zu Lenkungszwecken auch grundsätzliche Probleme aufwerfen, wie z. B. die problematische Wirkung vergabefördernder Ziele auf die Wettbewerbsintensität und auf die Korruptionsanfälligkeit der Vergabe (BMW 2007). Zudem stellt sich die Frage, ob der Staat die Wirtschaftlichkeit einer Innovation besser einschätzen könnte als der private Sektor.

Neben dieser monetären Steuerung der Nachfrage gibt es die Möglichkeit einer weichen Steuerung, welche an der Aufnahmebereitschaft und Aufnahmefähigkeit des Markts ansetzt. Das Ziel ist, die Informationsbasis über die neue Technologie bei den Nachfragern zu verbessern und kognitive sowie psychologische Hürden bei der Nachfrage in innovativen Märkten abzubauen. Hierzu stehen folgende Instrumente zur Verfügung: allgemeine Informationskampagnen zur Nutzung der neuen Technologie, Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung über die Eigenschaften oder Effekte der neuen Technologie, die Unterstützung von freiwilligen Labels als vertrauensbildende Maßnahme, Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen, um die Fähigkeiten für die Nutzung einer Technologie im Markt breit aufzubauen.

Neben den Marktfaktoren beeinflussen Wissensfaktoren die Marktakzeptanz und das Kosten-Nutzen-Verhältnis maßgeblich. Insbesondere bei Technologien, welche einen radikalen technischen Wandel darstellen, werden etablierte Entwicklungskorridore infrage gestellt und Weichen für die Definition neuer Korridore gestellt (Meyer-Stamer 1995).

### **Funktion: Breite Marktakzeptanz mit langfristig positivem Kosten-Nutzen-Verhältnis**

#### *Hemmnisse*

- Die Nachfrage springt aufgrund einer Reihe von Gründen nicht an: hohe Eintrittskosten der Technologien, hohe Wechsel- und Transaktionskosten (Lock-In-Effekte), Technologie wird nicht wahrgenommen, mangelhaftes Vertrauen in die Technologie, Mangel an Netzwerkeffekten in früheren Phasen macht sich bemerkbar
  - hohe Suchkosten
  - ökonomische Risiken bei der Amortisation von Investitionen in die Technologie
  - geringe öffentliche Akzeptanz der Innovation
- #### *politische Einflussmöglichkeiten*
- öffentliche Beschaffung, Bündelung der Nachfrage (kooperative Beschaffung)
  - breit angelegte Maßnahmen, um den Bekanntheitsgrad zu erhöhen, inklusive Labeling, Informations- und Marketingkampagnen
  - Aufbau von Informations- und Kooperationsnetzwerken
  - Entwicklung von neuen Public-Private-Partnership-Modellen, um die neue Technologie zu betreiben (Nutzung der Kosteneinsparung, um zusätzliche Investitionskosten zurückzuzahlen), Entwicklung neuer Finanzinstrumente

Da jedoch bei der Suche nach einem aussichtsreichen Pfad die Beteiligten in viele unterschiedliche Richtungen laufen, sind die sich dabei ergebenden Suchkosten sehr hoch (Suarez 2004). Weil es zusätzlich unwahrscheinlich ist, dass der größere Teil der Unternehmen zufällig in die richtige Richtung sucht, muss mit großer Wahrscheinlichkeit ein großer Teil der Suchkosten als Verlust abgeschrieben werden. Von politischer Seite kann hier durch den Aufbau von entsprechenden Informations- und Kompetenznetzwerken versucht werden, positiv Einfluss zu nehmen, indem ein durch alle wichtigeren Akteure gesteuerter Suchprozess initiiert und begleitet wird und damit Synergien realisiert und gleichzeitig Suchkosten reduziert werden.

Kostenfaktoren spielen auf dieser Ebene seitens der Unternehmer vor allem hinsichtlich der ökonomischen Risiken bei der Amortisation von Investitionen in eine Technologie eine wichtige Rolle. Hier liegen die politischen Einflussmöglichkeiten in erster Linie auf der Ebene finanzieller Förderung, wobei das Augenmerk auch auf die Entwicklung von neuen gezielt abgestimmten Finanzinstrumente und -modellen (z. B. Public Private Partnership) gerichtet werden sollte. Allerdings ist die Wirksamkeit finanzieller Innovationsförderung umstritten (Hall/van Reenen 2000). Die Frage ist, ob gegebene Liquiditätsengpässe schlicht eine Folge mangelnden Markterfolgs sind und damit auf eine unzureichende Wettbewerbsfähigkeit zurückzuführen sind. In diesem Fall behebt eine

finanzielle Förderung nicht unbedingt den eigentlichen Engpass für die Wettbewerbsfähigkeit, sondern birgt vielmehr die Gefahr der Verzögerung eines nicht mehr abwendbaren wirtschaftlichen Niedergangs.

**Funktion: Kontinuität der angewandten Forschung, Anpassung an sich verändernde Marktbedürfnisse und Entwicklung von Varianten**

*Hemmnisse*

- Die Notwendigkeit, dass beständige Forschungsaktivitäten mit einer erfolgreichen Diffusion einhergehen, wird unterschätzt, weil sich die Produzenten auf die Marktausschöpfung konzentrieren und Forschungsprogramme als zweitrangig betrachtet werden.

*politische Einflussmöglichkeiten*

- Sicherstellen der Kontinuität hinsichtlich anwendungsorientierter, kooperativer Forschungsprogramme, die sich auf Engpässe, Effizienzsteigerungen und Varianten konzentrieren.

Gerade in der Phase des zweiten Aufstiegs ist es besonders wichtig, dass weiterhin kontinuierlich angewandte Forschung betrieben wird, sodass auch hier Wissensfaktoren ins Zentrum der Aufmerksamkeit rücken. Zum einen müssen sie eine schnelle Anpassung an sich verändernde Marktbedürfnisse gewährleisten und zum anderen, die Möglichkeiten bieten, durch die Entwicklung von Varianten neue Märkte zu erschließen und zu sichern. Von politischer Seite kann versucht werden, diesbezügliche Engpässe dadurch zu überwinden bzw. zu vermeiden, dass entsprechende anwendungsorientierte Forschungsförderungsmaßnahmen sowohl zielgerichtet (Engpässe, Effizienzsteigerungen, Varianten) als vor allem auch auf Kontinuität ausgerichtet werden.

Wissensfaktoren spielen auch dann eine zentrale Rolle, wenn sich Märkte aufgrund mangelhafter Transferprozesse nicht schnell genug entwickeln können. Denkbare Instrumente für die Förderung der Technologiediffusion bzw. der entsprechenden Wissensdiffusion sind beispielsweise finanzielle Anreize durch Nachfragesubventionen und Steuererleichterungen. Es sollten aber auch gezielt technologiespezifische Wissens- und Technologietransferaktivitäten gefördert und kontinuierliches Wissensmonitoring betrieben werden.

**Funktion: Breite Verfügbarkeit von technologischem Wissen für die Produzenten**

*Hemmnisse*

- Märkte entwickeln sich nicht schnell genug, da sich neues Wissen zu langsam ausbreitet oder auf eine beschränkte Anzahl von Akteuren begrenzt ist.

*politische Einflussmöglichkeiten*

- direkte und indirekte Förderung der Technologiediffusion auf der Nachfrageseite
- Förderung von Wissens- und Technologietransferaktivitäten, Management von Wissensmonitoring

Der Aufstieg einer Technologie kann daran scheitern, dass auf Unternehmensseite die für eine Steigerung der Technologieproduktion oder einer Ausweitung der Anwendung notwendigen Kapazitäten nicht oder nur in geringem Maß vorhanden sind. Auch hier sind es demnach Wissensfaktoren, welche sich hemmend auf den Innovationsprozess auswirken. Um solche Engpässe zu überwinden, kann von politischer Seite versucht werden, strategisch einen Auf- und Ausbau solcher Kompetenzen in den Unternehmen zu fördern, beispielsweise durch Innovationsmanagementprogramme und/oder gezielte Technologieberatung. Außerdem ist zu prüfen, ob in den entsprechenden Ausbildungsbereichen technologiespezifische Anpassungen in Bezug auf die Inhalte notwendig sind.

Neben den bisher dargestellten Hemmnisfaktoren können auch institutionelle Faktoren den Aufstieg einer neuen Technologie erschweren oder verhindern. Das ist zum einen dann der Fall, wenn Regulierungen bestimmte innovative Optionen hemmen oder eine hohe Rechtsunsicherheit generieren (Blind et al. 2004) oder konkurrierende Standards zu einer Fragmentierung des Markts führen und damit eine schnelle Diffusion verhindern.

**Funktion: Anpassung und Ausbau der notwendigen Kapazitäten hinsichtlich Herstellungs-, Dienstleistungs-, Installierungs- und Wartungserfordernisse der neuen Technologie (auch in Phase 6 notwendig)**

*Hemmnisse*

- Produzenten, Dienstleistungsanbieter, Ingenieure und Händler sind nicht in der Lage, die neue Technologie in höherem Umfang zu produzieren, umzusetzen oder anzuwenden, hohe Lernkosten müssen getragen werden.

*politische Einflussmöglichkeiten*

- technologiespezifische indirekte Fördermaßnahmen und Innovationsmanagementprogramme, um die Industrie bei der Anpassung an neue Produktionserfordernisse zu unterstützen
- technologiespezifische Anpassungen in der Ausbildung im Ingenieurbereich, Handel etc.
- gezielte Technologieberatung

**Funktion: Regulative und infrastrukturelle Rahmenbedingungen, die die Diffusion unterstützen**

*Hemmnisse*

- Eine schnelle Diffusion kann durch kontraproduktive Regulierung oder konkurrierende Standards behindert werden.
- In Anhängigkeit des Neuheitsgrades einer Innovation kann es an komplementären Technologien oder der zur Diffusion notwendigen Infrastruktur mangeln.

*politische Einflussmöglichkeiten*

- Regulierungsprozesse, die Innovationswirkungen berücksichtigen

- Standardisierungsprozesse, die Variationen durch Interoperabilität fördern,
- Entwicklung und Pflege eines akzeptierten Standards (Unterstützung der verantwortlichen Akteure)
- Infrastrukturentwicklung

Hieraus folgt auf politischer Ebene die Notwendigkeit, hemmende Regulierungen zu identifizieren und gegebenenfalls entsprechend anzupassen. Außerdem kann versucht werden, den Aufstieg einer Technologie durch die gezielte Förderung von Standardisierungsprozessen zu unterstützen. Die Ausbreitung einer Technologie kann schließlich auch dadurch behindert werden, dass die notwendige komplementäre Infrastruktur nicht vorhanden ist oder notwendige Komplementärtechnologien nicht ausreichend zur Verfügung stehen. Politische Maßnahmen müssten in solch einem Fall vor allem gezielte Infrastrukturentwicklung leisten.

### Die Diffusionsphase neuer Technologien

In der Phase der Diffusion (Phase 6) einer neuen Technologie muss das Innovationssystem vor allem zwei Funktionen erfüllen:

- die Ausbildung eines beständigen, sich selbst tragenden Marktes und
- die Gewährleistung eines konstanten Wissensflusses, um Lücken zu schließen sowie Variationen und die nächste technologische Generation zu entwickeln.

Im Folgenden werden in analoger Weise wie zuvor spezifische funktionsrelevante Hemmnisfaktoren aufgeführt und politische Einflussmöglichkeiten dargestellt.

Um eine breite und nachhaltige Diffusion einer innovativen Technologie und der dazugehörigen Produkte zu sichern, muss sich ein beständiger und sich selbst tragender Markt herausbilden. Dieser Prozess kann durch Abhängigkeiten von nachfrageorientierten Fördermitteln stark beeinträchtigt werden. Solche Abhängigkeiten entstehen dann, wenn Nachfragemassnahmen zu lange beibehalten und dadurch alte Technologiepfade zementiert werden, die die im Diffusionsprozess notwendigen Anpassungen und Variationen nicht zulassen. Politisch kann solchen Engpässen durch maßgeschneiderte nachfrageorientierte Maßnahmen, welche kontinuierlich auf ihre Angemessenheit hin überprüft werden, entgegen gewirkt werden. Zusätzlich muss sichergestellt werden, dass Förderprogramme flexibel in ihrer Anpassung hinsichtlich neu entstehender technologischer Nischen sind.

#### **Funktion: Ausbildung eines beständigen, sich selbst tragenden Marktes**

##### *Hemmnisse*

- Abhängigkeiten von nachfrageorientierten Fördermitteln

##### *politische Einflussmöglichkeiten*

- maßgeschneiderte nachfrageorientierte Maßnahmen

Wenn sich Technologien im Markt ausgebreitet haben, kann die Sättigung des Markts durch mehr Variationen oder signifikante Verbesserungen im Kosten-Nutzen-Verhältnis überwunden werden. Nur selten gelingt dies allein durch Reinvestitionen der Produzenten in FuE. Vielmehr sind für einen wirklichen Fortschritt signifikante Anstrengungen im Rahmen öffentlicher, stärker grundlagenorientierter Forschung notwendig. Von politischer Seite sollte demnach gerade in der erfolgreichen Diffusionsphase einer neuen Technologie auch weiterhin grundlagenorientierte Forschung gefördert werden. Gleichzeitig sollten Austauschprozesse zwischen grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung unterstützt werden, um Feedbackschleifen zwischen Diffusion und Wissensproduktion zu ermöglichen. Notwendig ist auch die Unterstützung von Austausch- und Transferprozessen innerhalb der industriellen Forschung, um Warnsignale oder technologische Möglichkeiten rechtzeitig zu erkennen (wie z. B. im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. – AiF).

#### **Funktion: Gewährleistung eines konstanten Wissensflusses, um Lücken zu schließen sowie um Variationen und die nächste technologische Generation zu entwickeln**

##### *Hemmnisse*

- Mangel an öffentlicher grundlagenorientierter Forschung

##### *politische Einflussmöglichkeiten*

- Aufrechterhaltung der Förderung institutioneller Grundlagenforschung

### Fazit zu Innovationshemmnissen nach Art und Phasen

Die Literaturanalyse hat gezeigt, dass sich innovationshemmende und -fördernde Faktoren insbesondere im Fall konkreter Innovationen hinsichtlich spezifischer Einzelmärkte auf den vier Ebenen der

- Kostenfaktoren,
- Wissensfaktoren,
- Marktfaktoren und
- institutionellen Faktoren

geeignet untersuchen lassen. Es wurde deutlich, dass bei der Frage, welche Aspekte die Etablierung neuer Schlüsseltechnologien behindern können, alle Faktoren in diesen Ebenen berücksichtigt werden müssen, da eine Schlüsseltechnologie in der Regel z. B. zu Produkt- oder zu Prozessinnovationen führt, welche wiederum die Basis für nachfolgende Innovationen bilden.

Anhand der Bewertung der Bedeutung einzelner Faktoren nach den Kriterien des Technologiezyklus wurde erläutert, welche Faktoren sich insbesondere in der Phase des Aufstiegs bzw. der Umsetzung (Phase 5) und der Diffusion (Phase 6) einer neuen Technologie negativ auswirken können und wie von politischer Seite mögliche Hemmnisse oder Barrieren abgebaut werden können. Dabei handelt es sich in erster Linie um die Faktoren Wissenstransfer, Markt und Regulierung. Betrachtet man das gesamte Technikzyklusmodell, so ließen sich die Phasen 1 bis 4 gewissermaßen der Forschung und Entwicklung einer Technologie zuordnen. Somit erscheint im Fall einer spezifischen Technologie in Anlehnung an die Phasen des Technikzyklusmodells ebenso eine Untersuchung entlang der Wertschöpfungskette eines Innovationssystems sinnvoll, mit den Phasen

- Forschung und Entwicklung,
- Umsetzung und
- Diffusion.

Im Fall von Querschnittstechnologien, welche immer wieder zu konkreten Anwendungen führen können, jedoch gleichzeitig eine gesamttechnologische Entwicklung nach obigem Modell durchlaufen können, wäre auch eine zwischen den vier Hemmnisdimensionen und den drei Wertschöpfungsphasen liegende Untersuchungsebene denkbar.

### 3. Blockaden im internationalen Vergleich

Im nächsten Schritt geht es darum, vor diesem Hintergrund aktuelles Datenmaterial über verschiedene Indikatoren auf den einzelnen Ebenen Kosten, Wissen, Markt und Institutionen zusammenzustellen, um eine Beurteilung der Situation in Deutschland im Länder- und gegebenenfalls im Branchenvergleich auf nationaler Ebene zu ermöglichen. Die folgende Untersuchung der Frage, in welcher Ausprägung sich verschiedene der in Kapitel II vorgestellten Hemmnisfaktoren in Deutschland und im internationalen Vergleich darstellen, beruht daher auf einer Zusammenstellung und Auswertung verschiedener Datenquellen und Untersuchungen, die in den letzten Jahren durchgeführt wurden. Zum einen wurden entsprechende Forschungsberichte und Publikationen ausgewertet. Zum anderen wurde auf einschlägige Datenbanken, welche eigene Auswertungen ermöglichen, zurückgegriffen. Dabei handelte es sich in erster Linie um Daten, die von Eurostat (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>), dem World Competitiveness Center ([www.worldcompetitiveness.com](http://www.worldcompetitiveness.com)) und der OECD ([www.oecd.org](http://www.oecd.org)) erhoben wurden. Bevor jedoch auf die einzelnen Innovationshemmnisse im Hinblick auf ihre empirische Ausprägungen eingegangen wird, soll betrachtet werden, welche Hemmnisfaktoren aus Unternehmensebene besondere Relevanz im Innovationsprozess entfalten.

#### 3.1 Blockaden aus Sicht der Wirtschaft

Um zu untersuchen, welche Faktoren sich innovationshemmend auswirken, ist es üblich, die Unternehmen direkt danach zu fragen, welche Innovationshemmnisse sie als besonders wichtig einschätzen. Viele Untersuchungen lehnen sich dabei an das im Oslo Manual (OECD/Eurostat 2005) erarbeitete Variablensystem an, wobei in den meisten Fällen nicht alle Faktoren berücksichtigt werden. Rammer (2006) sowie Rammer/Weißfeld (2008) haben auf Basis des Mannheimer Innovationspanels (MIP) Rangfolgen der wichtigsten Innovationshemmnisse für die Jahre 1996 bis 2006 erstellt, welche von der Innovationspolitik direkt oder indirekt adressiert und potenziell beseitigt werden können (Tabelle 4). Am häufigsten steht der Mangel an Finanzierungsquellen in den Jahren zwischen 1996 und 2006 an erster Stelle der wichtigsten Innovationshemmnisse. In den Jahren 1996 und 2006 ist dabei eine sehr ähnliche Rangfolge zu beobachten. Im wissensintensiven Dienstleistungssektor folgen auf mangelnde Finanzierungsquellen die Regulierung, Standards und Bürokratie sowie der Fachpersonalmangel auf Platz 2 und 3. Im Hochtechnologiebereich verhielt es sich im Jahr 1996 genauso. Ab dem Jahr 2002 verdrängte jedoch die mangelnde Kundenakzeptanz Gesetzgebung und Verwaltungsverfahren von Platz 3. Dies ist vermutlich auf die schwache Binnenachfrage seit 2001 zurückzuführen. In den Vorjahren spielte die Kundenakzeptanz mit zweimal Platz 5 und einmal Platz 4 eine deutlich geringere Rolle.

Für den europäischen Vergleich eignet sich die gemeinschaftliche Innovationserhebung aus dem Jahr 2004, die zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie die aktuellste Erhebung darstellt. Hier zeigt sich, dass deutsche Unternehmen mit Innovationsaktivitäten den meisten Faktoren deutlich seltener eine stark hemmende Wirkung zuschreiben als Unternehmen in anderen europäischen Staaten (Tabelle 5). Kostenfaktoren spielen dabei in Deutschland – wie auch in der überwiegenden Mehrzahl der anderen europäischen Länder – die größte Rolle als Innovationshemmnis.

Die zu hohen Innovationskosten werden von 19 Prozent der deutschen Unternehmen als besonders wichtig eingestuft. An zweiter und dritter Stelle stehen der Mangel an internen Finanzierungsquellen (12 Prozent) und der Mangel an externen Finanzierungsquellen (11 Prozent). Bei allen anderen Faktoren verbleibt der Anteil der Unternehmen, welche diese Faktoren als sehr wichtige Innovationshemmnisse einstufen in Deutschland unter 10 Prozent. Während beispielsweise in Frankreich, Italien und Großbritannien zwischen 13 Prozent und 16 Prozent der Unternehmen die unsichere Nachfrage nach Innovationen als besonders hemmenden empfinden, so trifft dies nur für 5 Prozent der deutschen Unternehmen zu.

Die Bedeutung einzelner Innovationshemmnisse kann sich allerdings in Abhängigkeit bestimmter Unternehmenseigenschaften deutlich unterscheiden. So zeigt sich

Tabelle 4

**Rangfolge ausgewählter Innovationshemmnisse in Deutschland zwischen 1996 und 2002  
(Skala 1 bis 6)**

|  | 1996 | 1998 | 2000 | 2002 | 2004 | 2006 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| <b>Hochtechnologie</b>                   |      |      |      | Rang |      |      |
| Mangel an Finanzierungsquellen           | 1    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| Fachpersonalmangel                       | 2    | 1    | 2    | 2    | 4    | 2    |
| mangelnde Kundenakzeptanz                | 5    | 4    | 5    | 3    | 3    | 3    |
| Gesetzgebung, Verwaltungsverfahren etc.  | 3    | 3    | 3    | 5    | 2    | 4    |
| fehlende technologische Informationen    | 4    | 5    | 4    | 4    | 6    | 5    |
| fehlende Marktinformationen              | 6    | 6    | 6    | 6    | 5    | 6    |
| <b>wissensintensive Dienstleistungen</b> |      |      |      |      |      |      |
| Mangel an Finanzierungsquellen           | 1    | 2    | 2    | 1    | 1    | 1    |
| Regulierung, Standards, Bürokratie       | 2    | 3    | 3    | 2    | 4    | 2    |
| Fachpersonalmangel                       | 3    | 1    | 1    | 3    | 3    | 3    |
| mangelnde Kundenakzeptanz                | 4    | 4    | 5    | 4    | 2    | 4    |
| fehlende technologische Informationen    | 5    | 6    | 4    | 5    | 6    | 5    |
| fehlende Marktinformationen              | 6    | 5    | 6    | 6    | 5    | 6    |

Quelle: Rammer 2006; Rammer/Weißenfeld 2008

beispielsweise, dass insbesondere in Bezug auf die Kostenfaktoren – die im Jahr 2004 mit Abstand die wichtigsten Innovationshemmnisse darstellten – die Größe der Unternehmen eine wichtige Rolle spielt (Abbildung 2).

Bei Unternehmen ohne Innovationsaktivitäten verhält es sich sowohl bei den internen und externen Finanzierungsmöglichkeiten als auch bei den Innovationskosten so, dass diese Faktoren um so häufiger als Barrieren wahrgenommen werden, je kleiner die Unternehmen sind. Bei Unternehmen mit Innovationsaktivitäten trifft dies in einem vergleichbaren Ausmaß nur bei den externen Finanzierungsmöglichkeiten zu. Die Innovationskosten werden von innovierenden Unternehmen aller Größen ungefähr gleich häufig als besonders wichtiges Hemmnis empfunden, wobei große Unternehmen hier tendenziell sogar häufiger Probleme sehen. Eine Studie

des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln (IW Consult 2006) zeigt ebenfalls einen deutlichen Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und Wirkung von Hemmnisfaktoren. Neben der Unternehmensgröße wurde hier zusätzlich berücksichtigt, ob die Unternehmen eine FuE-Förderung erhalten haben oder nicht. Die Rangfolge der wichtigsten Innovationshemmnisse fällt allerdings zwischen den geförderten und den nicht geförderten sehr ähnlich aus.

Die Bedeutung unterschiedlicher Innovationshemmnisse kann sich auch deutlich in Abhängigkeit von der jeweiligen Branche, in welchen die Unternehmen operieren, unterscheiden. Für das Jahr 2004 werden entsprechende Daten zunächst nur differenziert für die Bereiche verarbeitendes Gewerbe, Energie- und Wasserversorgung, Verkehr und Nachrichtenübermittlung sowie Kredit- und Versicherungsgewerbe vorgestellt (Tabelle 6).

Tabelle 5

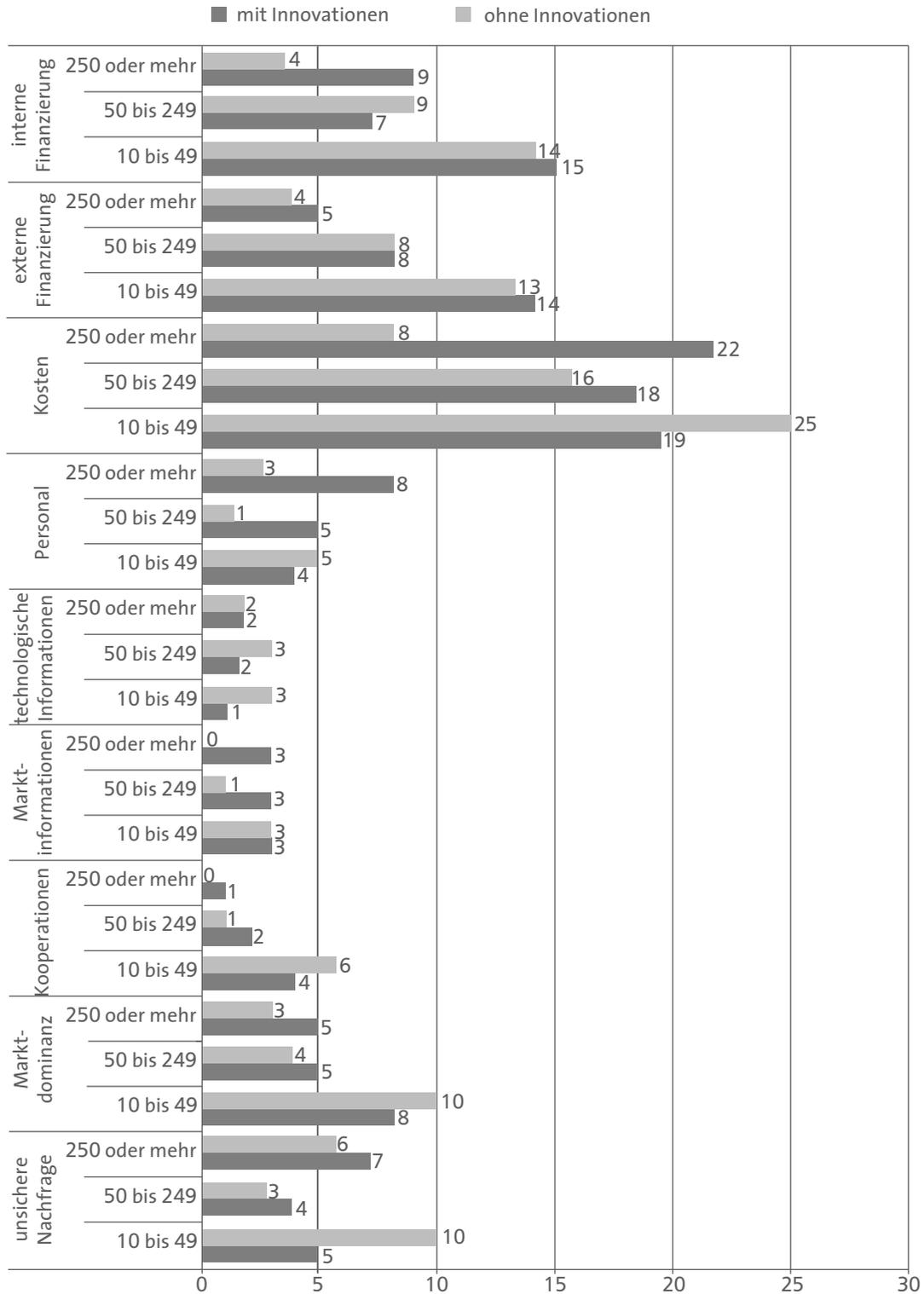
**Von innovierenden Unternehmen als hoch eingestufte Hemmnisfaktoren im Ländervergleich  
(2004, in Prozent)**

|    | Mangel an internen Finanzquellen | Mangel an externen Finanzquellen | zu hohe Innovationskosten | Mangel an qualifiziertem Personal | Mangel an technologischen Informationen | Mangel an Marktinformationen | Schwierigkeiten, Kooperationspartner zu finden | Markt wird von etablierten Unternehmen dominiert | unsichere Nachfrage nach Innovationen |
|----|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| BE | 19                               | 11                               | 19                        | 14                                | 3                                       | 6                            | 6  | 15   | 10                                    |
| BG | 24                               | 21                               | 26                        | 9                                 | 6                                       | 6                            | 11   | 15   | 15                                    |
| CZ | 22                               | 12                               | 18                        | 10                                | 2                                       | 4                            | 3  | 19   | 12                                    |
| DK | 21                               | 9                                | 12                        | 7                                 | 3                                       | 3                            | 3  | 9  | 12                                    |
| DE | 12                               | 11                               | 19                        | 5                                 | 1                                       | 3                            | 3  | 7  | 5                                     |
| EE | 28                               | 19                               | 21                        | 23                                | 4                                       | 3                            | 6  | 16   | 11                                    |
| IE | 24                               | 13                               | 19                        | 18                                | 5                                       | 13                           | 4  | 12   | 13                                    |
| GR | 32                               | 32                               | 39                        | 23                                | 18                                      | 18                           | 24   | 22   | 24                                    |
| ES | 29                               | 27                               | 40                        | 16                                | 11                                      | 9                            | 12   | 20   | 21                                    |
| FR | 30                               | 10                               | 28                        | 15                                | 4                                       | 6                            | 10   | 15   | 16                                    |
| IT | 19                               | 19                               | 26                        | 11                                | 5                                       | 4                            | 10   | 13   | 13                                    |
| CY | 27                               | 24                               | 31                        | 15                                | 5                                       | 3                            | 9  | 11   | 9                                     |
| LV | 68                               | 58                               | 72                        | 72                                | 67                                      | 64                           | 58   | 68   | 62                                    |
| LT | 25                               | 19                               | 22                        | 14                                | 7                                       | 8                            | 8  | 19   | 11                                    |
| LU | 12                               | 5                                | 10                        | 12                                | 1                                       | 3                            | 5  | 15   | 12                                    |
| HU | 27                               | 20                               | 26                        | 7                                 | 2                                       | 3                            | 5  | 15   | 15                                    |
| MT | 15                               | 10                               | 18                        | 9                                 | 3                                       | 8                            | 6  | 15   | 17                                    |
| NL | 17                               | 9                                | 12                        | 7                                 | 4                                       | 4                            | 3  | 5  | 8                                     |
| AT | 19                               | 15                               | 19                        | 11                                | 4                                       | 4                            | 8  | 12   | 9                                     |
| PL | 31                               | 26                               | 32                        | 7                                 | 5                                       | 5                            | –  | –  | 17                                    |
| PT | 14                               | 15                               | 9                         | 25                                | 33                                      | 31                           | 21   | 21   | 19                                    |
| RO | 8                                | 30                               | 30                        | 14                                | 7                                       | 0                            | 16   | 21   | 16                                    |
| SI | 31                               | 24                               | 24                        | 20                                | 5                                       | 9                            | 11   | 26   | 9                                     |
| SK | 24                               | 16                               | 21                        | 8                                 | 2                                       | 4                            | 7  | 14   | 12                                    |
| FI | 14                               | 10                               | 11                        | 9                                 | 4                                       | 5                            | 7  | 8  | 9                                     |
| SE | 21                               | 13                               | 15                        | 9                                 | 3                                       | 4                            | 5  | 19   | 12                                    |
| GB | –                                | –                                | 22                        | 10                                | 3                                       | 5                            | –  | 13   | 13                                    |
| IS | 21                               | 16                               | 19                        | 13                                | –                                       | 5                            | 10   | 16   | 12                                    |
| NO | 14                               | 12                               | 17                        | 6                                 | 3                                       | 3                            | 2  | 6  | 6                                     |

Quelle: Vierte gemeinschaftliche Innovationserhebung CIS4 (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/microdata/cis>)

Abbildung 2

**Innovationshemmnisse als hoch einschätzende Unternehmen nach Unternehmensgröße (2004, in Prozent)**



Quelle: Vierte gemeinschaftliche Innovationserhebung CIS4 (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/microdata/cis>)

Tabelle 6

**Von innovierenden deutschen Unternehmen als hoch eingestufte Hemmnisfaktoren nach Branchen  
(2004, in Prozent)**

|                              | verarbeitendes<br>Gewerbe | Energie- und<br>Wasserversorgung | Verkehr und<br>Nachrichten-<br>übermittlung | Kredit- und<br>Versicherungs-<br>gewerbe |
|------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---|--|
| interne Finanzierung         | 13                        | 4                                | 13  | 2  |
| externe Finanzierung         | 12                        | 5                                | 13  | 2  |
| Kosten                       | 19                        | 7                                | 21  | 11                                       |
| Personal                     | 5                         | 1                                | 4   | 4  |
| technologische Informationen | 1                         | 0                                | 2   | 0  |
| Marktinformationen           | 3                         | 1                                | 5   | 0  |
| Kooperation                  | 3                         | 4                                | 6   | 0  |
| etablierte Unternehmen       | 6                         | 4                                | 6   | 0  |
| unsichere Nachfrage          | 5                         | 3                                | 5   | 0  |

Quelle: Vierte gemeinschaftliche Innovationserhebung CIS4 (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/microdata/cis>)

Dabei zeigt sich, dass im verarbeitenden Gewerbe und im Bereich Verkehr und Nachrichtenübermittlung Hemmnisfaktoren insgesamt deutlich häufiger als besonders wichtig eingestuft werden als in den anderen beiden Bereichen. Am wichtigsten sind jeweils die drei Kostenfaktoren, die im verarbeitenden Gewerbe und im Bereich Verkehr und Nachrichtenübermittlung ungefähr gleich bewertet werden.

Bei den Branchen innerhalb des verarbeitenden Gewerbes, in welchen vergleichsweise am häufigsten Hemmnisfaktoren eine hohe Wirkung zugeschrieben wird, handelt es sich um „Kunststoff“, „Fahrzeugbau“ und „Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik und Optik (MMSRO)“ (Eurostat – Vierte gemeinschaftlich Innovationserhebung). In allen drei Branchen schätzt ungefähr ein Viertel aller Befragten zu hohe Innovationskosten als einen wichtigen Hemmnisfaktor ein. Die zweit- und dritt wichtigsten Faktoren sind in allen drei Bereichen ein Mangel an internen oder an externen Finanzierungsquellen oder das hohe wirtschaftliche Risiko. Ansonsten spielen vor allem institutionelle Faktoren eine Rolle. Zwischen 10 Prozent und 14 Prozent der Befragten gaben an, dass Gesetzgebung, rechtliche Regelungen und Normen sowie zu lange Verwaltungs- und Genehmigungsverfahren eine stark hemmende Wirkung haben.

Genauso wichtig, wie die Frage, welche Faktoren eine hemmende Wirkung auf Innovationsverhalten ausüben, ist es, solche Faktoren zu identifizieren, von denen eine fördernde Wirkung ausgeht. Das DIW Berlin und der BDI haben zu diesem Thema im Frühjahr 2005 eine Befragung von 178 Managern international tätiger deutscher und ausländischer Unternehmen in innovationsstarken In-

dustrie- und Dienstleistungsbereichen durchgeführt (Werwatz et al. 2005). Die befragten Manager wurden dabei gebeten, die Bedeutung von 13 Standortbedingungen für den Erfolg von Innovationsaktivitäten ihres Unternehmens zu bewerten (Abbildung 3).

Als sehr wichtig wurde am häufigsten das Bildungssystem eingestuft, gefolgt vom Forschungssystem, einer innovationsfreundlichen Nachfrage und der Einstellung und dem Verhalten der Bevölkerung eines Landes (Wissen, Risikobereitschaft und Technologieakzeptanz). Die unternehmensexternen Finanzierungsbedingungen für Innovationen haben für die befragten Manager das geringste Gewicht. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass es sich hier um Manager großer, international tätiger Unternehmen handelt, die Innovationen vorwiegend firmenintern finanzieren und dementsprechend den externen Finanzierungsbedingungen für ihr Unternehmen nur geringe Bedeutung zumessen. Dass dies für die Mehrzahl der anderen Unternehmen nicht zutrifft, ging aus den vorherigen Darstellungen über die Bedeutung von Innovationshemmnissen hervor.

Neben der Einschätzung der Bedeutung der einzelnen Standortbedingungen wurden die Manager auch um ihre Bewertung der derzeitigen Standortbedingungen für Innovationen in Deutschland gebeten. Im Durchschnitt fielen die Bewertungen relativ moderat aus, d. h. die Mehrzahl der Faktoren wurde in Bezug auf Deutschland weder als unzureichend noch als ausgezeichnet in ihrer Ausprägung bewertet. Trotzdem lässt sich eine klare Rangfolge von eher positiv über neutral bis zu eher negativ bewerteten Faktoren erkennen. Als eher positive Bedingungen wurden am Standort Deutschland die technische Informations- und Kommunikationsstruktur, die Kooperation mit

Abbildung 3

**Bedeutung von Standortbedingungen für Innovationen (Anteil der 178 Experten, die den Standortfaktor für „sehr wichtig“ halten) (2005)**



Quelle: Werwatz et al. 2005

innovativen Unternehmen, der Wettbewerb mit anderen Unternehmen und das Bildungssystem eingeschätzt. Die Mehrzahl der Faktoren – darunter auch einige der als besonders wichtig eingeschätzten – erhielt jedoch eine negative Bewertung. Darunter fallen vor allem Wissen, Risikobereitschaft und Technikakzeptanz der Bevölkerung, das Regulierungsumfeld und die staatliche Nachfrage nach neuen Produkten und Dienstleistungen.

Nach der Betrachtung, wie die Unternehmen die Bedeutung verschiedener Hemmnisfaktoren für den Innovationsprozess selbst einstufen, wird sich der Ausprägung einzelner Hemmnisfaktoren in Deutschland und im internationalen Vergleich gewidmet. Hierzu wird sich an der Kategorisierung orientiert, die in Kapitel II.2 aus der wissenschaftlichen Diskussion abgeleitet wurde, sodass sich die folgende Darstellung entlang der vier identifizierten Ebenen von Innovationshemmnissen gliedert: Kostenfaktoren, Wissensfaktoren, Marktfaktoren und institutionelle Faktoren.

### 3.2 Blockaden in der Kostendimension

Eine der Grundvoraussetzung jeder Innovation ist, dass ihre Finanzierung zu Bedingungen möglich sein muss,

die die Umsetzung der Innovation unterstützen und nicht verhindern. Die Betrachtung der Faktoren, die von Unternehmen als innovationshemmend empfunden werden, hat gezeigt, dass die Kostenfaktoren zu den wichtigsten Innovationsbarrieren gehören. Als besonders hemmend werden häufig die zu hohen Kosten eingestuft, worunter sämtliche Kosten zu verstehen sind, die mit einer Innovation verbunden sind. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um Forschungs- und Entwicklungskosten, Produktionskosten, Kosten für Marktforschung und Kosten für die Produkteinführung im Markt. Häufig ist die Entwicklung und Umsetzung von Innovationen sehr risikoreich und der Ertrag und damit auch der Rückfluss der eingesetzten Mittel unsicher. Dementsprechend stehen Unternehmen häufig vor Finanzierungsproblemen bzw. sehen in mangelnden Finanzierungsquellen eine besonders wichtige Innovationsbarriere.

In der Welle 2004 des IAB-Betriebspanels wurden die Betriebe gebeten, anzugeben, wie sie ihre Innovationen finanzieren und ob sie Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Fremdkapital bei Kreditinstituten hatten (Kohaut 2005). Diese Befragung zeigt, dass in Deutschland Innovationen überwiegend aus Eigenkapital finanziert werden (Tabelle 7).

Tabelle 7

**Einsatz von Fremdkapital und Schwierigkeiten bei der Beschaffung nach Betriebsgröße  
in Deutschland (2004, in Prozent)**

| Anzahl der<br>Erwerbstätigen | Nutzung von Fremdkapital zur<br>Finanzierung von Produktinnovationen |           | davon hatten Schwierigkeiten bei der<br>Beschaffung von Fremdkapital bei<br>Kreditinstituten |           |
|------------------------------|--|-----------|--|-----------|
|                              | West   | Ost       | West   | Ost       |
| 1 bis 4                      | 17   | 9         | 24   | 30        |
| 5 bis 19                     | 21   | 15        | 24   | 31        |
| 20 bis 99                    | 30   | 24        | 24   | 28        |
| 100 bis 499                  | 31   | 23        | 12   | 21        |
| 500 und mehr                 | 35   | 31        | 8  | 20        |
| <b>insgesamt</b>             | <b>20</b>  | <b>13</b> | <b>24</b>  | <b>30</b> |

Quelle: Kohaut 2005

Es ist nicht überraschend, dass dieser Anteil mit zunehmender Betriebsgröße sinkt. Rund ein Drittel der Großbetriebe mit mehr als 500 Beschäftigten nimmt zur Finanzierung Fremdkapital auf. Sehr kleine Betriebe nutzen eine Fremdkapitalfinanzierung hingegen eher selten. Insgesamt geben knapp ein Drittel der ostdeutschen und etwa ein Viertel der westdeutschen Betriebe an, Probleme bei der Beschaffung von Fremdkapital gehabt zu haben. Dabei sind es vor allem die kleinen Betriebe, welche die Fremdkapitalbeschaffung vor Probleme stellt. Damit dürfte die geringere Nutzung von Fremdkapital zur Finanzierung von Innovationen in Ostdeutschland im Vergleich zu Westdeutschland wohl darauf zurückzuführen sein, dass Betriebe in Ostdeutschland schlichtweg größere Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Fremdkapital haben als solche in Westdeutschland.

Eine Alternative zur Kreditfinanzierung stellen Beteiligungsfinanzierungen bzw. die Bereitstellung von Eigenkapital durch Investoren dar, welches als Venture Capital (Wagniskapital) bezeichnet wird. Durch das Bündeln von mit hohen Unsicherheiten und Renditeerwartungen gekennzeichneten Investitionen zu Portfolios versuchen Wagniskapitalgeber, die Unsicherheiten der einzelnen Investitionen auszugleichen. Auf diese Weise können die wenigen erfolgreichen Investments eine große Zahl an gescheiterten Versuchen mitfinanzieren. Aus innovationspolitischer Sicht ist dies höchst wünschenswert, da dadurch die Aktivitäten zur Entwicklung und Markteinführung neuer Technologien insgesamt erhöht werden. Außerdem werden konkurrierende Technologieentwicklungen und der Wettbewerb zwischen innovativen Lösungen gefördert, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass sich unter den vielen Versuchen auch jene finden, die künftige Trends und Kundenpräferenzen am besten treffen und so ein optimales Verhältnis zwischen technologischer Leistungsfähigkeit des Produkts und

Kundennutzen erreicht wird, das zu einem Markterfolg führt (Rammer 2007a).

Das World Competitiveness Center führt jährlich einen „Executive Survey“ zur wahrgenommenen Wettbewerbsbedingungen in 55 Ländern durch (IMD 2007).<sup>1</sup> Geht man von der Einschätzung dieser Experten aus, so schneidet Deutschland in Bezug auf einen leichten Zugang zu Venture Capital im internationalen Vergleich im Jahr 2007 mit Platz 26 relativ schlecht ab (Tabelle 8). Am besten wird die Situation in den USA, Israel von Dänemark bewertet. Ähnlich schlecht wie in Deutschland wird die Situation in Frankreich und Österreich beurteilt. Deutlich bessere Einschätzungen liegen ansonsten im europäischen Vergleich vor allem in den nordischen Ländern und Großbritannien vor. Unter den EU-Mitgliedstaaten werden die Zugangsmöglichkeiten zu Venture Capital in Bulgarien und Italien am schlechtesten bewertet.

Die relativ kritische Einschätzung der befragten Wirtschaftsexperten über die Verfügbarkeit von Venture Capital in Deutschland stimmt durchaus mit der realen Situation überein. Wurden im Jahr 2000 noch 1 900 Unternehmen wagniskapitalfinanziert, so waren es im Jahr 2005 nur noch 800. Bei den Neugründungen verringerte sich diese Anzahl von 750 im Jahr 2000 auf nur noch 350 im Jahr 2005. Die Gesamtinvestitionen von deutschen Wagniskapitalgesellschaften belief sich im Jahr 2000 auf über 7,6 Mrd. Euro. Seither sank sie jedoch kontinuierlich bis auf 260 Mio. Euro im Jahr 2006 (BMBF 2007a).

<sup>1</sup> Befragt werden leitende Wirtschaftsführer auf der Ebene Top- und mittleres Management, die einen Querschnitt der Unternehmenslandschaft und Sektorverteilung in den verschiedenen Ländern repräsentieren. Die Stichprobengröße in den einzelnen Ländern wurde proportional zum jeweiligen Bruttoinlandsprodukt bestimmt. Die schriftliche Umfrage wurde zwischen Januar und März 2007 durchgeführt. Insgesamt beteiligten 3 700 Befragte aus 55 Ländern.

Tabelle 8

## „Venture Capital ist für die Unternehmensentwicklung leicht verfügbar“ (2007)

| Rang | Land           | Bewertung | Rang | Land              | Bewertung |
|------|----------------|-----------|------|-------------------|-----------|
| 1    | USA            | 8,06      | 29   | Korea             | 5,00      |
| 2    | Israel         | 7,44      | 30   | Japan             | 4,96      |
| 3    | Dänemark       | 7,39      | 31   | Südafrika         | 4,84      |
| 4    | Niederlande    | 7,20      | 32   | Slowak. Republik  | 4,71      |
| 5    | Belgien        | 7,16      | 33   | Thailand          | 4,67      |
| 6    | Hong Kong      | 7,06      | 34   | Tschech. Republik | 4,60      |
| 7    | Norwegen       | 6,82      | 35   | Kolumbien         | 4,48      |
| 8    | Großbritannien | 6,78      | 36   | Chile             | 4,17      |
| 9    | Schweden       | 6,73      | 37   | Griechenland      | 4,12      |
| 10   | Singapur       | 6,65      | 38   | Ungarn            | 4,09      |
| 11   | Irland         | 6,59      | 39   | Polen             | 4,04      |
| 12   | Luxemburg      | 6,57      | 40   | Türkei            | 3,78      |
| 13   | Australien     | 6,41      | 41   | China             | 3,75      |
| 14   | Taiwan         | 6,32      | 42   | Portugal          | 3,70      |
| 15   | Finnland       | 6,31      | 43   | Rumänien          | 3,70      |
| 16   | Kanada         | 6,22      | 44   | Slowenien         | 3,70      |
| 17   | Schweiz        | 6,12      | 45   | Kroatien          | 3,68      |
| 18   | Neuseeland     | 6,10      | 46   | Ukraine           | 3,68      |
| 19   | Malaysia       | 6,06      | 47   | Italien           | 3,55      |
| 20   | Estland        | 5,79      | 48   | Bulgarien         | 3,46      |
| 21   | Litauen        | 5,63      | 49   | Argentinien       | 3,42      |
| 22   | Spanien        | 5,51      | 50   | Indonesien        | 3,24      |
| 23   | Jordanien      | 5,48      | 51   | Russland          | 3,11      |
| 24   | Indien         | 5,47      | 52   | Venezuela         | 3,05      |
| 25   | Frankreich     | 5,46      | 53   | Philippinen       | 3,04      |
| 26   | Deutschland    | 5,38      | 54   | Brasilien         | 3,03      |
| 27   | Österreich     | 5,33      | 55   | Mexiko            | 3,00      |
| 28   | Island         | 5,31      |      |                   |           |

Quelle: IMD 2007

Das DIW (Werwatz et al. 2008) hat im Rahmen seines Innovationsindikators Deutschland einen Subindikator „Finanzierung“ erstellt, der breiter angelegt ist und zur Bewertung der allgemeinen nationalen Finanzierungsbedingungen für Innovationen herangezogen werden kann. Dabei werden nur Indikatoren der unternehmensexternen Bedingungen berücksichtigt, die eher die kleinen und mittleren Unternehmen betreffen. Der Subindikator setzt sich aus drei Komponenten zusammen: (1) die allgemei-

nen Finanzierungsbedingungen, wie sie in der Unternehmensbefragung des WEF bewertet wurden, (2) die Bedingungen für die Gründungsfinanzierung, die am Umfang des eingesetzten Venture Capital in Relation zum Bruttoinlandsprodukt und an der Beurteilung der Verfügbarkeit von Venture Capital aus Sicht der vom WEF befragten Manager festgemacht werden und (3) der Umfang der staatlichen Förderung für FuE und ihre Verfügbarkeit aus Sicht der vom WEF befragten Manager (Tabelle 9).

Tabelle 9

**Rangfolge der Länder beim Subindikator „Finanzierung von Innovationen“ und seinen Unterindikatoren im Rahmen des Innovationsindikators des DIW (2008)**

|              | Subindikator<br>Finanzierung von<br>Innovationen | allgemeine<br>Finanzierungs-<br>bedingungen | Unterindikatoren           |                         |
|--------------|--|---|----------------------------|-------------------------|
|              |  |   | Gründungs-<br>finanzierung | staatliche<br>Förderung |
| Gewichte (%) |  | 31  | 41                         | 28                      |
| SWE          | 1  | 1   | 5                          | 5                       |
| USA          | 2  | 7   | 3                          | 2                       |
| GBR          | 3  | 4   | 1                          | 9                       |
| DNK          | 4  | 2   | 6                          | 8                       |
| FIN          | 5  | 6   | 7                          | 7                       |
| CAN          | 6  | 9   | 2                          | 11                      |
| KOR          | 7  | 16  | 4                          | 4                       |
| FRA          | 8  | 12  | 12                         | 1                       |
| IRL          | 9  | 3   | 8                          | 17                      |
| NLD          | 10   | 8   | 9                          | 13                      |
| AUT          | 11   | 14  | 15                         | 3                       |
| ESP          | 12   | 13  | 13                         | 6                       |
| CHE          | 13   | 5   | 10                         | 14                      |
| DEU          | 14   | 10  | 14                         | 10                      |
| BEL          | 15   | 11  | 11                         | 12                      |
| JPN          | 16   | 15  | 16                         | 15                      |
| ITA          | 17   | 17  | 17                         | 16                      |

Quelle: Werwatz et al. 2008

Im internationalen Vergleich liegt Deutschland bei den Finanzierungsbedingungen für Innovationen nur auf Platz 14, was auf die schlechte Gründungsfinanzierung (Platz 14) zurückzuführen ist und mit den bisher vorgestellten Ergebnissen übereinstimmt. Auch bei den allgemeinen Finanzierungsbedingungen sowie der staatlichen Förderung belegt Deutschland nur Platz 10. Die Spitzenreiter in der Gesamtrangfolge Schweden, USA, Großbritannien, Dänemark und Finnland weisen vor allem im Bereich Finanzierungsbedingungen und Gründerfinanzierung bessere Bedingungen als Deutschland auf.

### 3.3 Blockaden in der Wissensdimension

Im Oslo Manual (OECD/Eurostat 2005) werden unter unternehmensexternen Wissensfaktoren die Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal auf dem Arbeitsmarkt und von externen Dienstleistungen sowie Kooperationspartnern zusammengefasst. Im Folgenden werden verschie-

dene Studien dargestellt, welche die deutsche Situation in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Bildung, Humanressourcen und Kooperationsbeziehungen im internationalen Vergleich untersucht haben.

#### Forschung und Entwicklung

In Deutschland lag der Anteil der FuE-Ausgaben am BIP im Jahr 2004 bei 2,5 Prozent und damit deutlich über dem EU-Durchschnitt von 1,84 (Tabelle 10). Höhere Anteile lagen nur in Schweden, Finnland, Japan, der Schweiz, Island, Österreich und den USA vor. Dennoch ist Deutschland dem in der Lissabon-Strategie festgelegten 3-Prozentziel in den letzten Jahren kaum näher gekommen (BMBF 2007a). Im Durchschnitt der EU-27 werden 55 Prozent der Ausgaben durch die Industrie finanziert und 34 Prozent von staatlicher Seite. In Deutschland liegt der Anteil der industriefinanzierten FuE-Ausgaben mit 68 Prozent deutlich höher und wird nur in Luxemburg, der Schweiz

und Japan übertroffen. In den meisten Ländern sind die staatlichen FuE-Ausgaben seit 2000 deutlich stärker gestiegen als die der Wirtschaft. Im Gegensatz zur internationalen Entwicklung sank in Deutschland die durchschnittliche, inflationsbereinigte Wachstumsrate der öffentlich finanzierten FuE-Aufwendungen von 0,9 Prozent für den Zeitraum 1994 bis 2000 auf 0,2 Prozent für den Zeitraum 2000 bis 2004 (BMBF 2007a).

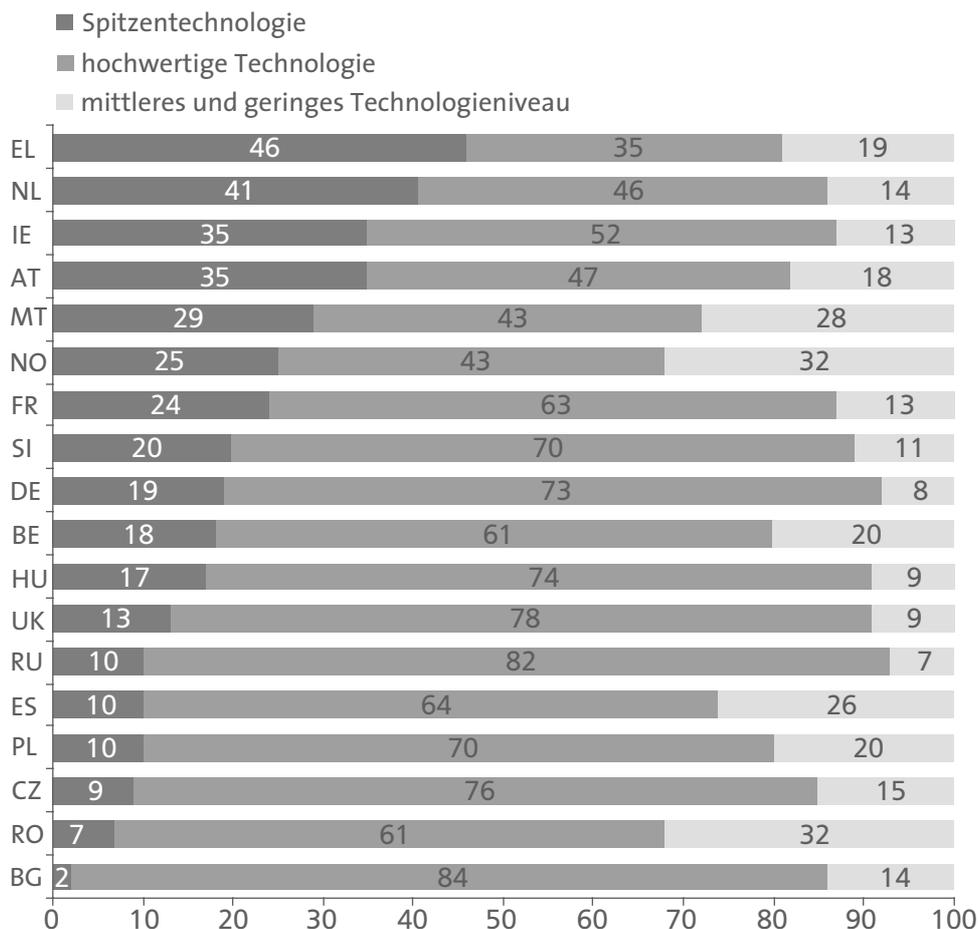
Betrachtet man die FuE-Ausgaben der Unternehmen nach Wirtschaftszweigen zeigt sich, dass der überwiegende Anteil der FuE-Ausgaben innerhalb des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland auf den Bereich hochwertige Technologien mit 73 Prozent entfällt (Abbildung 4). Bei den gesamten FuE-Ausgaben der Unternehmen in den

Spitzentechnologie und hochwertige Technologie nutzenden Sektoren des verarbeitenden Gewerbes ist Deutschland mit einem Anteil von 92 Prozent führend, dicht gefolgt von Ungarn und Großbritannien mit jeweils 91 Prozent. Betrachtet man nur die Anteile der FuE-Ausgaben in den Spitzentechnologiesektoren des verarbeitenden Gewerbes liegt Deutschland mit 19 Prozent im Mittelfeld. Den größten Anteil weist hier Griechenland mit 46 Prozent auf, gefolgt von den Niederlanden (41 Prozent).

Da für die FuE-Ausgaben der Unternehmen nach der zweistelligen Ebene der NACE keine Daten vorliegen, konnten nicht für alle Mitgliedstaaten Daten nach Technologieintensität berechnet werden.

Abbildung 4

**FuE-Ausgaben der Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes nach Technologieintensität, EU-25 und ausgewählte Länder (2003, in Prozent)**



Quelle: Abfrage der Statistiken 2008 unter [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database)

Tabelle 10

## Ausgaben für FuE im Ländervergleich (2006)

|                | Bruttoinlands-<br>ausgab. für FuE<br>(GERD,<br>% des BIP) | industriefinanz.<br>Ausgaben<br>(% von GERD) | staatsfinanz.<br>Ausgaben<br>(% von GERD) | auslandsfinanz.<br>Ausgaben<br>(% von GERD) | Anteil staatl.<br>Haushalts-<br>mittelzuw.<br>für FuE<br>(GBAORD,<br>% des BIP) |
|----------------|---|--|---|---|---|
| EU-25          | 1,84  | 54,6   | 34,2                                      | 8,9   | 0,74  |
| Belgien        | 1,83  | 59,7   | 24,7                                      | 12,4  | 0,60  |
| Bulgarien      | 0,48  | 27,8   | 63,9                                      | 7,6   | –   |
| Tschech. Rep.  | 1,54  | 56,9   | 39,0                                      | 3,1   | 0,55  |
| Dänemark       | 2,43  | 59,5   | 27,6                                      | 10,1  | 0,71  |
| Deutschland    | 2,53  | 67,6   | 28,4                                      | 3,7   | 0,77  |
| Estland        | 1,14  | 38,1   | 44,6                                      | 16,3  | 0,40  |
| Irland         | 1,35  | 59,3   | 30,1                                      | 8,9   | 0,47  |
| Griechenland   | 0,57  | 31,1   | 46,8                                      | 19,0  | –   |
| Spanien        | 1,20  | 47,1   | 42,5                                      | 5,9   | 0,84  |
| Frankreich     | 2,09  | 52,2   | 38,4                                      | 7,5   | 0,93  |
| Italien        | 1,09  | 39,7   | 50,7                                      | 8,0   | 0,67  |
| Zypern         | 0,42  | 16,8   | 67,0                                      | 10,9  | 0,32  |
| Lettland       | 0,70  | 32,7   | 58,2                                      | 7,5   | 0,20  |
| Litauen        | 0,80  | 26,2   | 53,6                                      | 14,3  | 0,36  |
| Luxemburg      | 1,47  | 79,7   | 16,6                                      | 3,6   | 0,31  |
| Ungarn         | 1,00  | 43,3   | 44,8                                      | 11,3  | 0,37  |
| Malta          | 0,54  | 52,2   | 34,4                                      | 13,5  | 0,19  |
| Niederlande    | 1,67  | 51,1   | 36,2                                      | 11,3  | 0,70  |
| Österreich     | 2,55  | 46,7   | 37,4                                      | 15,5  | 0,65  |
| Polen          | 0,56  | 33,1   | 57,5                                      | 7,0   | 0,29  |
| Portugal       | 0,83  | 36,3   | 55,2                                      | 4,7   | 0,73  |
| Rumänien       | 0,45  | 30,4   | 64,1                                      | 4,1   | 0,22  |
| Slowenien      | 1,59  | 59,3   | 34,4                                      | 5,8   | 0,60  |
| Slowakei       | 0,46  | 35,0   | 55,6                                      | 9,1   | 0,28  |
| Finnland       | 3,37  | 66,6   | 25,1                                      | 7,1   | 1,03  |
| Schweden       | 3,73  | 65,7   | 23,5                                      | 7,7   | 0,89  |
| Großbritannien | 1,78  | 45,2   | 31,9                                      | 17,0  | 0,72  |
| Kroatien       | 0,87  | 34,6   | 55,8                                      | 6,8   | –   |
| Türkei         | 0,58  | 46,0   | 48,6                                      | 0,5   | –   |
| Island         | 2,77  | 48,0   | 40,5                                      | 11,2  | 1,42  |
| Norwegen       | 1,52  | 46,4   | 44,0                                      | 8,0   | 0,71  |
| Schweiz        | 2,90  | 69,7   | 22,7                                      | 5,2   | 0,75  |
| USA            | 2,61  | 64,9   | 29,3                                      | –   | 1,06  |
| Japan          | 3,39  | 77,1   | 16,2                                      | 0,4   | 0,71  |

Quelle: Abfrage der Statistiken 2009 unter [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database)

Laut Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands (BMBF 2007a) hat es bei FuE global gesehen beträchtliche Verschiebungen zwischen den Wirtschaftszweigen und Technologiefeldern gegeben. Besonders stark zugenommen haben die FuE-Ausgaben in den Dienstleistungssektoren, wobei hochwertige Dienstleistungen die Grundlagen ihrer Innovationen aus besonders FuE-intensiven Spitzentechnologiesektoren (z. B. Biotechnologie/Pharmazie, Elektronik/IuK-Hardware, Flug- und Raumfahrzeugbau, Instrumente) beziehen. Deutschland ist im internationalen Vergleich in den meisten dieser Spitzentechnologiebereiche nicht sehr weit vorne vertreten. Zwar konnte der Dienstleistungsbereich seinen FuE-

Anteil in den letzten Jahren steigern, nach internationalen Maßstäben liegt er jedoch weiterhin erheblich zurück. Zusätzlich haben einige Industriezweige, auf die in Deutschland ein besonders hoher Anteil an FuE-Ausgaben entfällt, weltweit an Gewicht verloren, sodass die Ausweitung des technologischen Wissens dort vergleichsweise schwach ist (Elektrotechnik, Chemie, Maschinenbau). Dementsprechend haben diese Sektoren auch in Deutschland an FuE-Bedeutung verloren. Bei nachlassendem Gewicht des Spitzentechniksektors in Deutschland ist es in erster Linie der Automobilbau, dem die deutsche Wirtschaft ihre immer noch überdurchschnittliche hohe FuE-Intensität zu verdanken hat.

Tabelle 11

**Rangfolge der Länder beim Subindikator „Forschung und Entwicklung“ und seinen Unterindikatoren im Rahmen des Innovationsindikators des DIW (2008)**

|              | Subindikator | Unterindikatoren |        |
|--------------|--------------|------------------|--------|
|              | FuE          | Input            | Output |
| Gewichte (%) |              | 53               | 47     |
| SWE          | 1            | 2                | 2      |
| FIN          | 2            | 1                | 3      |
| CHE          | 3            | 6                | 1      |
| JPN          | 4            | 3                | 5      |
| USA          | 5            | 4                | 4      |
| DNK          | 6            | 5                | 7      |
| DEU          | 7            | 8                | 6      |
| KOR          | 8            | 7                | 13     |
| AUT          | 9            | 9                | 14     |
| CAN          | 10           | 11               | 10     |
| FRA          | 11           | 10               | 12     |
| NLD          | 12           | 13               | 8      |
| BEL          | 13           | 12               | 11     |
| GBR          | 14           | 14               | 9      |
| IRL          | 15           | 15               | 15     |
| ITA          | 16           | 17               | 16     |
| ESP          | 17           | 16               | 17     |

Quelle: Werwatz et al. 2008

Für eine deutliche Steigerung der FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft ist laut BMBF (2007a) ein sektoraler Strukturwandel in Richtung Spitzentechnologien (Elektronik, IuK, Pharmazie) und wissensintensive Dienstleistungen erforderlich. Da die deutsche Wirtschaft ihr FuE-Potenzial bisher vor allem in solchen Sektoren ausgebaut hat, bei denen international kaum noch größere Zuwächse zu verzeichnen sind, ist zu befürchten, dass in einer Langfristperspektive strukturbedingt niedrigere Wachstumsaussichten für die FuE-Aufwendungen der deutschen Wirtschaft zu erwarten sind.

Abgesehen von den Ausgaben beeinflussen weitere Faktoren die Leistungsfähigkeit eines Landes im FuE-Bereich. Dementsprechend bezieht das DIW bei seinem Subindikator „Forschung und Entwicklung“ sowohl Input- als auch Outputfaktoren in die Bewertung mit ein. Auf der Inputseite werden berücksichtigt: die Anzahl der Forscher pro 1 000 Beschäftigte, der Anteil des naturwissenschaftlich-technischen Humankapitals und der Anteil der Bruttoausgaben für FuE am Bruttoinlandsprodukt. Auf der Outputseite wird zum einen die FuE-Quantität (Patente, Publikationen) gemessen und zum anderen die FuE-Qualität (Qualität der wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen, Angebot an spezialisierten wissenschaftlichen Fortbildungsmöglichkeiten, Verfügbarkeit von Wissenschaftlern und Ingenieuren, Innovationskapazitäten, Unternehmensausgaben für FuE).

Insgesamt liegt Deutschland beim DIW-Subindikator „Forschung und Entwicklung“ im Mittelfeld der Vergleichsgruppenländer auf Platz 7 (Tabelle 11) und damit hinter einigen nordeuropäischen Ländern sowie den USA und Japan. Am schlechtesten schneiden Italien und Spanien ab. Bei den Unterindikatoren zeigt sich, dass Deutschland bei einer schlechteren Bewertung des Inputs (Platz 8) einen entsprechend höheren Output liefert (Platz 6).

### **Bildung**

Dem Bereich Forschung und Entwicklung vorgelagert ist der Bildungsbereich. Das Bildungssystem muss gewährleisten, dass ein ausreichendes Angebot an qualifiziertem Personal für Innovationsprozesse zur Verfügung steht. Als Indikatoren für das innovationsfördernde Leistungsniveau des Bildungssystems werden häufig (1) der Anteil der Ausgaben für Bildung am BIP, die Ausgaben für Schulen, Universitäten und andere öffentliche und private Bildungsinstitutionen beinhaltet, (2) der Anteil der Absolventen naturwissenschaftlicher und technischer Disziplinen pro 1 000 Personen der Bevölkerung im Alter von 20 bis 29 Jahren und (3) die Humanressourcen in Wissenschaft und Technik als Anteil der Erwerbspersonen insgesamt herangezogen (Tabelle 12).

Einzig im Bereich Humanressourcen in Wissenschaft und Technik liegt Deutschland mit 43 Prozent über den EU-Durchschnittswerten. Am größten ist dieser Anteil in den Niederlanden und der Schweiz mit knapp 50 Prozent. Bei den Bildungsausgaben und dem Anteil der Absolventen

naturwissenschaftlicher und technischer Disziplinen steht Deutschland vergleichsweise ungünstig dar. Während sich in Deutschland die Bildungsausgaben auf 4,6 Prozent des BIP belaufen, liegen sie in Ländern wie Dänemark, Island und Norwegen bei ca. 8 Prozent.

Auch in Frankreich (5,81 Prozent), Großbritannien (5,29 Prozent) und den USA (5,12 Prozent) fallen diese Anteile deutlich höher aus. In Bezug auf den Anteil der Absolventen naturwissenschaftlicher und technischer Disziplinen liegt Deutschland ebenfalls unter dem EU-Durchschnitt mit 9,7 Prozent. Demgegenüber erreichen die Spitzenreiter Anteile von 24,5 Prozent (Irland) und 22,5 Prozent (Frankreich).

Das DIW (Werwatz et al. 2008) berücksichtigt bei seinem Innovationsindikator Deutschland ebenfalls den Aspekt Bildung als Subindikator. Dieser Indikator setzt sich aus quantitativen Unterindikatoren Finanzierung (Gesamtausgaben und Ausgaben je Bildungsteilnehmer als Inputindikator), tertiäre Bildung und Weiterbildung sowie dem Unterindikator Qualität (als drei Outputindikatoren) zusammen. Zur Bewertung der Quantität werden folgende Faktoren berücksichtigt: der Anteil der 25- bis 64-Jährigen mit tertiärer Bildung, der Anteil 20- bis 29-Jähriger mit wissenschaftlichem oder technischem Abschluss sowie Unternehmensinvestitionen in Weiterbildung. Um die Qualität der Bildung zu bewerten, werden zum einen die Einschätzungen von Unternehmern in Bezug auf die Qualität des Erziehungssystems, der öffentlichen Schulen und der mathematischen und wissenschaftlichen Erziehung herangezogen. Zum anderen werden die PISA-Ergebnisse in den Bereichen Mathematik, Wissenschaft und Lesekompetenz berücksichtigt.

In der Rangfolge der Länder für den Subindikator „Bildung“ nimmt Deutschland nur den 15. Platz ein (Tabelle 13).

Nur in Italien und Spanien werden die Bildungsbereiche noch schlechter bewertet. Dabei ist vor allem das schlechte Abschneiden auf der Outputseite problematisch, da hier das potenzielle Angebot an Humanressourcen für zukünftige Innovationsprozesse betroffen ist und das sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht, wodurch ernsthafte innovationshemmende Effekte entstehen können. So warnt beispielsweise auch das BMBF in seinem Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit (BMBF 2007a, S. 10): „Das deutsche Bildungssystem ist bis jetzt offensichtlich nicht in der Lage, ähnlich hohe Anteile der Schülerjahrgänge zur Hochschulreife auszubilden, wie dies in anderen Ländern erfolgt. Rechnerische Projektionen über Bedarf und Verfügbarkeit von Ingenieuren und sonstigen Akademikern bis 2014 zeigen, dass selbst bei moderaten Annahmen über die weltweite gesamtwirtschaftliche Entwicklung und bei der Orientierung an den gegenwärtigen Strukturen und Veränderungsgeschwindigkeiten hinsichtlich des Prozesses der Wissensintensivierung, erhebliche Engpässe in der Verfügbarkeit von Akademikern und insbesondere Ingenieuren entstehen können.“

Tabelle 12

**Bildungsvariablen im internationalen Vergleich**

| <b>Ausgaben für Humanressourcen<br/>(öffentliche Gesamtbildungs-<br/>ausgaben) in % des BIP, 2004</b> |      | <b>Anteil der Absolventen naturwiss.<br/>und techn. Disziplinen pro<br/>1.000 der Bevölkerung im Alter<br/>von 20 bis 29 Jahren, 2005</b> |      | <b>Humanressourcen in Wissenschaft<br/>und Technik als Anteil der<br/>Erwerbspersonen insgesamt (%),<br/>2005</b> |      |
|---|------|---|------|---|------|
| Dänemark  | 8,47 | Irland  | 24,5 | Niederlande   | 49,6 |
| Island  | 7,59 | Frankreich  | 22,5 | Schweiz   | 49,4 |
| Norwegen  | 7,58 | Litauen   | 18,9 | Dänemark  | 48,4 |
| Schweden  | 7,35 | Großbritannien  | 18,4 | Norwegen  | 48,3 |
| Zypern  | 6,71 | Finnland  | 17,7 | Finnland  | 48,0 |
| Finnland  | 6,43 | Dänemark  | 14,7 | Schweden  | 47,1 |
| Belgien   | 5,99 | Schweden  | 14,4 | Belgien   | 46,2 |
| Schweiz   | 5,97 | Japan   | 13,7 | Island  | 45,4 |
| Slowenien   | 5,96 | EU-25   | 13,4 | Estland   | 44,8 |
| Frankreich  | 5,81 | EU-27   | 13,2 | Luxemburg   | 43,4 |
| Österreich  | 5,45 | Estland   | 12,1 | Deutschland   | 42,9 |
| Ungarn  | 5,43 | Portugal  | 12,0 | Großbritannien  | 41,1 |
| Polen   | 5,41 | Spanien   | 11,8 | Frankreich  | 39,6 |
| Portugal  | 5,31 | Italien   | 11,6 | Irland  | 39,1 |
| Großbritannien  | 5,29 | Polen   | 11,1 | Österreich  | 38,8 |
| Litauen   | 5,20 | Belgien   | 10,9 | Spanien   | 38,6 |
| Niederlande   | 5,18 | USA   | 10,6 | EU-25   | 38,4 |
| USA   | 5,12 | Rumänien  | 10,3 | Zypern  | 38,1 |
| EU-25   | 5,12 | Slowakei  | 10,2 | Litauen   | 37,8 |
| EU-27   | 5,09 | Griechenland  | 10,1 | EU-27   | 37,6 |
| Estland   | 5,09 | Island  | 10,1 | Slowenien   | 37,4 |
| Lettland  | 5,08 | Lettland  | 9,8  | Tschech. Rep.   | 34,5 |
| Malta   | 4,99 | Österreich  | 9,8  | Lettland  | 34,1 |
| Irland  | 4,75 | Slowenien   | 9,8  | Italien   | 32,6 |
| Deutschland   | 4,60 | Deutschland   | 9,7  | Ungarn  | 31,4 |
| Italien   | 4,59 | Norwegen  | 9,0  | Bulgarien   | 31,3 |
| Bulgarien   | 4,57 | Bulgarien   | 8,6  | Malta   | 31,0 |
| Tschech. Rep.   | 4,42 | Niederlande   | 8,6  | Slowakei  | 30,5 |
| Spanien   | 4,25 | Tschech. Rep.   | 8,2  | Polen   | 29,3 |
| Griechenland  | 4,22 | Ungarn  | 5,1  | Griechenland  | 29,2 |
| Slowakei  | 4,21 | Zypern  | 3,6  | Rumänien  | 21,8 |
| Luxemburg   | 3,93 | Malta   | 3,4  | Portugal  | 21,2 |
| Japan   | 3,65 | Luxemburg   | –    |   |      |
| Rumänien  | 3,29 | Schweiz   | –    |   |      |

Quelle: Abfrage der Statistiken 2008 unter [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database) und <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/microdata/lfs>

Tabelle 13

**Rangfolge der Länder beim Subindikator „Bildung“ und seinen Unterindikatoren  
(2008)**

|              | Subindikator |              | Unterindikatoren |          |               |
|--------------|--------------|--------------|------------------|----------|---------------|
|              | Bildung      | Finanzierung | tertiäre Bildung | Qualität | Weiterbildung |
| Gewichte (%) |              | 26           | 23               | 20       | 31            |
| CHE          | 1            | 3            | 7                | 2        | 3             |
| DNK          | 2            | 2            | 5                | 9        | 1             |
| FIN          | 3            | 9            | 6                | 1        | 4             |
| SWE          | 4            | 4            | 4                | 14       | 2             |
| USA          | 5            | 1            | 9                | 15       | 5             |
| CAN          | 6            | 6            | 8                | 6        | 7             |
| GBR          | 7            | 11           | 1                | 10       | 8             |
| FRA          | 8            | 7            | 2                | 8        | 10            |
| BEL          | 9            | 8            | 11               | 5        | 12            |
| KOR          | 10           | 5            | 10               | 3        | 15            |
| JPN          | 11           | 14           | 17               | 4        | 6             |
| NLD          | 12           | 13           | 14               | 7        | 11            |
| AUT          | 13           | 10           | 15               | 13       | 9             |
| IRL          | 14           | 17           | 3                | 12       | 14            |
| DEU          | 15           | 12           | 12               | 11       | 13            |
| ITA          | 16           | 15           | 13               | 16       | 17            |
| ESP          | 17           | 16           | 16               | 17       | 16            |

Quelle: Werwatz et al. 2008

### Wissenstransfer und Kooperation

In der Innovationspolitik besteht weitgehende Übereinstimmung darin, dass Innovationskooperationen die Entstehung und Verbreitung von neuem Wissen und neuen Technologien fördern und beschleunigen. Entsprechend gelten enge Beziehungen zwischen Nutzern und Produzenten von neuen Produkten, zwischen Unternehmen und Wissenschaft sowie intra- und intersektorale Netzwerke als innovationsfördernde Wettbewerbsvorteile (Rammer 2007b).

Vor diesem Hintergrund erscheint die Tatsache, dass in Deutschland lediglich 16 Prozent der innovativen Unternehmen mit Partner kooperieren als deutlicher Wettbewerbsnachteil. Demgegenüber kooperieren im Durchschnitt der EU-Staaten ein Viertel aller innovativen Unternehmen. Am höchsten sind diese Anteile in Litauen, Slowenien, Finnland, Schweden und Dänemark mit Werten zwischen 56 und 43 Prozent.

In Tabelle 14 werden sieben Gruppen von Kooperationspartnern unterschieden. Dabei zeigt sich, dass im EU-Durchschnitt Kooperationen am häufigsten mit Lieferanten (17 Prozent) oder Kunden/Auftraggebern (14 Prozent) eingegangen werden. Mit Unternehmen der eigenen Unternehmensgruppe kooperieren 10 Prozent der europäischen Unternehmen, mit Wettbewerbern oder anderen Unternehmen derselben Branche 8 Prozent und mit Unternehmensberatern und privaten FuE-Einrichtungen 9 Prozent. Der öffentliche Sektor spielt auf EU-Ebene für innovative Unternehmen keine sehr große Rolle. Mit Universitäten oder anderen Hochschuleinrichtungen arbeiten 9 Prozent der Unternehmen zusammen und mit staatlichen oder anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen nur 6 Prozent. In Deutschland kooperieren sogar nur 4 Prozent der befragten Unternehmen mit staatlichen oder anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen.

Auch bei allen anderen Gruppen von Kooperationspartnern liegen die Anteile in Deutschland – außer bei

Tabelle 14

**Verschiedene Kooperationspartner innovierender Unternehmen nach Ländern  
(2004, in Prozent)**

|       | aus eigener<br>Unter-<br>nehmens-<br>gruppe | Lieferanten | Auftrag-<br>geber/<br>Kunden | aus<br>derselben<br>Branche/<br>Wett-<br>bewerber | Unter-<br>nehmensbera-<br>ter, Labora-<br>torien,<br>private<br>FuE-Ein-<br>richtungen | Universi-<br>täten/<br>Hochschul-<br>einrich-<br>tungen | staatliche<br>und öffent-<br>liche For-<br>schungsein-<br>richtungen |
|-------|---|-------------|------------------------------|---|--|---|--|
| EU-27 | 10  | 17          | 14                           | 8   | 9  | 9   | 6  |
| BE    | 17  | 26          | 21                           | 10  | 15   | 13  | 9  |
| BG    | 5   | 16          | 13                           | 8   | 8  | 6   | 4  |
| CZ    | 14  | 31          | 26                           | 15  | 15   | 13  | 7  |
| DK    | 17  | 28          | 28                           | 15  | 19   | 14  | 7  |
| DE    | 5   | 7           | 8                            | 4   | 3  | 9   | 4  |
| EE    | 16  | 23          | 23                           | 19  | 10   | 9   | 6  |
| IE    | 17  | 23          | 25                           | 6   | 10   | 10  | 6  |
| EL    | 4   | 11          | 8                            | 11  | 7  | 6   | 3  |
| ES    | 4   | 10          | 4                            | 3   | 4  | 5   | 5  |
| FR    | 17  | 26          | 20                           | 14  | 13   | 10  | 7  |
| IT    | 3   | 7           | 5                            | 5   | 6  | 5   | 2  |
| CY    | 6   | 25          | 4                            | 13  | 17   | 2   | 2  |
| LV    | 6   | 33          | 29                           | 25  | 18   | 14  | 12   |
| LT    | 17  | 46          | 35                           | 26  | 25   | 12  | 10   |
| LU    | 20  | 24          | 22                           | 15  | 11   | 10  | 8  |
| HU    | 10  | 26          | 20                           | 14  | 13   | 14  | 5  |
| MT    | 16  | 22          | 17                           | 6   | 14   | 4   | 4  |
| NL    | 18  | 30          | 22                           | 12  | 15   | 12  | 9  |
| AT    | 8   | 8           | 8                            | 4   | 7  | 10  | 5  |
| PL    | 13  | 28          | 16                           | 9   | 8  | 6   | 9  |
| PT    | 6   | 14          | 12                           | 7   | 9  | 8   | 5  |
| RO    | 9   | 14          | 10                           | 7   | 5  | 4   | 4  |
| SI    | 15  | 38          | 33                           | 20  | 20   | 20  | 13   |
| SK    | 14  | 32          | 30                           | 21  | 19   | 15  | 11   |
| FI    | 24  | 41          | 41                           | 34  | 32   | 33  | 26   |
| SE    | 17  | 32          | 28                           | 11  | 20   | 17  | 6  |
| GB    | 15  | 23          | 22                           | 11  | 13   | 10  | 8  |
| IS    | 5   | 20          | 20                           | 14  | 7  | 5   | 13   |
| NO    | 14  | 23          | 22                           | 12  | 20   | 15  | 16   |

Quelle: Vierte gemeinschaftliche Innovationserhebung CIS4 (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/microdata/cis>)

Hochschulen oder anderen Hochschuleinrichtungen – deutlich unter dem EU-Durchschnitt. Während beispielsweise in Frankreich, den Niederlanden, Großbritannien oder Norwegen ungefähr 20 Prozent der Unternehmen mit Kunden kooperieren, sind dies in Deutschland nur 8 Prozent. Am höchsten ist der Anteil an Unternehmen, die mit Kunden zusammenarbeiten in Finnland mit 41 Prozent. Hier sind auch die Anteile derjenigen Unternehmen am höchsten, die mit dem öffentlichen Sektor kooperieren. Vergleichbar niedrige Anteile über alle Kooperationsgruppen hinweg, wie sie in Deutschland vorliegen, sind ansonsten nur noch in Italien, Spanien und Österreich zu beobachten.

Das DIW (Werwatz et al. 2008) berücksichtigt bei seinem Innovationsindikator Deutschland den Aspekt Vernetzung als Subindikator, welcher weiter nach Firmennetzen, Wissenstransfer, Clustern sowie globaler Wissenschaftsvernetzung unterteilt ist (Tabelle 15). Obgleich die Kooperationen deutscher Unternehmen mit weiteren Akteursgruppen im EU-Vergleich relativ gering ausfällt, nimmt Deutschland dem DIW zufolge dennoch Platz 3 in der Vernetzung ein, was auf entsprechend stark ausgeprägte Firmennetze (Platz 2) zurückzuführen ist. Hingegen scheint es noch an einer besseren Vernetzung über Cluster sowie der Wissenschaft auf globaler Ebene zu fehlen (jeweils Platz 7).

Tabelle 15

**Rangfolge der Länder beim Subindikator „Vernetzung“ und seinen Unterindikatoren im Rahmen des Innovationsindikators des DIW**

|              | Subindikator |             | Unterindikatoren |         |                                 |
|--------------|--------------|-------------|------------------|---------|---------------------------------|
|              | Vernetzung   | Firmennetze | Wissenstransfer  | Cluster | globale Wissenschaftsvernetzung |
| Gewichte (%) |              | 35          | 34               | 26      | 5                               |
| JPN          | 1            | 1           | 12               | 1       | 17                              |
| CHE          | 2            | 4           | 1                | 6       | 1                               |
| DEU          | 3            | 2           | 5                | 7       | 7                               |
| USA          | 4            | 9           | 2                | 3       | 9                               |
| KOR          | 5            | 7           | 6                | 2       | 16                              |
| SWE          | 6            | 5           | 3                | 5       | 12                              |
| FIN          | 7            | 13          | 4                | 4       | 14                              |
| BEL          | 8            | 6           | 8                | 11      | 3                               |
| AUT          | 9            | 3           | 14               | 16      | 11                              |
| CAN          | 10           | 12          | 10               | 10      | 6                               |
| NLD          | 11           | 8           | 9                | 13      | 5                               |
| DNK          | 12           | 10          | 11               | 12      | 8                               |
| GBR          | 13           | 14          | 7                | 8       | 4                               |
| IRL          | 14           | 15          | 13               | 9       | 2                               |
| FRA          | 15           | 11          | 15               | 15      | 10                              |
| ITA          | 16           | 17          | 17               | 14      | 13                              |
| ESP          | 17           | 16          | 16               | 17      | 15                              |

Quelle: Werwatz et al. 2008

### 3.4 Blockaden in der Marktdimension

Im Zusammenhang mit Innovationsdeterminanten gelten unter dem Aspekt Marktfaktoren vor allem zwei Bereiche als einflussreich, zum einen die Wertbewerbsbedingungen und zum anderen die Nachfrage. Je nach Ausprägung können sich beide Faktoren als innovationshemmend (mangelnder Wettbewerb, fehlende Nachfrage) oder innovationsfördernd (ausgeprägter Wettbewerb, große Nachfrage) auswirken. Die Darstellung der Bedeutung verschiedener Innovationshemmnisse in den einzelnen Phasen des Innovationsprozesses (Kap. II.2) hat insbesondere gezeigt, dass Marktfaktoren gerade in der Aufstiegsphase (Phase 5) und in der Diffusionsphase (Phase 6) relevant sind.

### Wettbewerb

Wettbewerb ist vielschichtig und lässt sich dementsprechend nur über eine Vielzahl von Variablen abbilden. Um trotzdem einen Gesamteindruck über die Wettbewerbsbedingungen in unterschiedlichen Ländern zu erhalten, werden meist Indizes verwendet, welche unterschiedliche Aspekte in der Bewertung berücksichtigen. In der beispielsweise vom World Economic Forum (WEF 2007) für die Jahre 2006 bis 2007 veröffentlichten Rangliste des makropolitisch ausgerichteten Global Competitiveness Index (GCI) nimmt Deutschland Platz 8 ein und gehört somit zu den zehn wettbewerbsstärksten Volkswirtschaften der Welt (Tabelle 16). An der Spitze stehen die Schweiz,

Tabelle 16

#### Vergleich des Global Competitiveness Index (GCI) in den Jahren 2005 und 2006

|                   | Rang 2006 | Wert 2006 | Rang 2005 | Veränderung<br>2005–2006 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|
| Schweiz           | 1         | 5,81      | 4         | 3                        |
| Finnland          | 2         | 5,76      | 2         | 0                        |
| Schweden          | 3         | 5,74      | 7         | 4                        |
| Dänemark          | 4         | 5,70      | 3         | -1                       |
| Singapur          | 5         | 5,63      | 5         | 0                        |
| USA               | 6         | 5,61      | 1         | -5                       |
| Japan             | 7         | 5,60      | 10        | 3                        |
| Deutschland       | 8         | 5,58      | 6         | -2                       |
| Niederlande       | 9         | 5,56      | 11        | 2                        |
| Großbritannien    | 10        | 5,54      | 9         | -1                       |
| Hong Kong         | 11        | 5,46      | 14        | 3                        |
| Norwegen          | 12        | 5,42      | 17        | 5                        |
| Taiwan, China     | 13        | 5,41      | 8         | -5                       |
| Island            | 14        | 5,40      | 16        | 2                        |
| Israel            | 15        | 5,38      | 23        | 8                        |
| Kanada            | 16        | 5,37      | 13        | -3                       |
| Österreich        | 17        | 5,32      | 15        | -2                       |
| Frankreich        | 18        | 5,31      | 12        | -6                       |
| Australien        | 19        | 5,29      | 18        | -1                       |
| Belgien           | 20        | 5,27      | 20        | 0                        |
| Irland            | 21        | 5,21      | 21        | 0                        |
| Luxemburg         | 22        | 5,16      | 24        | 2                        |
| Neuseeland        | 23        | 5,15      | 22        | -1                       |
| Korea, Rep.       | 24        | 5,13      | 19        | -5                       |
| Estland           | 25        | 5,12      | 26        | 1                        |
| Malaysia          | 26        | 5,11      | 25        | -1                       |
| Chile             | 27        | 4,85      | 27        | 0                        |
| Spanien           | 28        | 4,77      | 28        | 0                        |
| Tschech. Republik | 29        | 4,74      | 29        | 0                        |
| Tunesien          | 30        | 4,71      | 37        | 7                        |

Quelle: WEF 2007

Finnland und Schweden. Danach folgen Dänemark, Singapur, die USA und Japan. Auch wenn Deutschland somit eine gute Position einnimmt, ist es im Vergleich zu 2005 um zwei Plätze zurückgefallen und wurde von Japan und Schweden überholt. Laut WEF wird die deutsche Volkswirtschaft vor allem durch folgende strukturellen Probleme und Zwänge belastet: die wenig flexible Arbeitsmarktpolitik, eine unbewegliche Bürokratie, die nur mit großem Aufwand einhaltbaren Verordnungen der Regierung, unproduktive Staatsausgaben, zu wenig Investitionen in FuE und in das Bildungssystem. Die dennoch gute Positionierung hat Deutschland vor allem seinen fest verankerten Institutionen, seiner Infrastruktur, der Innovationsfreudigkeit sowie seinen modernen und innovativen Unternehmen zu verdanken.

Unter dem Aspekt „innovationsfördernde Regulierung und Wettbewerb“ befasst sich das DIW mit den Unterindikatoren

ren Produktmarktregulierung (Deutschland: Platz 16) sowie Wettbewerb in verschiedenen Ländern (Deutschland: Platz 10). Insgesamt belegt Deutschland hier lediglich Platz 12 (Tabelle 17). Der Indikator Wettbewerb selbst umfasst die Aspekte Korruptionsbekämpfung (Deutschland: Platz 9), Gründungsaktivität (Deutschland: Platz 10) und Wettbewerbsintensität (Deutschland: Platz 1).

Die Wettbewerbsintensität setzt sich dabei aus der Intensität des einheimischen Wettbewerbs, dem Ausmaß lokal ansässiger Wettbewerber und dem Ausmaß an Marktdominanz zusammen. Während Deutschland also relativ schwach in der Produktmarktregulierung, Korruptionsbekämpfung und Gründungsaktivität aufgestellt ist, ist es dafür aber in der Wettbewerbsintensität an der Spitze. Jedoch weist das DIW darauf hin, dass die hohe Wettbewerbsintensität aber geringe Gründungsaktivität auf einen schwierigen Markteintritt für neue innovative Unterneh-

Tabelle 17

**Rangfolge der Länder beim Subindikator „Innovationsfördernde Regulierung und Wettbewerb“  
und seine Unterindikatoren des Innovationsindikators des DIW**

|              | Subindikator  | Unterindikatoren        |            |
|--------------|---|-------------------------|------------|
|              | innovationsfördernde<br>Regulierung und<br>Wettbewerb | Produktmarktregulierung | Wettbewerb |
| Gewichte (%) |   | 50                      | 50         |
| DNK          | 1   | 2                       | 1          |
| GBR          | 2   | 1                       | 7          |
| FIN          | 3   | 5                       | 3          |
| SWE          | 4   | 3                       | 9          |
| USA          | 5   | 6                       | 5          |
| CHE          | 6   | 8                       | 2          |
| IRL          | 7   | 4                       | 11         |
| NLD          | 8   | 7                       | 6          |
| AUT          | 9   | 9                       | 8          |
| CAN          | 10  | 13                      | 4          |
| JPN          | 11  | 11                      | 12         |
| DEU          | 12  | 16                      | 10         |
| BEL          | 13  | 10                      | 15         |
| KOR          | 14  | 12                      | 14         |
| FRA          | 15  | 14                      | 13         |
| ESP          | 16  | 15                      | 16         |
| ITA          | 17  | 17                      | 17         |

Quelle: Werwatz et al. 2008

men bei hoher Wettbewerbsintensität zwischen etablierten Unternehmen hindeute.

### Nachfrage

Die Nachfragebedingungen in einem Land beeinflussen entscheidend das Innovationsklima. Anspruchsvolle und fordernde Kunden, mit dem Bedürfnis nach neuen Produkten und Techniken können die Innovationsaktivitäten von Unternehmen maßgeblich stimulieren. Umgekehrt kann eine unsichere oder mangelnde Nachfrage nach Innovationen einen bedeutenden Hemmnisfaktor darstellen,

wie auch schon aus den Einschätzungen der Unternehmen hervorging.

Tabelle 18 zeigt, dass Auftraggeber oder Kunden für 35 Prozent der innovativen Unternehmen in Deutschland eine äußerst wichtige Rolle als Informationsquelle spielen und somit etwas häufiger als im europäischen Durchschnitt (27 Prozent). Am höchsten liegt der Anteil in Irland, wo jedes zweite innovative Unternehmen angibt, dass Kunden für sie äußerst wichtige Informationsquellen darstellen. Hingegen scheint diese Informationsquelle in Italien kaum eine Rolle zu spielen (14 Prozent).

Tabelle 18

### Innovative Unternehmen, welche bestimmte Marktquellen als äußerst wichtige Informationsquellen einschätzen, EU-27-Mitgliedstaaten und Norwegen (2004, in Prozent)

|               | Lieferanten v. Ausrüstungen, Werkstoffen, Bauteilen oder Software | Auftraggeber oder Kunden | Wettbewerber oder andere Unternehmen derselben Branche | Unternehmensberater, gewerbliche Laboratorien od. private FuE-Einrichtungen |
|---------------|---|--------------------------|--|---|
| EU-27         | 24  | 27                       | 12   | 6   |
| Belgien       | 30  | 39                       | 18   | 4   |
| Bulgarien     | 27  | 33                       | 17   | 7   |
| Tschech. Rep. | 23  | 32                       | 14   | 5   |
| Dänemark      | 28  | 32                       | 8  | 8   |
| Deutschland   | 22  | 35                       | 14   | 3   |
| Estland       | 23  | 26                       | 11   | 4   |
| Irland        | 36  | 50                       | 15   | 6   |
| Griechenland  | 43  | 26                       | 18   | 10  |
| Spanien       | 30  | 20                       | 11   | 6   |
| Frankreich    | 20  | 26                       | 8  | 5   |
| Italien       | 22  | 14                       | 6  | 11  |
| Zypern        | 51  | 22                       | 28   | 25  |
| Litauen       | 16  | 19                       | 9  | 7   |
| Luxemburg     | 37  | 37                       | 17   | 9   |
| Ungarn        | 23  | 28                       | 18   | 7   |
| Malta         | 22  | 28                       | 16   | 5   |
| Niederlande   | 21  | 27                       | 11   | 4   |
| Polen         | 20  | 33                       | 21   | -   |
| Rumänien      | 38  | 31                       | 19   | 5   |
| Slowakei      | 24  | 30                       | 12   | 3   |
| Finnland      | 16  | 38                       | 8  | 2   |
| Norwegen      | 20  | 35                       | 9  | 6   |

Quelle: Vierte gemeinschaftliche Innovationserhebung CIS4 (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/microdata/cis>)

Die Nachfragebedingungen auf Landesebene abzubilden, ist insofern schwierig, als diese hochgradig technologiespezifisch sind. Um trotzdem zu Einschätzungen auf einer allgemeinen Ebene zu gelangen, berücksichtigt das DIW in seinem Subindikator „Innovationsfreundliche Nachfrage“ das Nachfrageniveau und die Nachfragequalität in unterschiedlichen Ländern (Werwatz et al. 2008). Das Nachfrageniveau bestimmt sich aus dem Bruttoinlandsprodukt je Kopf der Bevölkerung, dem Anteil der FuE-intensiven Güter an der gesamten Inlandsnachfrage nach Industriegütern und der gesamten

Inlandsnachfrage nach FuE-intensiven Gütern sowie nach wissensintensiven Dienstleistungen. Die Nachfragequalität wird anhand der Einschätzungen der Unternehmen für das World Economic Forum hinsichtlich der Anspruchshaltung der Kunden, dem Entwicklungsniveau der Produkte und Prozesse lokaler Abnehmer sowie dem staatlichen Erwerb fortschrittlicher technologischer Produkte gemessen.

Unter Verwendung dieser Indikatoren liegt Deutschland bei den innovationsfördernden Nachfragebedingungen im

Tabelle 19

**Rangfolge der Länder beim Subindikator „Innovationsfreundliche Nachfrage“ und seinen Unterindikatoren des Innovationsindikators des DIW**

|              | Subindikator                     | Unterindikatoren |                   |
|--------------|----------------------------------|------------------|-------------------|
|              | innovationsfreundliche Nachfrage | Nachfrageniveau  | Nachfragequalität |
| Gewichte (%) |                                  | 52               | 48                |
| USA          | 1                                | 1                | 5                 |
| CHE          | 2                                | 2                | 3                 |
| SWE          | 3                                | 3                | 2                 |
| JPN          | 4                                | 4                | 4                 |
| DEU          | 5                                | 8                | 7,5               |
| FIN          | 6                                | 11               | 6                 |
| AUT          | 7                                | 10               | 9                 |
| CAN          | 8                                | 5                | 14                |
| IRL          | 9                                | 6                | 10                |
| NLD          | 10                               | 7                | 11                |
| GBR          | 11                               | 9                | 13                |
| DNK          | 12                               | 14               | 7,5               |
| KOR          | 13                               | 15               | 1                 |
| FRA          | 14                               | 13               | 12                |
| BEL          | 15                               | 12               | 15                |
| ESP          | 16                               | 17               | 16                |
| ITA          | 17                               | 16               | 17                |

Quelle: Werwatz et al. 2008

oberen Mittelfeld der Vergleichsgruppe auf Rang 5 hinter den USA, der Schweiz, Schweden und Japan (Tabelle 19). Bei den Unterindikatoren Nachfrageniveau liegt Deutschland auf Position 8 und bei der Nachfragequalität auf Position 7,5. Deutschlands Position im Mittelfeld im Hinblick auf eine innovationsfreundliche Nachfrage weist laut DIW auf eine ernstzunehmende Schwäche hin, da die vom DIW befragten Unternehmensexperten in Deutschland eine innovationsfreundliche Nachfrage als die dritt-wichtigste Standortbedingung für Innovationen – nach Bildung und Forschung – bewertet haben. Problematisch sei in Deutschland vor allem die geringe staatliche Nachfrage nach neuen Produkten, die sich eindeutig negativ auswirke. Demgegenüber beurteilten die Unternehmensexperten die Nachfrage und die Zahlungsbereitschaft der deutschen Bevölkerung für neue Produkte und Leistungen zurzeit zwar nicht als besonders förderlich, aber auch nicht als ausgesprochen hemmend für ihre Innovationsfähigkeit.

In den DIW-Index gehen vor allem „harte“ Fakten und die Einschätzung von Unternehmensexperten ein. Interessant ist jedoch auch, wie die Bevölkerung bzw. die Kunden grundsätzlich zu Innovationen stehen. Die Frage, ob öffentliche und industrielle Forschung und Entwicklung einen positiven Einfluss auf die Gesellschaft haben, bejaht die überwiegende Mehrheit der Deutschen. Dabei nehmen knapp 90 Prozent der Befragten an, dass ein positiver gesellschaftlicher Effekt von universitärer Forschung ausgeht. Etwas geringer fallen die Anteile aus, wenn es um die positiven Effekte wissenschaftlicher Forschung in der Industrie (80 Prozent) und der industriellen Entwicklung neuer Produkte geht (78 Prozent). Insgesamt liegt Deutschland damit im europäischen Mittelfeld, wobei in allen Ländern die Zustimmung deutlich überwiegt.

Fragt man die Deutschen, von welchen spezifischen Technologien sie annehmen, dass sie einen positiven Einfluss auf unser Leben in den nächsten 20 Jahren haben werden, so nennen jeweils mehr als 90 Prozent der Befragten Medizin und neue medizinische Technologien, Energiesparmaßnahmen für Zuhause, Solarenergie und neue Energiequellen für Kraftfahrzeuge. Demgegenüber erwarten nur ein Drittel der Deutschen positive Effekte von militärischen und Sicherheitsgerätschaften. Im europäischen Durchschnitt geht hingegen die Hälfte der Befragten von zukünftigen positiven Einflüssen dieser Technologien aus. Weniger optimistisch als ihre europäischen Nachbarn sind die Deutschen auch hinsichtlich der Kernenergie, von der nur 44 Prozent eine positive Wirkung erwarten, während der europäische Durchschnittswert bei 52 Prozent liegt.

Im 2006 durchgeführten Verbraucherpanel Informationstechnik des VDE (2006) wurde gefragt, in welchen Technologien sich Deutschland verstärkt engagieren sollte. Auch hier steht Medizintechnik an erster Stelle (90 Prozent), gefolgt von Energietechnik (86 Prozent), Elektrotechnik (72 Prozent) und Informationstechnik/Multimedia (68 Prozent). Nur eine Minderheit wünscht sich ein verstärktes Engagement Deutschlands im Bereich Gentechnik (44 Prozent).

### 3.5 Blockaden in der institutionellen Dimension

Im Rahmen der institutionellen Faktoren liegt der Schwerpunkt im Folgenden auf dem Bereich Regulierung, da aus der Darstellung in Kapitel II.2 hervorging, dass dieser Aspekt in der Aufstiegs- und Diffusionsphase von entscheidender Bedeutung sein kann. Unter Regulierung wird die Gesamtheit aller Regeln verstanden, mit denen der Staat in den Wettbewerb eingreift, um ein Marktversagen zu korrigieren oder staatliche Ziele durchzusetzen.

Auf einer allgemeinen Ebene unterscheidet die OECD (1999) drei Arten von Regulierungen: wirtschaftliche, soziale und administrative. Wirtschaftliche Regulierungen haben direkte Auswirkungen auf Marktentscheidungen wie z. B. Preissetzung, Wettbewerb, Markteintritt oder -austritt. Soziale Regulierungen schützen öffentliche Interessen wie beispielsweise Gesundheit, Sicherheit, die Umwelt oder Arbeitsrechte. Administrative Regulierungen umfassen Verfahren, mit denen Regierungen Informationen sammeln und individuelle ökonomische Entscheidungen beeinflussen können. Wobei administrative Regulierungen meist mit wirtschaftlichen und sozialen Regulierungen einhergehen. Die Regulierung selbst geschieht durch den Erlass von Verordnungen und durch gesetzliche Vorschriften, wobei Regulierungen einerseits eine Einschränkung marktwirtschaftlicher Kräfte bedeuten. Andererseits können durch solche Regeln aber auch Rechtssicherheit hergestellt und Transaktionskosten gesenkt werden, sodass das völlige Fehlen von Regeln ebenfalls das Wachstum behindert. Insofern besteht ein ambivalentes Verhältnis zwischen Regulierung und Innovation – mal können sich Regulierungen als innovationshemmend und dann wieder als innovationsfördernd erweisen. Tabelle 20 gibt einen Überblick über die möglichen positiven und negativen Einflüsse unterschiedlicher Typen von Regulierungen.

Tabelle 21 zeigt den Anteil der Unternehmen in den Mitgliedsländern der Europäischen Union, die ein neues Produkt oder eine neue Dienstleistung auf dem nationalen Markt eingeführt haben und laut eigenen Angaben durch nationale Regulierungen einen Wettbewerbsnachteil gegenüber ihren Konkurrenten in Kauf nehmen mussten (EOS Gallup Europe 2004). Dabei wird zwischen Umweltregulierungen, Verbraucherschutzregulierungen, Sicherheitsregulierungen und solchen Regulierungen unterschieden, die Produktdesigneigenschaften betreffen. Im Vergleich mit den anderen EU-Mitgliedstaaten haben die Unternehmen in Deutschland bei allen vier Regulierungstypen überdurchschnittlich häufig das Gefühl, durch diese Wettbewerbsnachteile erlitten zu haben. Ungefähr jeder Vierte der befragten Manager gab an, dass Umweltregulierungen (24 Prozent) oder Sicherheitsregulierungen (25 Prozent) zu Wettbewerbsnachteilen geführt haben. Bei Produktdesignregulierungen (20 Prozent) und Verbraucherschutzregulierungen (18 Prozent) fallen die Anteile etwas geringer aus. Großbritannien ist das einzige Land, in dem den verschiedenen nationalen Regulierun-

Tabelle 20

**Regulierungstypen und ihr Einfluss auf Innovation**

| <b>Regulierungstyp</b>   | <b>positiver Einfluss</b>  | <b>negativer Einfluss</b>   |
|--|--|---|
| <b>ökonomische Regulierungen</b>   |  |   |
| kartellfeindliche und wettbewerbsfördernde Regulierungen   | erleichtert und verstärkt Innovation   | verhindert FuE-Allianzen  |
| Protektion unterentwickelter Wirtschaftszweige (FuE-Subventionen, Markteintrittsbarrieren, Fusionen) | ermöglicht kostenintensive und riskante Innovationen   | andauernde Protektion gibt keine Anreize für Innovationsaktivitäten   |
| öffentlicher Nutzen:<br>Festlegung Ertragsrate; Preisfestlegung bei Grenzkosten                      | Erträge für FuE und Innovationen   | geringe und verzerrte Anreize für Innovationen  |
| öffentlicher Nutzen:<br>Preisdeckelung   | Anreize, Produktivitätssteigerungen zu erreichen, falls Unternehmen Teile der möglichen Gewinne einbehalten kann | –   |
| öffentlicher Nutzen:<br>Wettbewerb   | –  | hoher Preisdruck und geringe Gewinnspannen verhindern Innovationsinvestitionen  |
| Protektion ausgewählter Industrien (z. B. Luftfahrt)   | Finanzmittel für große FuE-Projekte verfügbar  | kein Wettbewerbsdruck, zu innovieren  |
| <b>soziale Regulierungen</b>   |  |   |
| Umweltregulierungen  | schafft Anreize für umweltfreundlichere Prozesse   | begrenzt Innovationsaktivitäten von Unternehmen und schränkt ihre Wettbewerbsfähigkeit ein                            |
| Sicherheitsvorschriften  | erhöht Konsumakzeptanz für neue Produkte   | zusätzliche Restriktionen für Innovator   |
| öffentliche Güter  | Infrastruktur für Innovationsaktivitäten wird bereitgestellt   | reduzierte private Mittel für Innovationsaktivitäten  |
| <b>administrative Regulierungen</b>  |  |   |
| Produkthaftung   | erhöht Akzeptanz bei frühen Produktnutzern   | reduziert Anreize für Produktinnovationen   |
| geistige Eigentumsrechte   | zusätzliche Anreize für Innovationen   | zusätzlicher Schutz für monopolistische Praktiken ist ein Hindernis für die Diffusion neuer Technologien und Produkte |

Quelle: Blind et al. 2004

Tabelle 21

**„Mussten Sie aufgrund der Notwendigkeit, bei ihren neuen Produkten oder Dienstleistungen folgende (nationalen) Regulierungen zu beachten, Wettbewerbsnachteile im Vergleich zu ihren Konkurrenten in Kauf nehmen?“ abgebildete Antwort: Ja  
(2004, in Prozent)**

|       | <b>total</b> | <b>Umwelt-<br/>regulierungen</b> | <b>Verbraucher-<br/>schutz-<br/>regulierungen</b> | <b>Sicherheits-<br/>regulierungen</b> | <b>Produktdesign-<br/>regulierungen</b> |
|-------|--------------|----------------------------------|---|---------------------------------------|---|
| EU-25 | 2.101        | 20                               | 14  | 22                                    | 15                                      |
| EU-15 | 1.340        | 23                               | 14  | 24                                    | 15                                      |
| NMS   | 761          | 12                               | 11  | 15                                    | 14                                      |
| BE    | 80           | 19                               | 9   | 20                                    | 12                                      |
| DK    | 122          | 12                               | 9   | 7                                     | 4                                       |
| DE    | 156          | 24                               | 18  | 25                                    | 20                                      |
| EL    | 39           | 13                               | 14  | 19                                    | 8                                       |
| ES    | 110          | 11                               | 7   | 11                                    | 7                                       |
| FR    | 124          | 25                               | 11  | 23                                    | 16                                      |
| IE    | 41           | 26                               | 20  | 23                                    | 12                                      |
| IT    | 107          | 18                               | 11  | 21                                    | 4                                       |
| LU    | 34           | 23                               | 7   | 26                                    | 22                                      |
| NL    | 90           | 24                               | 12  | 22                                    | 11                                      |
| AT    | 113          | 18                               | 11  | 19                                    | 8                                       |
| PT    | 45           | 27                               | 7   | 21                                    | 20                                      |
| FI    | 54           | 13                               | 6   | 15                                    | 11                                      |
| SE    | 106          | 15                               | 10  | 14                                    | 10                                      |
| GB    | 119          | 30                               | 19  | 39                                    | 20                                      |
| CY    | 45           | 20                               | 23  | 23                                    | 17                                      |
| CZ    | 110          | 12                               | 8   | 11                                    | 3                                       |
| EE    | 43           | 6                                | 5   | 5                                     | 9                                       |
| HU    | 118          | 14                               | 5   | 10                                    | 2                                       |
| LV    | 37           | 12                               | 9   | 8                                     | 6                                       |
| LT    | 53           | 16                               | 17  | 18                                    | 18                                      |
| MT    | 62           | 12                               | 12  | 13                                    | 7                                       |
| PL    | 194          | 11                               | 14  | 18                                    | 21                                      |
| SK    | 45           | 5                                | 8   | 10                                    | 4                                       |
| SI    | 54           | 11                               | 9   | 14                                    | 4                                       |

Quelle: EOS Gallup Europe 2004

gen durchweg häufiger oder gleich häufig negative Auswirkungen auf die Wettbewerbsposition zugeschrieben werden wie in Deutschland.

Die Positionierung Deutschlands hinsichtlich der Produktmarktregulierung wurde bei den Marktfaktoren bereits angesprochen (Tabelle 17).

In der gleichen Umfrage (EOS Gallup Europe 2004) wurde auch die Frage gestellt, in welchem der 25 Mitgliedsländer des Jahres 2004 sich die Produktregulierungen aufgrund eigener Erfahrung am hinderlichsten gestalten. Mehr als jeder vierte befragte Manager (27 Prozent) ist der Meinung, dass dies in Deutschland der Fall ist. Bei keinem anderen Land sind sich dabei so viele der Befragten im europäischen Durchschnitt einig. Frankreich folgt mit vergleichsweise deutlich geringeren 8 Prozent auf Platz 2. Ansonsten sind sich bei keinem anderen Land mehr als 4 Prozent der Befragten im EU-Durchschnitt in ihrer negativen Einschätzung einig. Am häufigsten bescheinigen die deutschen Befragten selbst ihrem Land die hemmendsten Regulierungen (44 Prozent). Ähnlich schlecht ist die Einschätzung der Regulierungen im eigenen Land nur noch in Frankreich, und den Niederlanden mit jeweils 41 Prozent. Aber auch in der überwiegenden Mehrzahl der Länder wird Deutschland am häufigsten oder zweithäufigsten – meist nach dem eigenen Land – genannt. Allerdings ist hier die Frage aufzuwerfen, inwieweit diese Einschätzungen darauf zurückzuführen sind, dass Deutschland den wichtigsten Exportmarkt für die meisten anderen europäischen Länder darstellt und dadurch hier auf mehr Erfahrungen zurückgegriffen werden kann als bei der Bewertung anderer Ländern.

Im World Competitiveness Survey 2007 des World Competitiveness Center (IMD 2007) wurden weltweit Wirtschaftsexperten befragt, wie sie die Situation in ihrem Land bezüglich verschiedener Regulierungsaspekte beurteilen. Hier schneidet Deutschland im Vergleich mit 54 anderen Ländern zwar nicht ganz so schlecht ab, liegt aber meist in der unteren Hälfte der Rangliste. Vergleichsweise am schlechtesten wird die Unterstützung der Gründung von Firmen durch die Gesetzgebung bewertet (Platz 37) und ob die Arbeitsregulierungen Unternehmensaktivitäten behindern (Platz 43). Deutlich wird dies auch durch die relativ lange Zeitspanne von 24 Tagen, deren es durchschnittlich bedarf, um ein Unternehmen zu gründen, womit Deutschland Platz 25 einnimmt. Nur bei der Zustimmung zur Feststellung, dass die Einwanderungsgesetze die Unternehmen nicht daran hindern, ausländische Arbeitskräfte einzustellen, liegt Deutschland im internationalen Vergleich deutlich in der oberen Hälfte der Rangliste, belegt aber auch hier nur Platz 18.

Auch bei sehr allgemeinen Fragen, die über Regulierungsaspekte hinausgehen, aber die institutionellen Rahmenbedingungen betreffen, schneidet Deutschland vergleichsweise schwach ab. Der einzige Regulierungsbereich, in dem Deutschland es unter die „Top-Ten“ im internationalen Vergleich auf Grundlage der Einschätzung durch Wirtschaftsexperten schafft, sind die geistigen Eigentumsrechte. Hinsichtlich der Zustimmung zu der Aussage „Die geistigen Eigentumsrechte werden adäquat durchgesetzt“ erreicht Deutschland Platz 4 hinter der Schweiz, Singapur und Dänemark.

Vor diesem Hintergrund – mit Ausnahme der guten Position Deutschlands im Hinblick auf die Sicherung von geistigen Eigentumsrechten – ist es erstaunlich, dass 14 Prozent der Unternehmen, die im Rahmen des Innobarometers der Europäischen Kommission (EOS Gallup Europe 2004) befragt wurden, davon ausgehen, dass die deutsche Regierung Innovationen am effektivsten fördert und unterstützt. Damit liegt Deutschland im europäischen Vergleich an der Spitze, gefolgt von Frankreich und Großbritannien – dies allerdings mit deutlichen Abständen bei Werten von 8 bzw. 5 Prozent. In Deutschland selbst sind mit 12 Prozent etwas weniger der Befragten der Meinung, dass die Bundesregierung Innovationen am effektivsten fördert und unterstützt, allerdings wird nicht davon ausgegangen, dass dies einer Regierung in einem anderen Land vergleichsweise besser gelänge. In elf der untersuchten Länder wird ebenfalls davon ausgegangen, dass Deutschland in diesem Punkt erfolgreicher ist als das eigene Land. In acht Ländern verhält es sich umgekehrt. Wobei vor allem die Franzosen (26 Prozent) und die Irländer der Meinung sind, dass ihre Regierung am effektivsten im Bereich der Innovationsförderung sei.

Auch das DIW (Werwatz et al. 2008) fragt in seinem Innovationsindikator unter dem Aspekt „Staat“ nach den staatlichen Forschungs- und Bildungssystemen sowie den Rahmenbedingungen (Tabelle 22). Bei dem staatlichen Forschungssystem sind wissenschaftliche und technische Publikationen, die Vernetzung und Qualität aus Sicht der Unternehmen sowie die staatliche Forschungsförderung berücksichtigt. Das staatliche Bildungssystem berücksichtigt Aspekte der Finanzierung, Qualität und tertiären Bildung und unter Rahmenbedingungen werden Regulierung und Korruptionsbekämpfung, Infrastruktur und die staatliche Nachfrage zusammengefasst. Dabei belegt Deutschland mit Platz 13 insgesamt einen der hinteren Ränge, wobei lediglich unter dem Aspekt der Rahmenbedingungen das Mittelfeld mit Platz 7 erreicht wird.

Tabelle 22

**Rangfolge der Länder beim Subindikator „Staat“ und seinen Unterindikatoren (2008)**

|              | Subindikator |                                 | Unterindikatoren              |                   |
|--------------|--------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------|
|              | Staat        | staatliches<br>Forschungssystem | staatliches<br>Bildungssystem | Rahmenbedingungen |
| Gewichte (%) |              | 33                              | 38                            | 29                |
| SWE          | 1            | 2                               | 3                             | 2                 |
| CHE          | 2            | 4                               | 1                             | 4                 |
| USA          | 3            | 1                               | 6                             | 5                 |
| FIN          | 4            | 3                               | 4                             | 3                 |
| DNK          | 5            | 7                               | 2                             | 1                 |
| FRA          | 6            | 6                               | 5                             | 9                 |
| GBR          | 7            | 8                               | 7                             | 8                 |
| CAN          | 8            | 10                              | 8                             | 13                |
| AUT          | 9            | 5                               | 12                            | 11                |
| BEL          | 10           | 13                              | 9                             | 14                |
| NLD          | 11           | 11                              | 13                            | 6                 |
| KOR          | 12           | 9                               | 11                            | 12                |
| DEU          | 13           | 12                              | 14                            | 7                 |
| IRL          | 14           | 16                              | 10                            | 15                |
| JPN          | 15           | 15                              | 16                            | 10                |
| ESP          | 16           | 14                              | 17                            | 16                |
| ITA          | 17           | 17                              | 15                            | 17                |

Quelle: Werwatz et al. 2008

**3.6 Blockaden in weiteren Dimensionen**

Neben den meist mit quantitativen Faktoren gemessenen bzw. mit materiellen Faktoren behafteten Dimensionen Kosten, Wissen, Markt und Institutionen lassen sich aber auch Dimensionen mit gewissermaßen immateriellen Faktoren finden, welche z. T. ein eher träges und zurückhaltendes Bild Deutschlands zeichnen. Insbesondere die Risikobereitschaft, Offenheit und Toleranz scheinen für Deutschland ein Problem darzustellen, welches sich indirekt über Faktoren wie Humankapital (z. B. aus dem Ausland), Zurückhaltung in der Umsetzung neuer Ideen und dgl. auch auf materielle Faktoren wie Investitionen in Innovationen auswirken kann.

Unter dem Subindikator „Gesellschaftliches Innovationsklima“ fasst das DIW die Veränderungskultur (Grundeinstellung: Offenheit und Toleranz, Einstellung zu Risiko, Einstellung zur Partizipation), Einstellung zu Wissenschaft und Technik (Interesse, Perspektiven, Nutzen, Vor-

behalte, Wissenschaft und Gesellschaft) und Sozialkapital (formelle und informelle Beteiligung, Vertrauen in Innovationsakteure) zusammen (Tabelle 23).

Dabei belegt Deutschland insgesamt Platz 10. Bei der Frage nach der Veränderungskultur liegt Deutschland dabei mit Platz 15 fast am Schluss und auch unter dem Aspekt Sozialkapital wird nur Platz 10 erreicht. Lediglich bei der Einstellung zu Wissenschaft und Technik kann Platz 6 und somit das vordere Mittelfeld erreicht werden.

Unter dem Aspekt der „Einstellung“ (insgesamt Platz 10) fasst das DIW (Werwatz et al. 2008) schließlich das Vertrauen in Mitmenschen (Platz 8), Wissenschaft und Forschung (Platz 11), forschende Unternehmen (Platz 14,5) und die Presse (Platz 5) zusammen (Tabelle 24). Gerade in forschende Unternehmen, welche für die kommerzielle Umsetzung von Innovationen in Anwendungen sowie Produkte und schließlich für Markterfolge wichtig sind, besteht ein geringes Vertrauen.

Tabelle 23

**Rangfolge der Länder beim Subindikator „Gesellschaftliches Innovationsklima“  
und seinen Unterindikatoren (2008)**

|              | Subindikator                           |                    | Unterindikatoren                              |               |
|--------------|--|--------------------|---|---------------|
|              | gesellschaftliches<br>Innovationsklima | Veränderungskultur | Einstellung zu<br>Wissenschaft und<br>Technik | Sozialkapital |
| Gewichte (%) |  | 34                 | 28  | 38            |
| SWE          | 1                                      | 1                  | 2   | 2             |
| USA          | 2                                      | 4                  | 1   | 4             |
| FIN          | 3                                      | 5                  | 5   | 1             |
| DNK          | 5                                      | 2                  | 7   | 3             |
| NLD          | 4                                      | 3                  | 3   | 5             |
| GBR          | 6                                      | 6                  | 9   | 8             |
| DEU          | 10                                     | 15                 | 6   | 10            |
| JPN          | 9                                      | 10                 | 12  | 7             |
| KOR          | 7                                      | 13                 | 4   | 6             |
| CAN          | 8                                      | 7                  | 10  | 9             |
| BEL          | 12                                     | 14                 | 8   | 12            |
| CHE          | 13                                     | 12                 | 13  | 13            |
| IRL          | 11                                     | 8                  | 15  | 14            |
| FRA          | 14                                     | 11                 | 11  | 17            |
| ITA          | 15                                     | 16                 | 14  | 11            |
| ESP          | 16                                     | 9                  | 16  | 15            |
| AUT          | 17                                     | 17                 | 17  | 16            |

Quelle: Werwatz et al. 2008

Tabelle 24

**Rangfolge der Länder beim Subindikator „Einstellungen“ und seinen Unterindikatoren  
(2008)**

|              | Subindikator  |                          | Unterindikatoren                        |                                     |                         |
|--------------|---------------|--------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------|
|              | Einstellungen | Vertrauen in Mitmenschen | Vertrauen in Wissenschaft und Forschung | Vertrauen in forschende Unternehmen | Vertrauen in die Presse |
| Gewichte (%) |               | 23                       | 27                                      | 24                                  | 26                      |
| SWE          | 1             | 2                        | 4                                       | 1,5                                 | 1                       |
| DK           | 2             | 1                        | 2                                       | 1,5                                 | 3                       |
| FIN          | 3             | 4                        | 1                                       | 4                                   | 2                       |
| NLD          | 4             | 3                        | 5                                       | 6                                   | 4                       |
| BEL          | 5             | 14                       | 6                                       | 3                                   | 7                       |
| GBR          | 6             | 15                       | 3                                       | 5                                   | 11                      |
| JPN          | 7             | 5                        | 7                                       | 8                                   | 8                       |
| CAN          | 8             | 7                        | 8,5                                     | 9                                   | 9                       |
| USA          | 9             | 9                        | 8,5                                     | 11                                  | 10                      |
| DEU          | 10            | 8                        | 11                                      | 14,5                                | 5                       |
| CHE          | 11            | 6                        | 14                                      | 12                                  | 6                       |
| ITA          | 12            | 13                       | 10                                      | 7                                   | 12                      |
| KOR          | 13            | 16                       | 12                                      | 13                                  | 13                      |
| ESP          | 14            | 10                       | 16                                      | 10                                  | 17                      |
| IRL          | 15            | 11                       | 14                                      | 14,5                                | 14                      |
| AUT          | 16            | 12                       | 17                                      | 16                                  | 15,5                    |
| FRA          | 17            | 17                       | 14                                      | 17                                  | 15,5                    |

Quelle: Werwatz et al. 2008

#### 4. Zusammenfassung und Hypothesenbildung

Im vorigen Kapitel wurde auf Basis einer umfassenden Literatur- und Datenanalyse in einem ersten Schritt eine Bestandsaufnahme von Innovationsdeterminanten vorgenommen. Dabei wurden unterschiedliche in der wissenschaftlichen Debatte diskutierte Hemmnisfaktoren identifiziert und zusammengestellt. Analog dazu wurden die fördernden Faktoren mitbetrachtet.

Weiterhin wurde herausgearbeitet, inwieweit sich die identifizierten Innovationsdeterminanten unterscheiden bzw. welche Faktoren in Abhängigkeit von unterschiedlichen Innovationsarten (z. B. Produkt-, Prozess-, Organi-

sations- oder Marketinginnovation) und den einzelnen Phasen des Innovationsprozesses relevant sind. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf solche Faktoren gelegt, welche in zwei entscheidenden Phasen des gesamten Innovations- bzw. Technologiezyklus – Diffusion und Etablierung – den Erfolg neuer Schlüsseltechnologien behindern oder fördern können. Darauf bezogen wurden denkbare politische Maßnahmen zusammengestellt, die die Umsetzung von Forschungsergebnissen in vermarktungsfähige Produkte und deren Verbreitung auf dem Markt in diesen Phasen unterstützen können.

Als Ergebnis der konzeptionellen Vorarbeiten lässt sich festhalten, dass die vier Kategorien Kostenfaktoren, Wissensfaktoren, Marktfaktoren und institutionelle Faktoren

besonderen Aufschluss versprechen, insbesondere hinsichtlich einer Untersuchung konkreter Innovationsarten, wie z. B. Anwendungen. In Bezug auf spezifische Technologieinnovationen zeigt sich auch eine Aufschlüsselung der vorgenannten Faktoren nach Innovationsphasen als sinnvoll, z. B. nach FuE, Umsetzung und Diffusion einer Anwendungstechnologie entlang der Wertschöpfungskette. Für breite Querschnittstechnologien, welche z. B. sowohl mehrere Schlüsseltechnologien bündeln als auch zu Produkten und Anwendungen führen können, ließen sich beispielsweise einzelne Technologieentwicklungen bzw. -felder unter Berücksichtigung der Wertschöpfungsphasen und der Hemmnisdimensionen untersuchen.

Mit dem Ziel einer umfassenden empirischen Betrachtung der relevanten Faktoren wurden weiterhin existierende Daten zur Ausprägung der identifizierten Indikatoren zusammengetragen und bewertet. Dazu gehören sowohl nationale und internationale Unternehmensbefragungen als auch repräsentative Befragungen von Bürgern. Je nach verfügbarer Datengrundlage eröffnet sich damit auch die vergleichende Perspektive – als Vergleich der Situation in Deutschland mit der in anderen Ländern oder als innerdeutscher Branchenvergleich.

Aus Unternehmenssicht zeigt sich im europäischen Vergleich, dass deutsche Unternehmen den meisten Hemmnisfaktoren deutlich seltener eine stark hemmende Wirkung zuschreiben als Unternehmen in anderen europäischen Staaten. Als häufigste Hemmnisfaktoren werden dabei Kostenaspekte, wie zu hohe Innovationskosten oder mangelnde Finanzierungsquellen, genannt. Insgesamt scheinen die meisten Hemmnisfaktoren aus deutscher Unternehmenssicht in ihrer Bedeutung jedoch tendenziell abgenommen zu haben. Auf Branchenebene zeigt sich, dass im verarbeitenden Gewerbe und im Bereich Verkehr und Nachrichtenübermittlung Hemmnisfaktoren insgesamt deutlich häufiger als besonders wichtig eingestuft werden als in den Bereichen Energie- und Wasserversorgung sowie Kredit- und Versicherungsgewerbe. Im verarbeitenden Gewerbe selbst sind es vor allem die Bereiche Kunststoff, Fahrzeugbau sowie Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik und Optik, in welchen besonders häufig Innovationsbarrieren beklagt werden. Dabei handelt es sich neben Kostenfaktoren insbesondere auch um institutionelle Faktoren wie Gesetzgebung, Regulierung und Normen oder zu lange Verwaltungs- und Genehmigungsverfahren. Die Mehrzahl der innovationsfördernden Faktoren wird weder als unzureichend noch als ausgezeichnet in ihrer Ausprägung bewertet. Als eher positive Bedingungen werden am Standort Deutschland die Kooperationsmöglichkeiten mit innovativen Unternehmen und der Wettbewerb mit anderen Unternehmen bewertet. Die Mehrzahl der Faktoren wird allerdings tendenziell negativ bewertet.

**Kostenfaktoren:** Die Analyse verschiedener Daten zu Kostenfaktoren zeigt, dass in Deutschland die überwiegende Mehrzahl der Innovationen aus Eigenkapital finanziert wird. Dabei stellt die Beschaffung von Fremdkapital

Unternehmen aus den neuen Bundesländern vor größere Schwierigkeiten als Unternehmen aus den alten Bundesländern. Außerdem hat der europäische Vergleich gezeigt, dass es in kaum einem anderen Land so schwierig ist, an Venture Capital zu gelangen, wie in Deutschland. Auch die allgemeine Bewertung der Finanzierungsbedingungen von Innovationen fällt für Deutschland vergleichsweise deutlich schlechter aus als in den meisten anderen europäischen Staaten und den USA.

**Wissensfaktoren:** In Bezug auf die Wissensfaktoren wurden die Daten über FuE-Ausgaben, das Bildungssystem und den Wissenstransfer bzw. Kooperationsbeziehungen zusammengestellt und bewertet. Der Anteil der FuE-Ausgaben am BIP liegt in Deutschland etwas über dem OECD-Durchschnitt und deutlich über dem EU-Durchschnitt, wobei auch der Anteil industriefinanzierter FuE-Ausgaben deutlich über dem europäischen Durchschnitt liegt. Dabei sanken in Deutschland – im Gegensatz zum internationalen Trend – die öffentlich finanzierten FuE-Aufwendungen in den letzten Jahren zusätzlich. Hinsichtlich des Bildungssystems liegt Deutschland nur im Bereich Humanressourcen in Wissenschaft und Technik über den EU-Durchschnittswerten. Bei den Bildungsausgaben und dem Anteil der Absolventen naturwissenschaftlicher und technischer Disziplinen steht Deutschland vergleichsweise deutlich schlechter dar. Beim Anteil der Absolventen naturwissenschaftlicher und technischer Disziplinen liegt Deutschland ebenfalls unter dem EU-Durchschnitt. Noch schlechter gestaltet sich Deutschlands Position im europäischen Vergleich, wenn man den Anteil von Unternehmen, die Innovationskooperationen eingehen, betrachtet. Italien ist das einzige Land, in dem diese Anteile noch geringer ausfallen als in Deutschland.

**Marktfaktoren:** Bei den Marktfaktoren wurde in der Darstellung zwischen Wettbewerb und Nachfrage unterschieden. Verschiedene Datenquellen zeigen, dass Deutschland zu den zehn wettbewerbsstärksten Volkswirtschaften der Welt gehört. Als problematisch oder verbesserungsfähig wurden jedoch insbesondere folgende Aspekte identifiziert: die wenig flexible Arbeitsmarktpolitik, die unbewegliche Bürokratie, die nur mit großem Aufwand einhaltbaren Verordnungen der Regierung, unproduktive Staatsausgaben. In Bezug auf die Nachfrage zeigt sich zunächst, dass Auftraggeber oder Kunden in Deutschland etwas häufiger eine wichtige Rolle als Informationsquelle spielen als im europäischen Durchschnitt. Bei den innovationsfördernden Nachfragebedingungen liegt Deutschland im internationalen Vergleich im vorderen Mittelfeld. Insgesamt liegt Deutschland bei der Bewertung der allgemeinen Nachfragebedingungen hinter den USA, der Schweiz, Schweden und Japan.

**Institutionelle Faktoren:** Die institutionellen Faktoren wurden in erster Linie auf der Ebene von Regulierungen betrachtet. Dabei zeigte sich, dass die deutschen Regulierungen sowohl aus der Perspektive deutscher Unternehmen als auch aus der Perspektive von Unternehmen in anderen europäischen Ländern überdurchschnittlich häufig

als besonders innovationshemmend empfunden werden. Einzig bei der Wahrung von geistigen Eigentumsrechten steht Deutschland im internationalen Vergleich an der Spitze. Nur in der Schweiz, Singapur und Dänemark wird der Schutz der geistigen Eigentumsrechte besser bewertet.

Die Zusammenstellung der existierenden Daten zur Ausprägung der verschiedenen Hemmnisfaktoren stellt bereits ein wichtiges Teilergebnis dar, welches im Rahmen vertiefender Fallstudien um technologiespezifische Analysen ergänzt werden soll. Schließlich können sich die Bedeutung der Innovationsdeterminanten und ihre Ausprägung je nach Technologietyp deutlich von der gesamtwirtschaftlichen Analyse in Kapitel II.3 unterscheiden. Dabei sollen das in Kapitel II erarbeitete Kriterienraster und die darin identifizierten hemmenden und fördernden Faktoren sowie Handlungsoptionen, welche zunächst technologieunabhängig bzw. technologieübergreifend gelten, herangezogen und überprüft werden. Man kann daher von der Hypothese ausgehen, dass sich für alle Fallbeispiele die jeweils zentralen und relevanten Blockaden in dem vorliegenden Kriterienraster verorten lassen. Technologiespezifika drücken sich dann dadurch aus, dass entweder manche der aufgelisteten Blockaden keine Relevanz haben oder spezifische neue Blockaden identifiziert werden.

### III. Innovative Schlüsseltechnologien

Ziel dieses Kapitels ist es, spezifische Technologien und Branchen zu identifizieren, anhand welcher die im Kapitel II identifizierten technologieübergreifenden Blockaden technologiespezifisch vertieft und vergleichend verifiziert werden können. Dabei sollen bei der Etablierung von Schlüsseltechnologien besonders erfolgreiche oder aufgrund bestehender Blockaden weniger erfolgreiche Fallbeispiele gefunden werden. Zudem zeigt Kapitel II, dass eine Auswahl einer Produktinnovation bzw. -anwendung, einer spezifischen bzw. Anwendungs- sowie einer Querschnittstechnologie helfen können, einen komplementären Gesamtüberblick für eine spätere vergleichende Analyse zu gewinnen.

Im Gegensatz zu den meist auf Befragungen basierenden Untersuchungen in Kapitel II.3 konzentriert sich Kapitel III.1 auf einen Ansatz, der Technologie- und Wirtschaftsindikatoren verwendet, um die Sektoren der Spitzen- und Hochtechnologie zu identifizieren, in welchen Deutschland entweder im Vergleich zu seinem technologischen Potenzial mit seinen Exporten sehr gut oder eher mäßig auf den weltweiten Märkten abschneidet. Darauf aufbauend beschäftigt sich Kapitel III.2 mit der Frage, ob sich aus der vorangegangenen allgemeinen Betrachtung bestimmte Schlüsseltechnologien für eine vertiefende Analyse ableiten lassen. In Kapitel III.3 wird dann auf Basis des Untersuchungsrahmens und der abgeleiteten Hypothesen aus Kapitel II eine methodische Vorgehensweise für die Analyse der Fallbeispiele festgelegt, welche einen

späteren Vergleich und das Rückspiegeln an den Ergebnissen aus Kapitel II ermöglichen soll.

#### 1. Indikatoren zur Bestimmung innovativer Schlüsseltechnologien

Neben den Ansätzen, Unternehmen direkt nach ihrer Wahrnehmung verschiedener Innovationshemmnisse zu fragen oder mit dem Fokus auf Nachfrage- und Akzeptanzprobleme von Bürgern ihre Einschätzungen zu Innovationen bzw. neue Technologien einzuholen, kann auch mithilfe eines auf Indikatoren basierten Ansatzes bestimmt werden, ob es Probleme bei der Umsetzung des vorhandenen technologischen Potenzials in die entsprechende Vermarktung innovativer Produkte gibt. Es wird also vom Ergebnis her der Frage nachgegangen, in welchen Technologiebereichen die Umsetzung des vorhandenen technologischen Potenzials erfolgreich oder – bei Existenz bestimmter Hemmnisfaktoren – weniger erfolgreich realisiert werden konnte.

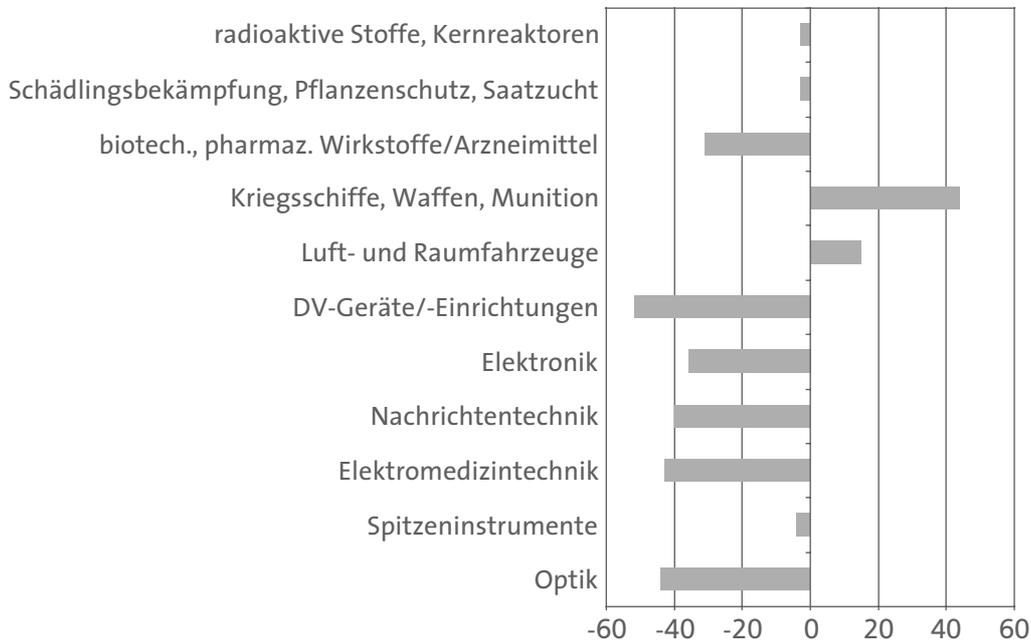
Im Rahmen der jährlichen Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands werden vor allem die Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt als Indikator für das nationale technologische Potenzial herangezogen. Hierbei liegt der Fokus auf Spitzen- und gehobenen Gebrauchstechnologien, da diese die Grundlage für zukünftige neue Märkte und dabei vor allem Auslandsmärkte darstellen. Als Indikator wird die relative Patentspezialisierung Deutschlands im Vergleich zu den weltweiten Aktivitäten verwendet. Der relative Patentanteil gibt an, auf welchen Gebieten ein Land im Vergleich mit dem Anteil des weltweiten Patentaufkommens stark oder schwach vertreten ist. Positive Vorzeichen bedeuten, dass ein Technikfeld ein größeres Gewicht innerhalb des jeweiligen Landes einnimmt als weltweit (überdurchschnittliche Spezialisierung). Negative Vorzeichen symbolisieren eine unterdurchschnittliche Spezialisierung. Dadurch wird es einerseits möglich, die relative Stellung von Technikfeldern innerhalb des Technologieportfolios eines Landes und andererseits diese Positionen von Größenunterschieden unabhängig international zu vergleichen.

Betrachtet man die Bedeutung der einzelnen Technologiefelder der forschungsintensiven Industrien, so zeigt Deutschland im Bereich der Spitzentechnologie nur bei Waffen sowie bei Luft- und Raumfahrzeugen Spezialisierungsvorteile, während der Anteil der Patentanmeldungen bei Elektronik, Computern, Medientechnik, Pharmazie/Biotechnologie, Medizintechnik und Optik unterdurchschnittlich ist (Abbildung 5).

Für die Fragestellung der Innovationshemmnisse geht es nun darum zu untersuchen, in welchen Bereichen das vorhandene technologische Potenzial weniger erfolgreich in entsprechende Markterfolge umgesetzt werden kann. Man könnte dazu zwar die entsprechende inländische Produktion betrachten. Diese sagt jedoch nichts über die internationale Konkurrenzfähigkeit der jeweiligen Industrie bzw. der entsprechenden Unternehmen aus. Ferner ist

Abbildung 5

## Spezialisierung Deutschlands bei Patenten 2002 bis 2004 in den Spitzentechnologien



Quelle: BMBF 2007a

für die Beurteilung der internationalen Wettbewerbsposition auf einzelnen Märkten nicht das absolute Niveau der Ausfuhren oder die Höhe des Ausfuhrüberschusses entscheidend, sondern die strukturelle Zusammensetzung des Exportangebots auf der einen Seite und der Importnachfrage auf der anderen Seite (Gehrke et al. 2007). Der wirtschaftstheoretische Hintergrund dieser Überlegung ist folgender: Gesamtwirtschaftlich betrachtet ist die internationale Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Branchen oder Warengruppen von ihrer Position im intersektoralen Wettbewerb der jeweiligen Volkswirtschaft um die Produktionsfaktoren abhängig. Die schwache Position z. B. der deutschen Textilindustrie im internationalen Wettbewerb resultiert nicht nur daraus, dass Produkte aus Südostasien billiger sind, sondern dass z. B. der Automobilbau in Deutschland relativ gesehen so stark ist. Die Textilindustrie hat deshalb im internationalen Wettbewerb Schwierigkeiten, weil ihre Produkt- und Faktoreinsatzstruktur in Deutschland im Vergleich zum Durchschnitt aller anderen Einsatzmöglichkeiten der Ressourcen nicht so günstig ist.

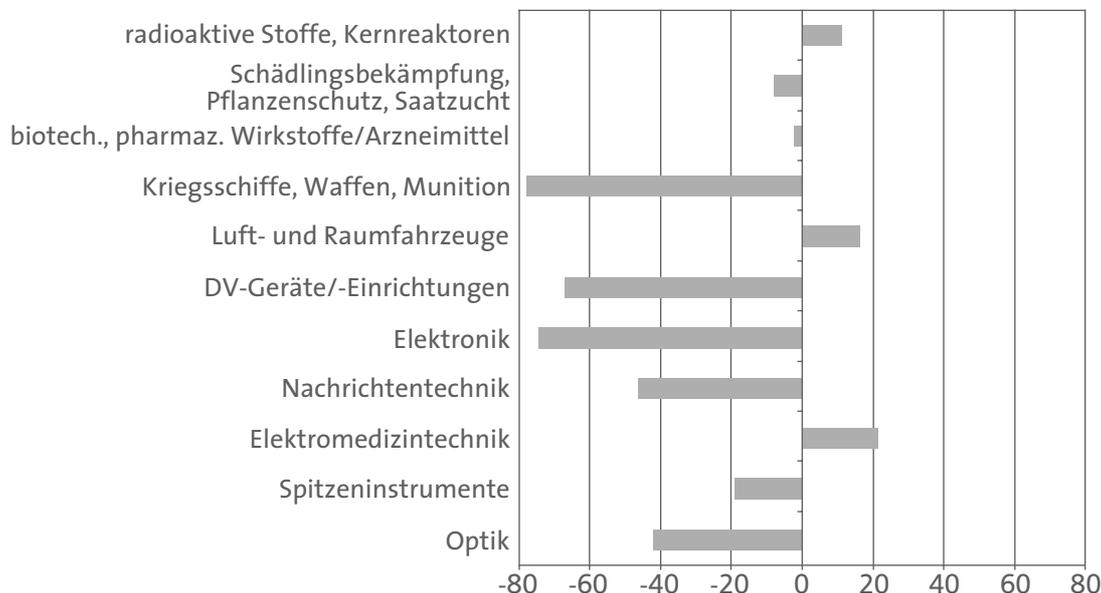
Ein gängiger Indikator zur Bestimmung der Wettbewerbsfähigkeit in einzelnen Industrien ist der relative Exportvorteil, der die Exportstrukturen eines bestimmten Landes in Beziehung zu den weltweiten Exportstrukturen setzt. Während der relative Patentanteil differenziert nach Patentklassen aufgebaut ist, werden Exporte nach Produktgruppen oder auf Branchenebene differenziert. Auf Basis der sog. Hochtechnologieliste (Legler/Frietsch

2006) wurde eine Zuordnung bestimmter Produktgruppen zu den nach Spitzentechnologien differenzierten Gebieten vorgenommen (Abbildung 6).

In der Spitzentechnologie ähnelt Deutschlands Profil in der Exportstruktur sehr den schwach ausgeprägten Patentspezialisierungen. Die starke Position in den Patentanmeldungen schlägt sich in der Luft- und Raumfahrt in entsprechende Exporterfolge nieder. Die ausgesprochen gute Stellung bei den Patenten in Rüstungstechnologien wird vor allem aus politischen Gründen nicht in entsprechende Exporterfolge umgesetzt. Positiv sind noch die Bereiche der radioaktiven Stoffe und der Kernreaktoren und die Elektromedizintechnik zu nennen, die trotz lediglich durchschnittlicher Patentspezialisierungen überdurchschnittlich im Export erfolgreich sind.

Um noch etwas differenzierter die Umsetzung des vorhandenen technologischen Potenzials in Erfolge auf den Weltmärkten analysieren zu können, wird ein neuer, aber relativ einfacher Indikator eingeführt und dargestellt. Es handelt sich um den Quotienten aus dem relativen Exportanteil und dem relativen Patentanteil einer bestimmten Spitzentechnologie (Abbildung 7). Ein Wert größer als 1 bedeutet, dass sich das vorhandene technologische Potenzial überdurchschnittlich in Exporterfolgen niederschlagen hat, während Werte kleiner als 1 eine zum technologischen Potenzial gesehen geringere Exportaktivität signalisieren.

Abbildung 6

**Relative Exportanteile Deutschlands in den Spitzentechnologien im Jahr 2005**

Quelle: eigene Berechnungen (Stand 2008)

Unter den Spitzentechnologien wird zusätzlich zum Sonderphänomen der Rüstungsindustrie durch den neuen Indikator deutlich, dass das schon schwache Potenzial in der Elektronik nicht einmal in entsprechende Exportaktivitäten umgesetzt werden kann. Umgekehrt wird neben dem Positivbeispiel der Elektromedizintechnik deutlich, dass die deutschen Unternehmen ihre durchschnittliche technologische Leistungsfähigkeit in der Biotechnologie, den pharmazeutischen Wirkstoffen und Arzneimitteln ausgesprochen erfolgreich in Exporterfolge umsetzen können. Dies gilt neben dem schon identifizierten Bereich der radioaktiven Stoffe in abgeschwächtem Maße auch für die Optik, die sich trotz eher geringerer technologischer Profilierung sehr gut in den Exportmärkten schlägt, und die Schädlingsbekämpfung, den Pflanzenschutz und die Saatzucht, die ihre leicht unterdurchschnittliche technologische Profilierung überdurchschnittlich in Exporte umsetzen können.

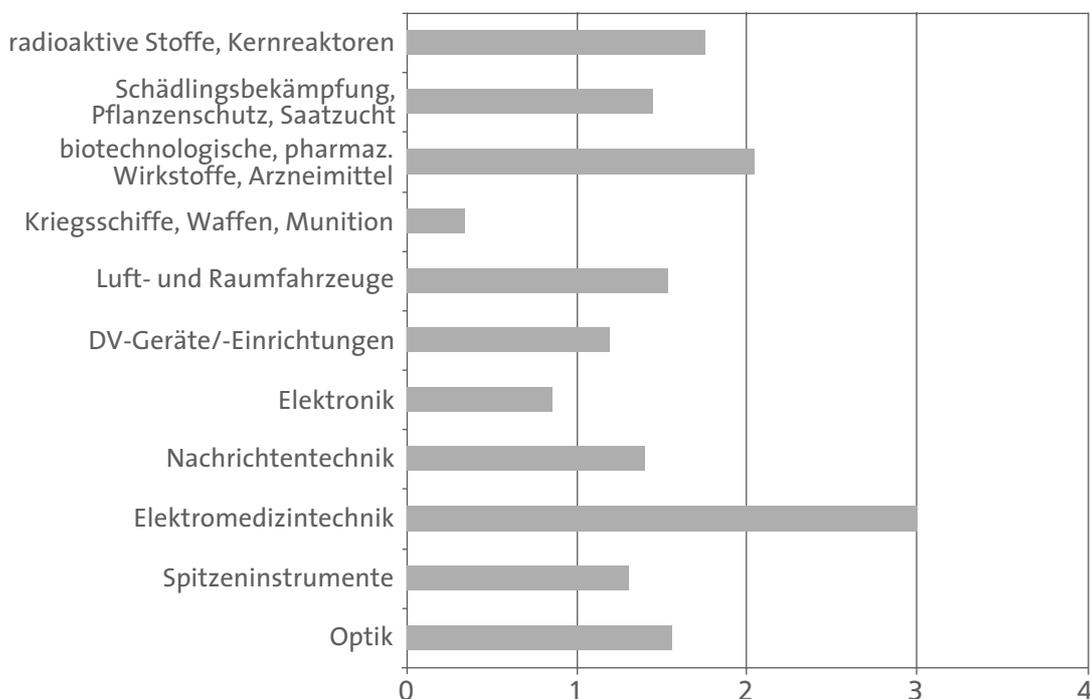
Insgesamt können aus der Analyse des Quotienten aus relativem Export- und relativem Patentanteil der Spitzentechnologien unter Berücksichtigung spezifischer Kontextfaktoren durchaus robuste Hinweise auf die Existenz genereller Innovationshemmnisse in bestimmten Technologien abgeleitet werden. Falls die technologiespezifischen Indikatoren nicht einmal den Wert 1 erreichen, be-

deutet dies, dass das vorhandene Technologiepotenzial von den deutschen Unternehmen nicht in entsprechende Exportanteile umgesetzt werden kann. Umgekehrt deuten Werte weit über 1 darauf hin, dass es in diesen Feldern gelingt, das vorhandene technologische Potenzial sehr wirksam in internationale Wettbewerbsfähigkeit und damit entsprechende Exporterfolge umzusetzen. Dies ist ein Indiz dafür, dass grundsätzlich vorhandene Innovationshemmnisse doch sehr erfolgreich überwunden werden können. Über die spezifischen Gründe, welche Hemmnisse in einem Sektor zum Exporterfolg bzw. zur lediglich begrenzten Exportleistung führen, kann dieser Indikatoransatz keine Auskunft geben.

Die quantitative Analyse auf Basis von Patent- und Exportanteilen in Sektoren der Spitzen- und Hochtechnologie unter Verwendung von Technologie- und Wirtschaftsindikatoren kann also Branchen aufzeigen, in welchen Deutschland entweder im Vergleich zu seinem technologischen Potenzial mit seinen Exporten sehr gut (z. B. Elektromedizintechnik) oder eher mäßig auf den weltweiten Märkten abschneidet (z. B. Elektronik). Durch diesen mehrdimensionalen Analyseansatz werden sowohl die Unternehmens-, die Akzeptanz- und Nachfragerperspektive als auch Kennzahlen der makroökonomischen Ebene berücksichtigt.

Abbildung 7

### Quotient aus Export- und Patentanteilen in den Spitzentechnologien



Quelle: BMBF 2007a und eigene Berechnungen (Stand 2008)

## 2. Auswahl dreier Fallbeispiele

Auf Basis der in Kapitel II zusammengestellten Daten zur Ausprägung verschiedener Hemmnisfaktoren auf technologieübergreifender Ebene sowie der auf Technologieindikatoren und Daten der Wirtschaftsstatistik beruhenden technologiespezifischen Analyse in Kapitel III.1 kann eine Liste mit möglichen Technologien, Sektoren und Märkten für mögliche Vertiefungsstudien erstellt werden. Hierbei werden sowohl solche Beispiele aufgeführt, welche sich durch ausgeprägte Hemmnisfaktoren bzw. unausgeschöpftes Technologiepotenzial auszeichnen, als auch Fälle, welche sich entweder durch geringe Hemmnisse oder große Nachfrage und Exporterfolge auszeichnen.

### Querschnittstechnologien mit Wachstumspotenzial – Beispiel Nanoelektronik

Aus der Perspektive der Nachfrage haben die folgenden Technologien neben möglichen technischen Problemen z. T. auch ein massives Akzeptanz- und damit Nachfrageproblem oder es liegen Informationsdefizite aufseiten der Öffentlichkeit vor: Nanotechnologie, Nukleartechnologie, Militär- und Sicherheitstechnologien, Gentechnik. Diese Technologien haben durchaus ein signifikantes Marktpotenzial und können damit die traditionellen Exportmärkte Deutschlands in der Zukunft ersetzen. Jedoch

kann die Exportstärke in der Regel nur dann entwickelt werden, wenn sich auf den inländischen Märkten eine starke und risikofreudige Nachfrage möglichst früh entwickelt.

Die Nanotechnologie ist eine Querschnittstechnologie, deren Produkte heute noch ein eher kleines Marktwachstum besitzen, bei welcher jedoch für die nahe Zukunft ein starkes Wachstum über mögliche Produktivitätssteigerungen hinaus zu erwarten ist und somit ein hohes Potenzial für die Schaffung zusätzlicher Arbeitsplätze (Tabelle 25). Die Nanotechnologie lässt sich durch ihren Querschnittscharakter nicht als separater Sektor abgrenzen, wie es auch grundsätzlich für die Biotechnologie zumindest in der Vergangenheit galt. Die Analyse von Spitzentechnologien in Kapitel III.1 zeigt, dass die Rüstungstechnologien oder die Elektronikbranche gegenüber ihrem technologischen Potenzial nicht zu hinreichenden Markt- bzw. Exporterfolgen geführt haben. Die Elektromedizintechnik, Biotechnologie und z. T. die optischen Technologien stellen entsprechend die eher positiven Beispiele dar.

Eine Betrachtung der Nanotechnologie mit Eingrenzung bzw. Fokus auf die Halbleiterelektronikbranche, d. h. Nanoelektronik, hilft dabei einen konkreten Sektor abzugrenzen und soll als ein erstes Fallbeispiel dienen. Die Nanoelektronik kann als eine der Zukunftstechnologien im Bereich neuer Schlüsseltechnologien bezeichnet wer-

den. Zu den Stärken zählen die gut ausgebaute FuE-Infrastruktur, das hohe Niveau der Forschung in vielen Teilfeldern und das prinzipielle Vorhandensein der Basis für die Verwertung der Forschungsergebnisse. Allerdings zeichnen sich zunehmend Probleme im Bereich der industriellen Umsetzung ab. So erfolgt beispielsweise die Produktgenerierung auf Basis der wissenschaftlich erarbeiteten FuE-Ergebnisse im Vergleich zu den USA und Asien zu zögerlich. Deshalb besteht die Gefahr, dass Deutschland seine Wissensvorsprünge – die in vielen Teilbereichen der Nanoelektronik durchaus vorhanden sind – nicht in adäquate Markterfolge umsetzen kann. Eine Exportstärke kann jedoch in der Regel nur dann entwickelt werden, wenn sich auf den inländischen Märkten eine starke und risikofreudige Nachfrage möglichst früh entwickelt.

#### **Anwendungstechnologien mit deutscher Tradition – Beispiel Windenergie**

Aus den repräsentativen Befragungen der Bevölkerung können bestimmte Angaben für die unterschiedliche Akzeptanz von spezifischen Zukunftstechnologien unter den Konsumenten ermittelt werden, die differenzierter und quer zu den oben genannten Sektoren vorliegen. Der Eurobarometer liefert dazu wichtige Hinweise. Als Beispiele von Technologien, die von den deutschen Bürgern – auch im Vergleich zum EU-Durchschnitt – als besonders wichtig für ihre persönliche Zukunft in den nächsten 20 Jahren, gelten z. B. die Folgenden: Medizintechnik, Solarenergie, Energiesparmaßnahmen, neue Energiequellen für Autos etc. Aus Sicht der nachfrageorientierten Innovationstheorie, aber auch -politik sind dies Schlüsseltechnologien, welche auf der Bedarfsseite ein besonders

Tabelle 25

#### **Größe und Wachstum von Anwendungs- und Querschnittstechnologien**

| <b>Technologiefeld</b>              | <b>2003<br/>(Mrd. Euro)</b> | <b>2015<br/>(Mrd. Euro)</b> | <b>Marktwachstum p. a.<br/>(gerundet in %)</b> |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Automobiltechnologie                | 905                         | 1.275                       | 3  |
| Aerospacetechnologie                | 187                         | 254                         | 3  |
| Maschinenbau-/Verfahrenstechnologie | 983                         | 1.322                       | 3  |
| Bautechnologie                      | 576                         | 802                         | 3  |
| Energietechnologie                  | 413                         | 589                         | 3  |
| Umweltechnologie                    | 177                         | 318                         | 5  |
| Medizintechnik                      | 114                         | 166                         | 3  |
| Pharma/rote Biotechnologie          | 439                         | 883                         | 6  |
| Agrobiotechnologie                  | 4                           | 10                          | 8  |
| Chemietechnologie                   | 1.172                       | 1.771                       | 3,5  |
| Unterhaltungselektronik             | 142                         | 389                         | 9  |
| Optische Technologien               | 30                          | 76                          | 8  |
| Mikroelektronik                     | 336                         | 584                         | 5  |
| Telekommunikationstechnologie       | 227                         | 312                         | 3  |
| Computertechnologie                 | 283                         | 324                         | 1  |
| Sicherheitstechnologie              | 41                          | 86                          | 6  |
| Weißer Biotechnologie               | 36                          | 111                         | 10   |
| Neue Werkstoffe                     | 202                         | 363                         | 5  |
| Nanotechnologie                     | 20                          | 107                         | 15   |
| <b>Summe</b>                        | <b>6.485</b>                | <b>10.077</b>               | <b>3,7</b>                                     |

Quelle: BCG 2006

großes Potenzial in Deutschland haben werden. Folglich gelten sie als Kandidaten für Beispiele, in denen nachfragebasierte Innovationshemmnisse eine geringe Rolle spielen sollten und eher technische und wirtschaftliche Innovationshürden zu überwinden sind. In vielen dieser und weiterer Anwendungstechnologien wie der Automobiltechnologie, Maschinenbau und Bautechnologie ist Deutschland gut aufgestellt. Ihre Wachstumsraten sind im Vergleich zu den Boomtechnologien zwar meist eher bescheiden, werden aber auch noch in zehn Jahren die Weltwirtschaft dominieren (Tabelle 25). Deutschland lebt heute noch von der Vergangenheit, da es international in Feldern wie den hier genannten führend ist, deren starkes Wachstum in jener Zeit lag, welche aber auch noch heute von substanzieller Bedeutung sind (BCG 2006).

Eine Anwendungstechnologie, z. B. im Bereich der Energietechnik, kann als ein weiteres Fallbeispiel dienen. Hier weist Deutschland traditionelle Stärken auf, wobei die Wachstumsraten geringer ausfallen (Tabelle 25).

Die Windenergie stellt dabei ein Beispiel dar, welches zeigt, wie ein hohes technologisches Potenzial in globale Markterfolge umgesetzt werden kann. Mit mehr als einem Drittel der weltweit installierten Leistung stehen heute in keinem anderen Land mehr Windenergieanlagen als in Deutschland. Der reale Anteil der Windenergie am Stromverbrauch lag dabei in Deutschland im Jahr 2006 bei 5 Prozent des Bruttostromverbrauchs. Die Windenergieindustrie hat sich mit 5,64 Mrd. Euro Umsatz und über 73 800 Beschäftigten zu einem wichtigen Wirtschaftsfaktor in Deutschland entwickelt. Die Exportquote liegt bei 71 Prozent und die Einnahmen aus dem Auslandsgeschäft betragen fast 3,5 Mrd. Euro. Bei der Windenergie handelt es sich hinsichtlich Onshorewindkraftanlagen um eine relativ reife Anwendungstechnologie, die sich inzwischen weltweit etabliert hat. Hinsichtlich einer Offshorewindenergie-technologie besteht jedoch noch größerer Entwicklungsbedarf.

#### **Anwendungen in weltweiter Konkurrenz – Beispiel MP3-Player und Mini-Beamer**

Auf Basis der vorliegenden Befragungen zu den Innovationshemmnissen im verarbeitenden Gewerbe können u. a. folgende Sektoren als diejenigen identifiziert werden, welche generell unter Schwierigkeiten leiden: Kunststoffindustrie, Fahrzeugindustrie, Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik und Optik, Elektroindustrie. Neben dem generellen hohen wirtschaftlichen Risiko und den hohen Innovationskosten zeichnen sich alle Sektoren mit Ausnahme des Fahrzeugbaus durch rigide Regulierungen und lange Genehmigungsdauern aus. Dies sind Gründe, die durch entsprechendes politisches Gegensteuern bzw. durch die Optimierung der eingesetzten Instrumente reduziert und an Bedeutung verlieren könnten. Grundsätzlich zeichnen sich aber Unternehmen und deshalb auch Sektoren dadurch aus, dass die Antizipation umfangreicher Innovationshemmnisse mit überdurchschnittlicher Innovationsaktivität und damit Erfolg gepaart ist. Auch die Boston Consulting Group (BCG 2006) kommt zu dem Ergebnis, dass in Schlüsseltechnologien

wie Computer und Mikroelektronik andere Länder deutlich besser sind als Deutschland, was zum einen an der mangelnden Wettbewerbsfähigkeit des Produktionsstandorts Deutschland und zum anderen an sehr restriktiven Rahmenbedingungen liegt.

Konkrete Anwendungen oder Produktinnovationen aus einem dieser Sektoren, z. B. Mikroelektronik, Unterhaltungselektronik oder Optik können im Rahmen eines dritten Fallbeispiels dazu dienen, sich in starkem Wettbewerb befindende Schlüsseltechnologien zu untersuchen. Die Wachstumspotenziale in diesen Sektoren sind immer noch groß (Tabelle 25), jedoch steht Deutschland in weltweiter Konkurrenz, insbesondere mit dem asiatischen Raum.

Der MP3-Player und der sogenannte Mini-Beamer stellen spezifische Anwendungen dar, welche zwar in Deutschland entwickelt wurden, deren Diffusions- und Marktpotenziale dort jedoch nicht adäquat ausgeschöpft werden konnten bzw. in Zukunft wahrscheinlich nicht ausgeschöpft werden können. Das MP3-Format wurde am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (Fraunhofer IIS) in Erlangen entwickelt. Dieses technologische Potenzial konnte aber nicht in entsprechende Markterfolge durch deutsche Unternehmen umgesetzt werden, sondern wird bisher am erfolgreichsten von Unternehmen aus den USA und Japan realisiert. Eine ähnliche Entwicklung scheint sich im Bereich einer anderen, sehr jungen Entwicklung des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme (Fraunhofer IPMS) in Dresden und des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik (Fraunhofer IOF) in Jena abzuzeichnen, dem Mini-Beamer. Hierbei handelt es sich um einen Laserprojektor, der kaum größer ist als ein Zuckerwürfel und Bilder in DIN-A3-Format auf jede Fläche projizieren kann. Dieser Mini-Beamer könnte beispielsweise in Handys, Laptops oder PDAs integriert werden, wobei erwartet wird, dass das System in ein bis zwei Jahren Marktreife erreichen wird. Allerdings scheint auch diese Entwicklung bisher im Ausland auf deutlich größeres Interesse als in Deutschland zu stoßen, sodass auch hier die Gefahr besteht, dass das vorhandene Potenzial nicht von deutschen Unternehmen in entsprechende Diffusions- und Markterfolge umgesetzt werden wird. Die Analyse dieser beiden Fälle sollte zum einen darauf abzielen, ex post (MP3-Player) solche Faktoren zu identifizieren, auf welche zurückzuführen ist, dass die exponierte Stellung Deutschlands im FuE-Bereich nicht in entsprechende Markterfolge umgesetzt werden konnte. Zum anderen sollte ex ante (Mini-Beamer) bestimmt werden, welche Faktoren dies auch weiterhin behindern könnten.

Alle drei Arten von Technologieinnovationen bzw. Technologietypen sind bedeutend für eine Volkswirtschaft: Querschnittstechnologien sind die Anwendungs- und Produktlieferanten von morgen und aus den Anwendungstechnologien werden die heutigen Produktinnovationen gewonnen. Auf Basis dieser konzeptionellen und empirischen Vorarbeiten werden drei Technologietypen für Vertiefungsanalysen ausgewählt (Tabelle 26): Nanoelektronik, Windenergie sowie MP3-Player und Mini-Beamer.

Tabelle 26

**Charakterisierung der Fallstudien**

| <b>Technologie</b> | <b>Nanotechnologie</b>  | <b>Energietechnologie</b>         | <b>Elektronik/Optik</b>                            |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|--|
| Fallbeispiel       | Nanoelektronik          | Windenergie                       | MP3-Player und Mini-Beamer                         |
| Technologieebene   | Querschnittstechnologie | spezifische Anwendungstechnologie | spezifische technische Anwendung/Produktinnovation |
| Beispielcharakter  | Wachstumsmarkt          | traditionell                      | Wettbewerb   |
| Untersuchung       | nach Technikfeldern     | nach Phasen                       | nach Faktoren                                      |

Quelle: eigene Darstellung

**3. Vorgehensweise für die Fallstudienanalyse****Allgemeines Vorgehen**

Im Rahmen der Fallstudien erfolgt zunächst, basierend auf Literatur- und Datenanalysen, jeweils eine Technologiebeschreibung, um die grundsätzliche Problematik des zu analysierenden Themas verständlich zu machen. Hierbei wird, wo hilfreich, neben der technologischen Einordnung eine Definition und Abgrenzung sowie eine Beschreibung der Akteure, Förderung und Marktpotenziale vorgenommen. In einem zweiten Schritt werden hemmende und fördernde Faktoren identifiziert und bewertet, und in einem dritten Schritt schließlich Maßnahmen und Handlungsoptionen zum Abbau der identifizierten Hemmnisse bzw. der Förderung positiver Faktoren abgeleitet.

Hierzu wurden pro Themenfeld bis zu fünf Interviews durchgeführt und protokolliert. Für diese wurde ein Interviewleitfaden in Anlehnung an und auf Basis des in Kapitel II, Tabelle 3 erarbeiteten Kriterienrasters erstellt. Ziel dieser Interviews ist die kritische Überprüfung, der aus der Literatur gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der Rolle verschiedener hemmender und fördernder Faktoren und die Identifikation weiterer bisher nicht bestimmter technologiespezifischer Aspekte. Bei der Auswahl der Interviewpartner wurde darauf geachtet, dass repräsentative Vertreter der Angebotsseite, wie z. B. branchen- oder technologiespezifische Verbände, und der Nachfrageseite, wie Verbrauchervertreter oder Nutzergruppen, für Interviews gewonnen werden.

Weiterhin wurde im Deutschen Bundestag in Berlin ein Workshop mit etwa 40 Teilnehmern für die drei Themenfelder organisiert, durchgeführt und die Ergebnisse mit den Aussagen der Interviews zusammengeführt. Auf dem Workshop wurden die Vorarbeiten aus den ersten beiden Arbeitsschritten vorgestellt und Ansatzpunkte für zukünftige Aktivitäten nicht nur vonseiten der Politik, sondern auch der Wissenschaft und Wirtschaft in Arbeitsgruppen identifiziert und diskutiert. Dabei sollten die von den relevanten Akteuren im Innovationssystem zu leistenden Beiträge zu einer schnelleren und breiteren Diffusion neuer Technologien bzw. Entwicklung neuer Märkte in ein Ge-

samtkonzept einfließen. Repräsentanten der verschiedenen Interessengruppen erhielten die Möglichkeit, sich zu den Ergebnissen der Analysen und den Vorschlägen zu äußern. Im Nachgang wurden drei kurze interne Workshopberichte erstellt.

Im Ergebnis lagen somit auf Basis von Sekundäranalysen, Experteninterviews und einem Workshop zur Validierung und Vertiefung der gewonnenen Informationen drei Fallstudien vor, die über ein gemeinsames Kriterienraster zusammengeführt und vergleichend analysiert wurden.

**Fallstudienspezifische Untersuchung**

Bei der Nanoelektronik als Querschnittstechnologie war eine Untersuchung konkreter Technikfelder nötig und damit eine weitere Differenzierung, da es sowohl Entwicklungen in der konventionellen Halbleitertechnologie gibt als auch sich abzeichnende nanoelektronische Konzepte vorliegen, welche sich heute noch zum größten Teil in der Grundlagenforschung befinden. Weiterhin wirkt die Nanoelektronik in viele Anwenderbranchen hinein, z. B. Konsumelektronik, Automobilindustrie, Medizintechnik.

Da es sich bei der Windenergie um eine Anwendungstechnologie handelt, bei der mehrere Schlüsseltechnologien zusammenspielen, und sowohl weiterer FuE-Bedarf herrscht als auch hinsichtlich der Umsetzung und Diffusion Windkraftanlagen als konkrete Anwendungen vorliegen, eignete sich eine Analyse nach Innovationsphasen.

Bei beiden Beispielen, MP3-Player und Mini-Beamer, handelt es sich um konkrete Anwendungen, die entlang ihrer Entwicklungsphasen direkt nach dem in Kapitel II, Tabelle 3 erarbeiteten Kriterienraster untersucht werden konnten, wobei nach Blockaden in den Dimensionen Kosten, Wissen, Markt und Institutionen unterschieden wird.

Im Fall der Nanoelektronik und der Windenergie können die identifizierten Blockaden diesen Dimensionen zugeordnet werden, um einen späteren Vergleich zu ermöglichen.

### Workshopablauf und Zusammenführung der Ergebnisse

Die Teilnehmer des im Januar 2009 im Deutschen Bundestag durchgeführten Workshops kamen aus dem Bereich Wissenschaft, Wirtschaft sowie Politik. Dabei wurde in drei Arbeitsgruppen zu Blockaden und Handlungsoptionen diskutiert.

Zu den Teilnehmern und interviewten Experten im Bereich Nanoelektronik zählten: Gesellschaft zur Förderung von Wissenschaft und Wirtschaft (GFWW) e. V., Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik, Amt für Wirtschaftsförderung Dresden, Technologie Zentrum Dresden GmbH, Fraunhofer IPMS, Universität Hannover – Institut für Festkörperphysik, Qimonda Dresden GmbH & Co. OHG, Infineon Technologies Dresden GmbH & Co. OHG.

Zu den Teilnehmern und interviewten Experten im Bereich Windenergie zählten: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) e.V., Enercon GmbH, Fraunhofer Gesellschaft, ForWind (Zentrum für Windenergieforschung), Investitionsbank Schleswig-Holstein, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Multibrid GmbH, RETC Renewable Energy Technology Centre GmbH, Professoren der Universität Stuttgart und Hannover, Umweltbundesamt (UBA), Vattenfall Europe New Energy GmbH.

Zu den Teilnehmern und interviewten Experten im Bereich MP3-Player und Mini-Beamer zählten: Audiovo GmbH, 3M Deutschland GmbH, Fraunhofer IPMS, Fraunhofer IIS, dilitronics GmbH, TEConcept GmbH.

Die in den Kapiteln IV bis VI dargestellten Ergebnisse spiegeln daher nicht immer die Einschätzung der jeweiligen Arbeitsgruppe wider, sondern zum Teil handelt es sich um die Einschätzung einzelner Teilnehmer. Zudem stützen sich die Ergebnisse auf Experteninterviews sowie eine Auswertung der Fachliteratur.

Die Teilnehmer des Workshops wurden darum gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten Blockaden bzw. Innovationshemmnisse möglichst präzise auf Metaplankarten zu beschreiben. Die Karten wurden von den einzelnen Teilnehmern kommentiert und im Fall der Nanoelektronik als Querschnittstechnologie mit mehreren Entwicklungsrichtungen zunächst den differenzierten Technikfeldern bzw. den Bereichen „More Moore“, „More than Moore“, „Beyond CMOS“ und „Innovationssystem Nanoelektronik“ zugeordnet.

Im Fall der Windenergie als Anwendungstechnologie erfolgte die Zuordnung nach den unterschiedlichen Innovationsphasen (Kap. II.2) Forschung und Entwicklung („FuE“), Umsetzung bzw. erste Markteinführung („Aufstiegsphase“), Diffusion bzw. Marktdurchdringung in die Breite („Diffusionsphase“). Allerdings ist hierbei zu beachten, dass diese Einteilung in FuE, Umsetzung und Diffusion nicht als starr bzw. sequenziell anzusehen ist, sondern dass innerhalb von Techniklinien Prozesse der FuE zur technologischen Weiterentwicklung und Markteinführung sowie Phasen der Definition neuer Anwendungsfelder bzw. Einsatzgebiete und die Marktdurchdringung

in die Breite oftmals simultan und kontinuierlich stattfinden. Im Bereich der Windenergie ist dies derzeit an den Segmenten Onshore und Offshore zu sehen, die sich wie eingangs beschrieben, z. B. hinsichtlich des Reifegrads in unterschiedlichen Stadien befinden.

Für die konkreten Anwendungen MP3-Player und Mini-Beamer erfolgte eine direkte Diskussion und Zuordnung nach den Blockadedimensionen Kosten, Wissen, Markt und Institutionen.

Im Nachgang des Workshops wurden die Ergebnisse dokumentiert und den Workshopteilnehmer zur Kommentierung zugesendet. Anschließend wurden die kommentierten Ergebnisse insbesondere zur Nanoelektronik und Windenergie den Blockadedimensionen: Wissen, Kosten, Markt, Institutionen und Sonstige zugeordnet, um eine spätere vergleichende Analyse zu ermöglichen.

Die Teilnehmer des Workshops wurden weiterhin darum gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten Maßnahmen differenziert nach Akteursgruppen möglichst präzise auf Metaplankarten zu beschreiben. Die Karten wurden von den Teilnehmern kommentiert und anschließend den unterschiedlichen Akteursgruppen Politik, Wissenschaft und Wirtschaft zugeordnet. Im Nachgang des Workshops wurden die Maßnahmen dokumentiert und den Workshopteilnehmer zur Kommentierung zugesendet.

## IV. Fallstudie Nanoelektronik

### 1. Technologiebeschreibung

Von der Nanotechnologie als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts wird erwartet, dass sie Auswirkungen auf nahezu alle Branchen haben wird. Eine Definition des BMBF lautet: „Nanotechnologie beschreibt die Untersuchung, Anwendung und Herstellung von Strukturen, molekularen Materialien und Systemen mit einer Dimension oder Fertigungstoleranz typischerweise unterhalb von 100 Nanometern (nm). Allein aus der Nanoskaligkeit der Systemkomponenten resultieren dabei neue Funktionalitäten und Eigenschaften zur Verbesserung bestehender oder Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsoptionen“. Anwendungen in der Nanotechnologie bauen i. d. R. auf den neuen und besonderen Eigenschaften der Nanomaterialien und -strukturen auf, welche beispielsweise zu Produkten und Verfahren in der Elektronik, den IuK-Technologien, der Optik, der Medizintechnik etc. führen können. Weltweit lagen die privaten und öffentlichen Investitionen im Bereich Nanotechnologie in 2005 bei ca. 9 Mrd. Euro pro Jahr, wobei die sogenannten Triaderegionen Europa mit 2,5 Mrd. Euro, USA mit 3,5 Mrd. Euro und Japan mit 2,7 Mrd. Euro am bedeutendsten sind (Pfirrmann 2008). Dem gegenüber steht ein durch die Nanotechnologie beeinflusster Weltmarkt von voraussichtlich 100 bis 1 000 Mrd. Euro (BMBF 2004).

Die Nanoelektronik stellt einen Teilbereich der Nanotechnologie dar und befindet sich aus Sicht der Halbleitertechnik bereits heute in der Kommerzialisierung. Je nach Definition liegt der Beginn einer kommerziellen Nanoelektronik zwischen 1999 und 2003 oder steht noch

aus, da sich die Betrachtungsweise hinsichtlich der Halbleitermikroelektronik ex post, in Bezug auf eine künftige kommerzielle Nanoelektronik jenseits der konventionellen Halbleiterelektronik („Beyond CMOS“) jedoch ex ante darstellt. Es handelt sich gewissermaßen um eine „unsichtbare“ Querschnittstechnologie, welche selbst kein Produkt konstituiert, sondern über ihre Funktionalitäten als Materialien, Strukturen oder Systeme in Produkten der Elektronikindustrie und hierüber in zahlreichen Branchen Anwendung findet.

## 1.1 Entwicklung und Stand der Nanoelektronik

### Entwicklung der Nanoelektronik in der Vergangenheit

Als Nanoelektronik werden im Allgemeinen die auf Silizium basierende Halbleiterelektronik bzw. integrierte Schaltkreise bezeichnet, deren Strukturbreiten (kleinste, durch Strukturierungsverfahren realisierbare Abmessungen) unter 100 nm liegen, sowie dazu alternative auf der Nanotechnologie beruhende Ansätze. Auch die zur Herstellung solcher Komponenten erforderliche verfahrenstechnische Ausrüstung und Materialien zählen hierzu (BMBF 2002 u. 2004). Die Halbleiternanoelektronik stellt hinsichtlich der weiteren Miniaturisierung der konventionellen CMOS-Technologie<sup>2</sup> von der Mikroelektronik kommend (Top-down-Nanoelektronik) bereits heute einen breiten und etablierten Markt dar. Seit Mitte der 1980er Jahre ist die sogenannte CMOS-Technologie die Mainstreamelektronik, und bildet eine Technikplattform, um sowohl Speicherbausteine (z. B. DRAM<sup>3</sup>) als auch Logikbausteine (z. B. MPU<sup>4</sup>) in einem integrierten Schaltkreis (IC) bzw. Chip zu realisieren (TAB 2003).

Ziel der weiteren Entwicklung ist es, bei immer kleinerer räumlicher Ausdehnung gewünschte Eigenschaften wie hohe Schaltgeschwindigkeiten, geringe Schaltleistung und hohe Integrationsdichte zu erreichen. Eine nach dem Intel-Mitbegründer Gordon E. Moore benannte Regel, das erste Moore'sche Gesetz besagt, dass sich die Anzahl der Bauelemente in integrierten Schaltungen, bei gleichem Preis pro Chip, alle 18 Monate verdoppelt. Dieses exponentielle Wachstum der Integrationsdichte wird daher von einem exponentiellen Sinken der Kosten der Bauelemente oder Transistoren begleitet. Genau genommen handelt es sich bei dem ersten Moore'schen Gesetz um eine Beobachtung Moores, an welcher die Halbleiterindustrie seit Jahren festhält und versucht diese Entwicklung von Jahr zu Jahr für die nächsten 15 Jahre aufrechtzuerhalten. Ein internationales Industriekonsortium

<sup>2</sup> CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) steht für eine aus komplementären n-Kanal bzw. p-Kanal MOS-Feldeffekt-Transistoren (MOSFET) aufgebaute Logik.

<sup>3</sup> Ein DRAM (Dynamic Random Access Memory) ist ein Halbleiterspeicher, bei dem die digitalen Informationen durch Ladungen auf Kondensatoren codiert werden. DRAMs haben bei Speichern den höchsten Marktanteil.

<sup>4</sup> Die MPU (Micro Processor Unit) ist eine mikroelektronische Schaltung, die eine Abfolge von Operationsanweisungen abarbeitet (Logikschaltkreis).

erstellt seit 1999 in einem zwei Jahreszyklus die unter dem Namen International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS; [www.itrs.net/](http://www.itrs.net/)) bekannte Roadmap, welche in den Zwischenjahren jeweils aktualisiert wird.

Die ITRS richtet sich stets 15 Jahre in die Zukunft und versucht, für die ständig anwachsende Anzahl an Roadblocks – dies sind formulierte technologische Hürden oder Herausforderungen, welche mit jedem Jahr vielfältiger und präziser beschrieben werden – Lösungen zu finden und die physikalische Grenze der konventionellen CMOS-Technologie somit herauszuschieben. Unterschieden wird dabei zwischen Roadblocks, für die Lösungen prinzipiell bekannt sind und sich in der Entwicklung befinden und solche, für die bisher keine realisierbaren Lösungsansätze bekannt sind. Mit der steigenden Qualität der Roadmap steigt auch die Gesamtzahl der Roadblocks, da die Technologien immer differenzierter betrachtet werden und teilweise auch neue Themen aufgenommen werden. Herausforderungen liegen dabei u. a. in der Entwicklung von Lithografieverfahren mit höherer Auflösung, verbesserten Maskentechnologien, komplexeren Schaltungsentwürfen bzw. Chipdesigns oder der Vergrößerung der Chipfläche durch neue Fertigungsanlagen für größere Wafer, einer kreisförmigen Scheibe aus einem Siliziumeinkristall und Ausgangspunkt der Chipproduktion. Dabei könnte das zweite Moore'sche Gesetz, welches besagt, dass die Kosten für die Fertigungsanlagen proportional zur Zahl der Transistoren auf einem Schaltkreis wachsen, der Fortschreibung des Trends des Ersten Moore'schen Gesetzes aufgrund der ständig wachsenden Innovationskosten aus wirtschaftlichen Gründen ein Ende bereiten bevor die physikalischen Grenzen erreicht sind.

Im Rahmen der weiteren Miniaturisierung beginnen aber auch bei Strukturgrößen von weniger als 20 nm quantenmechanische Effekte zu dominieren und die gewünschte Funktion des Bauteils zu stören. Bei der kontinuierlichen Weiterentwicklung der CMOS-Technologie wurden in den letzten Jahren Lösungen entwickelt, um den Einfluss der Quanteneffekte abzuschwächen (TAB 2003). Wesentliche Materialinnovationen sind heute z. B. sogenannte High-k-Materialien, um Leckströme (Verlustströme) durch quantenmechanisches Tunneln zu vermeiden sowie Low-k-Materialien, um parasitäre Kapazitäten an Transistoren zu eliminieren. Die Spannweite untersuchter Materialien ist mittlerweile sehr groß. Zu all diesen technisch aufwendigen Herausforderungen kommen die mit jeder Fabrikgeneration steigenden Investitionskosten für größere Wafer hinzu. Die Halbleiterproduktion, insbesondere für regelmäßig aufgebaute Speicherbauelemente, stellt daher eine Massenproduktion dar, bei der schließlich ein hoher Durchsatz bei geringen Kosten zu erzielen ist.

Heute fertigen 200-mm-Waferfabriken Strukturen im sogenannten 90-nm-Technologiestandard und 300-mm-Waferfabriken bis zu 65 nm und teilweise bereits darunter. Auf größeren Wafern können mehr integrierte Schaltkreise untergebracht werden. Da der technologisch nutzbare Anteil der quadratischen Strukturen auf dem runden Wafer mit größeren Wafermaßen erhöht und der geome-

trische Verschnitt kleiner wird (Flächenfaktor), können die integrierten Schaltkreise kostengünstiger produziert werden. Jedoch ist alleine jeder Übergang auf eine neue Wafergeneration mit immensen Kosten verbunden, da sich die Fertigung von Halbleiterchips in der Regel am Limit des jeweils technisch Machbaren befindet. So müssen u. a. Verfahren und Ausrüstung neu entworfen und im Rahmen der nächsten Generation von Fertigungslinien integriert werden. Bereits der Übergang auf die 300-mm-Fertigung war mit geschätzten Kosten von über 22 bis 30 Mrd. US-Dollar verbunden (SEMI 2008b). Ein möglicher Übergang von der 300-mm- auf eine 450-mm-Fertigung ab 2012, den aus heutiger Sicht nur die Unternehmen Intel (USA), Samsung (Korea) und TSMC (Taiwan) bewerkstelligen könnten, ist derzeit in heftiger Diskussion und aus wirtschaftlichen Gründen umstritten.

**Heutiger Stand der Nanoelektronik**

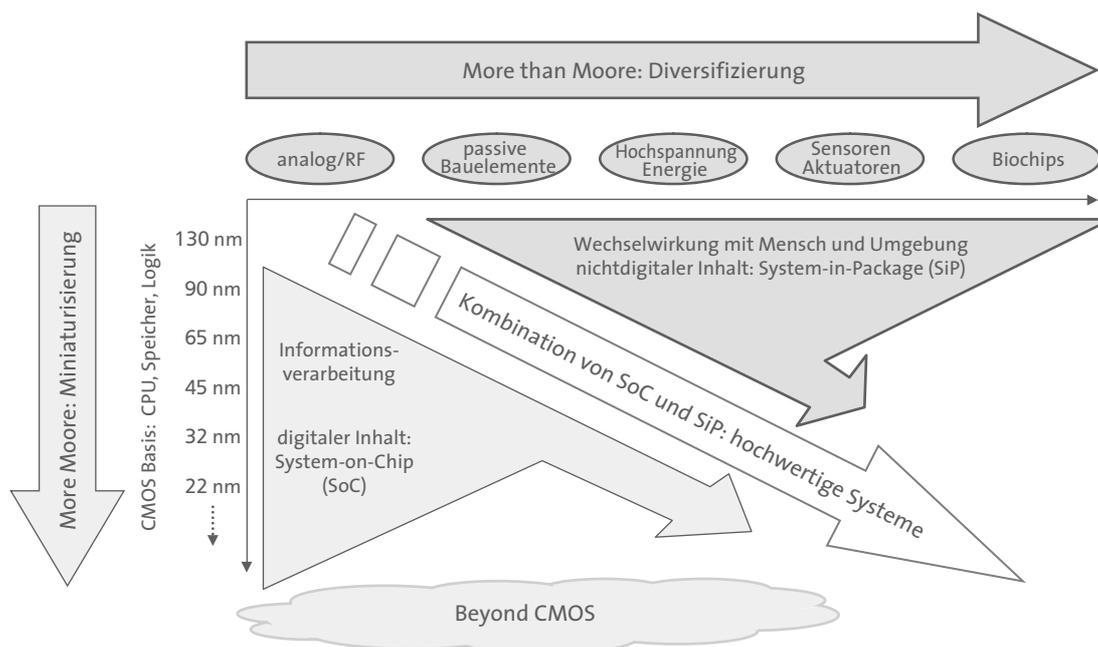
In der 2005 erschienenen Edition der ITRS Roadmap (ITRS 2005) wurden für die heute drei zentralen Entwicklungsrichtungen der Mikro- und Nanoelektronik die Begriffe „More Moore“, „More than Moore“ und „Beyond CMOS“ geprägt, welche mittlerweile auch in großen Forschungsprogrammen, wie dem europäischen 7. Rahmenprogramm und geförderten Großprogrammen (z. B. ENIAC, CATRENE), aufgegriffen und auch allgemein von Wissenschaft und Industrie verwendet werden (Abbildung 8).

Die Entwicklungen im Bereich „More Moore“ zielen auf die weitere Miniaturisierung nanoelektronischer digitaler Bauelemente bis an die Grenzen der konventionellen CMOS-Technologie nach der ITRS-Roadmap ab. Sie beinhalten die in dem vorherigen Abschnitt beschriebenen Entwicklungen in der Vergangenheit. Ebenso zählen zu den Entwicklungen die Bestrebungen, einen Teil oder alle Systemfunktionen auf einem Chip zu integrieren, auch monolithische Integration genannt. Es entstehen somit komplexe Ein-Chip-Systeme, bezeichnet als „System-on-Chip“ (SoC). Aufgrund immer länger werdender Signallaufzeiten in langen Verbindungsleitungen wird in solchen Systemen nicht zuletzt aus Energieeffizienzgründen auch an chipinternen optischen Verdrahtungen gearbeitet. Weiterhin ist die Kombination und Integration digitaler und nichtdigitaler Funktionseinheiten, um hochwertige Systeme zu schaffen, ein Thema der SoC-Entwicklungen im Bereich „More Moore“.

Die Entwicklungen im Bereich „More than Moore“ zielen auf die Diversifizierung in nichtdigitale Anwendungen, den „System-in-Package“ (SiP), sowie die Beherrschung der heterogenen Integration in SoC oder SiP ab. SiP steht dabei für die Integration verschiedener Typen von Chips und weiterer Bauelemente, wie z. B. passive Bauelemente in einem Paket, Gehäuse oder einem kompakten Teilsystem. Ziel ist die kosteneffektive und hochintegrierte Vereinigung digitaler Informationsverarbeitung mit weiteren, nichtdigitalen Systemfunktionen, z. B. Frequenz-Analog-Wandler, Sensoren, Aktuatoren, Biochips, in einem mini-

Abbildung 8

**Zentrale Entwicklungsrichtungen der Nanoelektronik: „More Moore“, „More than Moore“ und „Beyond CMOS“**



Quelle: ITRS 2005

aturisierten System. Ebenso lässt sich in einem SiP auch die vertikale Integration von Komponenten in die dritte Dimension (3-D-Integration) realisieren. Spezifische Aspekte sind auch die Verringerung des Stromverbrauchs und der Wärmeabstrahlung, insgesamt also Aspekte der Energieeffizienz durch derartige Systeme. Diese finden in der Regel in eingebetteten Systemen Anwendung und sind für Interfacetechnologien relevant. Die Kombination von Miniaturisierung und erweiterter Funktionalität in hochintegrierten und immer komplexeren Systemen bietet somit eine technologische Schnittstelle zwischen Informationsverarbeitung und Mensch und Umgebung. Dies führt zu zunehmenden Anwendungspotenzialen in klassischen und neuen Sektoren wie der Automobilindustrie, Medizin-, Umwelt-, Sicherheitstechnik etc. oder gar völlig neuen, heute noch nicht bekannten Nischenmärkten, da die Anwendungsmöglichkeiten globale Bedürfnisse adressieren, wie Energie, Gesundheit, Altern, Transport etc.

„Beyond CMOS“ zielt schließlich auf innovative Technologien und aktive Bauelemente jenseits des traditionellen ITRS-Miniaturisierungspfads ab, insbesondere unter Ausnutzung neuer Wirkmechanismen, welche auf der Nanoskala zum Tragen kommen. Während die klassische Halbleiterindustrie somit das Ziel verfolgt, die bewährte Funktionsweise der CMOS-Technologie trotz der schrumpfenden Abmessungen zu bewahren und störende Quanteneffekte in den Bauteilen zu vermeiden, hat eine ganze Reihe alternativer Ansätze gerade zum Ziel, solche Effekte in neuartigen Bauteilen und Architekturen auszunutzen. Ansätze basieren einerseits auf der Verwendung neuartiger, nanoskaliger Materialien, wie z. B. Kohlenstoffnanoröhren, Grafen, Makromolekülen oder ferromagnetische Materialien und andererseits auf neuen Konzepten und Architekturen, in welchen diese Materialien Einsatz finden. So wird an Konzepten gearbeitet, die neben der Nutzung der Ladung nur noch weniger oder gar einzelner Elektronen (Einzelelektronentransistor) zur Informationsverarbeitung auch den Elektronenspin (Spinelektronik), optische, optoelektronische, mechanische sowie kombinierte Systemeigenschaften ausnutzen. Dabei stellt sich heraus, dass das in der Grundlagenforschung generierte Wissen auch für den „More-Moore“-Bereich immer wichtiger wird. So besteht zunächst die Hoffnung, künftig eine „Beyond-CMOS“-Technologie bzw. Konzepte finden und realisieren zu können, ohne eine komplett neue Fertigungstechnologie aufbauen zu müssen. Die Halbleiterindustrie hat z. B. schon heute großes Interesse an alternativen Ansätzen, wie Nanosiliziumhybriddesigns (z. B. der Kohlenstoffnanoröhren-Feldeffekttransistor CNT-FET). Weitere Konzepte sind nanophotonische Anwendungen. Beispielsweise könnten sogenannte photonische Kristalle zu kompakten optoelektronischen Bauelementen und zur optoelektronischen Integration, z. B. in photonischen Schaltkreise, führen. Aus heutiger Sicht wird zunächst an optischen Interconnects zwischen Leiterbahnen gearbeitet, welche u. a. den Energieverbrauch der Elektronikprodukte drastisch reduzieren sollen. Nanoelektromechanische Schalter oder atomare Schalter sind weitere in der ITRS berücksichtigte alternative Ansätze,

welche die Vielzahl der möglichen Konzepte lange nicht abschließen.

## 1.2 Innovationssystem Nanoelektronik

### Akteure, Strukturen und Standorte

Fast alle deutschen Universitäten mit technisch-naturwissenschaftlichen Fakultäten führen Arbeiten im Bereich der Nanowissenschaften und darunter der Nanoelektronik durch und legen zunehmend Wert auf eine interdisziplinäre Vernetzung in Forschung und Lehre. Neben den Universitäten sind in Deutschland vor allem die vier großen Forschungsorganisationen in der Nanoelektronik aktiv: die Max-Planck-Gesellschaft (MPG), die Fraunhofer-Gesellschaft (FhG), die Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) und die Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL).

Die industrielle Halbleiternanoelektronik konzentriert sich jedoch weltweit auf wenige Cluster. Die Region Dresden bzw. der Cluster Silicon Saxony gilt heute als stärkster europäischer Standort für die Halbleitertechnologie und damit die industrielle oder kommerzielle Nanoelektronik. Jeder zweite in Europa produzierte Chip kam bislang aus Dresden. Firmen sind auf allen Stufen der Wertschöpfungskette aktiv. Etwa 200 Unternehmen entwickeln, fertigen und vermarkten integrierte Schaltkreise oder dienen der Chipindustrie als Material- und Ausrüstungslieferanten. Zusammen beschäftigen sie rund 20 000 Menschen. Rechnet man auch die nachgelagerte Elektronikindustrie und Informations- und Kommunikationstechnologie hinzu, so hängen rund 1 500 Unternehmen mit mehr als 43 000 Beschäftigten von dem Standort ab (Silicon Saxony 2008).

In Dresden sind neben dem im Jahr 2003 mit BMBF-Unterstützung ins Leben gerufenen Advanced Mask Technology Center (AMTC), dem 2005 eröffneten Fraunhofer Center für Nanoelektronische Technologien (Fraunhofer CNT) oder dem Nanoelectronic Materials Laboratory (NAMLAB), alle Joint Ventures zwischen Forschungseinrichtungen und der Industrie, vor allem die Infineon Technologies AG und Qimonda AG, die Advanced Micro Devices Inc. (AMD) sowie die X-Fab Silicon Foundries Gruppe als Halbleiterhersteller von Bedeutung. Die Universitäten Dresden, Chemnitz und Freiberg sind für die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses und Unterstützung in Forschung und Entwicklung für die Industrie relevant. (SEMI 2008a, Silicon Saxony 2008). Während die Großunternehmen vor allem an Systemlösungen interessiert sind, welche große Produktions- und Absatzmengen versprechen, sind die zahlreichen klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) und Start-ups die wichtigsten Akteure im Bereich der Produktions-, Analyse- und Ausrüstungstechnologien.

Europaweit sind neben Dresden zwei weitere Standorte für die Nanoelektronik zentral. In Grenoble, Frankreich, befindet sich der sogenannte „Pôle de compétitivité mondial MINALOGIC“, ein Cluster bestehend aus 80 Unternehmen, 13 Universitäten und Forschungszentren im Bereich der Halbleiter- und Informationstechnologien.

Hauptaktivitäten liegen in den Bereichen Mikro- und Nanoelektronik sowie eingebettete SoC-Systeme. Zentrale Akteure sind hier das Forschungszentrum LETI und das Exzellenzzentrum bzw. „Pol für Mikro- und Nanotechnologien“ MINATEC, aus welchen bislang über 30 Startup-Unternehmen hervorgegangen sind. Von Industrieseite sind Niederlassungen des Halbleiterherstellers STMicroelectronics mit Hauptsitz in der Schweiz sowie das Halbleitermaterialunternehmen SOITEC zu nennen.

Die Region Leuven/Nijmegen/Eindhoven stellt das dritte große Cluster in Europa dar, das sich im Jahr 2006 als „Pôle de compétitivité“ mit dem Fokus auf Nanoelektronik und eingebettete Systeme ausgerichtet hat. Halbleiterausstattungsunternehmen wie ASML, der weltweit größte Anbieter von Lithografiesystemen, oder Advanced Semiconductor Materials International (ASM International) und der niederländische Halbleiterhersteller NXP sind Zentrale industrielle Akteure. In Leuven, Belgien ist das Holst Institut IMEC ansässig, welches sich auf Forschung und Entwicklung in der Mikro- und Nanoelektronik konzentriert. Weiterhin ist die niederländische Forschungsorganisation TNO in der Region aktiv.

Die drei zentralen europäischen Cluster stehen heute im Wettbewerb mit den Regionen USA und Japan sowie zunehmend asiatischen Regionen, u. a. Taiwan, Südkorea, China und Singapur. Während innerhalb Europas immer stärker auf die Verhinderung von Wettbewerbsverzerrung gesetzt wird, werden z. B. in Asien und den USA Unternehmensansiedlungen stark subventioniert, was nachweislich zu Wachstum und Beschäftigung in solchen Clustern führt. Standortentscheidungen hängen für Unternehmen von Faktoren wie Humankapital, Forschungsinfrastruktur, funktionierenden Schnittstellen und Netzwerken ab, wobei die europäischen Cluster gut aufgestellt sein dürften. Jedoch spielen auch Investitionsbeihilfen eine Rolle. Besonders die großen europäischen Halbleiterhersteller wünschen sich hier einen Ausgleich der Wettbewerbsnachteile gegenüber ihrer weltweiten Konkurrenz (SEMI 2008a).

### Förderung und Finanzierung

Die EU gab 2006 rund 740 Mio. Euro an öffentlichen Fördermitteln für die Nanotechnologie aus und damit etwa soviel wie die USA. Alleine über die Laufzeit des siebten europäischen Forschungsrahmenprogramms (FP7; <http://cordis.euro.pa.eu/fp7>) von 2007 bis 2013 hinweg werden die Nanowissenschaften, -technologien, Materialien und neue Produktionstechnologien (NMP) mit 3,5 Mrd. Euro gefördert. Deutschland steht mit rund 290 Mio. Euro an öffentlichen Fördermitteln in 2004 und rund 330 Mio. Euro in 2006 bei der nanotechnologiespezifischen Förderung in Europa an der Spitze.

Nach der strategischen Neuausrichtung der Forschung im Jahr 2002 hat die Bundesregierung 2006 einen einheitlichen und ressortübergreifenden Aktionsrahmen in Abstimmung des BMBF mit den Bundesministerien vorgelegt, in dem Erforschung und Verbreitung der Nanotechnologie gebündelt sind. Zur Erschließung der Markt- und Beschäftigungspotenziale wurden und werden meh-

rere Leitinnovationen gefördert. Im Rahmen von NanoFab wurde von 2001 bis 2007 die Entwicklung von Verfahren zur Fertigung nanoelektronischer Bauelemente und Schaltkreise der nächsten Generation mit insgesamt 323 Mio. Euro gefördert. Auch unter den Leitinnovationen Nanolux, NanoMobil und NanoForLife sowie neuen Leitinnovationen und Bereichen wie der Produktions-, Werkstoffforschung oder den optischen Technologien werden für die Nanoelektronik relevante Themen zum Teil mitgefördert (BMBF 2006).

Im Rahmen des Förderprogramms IKT 2020 werden im Zeitraum von 2007 bis 2011 jährlich rund 380 Mio. Euro von BMBF und BMWI bereitgestellt. Leitinnovationen, Technologieverbünde, Dienstplattformen und IKT-spezifische KMU-Förderung werden als strategische Instrumente zur Unterstützung der Basistechnologien Elektronik und Mikrosysteme, Software und Wissensverarbeitung sowie Kommunikationstechnik und Netze genutzt. Zusammen mit weiterer institutioneller Förderung für MPG, FhG, WGL, HGF und DFG von 1,740 Mrd. Euro stehen in diesem Programm über 3,5 Mrd. Euro auf fünf Jahre verteilt zur Verfügung (BMBF 2007b). Die Nanoelektronik stellt dabei eines von vier durch das BMBF geförderten Themen dar.

Auf EU-Ebene wird im Rahmen von EUREKA, einem europaweiten Netzwerk für marktorientierte und industrielle Forschung und Entwicklung, seit Ende der 1980er Jahre die Mikro- und Nanoelektronik in aufeinanderfolgenden Programmen gefördert: JESSI (Joint European Submicron Silicon, Laufzeit: 1989–1996), MEDEA (Microelectronics Development for European Applications, Laufzeit: 1997–2000), MEDEA+ (Laufzeit: 2001–2008), CATRENE (Cluster for Application and Technology Research in Europe on NanoElectronics, Laufzeit: 2008–2016, [www.catrene.org/](http://www.catrene.org/)) Die Technologieinitiative JTI ENIAC (Joint Technology Initiative: European Nanoelectronics Initiative Advisory Council; [www.eniac.eu/](http://www.eniac.eu/)) wurde 2008 eingeleitet und soll mit 3 Mrd. Euro über die nächsten zehn Jahre bis 2017 finanziert werden. Somit stehen derzeit alleine für die Programme ENIAC und CATRENE fast 1 Mrd. Euro pro Jahr zur Verfügung. Eine große Anzahl von Partnern aus Großindustrie, mittelgroßen Firmen und akademischer Forschung, insbesondere aus den großen Nanoelektronikstandorten, ist über diese EU-Programme miteinander verbunden. 50 Prozent der Projektkosten werden hierbei durch die Industrie getragen. Die übrigen Gelder sind öffentliche Mittel, wobei zwei Drittel aus nationalen Programmen und ein Drittel von der Europäischen Union aufgebracht werden. Daneben gibt es weitere IKT-Initiativen wie das ARTEMIS Joint Undertaking mit Fokus auf eingebettete Systeme. Ziel der Förderung dieser Programme ist es, die Zusammenarbeit zwischen europäischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen in wichtigen Bereichen wie Gesundheit, Mobilität, Sicherheit, Energie und Umwelt zu unterstützen und strategisch auszurichten.

Neben öffentlicher Projektförderung ist aber auch die standortbezogene staatliche Unterstützung der großen Mikro- und Nanoelektronikstandorte auf Bundes- und

Länderebene in der Vergangenheit von Bedeutung gewesen. Zwischen 2002 und 2007 sind insgesamt 1,5 Mrd. Euro an öffentlichen und 11 Mrd. Euro an privaten Geldern in die Region geflossen (SEMI 2008a). Finanziert wurde hiermit insbesondere der Bau neuer Chipfabriken. In Deutschland und Europa wird dabei jedoch stärker über Forschungsförderung als durch Subventionen unterstützt. Asiatische Regionen beispielsweise werden vielmehr durch günstige Kredite, Bürgschaften, Steuererleichterungen oder die Bereitstellung ganzer Fertigungsinfrastrukturen unterstützt.

### Marktanteile und Geschäftsmodelle

1965 verzeichnete die Halbleiterelektronikindustrie noch einen Umsatz von etwa 1,5 Mrd. US-Dollar, welcher 2007 bei rund 256 Mrd. US-Dollar lag (World Semiconductor Trade Statistics [WSTS], Tabelle 27; [www.wsts.org/](http://www.wsts.org/) sowie <https://wsts.tsia.org.tw/>). Die Wachstumsraten bei Halbleitern lagen bis zu diesem Jahrzehnt bei dem Zweifachen der Weltwirtschaft (Saunier 2008a u. 2008b). Der globale Markt für Materialien und Halbleiterausrüstung trug 2007 mit jeweils rund 43 Mrd. US-Dollar zu den 256 Mrd. US-Dollar der Halbleiter bei (SEMI 2008a). Insgesamt beeinflusst die Halbleiterbranche einen Markt von 1 100 bis 1 600 Mrd. US-Dollar in der gesamten Elektronikprodukteindustrie (SEMI 2008a, ENIAC 2007) und sogar von über 6 500 Mrd. US-Dollar bezogen auf den Elektronikdienstleistungsmarkt, was mehr als 13 Prozent des Weltsozialprodukts von rund 49 000 Mrd. US-Dollar in 2007 ausmacht (ENIAC 2007). Während die drei Regionen USA, Japan und Europa mit ihren Marktanteilen in der Halbleiterbranche etwa gleich auf liegen, stellen die asiatischen Regionen mit Ländern wie Taiwan, Südkorea, Singapur und China einen ebenso großen und gleichzeitig stärker anwachsenden Markt dar (Tabelle 27). Der relative Marktanteil Europas ist von 21 Prozent in 1997 auf 16 Prozent in 2007 gefallen und

wird sich voraussichtlich weiter verringern (SEMI 2008a).

Der Weltmarkt für Nanomaterialien, -werkzeuge und -ausrüstung wurde für 2005 auf 1,8 Mrd. US-Dollar geschätzt. Dieser könnte je nach Schätzung bis 2010 oder 2012 auf 4,2 Mrd. US-Dollar (etwa 27 Prozent bzw. 1,1 Mrd. US-Dollar davon für Materialien) anwachsen (BCC 2007; RNCOS 2007; SEMI 2005). Weitere Prognosen sagen einen Markt für Nanoelektronikprodukte zwischen 20 und 120 Mrd. US-Dollar zwischen 2008 und 2011 voraus (BCC 2004; BMBF 2004; Cientifica 2007; NanoMarkets 2004; VDI 2006). Die Schätzungen des Marktanteils der Nanoelektronik an der gesamten Halbleiterelektronik variieren somit für die Jahre 2007 bis 2010 von wenigen bis hin zu fast 50 Prozent, mit steigender Tendenz. Diese sehr starke Variation der geschätzten Marktanteile ist einerseits auf unterschiedliche mögliche Auslegungen der Definition der Nanoelektronik und andererseits auf unterschiedliche mögliche Abgrenzungen gegenüber dem Halbleitermarkt zurückzuführen. Festzuhalten bleibt jedoch, dass die Entwicklungen der Nanoelektronik fester Bestandteil der heutigen Halbleiterelektronik sind und künftig die Basis für nahezu alle elektronischen Anwendungen darstellen.

Etwa die Hälfte des 2007 rund 256 Mrd. US-Dollar großen Halbleitermarkts teilen sich die zehn größten Halbleiterhersteller. Bei den in Tabelle 28 angegebenen TOP-20-Halbleiterunternehmen in 1998 und 2007 zeigt sich zudem eine Veränderung der großen Akteure sowohl hinsichtlich der regionalen Standorte als auch deren Geschäftsmodelle.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Die WSTS fasst für den Halbleitermarkt diskrete Halbleiterbauelemente wie Dioden und Transistoren, Optoelektronik, Sensoren und integrierte Schaltkreise zusammen, während die Halbleiterhersteller ihren Gesamtumsatz angeben. Daher sind die Angaben der Umsätze für 2007 in Tabelle 27 (256 Mrd. US-Dollar) und Tabelle 28 (269 Mrd. US-Dollar) ähnlich, aber nicht identisch.

Tabelle 27

### Halbleitermarkt und -wachstum im Herbst 2008

| Herbst          | Halbleitermarkt<br>in Mrd. US-Dollar |         |         |         | Jahreswachstum in % |      |      |      |
|-----------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------------------|------|------|------|
|                 | 2007                                 | 2008    | 2009    | 2010    | 2007                | 2008 | 2009 | 2010 |
| Amerika         | 42,336                               | 38,862  | 35,043  | 37,079  | -5,7                | -8,2 | -9,8 | 5,8  |
| Europa          | 40,971                               | 40,729  | 39,252  | 41,619  | 2,7                 | -0,6 | -3,6 | 6,0  |
| Japan           | 48,845                               | 49,441  | 47,540  | 50,187  | 5,2                 | 1,2  | -3,8 | 5,6  |
| Asia Pacific    | 123,492                              | 132,905 | 134,314 | 143,822 | 6,0                 | 7,6  | 1,1  | 7,1  |
| gesamt weltweit | 255,645                              | 261,937 | 256,149 | 272,707 | 3,2                 | 2,5  | -2,2 | 6,5  |

Quelle: Abfolge unter World Semiconductor Trade Statistics (<http://www.wsts.org/>)

Tabelle 28

## Top-20-Halbleiterunternehmen 1998 und 2007 im Vergleich

| Top                     | 1998                   |      |     |                       | 2007                    |      |         |                       |         |
|-------------------------|------------------------|------|-----|-----------------------|-------------------------|------|---------|-----------------------|---------|
|                         | Unternehmen            | Land | Typ | Umsatz Mio. US-Dollar | Unternehmen             | Land | Typ     | Umsatz Mio. US-Dollar |         |
| 1                       | Intel                  | US   | IDM | 22.675                | Intel                   | US   | IDM     | 33.995                |         |
| 2                       | NEC                    | JP   | IDM | 8.271                 | Samsung                 | KR   | IDM     | 19.691                |         |
| 3                       | Motorola               | US   | IDM | 6.918                 | Texas Instruments       | US   | IDM     | 12.275                |         |
| 4                       | Toshiba                | JP   | IDM | 6.055                 | Toshiba                 | JP   | IDM     | 12.186                |         |
| 5                       | Texas Instruments      | US   | IDM | 6.000                 | STMicro-electronics     | CH   | IDM     | 10.000                |         |
| 6                       | Samsung                | KR   | IDM | 4.752                 | TSMC                    | TW   | Foundry | 9.813*                |         |
| 7                       | Hitachi                | JP   | IDM | 4.649                 | Hynix                   | KR   | IDM     | 9.047                 |         |
| 8                       | Philips                | NL   | IDM | 4.502                 | Renesas                 | JP   | IDM     | 8.001                 |         |
| 9                       | STMicro-electronics    | CH   | IDM | 4.300                 | Sony                    | JP   | IDM     | 7.974                 |         |
| 10                      | Siemens                | DE   | IDM | 3.866                 | Infineon                | DE   | Fablite | 6.201                 |         |
| 11                      | Fujitsu                | JP   | IDM | 3.866                 | AMD                     | US   | IDM     | 5.918                 |         |
| 12                      | Mitsubishi             | JP   | IDM | 3.733                 | NXP                     | NL   | Fablite | 5.746                 |         |
| 13                      | IBM                    | US   | IDM | 3.245                 | NEC                     | JP   | IDM     | 5.742                 |         |
| 14                      | Lucent Technologies    | US   | IDM | 3.100                 | Qualcomm                | US   | Fabless | 5.619**               |         |
| 15                      | Matsushita             | JP   | IDM | 2.645                 | Freescale               | US   | IDM     | 5.264                 |         |
| 16                      | AMD                    | US   | IDM | 2.364                 | Micron                  | US   | IDM     | 4.869                 |         |
| 17                      | National Semiconductor | US   | IDM | 2.226                 | Nvidia                  | US   | Fabless | 4.098**               |         |
| 18                      | SANYO                  | JP   | IDM | 2.225                 | Qimonda                 | DE   | IDM     | 4.005                 |         |
| 19                      | Rohm                   | JP   | IDM | 1.967                 | SanDisc                 | US   | Fabless | 3.896**               |         |
| 20                      | Sony                   | JP   | IDM | 1.829                 | Elpida                  | US   | IDM     | 3.838                 |         |
| Summe TOP 20 (rd. 74 %) |                        |      |     | 99.188                | Summe TOP 20 (rd. 66 %) |      |         |                       | 178.178 |
| Gesamtumsatz (alle)     |                        |      |     | 134.800               | Gesamtumsatz (alle)     |      |         |                       | 268.905 |

\* IC Insights 2008

\*\* GSA ([www.gsaglobal.org/resources/industrydata/facts.asp](http://www.gsaglobal.org/resources/industrydata/facts.asp))Quelle: Dataquest ([http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m0EIN/is\\_1999\\_Jan\\_12/ai\\_535\\_55712](http://findarticles.com/p/articles/mi_m0EIN/is_1999_Jan_12/ai_535_55712)), [www.gartner.com/](http://www.gartner.com/)), iSuppli 2008

In den letzten Jahren haben sich dabei im Wesentlichen drei bzw. vier zentrale Geschäftsmodelle der großen Halbleiterunternehmen herausgebildet, welche die Global Semiconductor Alliance (GSA; [www.gsaglobal.org/](http://www.gsaglobal.org/)) in „Fabless“- und „Fablite“-Unternehmen, „Integrated Device Manufacturer“ (IDM) sowie „Silicon Foundries“ unterteilt. 2008 bestand die Halbleiterindustrie gemäß der Global Semiconductor Alliance aus 200 IDMs, etwa 1 300 „Fabless“-Unternehmen und mehr als 125 „Silicon Foundries“.

Hierbei zeigt sich, dass das Modell der „Silicon Foundries“ insbesondere in Asien zunehmende Verbreitung findet. Das taiwanische Unternehmen TSMC liegt gemessen an dem Umsatz bereits auf Platz 6 der größten Halbleiterhersteller. Aber auch drei der überwiegend in den USA verbreiteten Fabless-Unternehmen finden sich mittlerweile unter den TOP 20 der Halbleiterunternehmen. Bei den europäischen Unternehmen zeigt sich bereits eine Umorientierung zu dem Modell des Fablite-Unternehmens hin, wie z. B. NXP und Infineon (ehemals Siemens).

Das klassische Geschäftsmodell der IDM ist heute immer noch weit verbreitet. IDMs decken als Vollhersteller die gesamte Palette ab, von Produktdesign, Entwicklung der Fertigungstechnologie bis hin zu (75 Prozent oder mehr) Produktion und Vermarktung ihrer Halbleiter. Sie besetzen mehrere Geschäftsfelder, wie z. B. DRAMs für PCs, Flashspeicher für Digitalkameras oder MP3-Player, Chipsätze für Handys oder anwendungsspezifische ICs für Auto- und Industrieelektronik. Bei zunehmender Breite im Portfolio wird es immer schwieriger, in jedem der Marktsegmente wettbewerbsfähig zu bleiben. IDMs stehen einerseits mit Fabless-Unternehmen im Wettbewerb und müssen sich andererseits gegenüber den Silicon Foundries als reine Auftragsfertiger behaupten. Der aktuelle Trend liegt daher in der Fokussierung oder Spezialisierung auf konkrete Produktbereiche, sogenannte „Focused IDMs“ (Wyman 2008).

Beispiele für IDMs sind Intel, Texas Instruments, IBM (USA), Samsung, MagnaChip (Südkorea) und Toshiba (Japan) sowie die europäischen Unternehmen Infineon (Tochter von Siemens, Deutschland) und Qimonda (Tochter von Infineon, Deutschland), STMicroelectronics (Schweiz mit Präsenz in Grenoble/Crolles, Frankreich und Mailand/Catania, Italien) oder NXP Semiconductors (Tochter von Philips, Niederlande). Der größte IDM-Intel verzeichnete 2007 einen Umsatz von über 35 Mrd. US-Dollar.

„Silicon Foundries“ sind Unternehmen, welche sich zu 100 Prozent auf die Auftragsfertigung spezialisiert haben und keine eigenen Produkte entwickeln. Foundries entwickeln die Fertigungstechnologie, stellen ihren Kunden technologiespezifische Hilfsmittel zum Chipentwurf bereit und fertigen schließlich die integrierten Schaltkreise für eine breite Kundenschicht, insbesondere Fabless-Unternehmen. Das Geschäftsmodell der Foundry ermöglicht so aber auch kleineren Unternehmen, hochspezialisierte und konkurrenzfähige Schaltungen zu entwickeln und zu verkaufen. Die größte Foundry ist das taiwanische Un-

ternehmen TSMC mit 50 Prozent weltweitem Marktanteil unter den Auftragsfertigern. TSMC verzeichnete 2007 einen Umsatz von fast 10 Mrd. US-Dollar. Weitere der großen (Pure-Play Foundries) sind in der Reihenfolge ihrer Marktanteile in 2007 UMC Group (Taiwan, 3,8 Mrd. US-Dollar), SMIC (China, 1,6 Mrd. US-Dollar), Chartered Semiconductors (Singapur, 1,5 Mrd. US-Dollar) und mit weniger als 1 Mrd. US-Dollar Dongbu/Anam (Südkorea), Vanguard (Taiwan), X-Fab Semiconductor Foundries AG (Europa, Deutschland), SSMC (Singapur), HHNEC (China), He Jian (China). Foundries befinden sich somit fast ausschließlich in Asien (IC Insights 2008).

„Fabless“- und „Fablite“-Unternehmen stellen gegenüber den „Silicon Foundries“ das andere Extrem dar. Sie sind Halbleiterhersteller, welche nicht bzw. bis zu 25 Prozent (Fabless) oder bis zu 75 Prozent (Fablite) selbst fertigen und ihre Halbleiterbauteile bzw. Produkte selbst entwickeln und vermarkten. „Fablite“-Unternehmen schließen gewissermaßen die Lücke zwischen „Fabless“-Unternehmen und IDMs. Das Geschäftsmodell des „Fabless“-Unternehmens hat den Vorteil, dass sich das Unternehmen nicht um die Herstellung der Chips und die kostspielige Entwicklung der dazu notwendigen Prozesse selbst kümmern muss, sondern sich lediglich auf das Produktdesign, also die Entwicklung der Schaltungen, konzentrieren kann. Jedoch machen sich „Fabless“-Unternehmen andererseits von Foundries abhängig. Die wichtigsten „Fabless“-Unternehmen gehören zu der „Fabless Semiconductor Association“ (FSA). Das größte „Fabless“-Unternehmen ist Qualcomm (USA) mit etwa 5,6 Mrd. US-Dollar Umsatz in 2007. Weitere Beispiele sind Nvidia (4,1 Mrd. US-Dollar in 2007), SanDisk (3,9 Mrd. US-Dollar in 2007), Broadcom (3,8 Mrd. US-Dollar in 2007) sowie Unternehmen mit weniger als 3 Mrd. US-Dollar Umsatz in 2007: Marvell, LSI Logic, Xilinx, Avago, Altera, die allesamt ihren Hauptsitz in Kalifornien USA haben. Das Unternehmen MediaTek beispielsweise hat seinen Hauptsitz in Taiwan.

## 2. Blockaden

Die folgenden Ergebnisse basieren auf Auswertungen mehrerer einschlägiger Studien und Hintergrundpapiere, Interviews mit Experten und Interessenvertretern der Nanoelektronik sowie Ergebnissen des im Januar 2009 im Deutschen Bundestag in Berlin durchgeführten Workshops. Die Differenzierung der Nanoelektronik nach den Bereichen „More Moore“, „More than Moore“ und „Beyond CMOS“ sowie des gesamten „Innovationssystems Nanoelektronik“ stellten sich sowohl aus der Analyse der aktuellen Literatur als auch den Expertengesprächen in den Interviews und dem Workshop als zielführend heraus.

### 2.1 Blockaden im Bereich „More Moore“

Der Bereich „More Moore“ umfasst die weitere Miniaturisierung elektronischer Bauteile auf Strukturbreiten unterhalb 100 nm und ist vor allem durch großindustrielle und somit wenige, globale Akteure charakterisiert. Zentrale Hemmnisse liegen aus Sicht der Teilnehmer maß-

geblich in der Kostendimension und weniger stark in den weiteren Blockadedimensionen. Sie betreffen steigende Innovationskosten, mangelnde Investitionsförderung, die Gefahr der Abwanderung der Fertigung aus Deutschland und Europa und fehlende Industriepolitik bzw. Unternehmensstrategien.

### **Zu hohe Kosten und hohes Risiko**

Aufgrund der hohen und zudem steigenden Investitionskosten und Technologieerfordernisse ist nach Ansicht der Teilnehmer des Workshops eine gewisse Dominanz und kritische Masse nötig, um in diesem Feld aktiv zu sein. Die Kosten für Fertigungslinien steigen mit jeder Fabrikgeneration und verbleibende Hersteller stehen weltweit in einem besonders harten Wettbewerb. Auch für die Produktion gilt insbesondere das Geschäft mit Massenspeichern als problematisch. Es unterliegt dem sogenannten „Schweinezyklus“. Bei geringerem Angebot als Nachfrage an Halbleitern, steigen die Preise, Fertigungskapazitäten werden ausgebaut und es kommt zu einem Überangebot. Folglich fallen die Preise und Umsatz und Gewinn stürzen ab. Das macht das Geschäft kostspielig, risikoreich und unsicher. Auch die Währungsungleichheit zwischen Euro und US-Dollar führt zu enormen Kostenproblemen. Mit Blick auf die globalen Akteure zeigt sich, dass gerade die Nanoelektronik besonders durch massive staatliche Investitionsförderung beeinflusst ist, die insbesondere in Fernost intensiver betrieben wird als in Europa. Dort werden neben Steuererleichterungen und Subventionen oft sogar komplette Fertigungslinien und Infrastrukturen durch den Staat bereitgestellt. In Europa hingegen werde vor allem durch Forschungsförderung subventioniert, so in einem Experteninterview. Eine massive Abwanderung in eben diese Richtung ist daher schon heute zu beobachten.

### **Mangelnde Förderung (Investitionen) und Finanzquellen**

Die mangelnde oder ungleiche staatliche Förderung, insbesondere in Hinsicht auf die EU-Wettbewerbsregeln bzw. das EU-Beihilferecht bei Investitionen, aber auch die mangelnde Investitionsförderung im Allgemeinen, stellen aus Sicht der Halbleiterindustrie ein wesentliches Hemmnis dar. Zwar gibt es staatliche Förderung in diesem Bereich, in Europa ist sie aber insbesondere im Vergleich mit den USA und asiatischen Regionen bei Weitem nicht ausreichend, um die Produktionsstätten zu halten (SEMI 2008a). Das EU-Beihilferecht verhindert nach Ansicht der Workshopteilnehmer eine großzügigere Unterstützung dieser Industrie durch einzelne EU-Staaten wie Deutschland. Das EU-Beihilferecht bzw. Subventionen im Konkreten, so auch in Experteninterviews, bedeuten eine Markt- bzw. Wettbewerbsverzerrung. Bei gleichen Wettbewerbsbedingungen seien keine Subventionen nötig. Es wird daher mehrfach nicht der Wunsch nach mehr Subventionen, sondern vielmehr übergeordnet nach weltweiter Waffengleichheit, einem Eindämmen von Subventionswettläufen und Ausgleich dieser Schräglage geäußert. Das Thema hat gerade in der Nanoelektronik

eine europäische Dimension, da inzwischen nicht mehr einzelne Staaten, sondern Regionen (Europa vs. Amerika und Asien) im Wettbewerb stehen. In Europa gibt es nur noch wenige Hersteller in diesem Bereich, welche im „leading edge“ auf unterschiedlichen Märkten agieren (z. B. Qimonda bei DRAMs, Numonyx bei Flashspeichern, AMD bei Prozessoren), weshalb man von einem Schutz des innereuropäischen Wettbewerbs kaum mehr sprechen kann. Wenn die Festigung und Stärkung der Nanoelektronik in Europa ein industriepolitisches Ziel ist, dann müsse Europa sich insgesamt zu den bestehenden Hauptstandorten Grenoble, Leuven/Nijmegen/Eindhoven und Dresden bekennen und diese stärker als bisher unterstützen. Weiterhin sind die potenziellen Anwendungen einer zukünftigen Nanoelektronik in den Bereichen „More than Moore“ und „Beyond CMOS“ heute noch kaum absehbar. Bereits heute werden Märkte, wie die Automobilindustrie, Medizintechnik etc. durch die Mikroelektronik beeinflusst, deren Potenzial ebenfalls bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist. Unter finanziellen Gesichtspunkten wird z. B. in einem Interview argumentiert, dass bei 1 Mrd. Euro an Investitionen in die Halbleiterbranche etwa 2 bis 3 Mrd. Euro zurückfließen. Beispielsweise sei die Förderung des „Silicon Saxony“, das ein lockerer Verbund von Akteuren der Mikroelektronikhalbleiterbranche ist, ein erfolgreicher „business case“ gewesen und die Mittel seien mehrfach zurückgeflossen. Dresden ist laut „Silicon Saxony“ heute der größte Halbleitercluster Europas und jeder zweite Chip in Europa kommt aus Dresden.

### **Fehlende Industriepolitik und Unternehmensstrategien**

Eine fehlende, gemeinsame Industriepolitik und fehlende Unternehmensstrategien stellen gemäß den Workshopteilnehmern ein weiteres Hemmnis dar. Die Halbleiterindustrie und damit auch die Nanoelektronik sind im Bereich „More Moore“ durch starke Schwankungen bei Angebot und Nachfrage geprägt. Neben den hohen Kosten bei der Fertigung, Preiskämpfen vor allem bei Speicherchips setzen auch kurze Innovationszyklen die Akteure unter enormen Druck (Wyman 2008; Saunier 2008b). Zunehmende Innovationsgeschwindigkeiten stellen die Akteure vor immer neue Herausforderungen und lassen die Industrie aus wirtschaftlicher Sicht instabil erscheinen. Andererseits hängen weitere Akteure, wie Zulieferer- und Abnehmer-KMU, FuE-Institute, und insgesamt eine große Anzahl von Arbeitsplätzen von diesen Großunternehmen ab. Die Entwicklung einer mittelfristigen Strategie der Großunternehmen ist daher von großer Wichtigkeit für alle Akteure. Die Großunternehmen handeln marktgetrieben und binden sich kaum in Verträgen mit Forschungseinrichtungen. Langfristige Verträge sind dabei i. d. R. noch weniger zu erreichen. Für FuE-Institute wären strategische Kooperationsvereinbarungen von Interesse. Bei KMU ist dabei, besonders im Raum Dresden, zu beobachten, dass sich diese mittlerweile zum Teil global aufgestellt und weltweit vernetzt haben. Sie bedienen einen Weltmarkt und haben sich somit gewissermaßen von dem regionalen Standort ein Stück weit unabhängig ge-

macht. Es stellt sich die Frage, ob sich hierdurch künftig auch die Bedeutung der Großunternehmen und des Standorts für die KMU ändern könnte.

### **Gefahr der Abwanderung der Fertigung, Marktdominanz weniger globaler Player**

Infolge der enormen Kosten, ungleichen Förderbedingungen, fehlender Industriepolitik und des folglich besonders harten Wettbewerbs bestehe die Gefahr der Abwanderung der Fertigung aus Deutschland bzw. aus Europa nach Asien, bis nur noch wenige globale Player den Markt dominieren. Im Bereich „More Moore“ wird z. B. in einem Interview betont, dass selbst die Nachfrageseite immer mehr nach USA und Asien abwandert. Auch die Verhinderung von Neuansiedlungen könnte die Ansiedlungserfolge der letzten Jahre am Standort Dresden zunichte machen. Die Abwanderung der „More-Moore“-Fertigung aus Deutschland wird nach Ansicht der Experten aber mittelfristig auch die „More-than-Moore“-Fertigung in Deutschland negativ beeinflussen und könnte somit zu ungewünschten Sekundäreffekten und einer weiteren Abhängigkeit von wenigen, insbesondere asiatischen Auftragsfertigern, den „Silicon Foundries“, führen.

## **2.2 Blockaden im Bereich „More than Moore“**

„More than Moore“ bezeichnet die Differenzierung bzw. Diversifizierung und Diffusion dieser Ansätze in breite Anwenderbranchen, mit dem Ziel, zunächst gegenwärtige Strukturbreiten (bis 90 nm) auszunutzen. Für die Diffusion in andere Branchen ist vor allem der Mittelstand von Bedeutung. Daher werden zentrale Hemmnisse vor allem in der Marktdimension gesehen, z. T. aber auch in den weiteren Dimensionen Kosten, Wissen und Institutionen. Sie betreffen neben dem fehlenden oder unzureichenden Kapital der klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) auch einen fehlenden intensiveren Austausch bzw. Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zur schnellen Identifikation und Besetzung neuer Anwendungen und Marktsegmente. Hierzu sollte eine Fokussierung auf Themen, Branchen, Märkte erfolgen, in welchen Deutschland heute gut aufgestellt ist und geeignete Rahmenbedingungen für die Akteure geschaffen werden.

### **Unzureichendes Eigenkapital (zur Marktpositionierung)**

Start-up-Unternehmen sowie klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) fehlt es bekannterweise meist an Eigenkapital für Innovationsschübe. Infolge von Finanzierungsengpässen steht auch die Existenz dieser Unternehmen auf dem Spiel.

### **Unzureichende Kooperation und unzureichender Technologietransfer zur Marktvorbereitung**

Fehlende oder unzureichende Kooperationen zwischen der Wissenschaft und Wirtschaft sowie ein unzureichender Informations- bzw. Technologietransfer und Aus-

tausch der Akteure sind Hemmnisse, welche akteursübergreifend und sicherlich nicht nur für den „More-than-Moore“-Sektor gelten. Gemäß der Teilnehmer fehlt oft das Interesse der Industrie an den Forschungsergebnissen der Grundlagen- und angewandten Forschung (Hochschulen, FuE-Institute). Aus Sicht der Großunternehmen ist unklar, wo die technischen Probleme der Wissenschaftler liegen und wie die Industrie die universitäre Forschung unterstützen kann. Es stellt sich die Frage nach Zeit, Kosten und Zielen der Grundlagenforschung (hier insbesondere in den Bereichen „Beyond CMOS“ und „More than Moore“). Wie und wo müssen Märkte geschaffen werden? In Bezug auf KMU fehlt diesen i. d. R. die Zeit, sich über Entwicklungen aus der Grundlagenforschung zu informieren. Die Wissenschaft sei hier gefragt, ihre Ergebnisse entsprechend aufzubereiten und transparent zu machen. Andererseits sei die Wirtschaft und Politik gefragt, diese dabei auch zu unterstützen.

### **Fehlende Ideen zur Marktbesetzung und fehlende Fokussierung**

Gerade in dem Bereich entstehen potenziell immer neue Produktinnovationen mit Relevanz für immer mehr Anwenderbranchen, wie die Medizintechnik (z. B. Lab-on-Chip-Systeme), Automobilindustrie (z. B. Sensorik), Sicherheits- und Umwelttechnik (z. B. Überwachungssysteme) etc. Jedoch fehlen aus Sicht der Teilnehmer bislang durchschlagende Ideen für Produktinnovationen in diesem Bereich, welche sich durchsetzen lassen und einen Markt nachhaltig besetzen können (sogenannte „Killerapplikation/-en“). Somit kann folglich auch keine kritische Masse innerhalb eines Sektors aufgebaut werden. Die Tatsache, dass immer noch viele Akteure zu breit aufgestellt sind und alle Themen und Branchen besetzen wollen, steht dem ebenso entgegen. Diese fehlende Fokussierung stellt sich als Hemmnis heraus und erschwert die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen.

### **Zu starre Rahmenbedingungen**

Die Zeitzyklen bei Industrie und in der Forschung sind unterschiedlich. Die Innovationsgeschwindigkeit steigt ständig und stellt Unternehmen unter Druck, immer schneller zu innovieren. Die Wissenschaft unterliegt diesem Druck nicht und arbeitet im Rahmen, z. B. geförderter Projekte, auf anderen Zeitskalen. Aus Sicht der Industrie wäre hier eine größere Flexibilität der Wissenschaft bzw. generell eine Lösung des Problems unterschiedlicher Zeitzyklen von Interesse. Dem stehen allerdings starre Rahmenbedingungen der Forschung bzw. der Industrie selbst sowie bürokratische, zeitaufwendige Hürden entgegen, welche weiter abgebaut werden sollten. Beispielsweise sind nach Meinung der interviewten Experten bei der Beantragung von Fördermitteln Abläufe noch zu komplex organisiert und dauern zu lange.

## **2.3 Blockaden im Bereich „Beyond CMOS“**

„Beyond CMOS“ bezeichnet alternative, auf neuen Wirkmechanismen basierende, nanoelektronische Ansätze,

wie Spinelektronik, molekulare Elektronik, Einzelelektrontransistoren, und befindet sich zum größten Teil noch in der Grundlagenforschung, weshalb Universitäten und Forschungseinrichtungen die heute zentralen Akteure darstellen. Zentrale Hemmnisse werden vor allem in der Wissensdimension gesehen, z. T. aber auch in den Dimensionen Kosten und Institutionen. Die mangelhafte und wenig zielgerichtete Umsetzung der Forschungsergebnisse und in diesem Zusammenhang auch die fehlende Risikobereitschaft potenzieller Gründer werden als Hemmnisse gesehen. Ebenso fehle es an der Konzentration auf zentrale Themen, in denen Deutschland gut aufgestellt ist, sowie die gezielte Förderung des Technologiefelds.

#### **Mangelhafte Umsetzung der Forschungsergebnisse**

Die Umsetzung bzw. Umsetzungsgeschwindigkeit von Forschungsergebnissen der Wissenschaft in die Fertigung bzw. in Produkte wird als unzureichend betrachtet. Dies hängt sicherlich auch mit mangelndem Interesse und Informationsaustausch sowie fehlenden Kooperationen zusammen (siehe Blockade Kooperation). Hinzu kommt das fehlende rechtzeitige Erkennen potenzieller Anwendungen und zügige Reagieren und Treffen von Entscheidungen, um mit Produktideen schnell am Markt zu sein.

#### **Fehlende Konzentration auf zentrale Themen**

Die Wissenschaft forscht heute in nahezu ihrer vollen Breite an den „Beyond-CMOS“-Themen. Obgleich dies vorteilhaft für die Gewinnung möglichst breiter und ganz unterschiedlicher wissenschaftlicher Erkenntnisse ist, fehlt es dadurch an der Auswahl und Konzentration auf wenige, zukunftssträchtige Forschungsfelder bzw. der Konzentration und intensiven Zusammenarbeit der Wissenschaftler im Bereich der Nanoelektronik und Einzelthemen. Diese enorme Forschungsbreite mag auch ein Grund dafür sein, dass Deutschland in der Grundlagenforschung sehr gut da steht, aber in der Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen anderen Ländern hinterherhinkt. Es stellt sich daher die Frage, ob in Deutschland an allen Forschungsthemen und Fachrichtungen gearbeitet werden sollte, ob eine stärkere Konzentration auf Themen mit wirtschaftlichem Anwendungspotenzial möglich ist oder eine geeignete Kombination gefunden werden kann.

#### **Unzureichende Gründerförderung und Lehrangebote**

Die Teilnehmer benennen das mangelnde Ansehen des Unternehmers bzw. des Unternehmertums im Fall von Gründungen, ebenso wie eine ungenügende Risikobereitschaft der potenziellen Gründer als Hemmnis. In Deutschland gibt es keine Gründerkultur und der wissenschaftliche Nachwuchs wird nicht motiviert (z. B. durch entsprechende Lehrangebote) oder sieht keinen Anreiz, sondern vielmehr ein Risiko darin, sich selbstständig zu machen. Noch zu hohe bürokratische Barrieren und unflexible Rahmenbedingungen, sowohl in der For-

schungsförderung als auch in der Unterstützung von Existenzgründern, erschweren die Bedingungen von Unternehmensausgründungen in der Nanoelektronik.

#### **Ungezielte Forschungsförderung**

Auch in diesem Bereich ist die Forschungsförderung für Grundlagenforschung und FuE bisher noch zu gering. Seitens der Wissenschaft wird hier gefordert, an den Lisbon-Zielen festzuhalten, bis 2010 3 Prozent des BIP für Forschung und Entwicklung aufzuwenden. Auch wird bemängelt, dass die öffentliche Förderung i. d. R. nach der Gießkanne erfolgt und wichtige Forschungsthemen mit zu wenig Geld und zu wenig konzentriert gefördert werden. Insbesondere sind die Erforschung und Entwicklung neuer nanotechnologischer Verfahren, welche zur Weiterentwicklung und späteren industriellen Anwendung herangezogen werden könnten, gerade in der Erprobung meist sehr teuer. Hier entsteht besonderer Förderbedarf, insbesondere durch das BMBF.

#### **2.4 Blockaden im „Innovationssystem Nanoelektronik“**

Das „Innovationssystem Nanoelektronik“ fasst die obigen drei Felder sowie dazwischenliegende Entwicklungsrichtungen zusammen. Zuvor genannte Hemmnisfaktoren gelten in verallgemeinerter Weise auch hier und werden vor allem durch Blockaden in der institutionellen Dimension ergänzt. Aus Sicht des gesamten Innovationssystems sind Nachwuchs-, Fachkräfte- und Gründungspersonal entscheidende künftige Akteure, welche nach Meinung der Experten konsequent und nachhaltig gefördert werden sollten. Auf nationaler und europäischer Ebene fehle es an einer gemeinsamen Vision und den Anstrengungen, die Nanoelektronik weltweit sichtbar zu machen. Synergieeffekte werden oft nicht genutzt, und es komme zu Doppelarbeiten der Forscher und in Entwicklungslaboren. Schließlich wird auch die fehlende oder mangelhafte Umsetzung entlang der gesamten Wertschöpfungskette als Hemmnis benannt.

#### **Fehlende Arbeitsteilung und Synergien, IPR-Verwertung und IPR-Schutz**

Eine fehlende nationale sowie europäische Arbeitsteilung und die fehlende Effizienz und Nutzung von Synergieeffekten werden als Hemmnis benannt. Oft werden gleiche oder ähnliche Projekte mehrfach gefördert, arbeiten Wissenschaftler unabhängig voneinander an gleichen oder ähnlichen Fragestellungen. Diese Mehrfacharbeit bedeutet Investitionen, welche an anderer Stelle nutzbringender hätten eingesetzt werden können. Auch zwischen Forschung und Industrie wird ein unzureichender Technologietransfer bemängelt. Es erfolgt kein Abgleich zwischen der Angebots- und Nachfrageseite, d. h. der FuE-Institute und der Industrie. Sollen Synergieeffekte stärker genutzt werden und eine Arbeitsteilung durch geeignete Kooperationen erfolgen, so stellt sich im Rahmen von FuE-Kooperationen, z. B. zwischen Forschungseinrichtungen selbst oder FuE-Instituten und Unternehmen, auch

zunehmend die Frage nach dem Umgang mit intellektuellem Eigentum (IPR-Verwertung). Jedoch zeigt sich umgekehrt, mit Blick auf die weltweite Konkurrenz und insbesondere die der Großunternehmen, ein völlig anderer Aspekt der IPR-Verwertung. So wird der Patentschutz als wichtige Angelegenheit aus Sicht der Halbleiterindustrie betrachtet. Diese hat mit Patentverletzungen durch Länder wie Taiwan, China, Korea und Nordamerika zu kämpfen, welche zu Verlusten von Marktanteilen und Marktwerten der Unternehmen, Preisverfall bzw. -druck, und dgl. führen können und somit die Wettbewerbsfähigkeit stark beeinflussen (SEMI 2008c). Hierbei zeigt sich durchaus auch eine Kehrseite in Bezug auf das Thema Standardisierung. So ermöglicht gerade die Standardisierung die weltweite Nutzung und Umsetzung von Produktionsstandards, wie z. B. in der 300-mm-Fertigung im Bereich „More Moore“, wobei unzählige Industriestandards aus Dresden kamen.

### **Nachwuchs-, Fachkräfte-, Gründungspersonalmangel und Rahmenbedingungen**

Besonders wichtig ist auch das Problem des Fachkräftemangels. Der Wissensaustausch durch Aufenthalte internationaler Forscher ist notwendig, um die Wettbewerbsfähigkeit des Forschungs- und Innovationsstandorts dauerhaft zu sichern. Vor allem das Wissen aus Asien wird für den Bereich „More Moore“ zunehmend von Bedeutung sein. Hier gilt es, die Gastwissenschaftler auch über längere Zeiträume hin in die Entwicklungsaktivitäten einzubinden, damit das angesammelte Wissen hier abfließt. Ebenso mangelt es an Fachkräften, insbesondere an solchen, die zu Gründerpersönlichkeiten werden können. Dieses Problem setzt bei der Ausbildung des Nachwuchses an. Es fehlen, gemäß den Teilnehmern, mehr bzw. bessere Lehrangebote und Aktivitäten der Universitäten, um den Nachwuchs für eine Unternehmensgründung zu interessieren. Beispielsweise wird vorgeschlagen, auch Arbeitsverträge exzellenter Nachwuchswissenschaftler flexibler und positiver zu gestalten.

### **Fehlende Vision und Sichtbarkeit sowie fehlender politischer Wille**

Eine fehlende nationale und europäische Vision, Identität und Sichtbarkeit wird seitens der interviewten Experten, Workshopteilnehmer sowie in der Literatur genannt (SEMI 2008a). National ist laut der Teilnehmer der Anspruch, Nanoelektronikstandort sein und bleiben zu wollen, unzureichend artikuliert bzw. noch zu stark bloßes Lippenbekenntnis. Der mangelnde politische Wille, sich offensiv zur Nanoelektronik zu bekennen und sie als zentrales Zukunftsfeld auch so zu unterstützen, wird als Hemmnis benannt. Dies drücke sich in der zurückhaltenden Industriepolitik Deutschlands aus (im Gegensatz z. B. zu Frankreich, das eine konzentrierte Industriepolitik verfolgt). Die Teilnehmer beklagen auch, dass deutsche Akteure in der Technologiepolitik in Brüssel offensichtlich über einen geringeren Einfluss bzw. eine schwache Durchschlagskraft als Frankreich verfügen und

nicht in der Lage sind, Interessen durchzusetzen. Auf EU-Ebene drückt sich das zentrale Hemmnis durch die heute noch fehlende oder noch nicht in ausreichendem Maß vorhandene Konzentration der Forschung und Entwicklung auf eines oder wenige globale Zentren bzw. Cluster mit globalem Gewicht aus.

### **Fehlende Umsetzung der Wertschöpfungskette**

Als weiteres Hemmnis wurde die fehlende Umsetzung der gesamten Wertschöpfungskette benannt. Die wichtigen Instrumente hierfür existieren zwar, aber sind den jeweiligen Akteuren oft entweder nicht ausreichend bekannt oder sie werden nicht effizient angewendet. Die Forschung und Entwicklung funktioniere in Deutschland gut, aber die Umsetzung sei schlecht. Somit wird die Positionierung und Diffusion am Markt erschwert. Die bereits bestehenden Cluster werden hierfür noch zu wenig genutzt. Auch solle bei der Förderung der Nanoelektronik nicht nur die Forschung, sondern die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet werden. Das Beispiel Dresden zeige, dass es in den meisten Fällen die Produktion ist, welche die Forschung anzieht und nicht umgekehrt. Nicht die Forschung, sondern die Produktion habe den Standort Dresden groß gemacht. Aus den direkten Bedarfen der Industrie entwickeln sich häufig erst die Forschungsfragen, die auch für anwendungsorientierte Forschungseinrichtungen von Bedeutung sind. Es sei äußerst schwierig, aus starken Forschungslandschaften Produktionsstandorte zu formen.

## **2.5 Blockaden – eine Zusammenfassung**

Nach übereinstimmender Meinung, nicht nur seitens der Großunternehmen, ist das Halten des Marktes der großindustriellen Fertigung in Hinsicht auf den Bereich „More Moore“ in Deutschland von besonderer Bedeutung, da eine Abwanderung der Fertigung in diesem Bereich künftig auch die Wettbewerbsfähigkeit im Bereich „More than Moore“ beeinflussen könne. Neue Produktideen sowohl bei „More Moore“ als auch „More than Moore“ können zu wirtschaftlichem Erfolg führen. Es solle daher zumindest ein Minimum der Fertigung in Deutschland oder zumindest Europa gehalten werden. Für Deutschland im Konkreten und Europa insgesamt bestehe die Gefahr, den Bereich „More Moore“ langfristig an die intensiv subventionierten Großunternehmen in Fernost zu verlieren. Die Vernetzung der großen europäischen Mikroelektronikstandorte und Schaffung von Technologie- und Industriepattformen wird daher geraten.

Als positiv wurde die vorliegende kritische Masse an Know-how und Infrastruktur, insbesondere am stärksten europäischen Halbleiterstandort Dresden, genannt. Hier läge auch Exzellenz in konkreten Themen wie den Materialwissenschaften, der 3-D-Integration, intelligenten Mikro- und Nanoelektronik, Leistungselektronik, Optoelektronik, Heterointegration (Sensorik, Aktuatorik) und weiteren Technologien, z. B. Photovoltaik, vor. Ebenso seien ausdifferenzierte Anwenderbranchen mit großen Wachstumspotenzialen, wie der Automobil- und Medi-

zintechnikbranche, u. a. durch eine große Anzahl von weltweit führenden KMU adressiert. Dies wirke sich fördernd auf die Weiterentwicklung der Produktinnovationen im Bereich „More than Moore“ aus.

Deutschland habe die Chance, noch nichtausgeschöpfte Potenziale im Bereich „More than Moore“, besonders in der Mikroelektronik weiter auszunutzen. Aber auch im Bereich „Beyond CMOS“ leiste Deutschland heute großartige Grundlagenforschung, welche künftig in Markterfolge umgesetzt werden könne. Alle Programme, die die Kooperation der beteiligten Partner fördern, wie CATRENE und ENIAC auf EU-Ebene, werden als positiv und wichtig für eine Umsetzung von Forschungsergebnissen bewertet. Die Hightech-Strategie der Bundesregierung wird ebenso als positiv bewertet, sollte aber aus Sicht der Teilnehmer konsequenter umgesetzt werden.

Viele der heute etablierten Förder- und Kooperationsmodelle werden als positiv genannt, so auch die bereits bestehenden Cluster. Regionale Netzwerke und Cluster funktionieren in Deutschland gut und sollten gemäß der Experten weiterhin in ihrer Vernetzungsarbeit gestärkt werden. Eine Herausforderung liege jedoch in der effizienten Koordinierung und Vernetzung dieser sowie der zielgerichteten Umsetzung der Forschungsergebnisse unter optimierter Anwendung der Modelle. Hierzu sei die optimale, ausgewogene Förderung von FuE und Fertigung entlang der gesamten Wertschöpfungskette des „Innovationssystems Nanoelektronik“ wichtig, wobei geeignete Modelle identifiziert, ggf. optimiert und konsequent eingesetzt werden müssten. In Tabelle 29 sind die zentralen Blockaden der Nanoelektronik dargestellt.

Tabelle 29

### Blockaden in der Nanoelektronik

| Blockaden in den Bereichen   |   |
|--|---|
| „More Moore“   | „More than Moore“   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– steigende Innovationskosten</li> <li>– mangelnde/ungleiche Investitionsförderung</li> <li>– fehlende Industriepolitik/Unternehmensstrategien</li> <li>– Gefahr der Abwanderung der Fertigung</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– unzureichendes Eigenkapital der KMU</li> <li>– fehlende Kooperationen/fehlender Technologietransfer</li> <li>– fehlende Ideen zur Marktbesetzung</li> <li>– fehlender Fokus (Produkte, Geschäftsmodelle)</li> </ul>      |
| „Beyond CMOS“  | „Innovationssystem Nanoelektronik“  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– unzureichende Lehrangebote/Gründerförderung</li> <li>– mangelnde Umsetzung der Forschungsergebnisse</li> <li>– fehlende Konzentration auf zentrale Themen</li> <li>– geringe, ungezielte Forschungsförderung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– fehlende Vision/Sichtbarkeit, fehlender politischer Wille</li> <li>– fehlende (europäische) Arbeitsteilung, Synergien</li> <li>– unzureichende IPR-Verwertung/unzureichender IPR-Schutz</li> <li>– Bürokratie</li> </ul> |

Quelle: eigene Darstellung

### 3. Akteurspezifische Maßnahmen

#### 3.1 Maßnahmen im Bereich „More Moore“

Von den steigenden Kosten für Fertigungslinien, Lithografie-, Maskentechnologie etc. sowie Preisschwankungen bei der Produktion sind hier vor allem Großunternehmen betroffen. Handlungsoptionen richten sich insbesondere an Industrie und Politik.

#### Ausgleich der Währungsschwankungen schaffen

Für die europäischen Unternehmen stellt der schwache Dollar ein ernstes Problem dar. Der Wert des Euro gegenüber dem US-Dollar hat sich zwischen 2002 (0,81 US-Dollar) und Mai 2008 (1,56 US-Dollar) nahezu verdoppelt. Ändert sich der Wechselkurs nur um einen Cent, so bedeutet dies Kosten für die Großunternehmen von vielen Millionen Euro aufgrund fehlender Erträge, unsicherer Gewinnvorhersagen und Kostenbegrenzungen durch den Kunden. Die meisten Hersteller versuchen daher Kosten zu reduzieren, verhandeln Zulieferverträge neu aus oder übertragen z. B. Teile der Herstellung in Regionen, welche weniger stark vom schwachen US-Dollar betroffen sind. Die Bemühung der Regierung auf EU-Ebene um einen stabileren Wechselkurs wird seitens der Workshopteilnehmer gewünscht und auch in weiteren Handlungsempfehlungen angegeben (Saunier 2008a u. 2008b, SEMI 2008a, ESIA 2008).

#### Steuernachteile ausgleichen

Die heutige Halbleitermikro- und Nanoelektronikindustrie befindet sich in einem weltweiten Wettbewerb. Durch eine fehlende starke Industriepolitik auf europäischem Niveau und eine geringe Attraktivität für Investoren aufgrund des Steuersystems und von Wettbewerbsregulierungen (EU-Beihilferecht) könnte Europa durch die Globalisierung geschwächt werden. Infolge einer Abkehr von der Fertigung könnte dies zu dem Verschwinden der europäischen Halbleiterindustrie und schließlich abnehmender Wettbewerbsfähigkeit in gesamten Wirtschaftsbereichen führen (Saunier 2008b). Eine allgemein akzeptierte Regulierung von Beihilfen auf internationaler Ebene zu finden, wäre wünschenswert, wird sich aber gemäß der Interviewten kaum realisieren lassen. Ein Vorschlag ist es daher, die EU-Beihilfepolitik mit den politischen Rahmen außerhalb der EU abzugleichen bzw. in Einklang zu bringen und die EU-Wettbewerbsregeln entsprechend anzupassen (Saunier 2008b). Unter staatliche Beihilfe fallen hierbei direkte Unterstützungsmaßnahmen, wie Subventionen und Steuererleichterungen, sowie indirekte, wie Ausbau der Infrastruktur und dergleichen. Ein weiterer Vorschlag ist es, die Welthandelsorganisation (WTO) mit einer Studie zu beauftragen, um die unterschiedlichen Praktiken der EU-Mitgliedstaaten und der weiteren Staaten bei der Unterstützung der Halbleiterbranche festzustellen. Die Ergebnisse könnten für die Etablierung von Regulierungen genutzt werden, um die den Unternehmen gewährten Subventionen und Steuerbegünstigun-

gen für den Aufbau von Fertigungslinien zu kontrollieren (Saunier 2008b).<sup>6</sup>

Neben einem Anpassen des EU-Beihilferechts stellt sich auch die Frage, ob weitere Lösungen gefunden werden können, um Steuernachteile auf einem anderen Weg, insbesondere ohne finanzielle staatliche Unterstützung, auszugleichen. Wünschenswert sei es, grundlegend Bedingungen zu schaffen, um eine Wettbewerbsverzerrung auf globaler Ebene zu vermeiden. Ebenso wurde in einem Interview angeregt, im Fall staatlicher Unterstützung (z. B. bei Subventionen), die subventionierte Branche bzw. das Unternehmen mit staatlichen Auflagen, z. B. durch Verträge auch zu Kooperationen mit FuE-Einrichtungen zu bringen, sodass auch eine immaterielle strategisch wichtige Gegenleistung erbracht wird.

#### Staatsbeteiligung bei strategischen Industrien

Obleich die nationalen Regierungen und die EU mehrere Forschungsprogramme in der Mikro- und Nanoelektronik finanzieren, sind sie nicht an einer kohärenten Industriestrategie bzw. -politik in diesem Sektor beteiligt, da möglicherweise die Bedeutung des Sektors nicht hinreichend wahrgenommen wird oder die Vorstellung herrscht, dass die Fertigung elektronischer Komponenten ohne Auswirkung auf FuE aufgegeben werden kann. Auf EU-Ebene kann dies an einem fehlenden Interesse liegen, da sich die Aktivitäten in diesem Sektor auf nur wenige EU-Länder beschränken (Saunier 2008a u. 2008b). Die Teilnehmer des Workshops stellten hier die Frage, ob sich der Staat nicht bei strategisch wichtigen Industrien beteiligen kann, womit nicht zwingend finanzielle Maßnahmen gemeint sind. Im Fall der Nanoelektronik handelt es sich um eine Querschnittstechnologie, welche von Materialien, Verfahren, Equipment über Elektronikbauteile und -produkte bis in einen elektronischen Dienstleistungsmarkt von über 6 500 Mrd. US-Dollar hineinwirkt.

#### Investoren finden

Um den Großunternehmen eine größere Stabilität zu verschaffen sollte proaktiv nach Investoren für langfristige Investitionen gesucht werden, insbesondere für den deutschen Standort Dresden. Diese können voraussichtlich nur gefunden bzw. gewonnen werden, wenn entsprechende Rahmenbedingungen geschaffen sind, die eine Investition finanziell attraktiv machen. Dies betrifft z. B. entsprechende Steuerregelungen, lokale bzw. regionale Standortfaktoren etc. Sowohl die Wirtschaft als auch die Politik könnten hier laut der Workshopteilnehmer aktiv werden.

#### Kosten teilen und Allianzen bilden

Mit den steigenden Kosten für die Entwicklung nächster Technologiegenerationen zeigt sich schon heute, dass ein-

<sup>6</sup> Im Rahmen eines weiteren TAB-Projekts: „Internationale Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft im Hinblick auf die EU-Beihilfepolitik am Beispiel der Nanoelektronik“ wird diese Fragestellung untersucht werden.

zelne Unternehmen nicht mehr alleine die finanziellen Ressourcen aufbringen können. Um Kosten zu kontrollieren und eine kritische Masse zu erreichen und sich am Markt halten zu können, könnten sich Unternehmen mit weiteren Partnern zusammenschließen. Insbesondere die europäischen Großunternehmen, wie Infineon, NXP und STMicroelectronics, müssten stärker miteinander kooperieren ohne sich als direkte Konkurrenz wahrzunehmen. Die Identifikation von Schnittstellen und gemeinsamen Interessen einerseits sowie andererseits eine klare Abgrenzung der technologischen Positionierung, um Interessenskonflikte in Bezug auf Umgang mit gemeinsam entstehendem Know-how (z. B. Patente) zu vermeiden, könnten hier helfen. Die verbleibenden europäischen Großunternehmen müssten hierzu eine gemeinsame, voneinander abhängige, aber koordinierte Strategie entwickeln und entsprechende Rahmenbedingungen für Kooperationen schaffen. Häufig stehen solchen langfristigen Strategien jedoch kurzfristige unternehmerische Eigeninteressen entgegen. Die Politik müsste daher sowohl auf nationaler als auch EU-Ebene durch geeignete Anreizinstrumente solche strategischen Kooperationen unterstützen.

Konkrete Beispiele, Kosten zu teilen, gibt es bereits, wie die industriellen Allianzen Crolles2 und die IBM-Allianz. Die Crolles 2 Allianz wurde 2002 zwischen den Unternehmen STMicroelectronics, NXP und Freescale geschaffen, um ein gemeinsames Forschungszentrum für die Entwicklung der 90-nm-, 64-nm- und 45-nm-Technologien sowie eine 300-mm-Waferpolierfertigungslinie zu errichten. Obgleich die technologischen Ziele erreicht werden konnten, wurde die Allianz nach fünf Jahren durch den Ausstieg von NXP und dann Freescale in 2007 nicht fortgeführt, da laut STMicroelectronics die Allianz zu klein wurde, um die 32-nm- und 22-nm-Technologien weiterzuentwickeln. Fehlende Partner für das Teilen weiter steigender Kosten beendeten somit die Allianz (Saunier 2008b). Die weitere, vor über 15 Jahren gegründete IBM-Allianz zählt heute neben IBM die Unternehmen Samsung, Toshiba, Sony, AMD, STMicroelectronics, Chartered Semiconductor, Freescale, Infineon und NEC Electronics zu ihren Partnern. Die Allianz bietet eine gemeinsame Plattform für Kooperationen und die Entwicklung der 32-nm- und 22-nm-CMOS-Technologien. Teilweise kooperieren auch einzelne Partner der Allianzen untereinander. Eine gemeinsame Allianz aller, ausschließlich europäischen Unternehmen gibt es jedoch bisher nicht.

### **Investitionsförderung branchenspezifisch anpassen**

Von den Workshopteilnehmern wurde weiterhin angeregt, die Investitionsförderung branchenspezifisch, z. B. nach Innovation und Lebensdauer, anzupassen. Es wurde betont, dass gerade der Bereich „More Moore“ strategisch wichtig sei und auch künftig hoher Förderbedarf bestehe, um die Fertigung in Deutschland bzw. Europa insgesamt zu halten. Schließlich hänge damit auch der Zugang zu künftigen Schlüsseltechnologien zusammen. Eine Abhängigkeit im „More-Moore“-Bereich von außereuropäischen Unternehmen könne künftig auch zur Abhängigkeit

im „More-than-Moore“-Bereich führen und sich auf Innovationen bzw. die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig negativ auswirken. Neben der Bedeutung der Förderung für FuE, z. B. im Bereich „Beyond CMOS“, wird auch der Bedarf der Förderung bzw. Erhöhung der Förderung seitens der Herstellerindustrie in der Literatur betont. Die Halbleiterindustrie investiert beispielsweise selbst typischerweise 10 bis 15 Prozent des Ertrags wieder in FuE. Bis 2010 entstehe darüber hinaus aber eine Finanzierungslücke durch fehlende Förderung von etwa 5,8 Mrd. US-Dollar, um die Entwicklung von Technologien unterhalb 22-nm- und 450-nm-Wafern, insbesondere Forschung an neuen Materialien, Prozessintegration und photolithografischen Verfahren voranzutreiben (SEMI 2008a). So wird geschätzt, dass künftig durch die hohen Entwicklungskosten möglicherweise nur noch etwa ein Dutzend 450-nm-Waferfabriken weltweit gebaut werden (SEMI 2008b). Intel, Samsung und TSMC streben beispielsweise eine Umstellung auf die 450-nm-Fertigung im Jahr 2012 an. Allerdings argumentieren Vertreter der Halbleiterausrüstungs- und -materialindustrie selbst, dass der Übergang auf 450-nm-Wafer zunächst keine europäischen Marktbedürfnisse adressiert und derzeit kein Produkt existiert, welches einen solchen Übergang erzwingen würde, wie dies z. B. im „More-than-Moore“-Bereich der Fall ist. Hier geht es lediglich um die konsequente weitere Miniaturisierung und das Festhalten an der ITRS-Roadmap.

Es solle daher eine sorgfältige Bewertung der wirtschaftlichen Attraktivität der Technologie erfolgen und nicht auf Kosten des „More-than-Moore“-Bereichs gefördert werden. Vielmehr gilt es, erst die 200-nm-Fertigung zu fördern und bestehende Potenziale in der Mikroelektronik so lange wie möglich zu nutzen (SEMI 2008a). Durch ein Experteninterview wird dieser Ansatz weiter gestützt mit der Aussage, dass Fördermöglichkeiten an den Zukunftschancen gemessen werden sollten, die der Markt bietet, also dort, wo es ein Payback gibt. Man solle sich daher auch an der Marktsituation und den Potenzialen oder Chancen orientieren, welche die Mikro- und Nanoelektronik bieten. Auch wird in einem weiteren Interview genannt, dass Fördermittel an Erfolge und Kompetenzen knüpfen sollten.

### **Alternative, flexiblere Fördermodelle entwickeln und etablieren**

Die Politik könnte diese künftig entstehende Förderlücke im Bereich „More Moore“ schließen, indem sie z. B. neue, strategische Kooperationsmodelle fördert, welche engere Zusammenarbeiten von Grundlagenforschung und Industrie auf nationaler und internationaler Ebene vorsehen (SEMI 2008a). Wissenschaft, Wirtschaft und Politik könnten hier gemeinsam nach alternativen Wegen und Modellen zum Ausgleich der fehlenden Fördergelder suchen. Beispielsweise könnten mit Blick auf die weltweiten Wettbewerbsregionen die dortigen Fördermodelle und Unterstützungsmaßnahmen neben der rein finanziellen Unterstützung analysiert, bewertet und geeignete Modelle für Deutschland und die EU abgeleitet werden. So haben einige, heute in der Halbleiterbranche führende Länder

wie Singapur, Taiwan und China bereits auf Regierungsebene Programme und Initiativen etabliert. Hierzu zählen infrastrukturelle Maßnahmen wie die Schaffung neuer Wissenschaftsparks, in denen Universitäten, FuE-Einrichtungen und die Industrie kooperieren oder langfristige strategische Maßnahmen, wie die Nachwuchsförderung, in gezielten, für künftige Bedarfe der Industrie relevanten Bereichen. In den USA hat der Staat New York beispielsweise 2 Mrd. US-Dollar in den Aufbau des „College of Nanoscale Science and Engineering“ an der Albany Universität investiert, was über 100 Unternehmen in der Mikroelektronik angezogen und zu weiteren 7 Mrd. US-Dollar an Industrieinvestitionen geführt hat (SEMI 2008a). Deutschland und Europa insgesamt könnten derartige Modellbeispiele weiterentwickeln.

Ein Beispiel der Kooperation von Großunternehmen mit FuE-Einrichtungen ist das Modell der Public Private Partnership (PPP), wie z. B. das Fraunhofer-Center Nanoelektronische Technologien CNT, das sich mit Qimonda Dresden eine ca. 800 m<sup>2</sup> Reinraumfläche teilt und eine Infrastruktur nutzen kann, die Industriestandards entspricht. Das Fraunhofer CNT ist eine Einrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft mit den Industriepartnern Qimonda AG und Advanced Micro Devices, Inc. (AMD) und wird seit 2005 durch das BMBF und den Freistaat Sachsen für fünf Jahre mit Zuschüssen von insgesamt 80 Mio. Euro gefördert. Ziel des Fraunhofer CNT ist es, die Fertigung nanoelektronischer Bauelemente für Prozessoren und Speicher schnell in die industrielle Fertigung zu übertragen. Ein weiteres Beispiel ist das NamLab (Nanoelectronic Materials Laboratory), eine PPP der TU Dresden mit Qimonda. Mitte Januar 2009 beschloss die Regierung den Aufbau eines weiteren Fraunhofer-Zentrums, des „All Silicon System Integration Dresden“ (ASSID), vorbehaltlich der Zustimmung durch die Fraunhofer-Gesellschaft im Februar. Ziel ist die Entwicklung von 3-D-Silizium-Systemen, um die Packungsdichte von elektronischen Bauelementen in Schaltkreisen weiter zu erhöhen. EU, Bund und Freistaat Sachsen würden das neue Zentrum mit 49 Mio. Euro für die Erstausrüstung fördern. Das Vorhaben wurde auf dem Workshop diskutiert und stellt aus Sicht der Teilnehmer einen positiven Schritt dar, da in der 3-D-Integration eine thematische bzw. technologische Stärke der deutschen Forschung gesehen wird und Deutschland hier eine Führungsposition einnehmen könnte. Neben PPP-Modellen, die als positiv bewertet werden (Electra 2008), könnte nach weiteren Fördermodellen gesucht werden, welche sowohl alle Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik als auch die gesamte Wertschöpfungskette berücksichtigen.

Durch die unterschiedlichen Zeit- bzw. Lebenszyklen für Technologieentwicklungen der nächsten Generation im Bereich „More Moore“ (typischerweise drei Jahre) und den kürzer werdenden Zeitskalen für Produktinnovationen (z. B. bei Handys von sechs Monaten) besteht die Herausforderung für Wissenschaft und Wirtschaft, entsprechend angepasste, flexible Projektmodelle zu entwickeln.

### **Strategischer Einsatz der Forschungskapazitäten**

Strategische Maßnahmen könnten sowohl von der Wissenschaft als auch der Wirtschaft und Politik ergriffen werden und haben besondere Relevanz für den „More-Moore“-Bereich, betreffen aber auch die Bereiche „More than Moore“ und „Beyond CMOS“. Die Wissenschaft könnte nach Vorschlag der Workshopteilnehmer ihre Forschungskapazitäten strategisch für die standortbezogene Industrieförderung einsetzen. In Modellen, wie den oben diskutierten PPP-Modellen, geschieht dies bereits. Jedoch sollten die Forschungskapazitäten auch strategisch wichtige Themen- und Technologiebereiche adressieren, in denen für Deutschland große Markt- und Wachstumspotenziale bestehen. Neben der 3-D-Integration werden z. B. die Materialwissenschaften genannt. An dieser Stelle wird ein großes Potenzial in Hinblick auf „More than Moore“ gesehen. Forschungskapazitäten könnten eingesetzt werden, um neben der Nanoelektronik auch Anwendungspotenziale in der Mikroelektronik weiter auszuschöpfen.

### **Strategische Geschäftsmodelle entwickeln**

Laut einer Studie von Wyman (2008) sollten Unternehmen neue Geschäftsmodelle entwickeln bzw. finden. Das klassische Geschäftsmodell der Integrated Device Manufacturer (IDM) hat demnach auf Dauer keinen Bestand. Diese entwickeln, produzieren und vermarkten ihre Halbleiter selbst und decken somit mehrere Geschäftsfelder ab, z. B. DRAMs für PCs, Flashspeicher für Digitalkameras oder MP3-Player, Chipsätze für Handys oder anwendungsspezifische ICs für Auto- und Industrieelektronik. Bei zunehmender Breite im Portfolio wird es immer schwieriger, in jedem der Marktsegmente wettbewerbsfähig zu bleiben. Der aktuelle Trend liegt daher in der Fokussierung oder Spezialisierung auf konkrete Produktbereiche, wie z. B. Intel oder Texas Instruments dies tun. Für meist noch zu breit aufgestellte Unternehmen wie Infineon, STMicroelectronics oder NXP Semiconductors gilt es daher, die wirtschaftliche Attraktivität der einzelnen Wertschöpfungsstufen genau zu überprüfen (Wyman 2008). Ebenso hat sich das Modell der reinen Auftragsfertigung bzw. Silicon Foundries in den letzten Jahren zunehmend etabliert. Halbleiterfabriken wie die taiwanische TSMC bieten heute einer immer breiteren Kundenschnitt ihre Dienste an. Neben der Spezialisierung auf bestimmte Produktbereiche oder Anwendungsbranchen versuchen sich daher viele Großunternehmen von der Fertigung unabhängig zu machen und zu Fab-lite- oder Fab-less-Unternehmen zu werden, welche sich schließlich nur noch auf das Produktdesign konzentrieren. Das gilt insbesondere für Unternehmen im „More-than-Moore“-Bereich.

Die Workshopteilnehmer schlagen für „More Moore“ hingegen eine Erweiterung des Produktspektrums vor. Die Unternehmen in diesem Bereich sollten sich z. B. nicht nur auf das Massenspeichergeschäft fokussieren. Dies steht jedoch nicht unbedingt mit der Wyman-Studie (2008) im Widerspruch, sondern kann im Rahmen einer strategischen Ausrichtung der Unternehmen auch als Um-

orientierung des Produktportfolios verstanden werden. Mit Hinblick auf eine künftige „Beyond-CMOS“-Nanoelektronik ist die Frage nach Geschäftsmodellen allerdings noch völlig offen. Die Unternehmen werden sich neu erfinden müssen, und es wird sich eventuell eine ganz neue und viel komplexere Industrie bilden müssen, die sehr interdisziplinär ist und nicht nur ein Material (Silizium) und eine Methode nutzt, so in einem Experteninterview.

### **Industriepolitik betreiben**

Aus Sicht der Workshopteilnehmer fehlt es heute noch an politischem Willen für eine Wirtschafts- bzw. Industriepolitik. Auch in der Literatur wird z. T. vorgeschlagen, eine proaktive Industriepolitik zu verfolgen, die wenige, sektorbasierte Prioritäten festlegt und die Spezifika der Mikro- und Nanoelektronikindustrie berücksichtigt (Saunier 2008a u. 2008b). Um solche Prioritäten festzulegen und Entscheidungen schneller und besser treffen zu können, wird von den Workshopteilnehmern angeregt, mehr technologische Fachkompetenz in die Politik auf den für Fördermittel relevanten Landes-, Bundes- und EU-Ebenen zu bringen.

### **Regionale Ansiedlungsstrategien verfolgen**

Infrastrukturelle Maßnahmen betreffen zunächst alle Akteure, welche sich in Deutschland in der Region Dresden konzentrieren. Aus politischer Sicht sind insbesondere Landes- und Bundesregierung adressiert, mit Hinblick auf die EU-weite Wettbewerbsfähigkeit ist aber auch die europäische Politik betroffen. Die im Auftrag der Stadt Dresden durchgeführte Regionalstudie zum Cluster Silicon Saxony empfiehlt eine koordinierte regionale Ansiedlungsstrategie bzw. -politik, die zielgruppenorientiert und unter Berücksichtigung der gesamten Wertschöpfungskette erfolgen sollte (TrendsConsulting 2008). Mehrere Studien sowie die Experten in Interviews und im Workshop betonen die Bedeutung eines starken Halbleiterstandorts, wie dem Silicon Saxony, der nicht nur für Deutschland, sondern auch für eine europaweite Wettbewerbsfähigkeit, gemeinsam mit den weiteren Industrieclustern mit kritischer Masse in Grenoble und Nijmegen Eindhoven zentral ist (SEMI 2008a). Wichtig sei es, zunächst die Bedeutung der Branche und des Standorts zu erkennen und sich dann uneingeschränkt für diese einzusetzen. Die Politik fördere bisher z. B. die regionale Ansiedlung der Großunternehmen in der Region Dresden u. a. durch Subventionen. Förderung sei, so ein Experte im Interview, zwar wichtig, aber diese alleine nicht zukunftsfähig. Es seien daher neue Kooperationsmodelle zu etablieren, was auch im Rahmen einer Standortpolitik infrastrukturelle Maßnahmen bedeuten kann, wie z. B. die unter dem Punkt Förderung angesprochenen Science Parks oder PPP-Modelle. Bei einer Ansiedlungsstrategie sei aber auch zu berücksichtigen, wie sich eine Abwanderung der Fertigung aus Deutschland auf den Standort auswirken könnte. Möglicherweise werden Neuansiedlungen verhindert oder weitere, von der Fertigung abhängige Akteure, wie Zulieferer-KMU könnten sich zu anderen

Standorten hin orientieren. Die am 23. Januar 2009 durch den Dresdner Speicherchiphersteller Qimonda beim Amtsgericht München angemeldete Insolvenz bestätigt die zuvor beschriebenen Entwicklungen und Hemmnisse in dem Bereich „More Moore“. In Dresden sind 3 200 Arbeitsplätze direkt und viele weitere indirekt betroffen.

### **3.2 Maßnahmen im Bereich „More than Moore“**

Hinsichtlich des fehlenden oder unzureichenden Eigenkapitals für KMU im Bereich „More than Moore“ aber auch Start-ups, welche zudem für den Bereich „Beyond CMOS“ Innovationen schaffen können, sind Beiträge aller Akteure möglich.

#### **Investoren für Start-ups und KMU finden**

KMU könnten unterstützt werden, um neben öffentlicher Förderung auch private Geldgeber, insbesondere Venture-Capital-Investoren (VC-Investoren), zu finden. Hierzu wäre eine bessere Transparenz bzw. nähere Information über inhaltliche Kernaktivitäten sowie adressierte Produkte, Verfahren, Anwendungen und schließlich Marktpotenziale für private Geldgeber hilfreich. Denn auf Investorenmehrheit fehlt laut einer Marktstudie oft die Bewertungskompetenz (Festel/Boutellier 2008). Aber auch die Risikobereitschaft der VC-Investoren ist meist zu gering. Zwischen der reinen Grundlagenforschung und der Vermarktung der Forschungsergebnisse besteht des Weiteren oft eine Lücke, welche durch Start-ups ausgefüllt werden könnte, da diese durch ihrer Flexibilität gerade bei radikalen Innovationen, z. B. im Bereich „Beyond CMOS“, aber auch im „More-than-Moore“-Bereich, eine Vorreiterrolle einnehmen können. Jedoch stellt für viele potenzielle Start-ups die Finanzierung in der Frühphase ein Hemmnis dar. VC-Investoren halten sich in der Frühphasenfinanzierung meist zurück und auch „business angels“ investieren in der Regel nur in bestehende Firmen. Das Geschäftsmodell der „founding angels“ beispielsweise ist in Großbritannien und den USA in vielen jungen Firmen in der Nanotechnologie zu finden und ergänzt die weiteren Geschäftsmodelle. Das Engagement der „founding angels“ erfolgt grundsätzlich ohne jegliche Bezahlung, jedoch gegen eine signifikante Beteiligung am Eigenkapital der neuen Firma als Teil des Gründungsteams (Festel/Boutellier 2008). Generell gilt, dass den Start-ups und KMU ein leichter Zugang zu Kapital geschaffen werden sollte.

#### **Wissenschaftler in die KMU**

Fragen der KMU an die Wissenschaft betreffen zumeist konkrete technische Informationen. Neben dem reinen Technologietransfer könnten Hochschulen und FuE-Einrichtungen auch durch geeignete Kooperationen mit den KMU unterstützend beitragen, z. B. durch das Entsenden von Diplomanden, Doktoranden und Wissenschaftlern zur Mitarbeit an offenen technologischen Fragestellungen in die Unternehmen. Dies könnte durch öffentliche Forschungsprojekte finanziert werden und den KMU somit Personalkosten einsparen. Gleichzeitig könnte dies das

Interesse des Nachwuchses an einer späteren Gründung wecken sowie bestehende Ängste und Vorbehalte abbauen und somit positive Nebeneffekte generieren.

### **KMU international aufstellen**

KMU sollten sich schnell und flexibel auf neue Marktchancen ausrichten. Marktpotenziale, aber auch Kundenbedürfnisse rechtzeitig aufzuspüren, passende Lösungen zu Kundenproblemen und Produktangebote zu entwickeln, die globale Nachfragetrends wie Mobilität, Energie, Gesundheit und Alterung etc. adressieren, ist für die Wettbewerbsfähigkeit wichtig. Die Unternehmen sind gemäß eines IKB-Reports gefordert, eine international führende Rolle in ihrem relevanten Markt zu übernehmen (IKB 2008). In der Region Dresden beispielsweise sind KMU in der Nanoelektronik typischerweise Zulieferer von Ausrüstung für die Fertigung. Bereits in der Vergangenheit haben sich diese international aufstellen und vernetzen müssen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Heute sind sie laut Aussagen eines Interviewten in globalen Märkten aktiv, bedienen einen Weltmarkt und haben sich somit gewissermaßen auch ein Stück weit von regionalen Standortbedingungen und der Großindustrie unabhängig gemacht. Dies kann aber auch eine Gefahr für die Großunternehmen darstellen, die auf Zulieferer KMU angewiesen sind. Ein Vertreter der Großunternehmen weist in einem Interview darauf hin, dass KMU immer stärkere Förderung erfahren, aber die Unterstützung der Großunternehmen letztlich auch die KMU fördere.

### **KMU-Förderung optimieren**

KMU spielen in der Projektförderung eine immer wichtigere Rolle. Die Bundesregierung will ihnen den Zugang zu nanotechnologischen FuE-Ergebnissen erleichtern und die Beteiligung von KMU an nationalen und europäischen Forschungsprogrammen weiter steigern. Eine Reihe an Fördermaßnahmen existiert bereits auf nationaler Ebene (BMBF 2006; Zweck et al. 2008). Mit der Fördermaßnahme „NanoChance“ sollen KMU und Start-ups auf dem Gebiet der Nanotechnologie mit 20 Mio. Euro an Fördermitteln seit 2006 unterstützt werden. Das „Programm zur Förderung der Erhöhung der Innovationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (PRO INNO II) unterstützt KMU bei FuE-Kooperationen mit anderen Unternehmen und Forschungseinrichtungen mit rund 15 Mio. Euro nanotechnologiespezifischen Fördermitteln. Mit dem Programm „Innovative Wachstumsträger“ (INNO-WATT) werden industrielle Forschungsleistungen bei KMU und externe Industrieforschungseinrichtungen in den neuen Bundesländern und Berlin unterstützt (Fördermittel in Höhe von 1,8 Mio. Euro seit 2004). Im Rahmen des Programms „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ (IGF) inklusive des Initiativprogramms „Zukunftstechnologien“ (ZUTECH) werden seit 1995 Projekte mit Bezug zur Nanotechnologie gefördert (rund 3 Mio. Euro). Das Förderprogramm „Existenzgründungen aus der Wissenschaft“ (EXIST) fördert bundesweit anspruchsvolle Projekte zur nachhaltigen Verbesserung der Gründungskultur an Hochschulen und Forschungsein-

richtungen. Mit dem Hightech-Gründerfonds (insgesamt mit 262 Mio. Euro ausgestattet) können neu gegründete Technologieunternehmen Beteiligungskapital bis zu einer Höhe von 500.000 Euro in der ersten Finanzierungsrunde erhalten. Seit 2005 wird im Rahmen des Programms „Power für Gründerinnen“ ein zielgruppen- und genderspezifisches Beratungs- und Qualifizierungsangebot in Form von „Nano-Entrepreneurship-Academies“ entwickelt und erprobt. Auf EU-Ebene wurde im Juni 2008 der „Small Business Act“ für Europa durch die Europäische Kommission angenommen (EC 2008; <http://ec.europa.eu/enterprise/entrepreneurship/>). Dieser zielt u. a. darauf ab, die staatliche Förderung auf die Bedürfnisse des Mittelstandes zuzuschneiden und den Zugang der KMU zur Finanzierung zu verbessern.

Trotz dieser zahlreichen Initiativen wird seitens der KMU nach wie vor der schwierige Zugang zu solchen, sowohl nationalen als auch EU-Fördermitteln durch hohe bürokratische Barrieren benannt (SEMI 2008a). So wird beispielsweise vorgeschlagen, Förderentscheidungen zu beschleunigen und es Start-ups bzw. KMU zu ermöglichen, zunächst kurze Vorhabensvorschläge einzureichen, die nach Zustimmung bereits unter Förderung weiter ausgearbeitet werden, um zudem den Zeitaufwand in Grenzen zu halten (SEMI 2008a). Somit wird angeregt, neben der finanziellen Unterstützung durch den Staat auch die Finanzierungsmodelle weiterhin auf die gegebenen Umstände der KMU anzupassen, wie begrenztes Kapital, Personal, Zeit und Zugang zu wissenschaftlicher, technologischer und Marktinformation. Für Start-ups wären ebenso nachhaltige Finanzierungsmodelle zu entwickeln (Festel/Boutellier 2008).

### **Neuausrichtung der Mittelstandspolitik**

Auch die Neuausrichtung der Mittelstandspolitik insgesamt hinsichtlich einer Internationalisierung und besserer Kooperationen für KMU wird angeregt (TrendsConsulting 2008). Ziel der Mittelstandspolitik ist es insbesondere, die Existenz- und Wettbewerbsfähigkeit der mittelständischen Wirtschaft zu sichern. Zu den Instrumenten gehören u. a. steuer- und wettbewerbsrechtliche Maßnahmen, allgemeine Finanzhilfen des Bundes und der Länder, wie Darlehen und zinsgünstige Kredite oder die Übernahme von Kreditbürgschaften, aber auch Ausbildungs- und Beratungsunterstützung. Weitere zum Teil bereits genannte Maßnahmen sind Projektförderung, Förderung von Existenzgründungen, Technologietransfer, Zuschüsse für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie Förderprogramme auf EU-Ebene.

### **Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie**

Die Workshopteilnehmer betonen die Bedeutung des schnellen und besseren Transfers von Forschungsergebnissen in die Industrie, um diese effizienter in Anwendungen umzusetzen. Hierzu ist eine stärkere Orientierung der Wissenschaft an industriellen Bedürfnissen gefragt. In anwendungsorientierten Lehrstühlen der Hochschulen funktioniert die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft meist schon sehr gut. Lehrstuhlinhaber sind hier mit der Indus-

trie i. d. R. gut vernetzt. Dennoch müssen Universitäten noch intensiveren Austausch mit der Industrie pflegen. Für den Forschungstransfer sind zum einen Transferstellen sehr wichtig. Angewandte Forschungseinrichtungen könnten zudem eine stärkere Bindegliedfunktion einnehmen, beispielsweise über institutsübergreifende Verbünde wie den Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik, welcher die Kompetenzen von mehreren Fraunhofer-Instituten im Bereich der Mikroelektronik bündelt. Derartige Verbünde haben heute jedoch meist kein Budget für solche Transferaktivitäten. Hinsichtlich einer Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Akteuren, könnte für die heute gängigen Modelle wie Forschungstransferstellen, -verbünde, -allianzen, Kompetenznetze oder Cluster das Aufgabenspektrum dahingehend erweitert bzw. hinsichtlich der Aufgaben weiter präzisiert werden. Geeignete Forschungs- oder Kooperationsmodelle könnten gemeinsam mit Wissenschaft und Wirtschaft erarbeitet und öffentlich gefördert werden. Die Schnittstellen, Interessen und möglichen Beiträge der Beteiligten wären in solchen Modellen in der Form zu berücksichtigen, dass jeder Akteur seinen Kernaktivitäten mit möglichst geringem Mehraufwand nachgehen kann und die jeweiligen Partner mit seinen Möglichkeiten unterstützt, sodass jeder profitieren kann (Win-Win-Situation).

#### **Austausch mit der Wissenschaft und Schaffung industrieller Forschungszentren**

Eine sinnvolle und geeignete Aufgabenteilung ist auch für die Wirtschaftspartner von Interesse, welche i. d. R. konkrete Fragestellungen haben und nach gezielten Lösungen suchen. Die Zusammenarbeit mit externen Partnern, welche komplementäres Produkt- und Markt-Know-how, eine neu entwickelte Technologie oder personelle (z. B. Wissenschaftler) und finanzielle Kapazitäten in gemeinsame Vorhaben einbringen, schafft eine gute Basis, um z. B. über eine Ausweitung des Produktangebots die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig zu stärken. Netzwerkbildung und Kooperationen sind deshalb bei der Erschließung neuer Märkte oder bei der Ausweitung des Leistungsspektrums wichtig und können zur Expansion des Unternehmens beitragen und helfen, preislich wettbewerbsfähig anzubieten. Dies gilt insbesondere für KMU (IKB 2008). Großunternehmen müssten nach Ansicht der Workshopteilnehmer wieder stärker dazu angeregt werden, industrielle Forschungszentren aufzubauen. In den vergangenen Jahren sei vor allem in Europa ein Abbau an industrieller Forschungskapazität zu beobachten gewesen. Auch in einem Interview mit einem Vertreter der Großunternehmen wird betont, dass ein Austausch mit der Wissenschaft zwar stattfindet, aber nicht institutionalisiert ist. Auch müsse man gemeinsame Fragestellungen für Kooperationen definieren.

#### **Transnationale Kooperationsmodelle**

Neben dem Bedarf an verbesserten Kooperationsmodellen an sich wird von den Teilnehmern des Workshops auch die Bedeutung transnationaler Kooperationen festgestellt. Ein positives Beispiel für internationale Kooperationen wird in dem Modell der Kooperation zwischen den französischen Carnot-Instituten und den Fraunhofer-

Instituten gesehen. Bisher finden Kooperationen meist nur über Projekte und Forschungsprogramme statt. Dieses Modell könnte nach Vorschlag eines interviewten Experten aufgegriffen werden und mit weiteren FuE-Instituten in für Deutschland strategisch wichtigen Partnerländern, z. B. Frankreich – LETI, Belgien – IMEC, Niederlande – TNO, etabliert werden. Noch weiter gedacht könnten sich mehrere Länder in einem EU-weiten FuE-Kooperationsmodell oder falls strategisch geeignet weltweit miteinander vernetzen und gemeinsame Forschungsziele definieren, welche durch eine geeignete Arbeitsteilung und resultierende Synergieeffekte zu einem schnelleren Transfer in die Industrie führen können. Die Etablierung und Förderung transnationaler, sogenannter „Cross-Border“-Kooperationen werden auch in weiteren Literaturquellen vorgeschlagen (ESIA 2008; Saunier 2008a u. 2008b; TrendsConsulting 2008).

#### **Industrielle Forschung**

Auch die inhaltliche Fokussierung und Konzentration der Forschungskapazitäten auf wirtschaftlich relevante Themengebiete werden seitens der Workshopteilnehmer als zentral benannt. Somit kann insbesondere in dem Bereich „More than Moore“ die Wirtschaft künftig zunehmend neben FuE-Instituten auch für Hochschulen ein Auftraggeber sein. Diese könnten gewissermaßen bei Nachfrage durch die Industrie eine industrielle Wissenschaft betreiben, z. B. in dem immer relevanter werdenden Bereich der Materialwissenschaften, da immer weitere Elemente des Periodensystems für künftige nanoelektronische Bauelemente untersucht werden.

#### **Fokus auf Branchen und Zielsegmente**

Die Europäische Industrie bemüht sich bereits um eine Positionierung in Sektoren mit hoher Wertschöpfung, wie dem Produktdesign, und versucht, sich von der Produktion unabhängig zu machen. Die Entwicklung von Anwendungen im „More-than-Moore“-Bereich stellt für Europa eine Chance dar, falls sich die industrielle Spezialisierung den neuen, schnell entwickelnden Märkten anpasst, die mit solchen Anwendungen zusammenhängen. KMU in der Nanoelektronik tun dies bereits, wie zuvor geschildert. Fast alle erfolgreichen Mittelstandsfirmen richten gemäß der IKB ihr Leistungsportfolio auf bedeutende globale Nachfragetrends hin aus, wie Transport und Mobilität, Gesundheit und Alterung, Information und Bildung, Energieversorgung und Klimaschutz sowie Auf- und Ausbau industrieller Fertigungen (IKB 2008). Für Großunternehmen gilt möglicherweise noch mehr als im „More-Moore“-Bereich auch im „More-than-Moore“-Bereich das Interesse, die Fertigung zu halten (hier die 200-mm-Fabriken), was jedoch kostenaufwendig sein könnte und entsprechende staatlicher Unterstützung bräuchte (Saunier 2008a u. 2008b; SEMI 2008a). Halbleiterunternehmen können hier Nischenmärkte, aber auch neue und breite Anwendungsfelder in der Automobil- und Medizintechnikbranchen etc. erschließen, müssten sich dabei aber konsequent auf Wachstumsmärkte fokussieren bzw. spezialisieren, in welchen beispielsweise auch eine kritische Masse an Unternehmen, insbesondere auch KMU vorliegt. Attraktivität und Erreichbarkeit möglicher

Zielsegmente sollten systematisch und faktenbasiert bewertet werden, wobei es sich um eine Anwendung, ein Produktsegment, um Dienstleistungen oder reine Auftragsfertigung handeln kann. Die Organisation in den Unternehmen, die Fertigung und das Produktspektrum sollten angepasst und optimiert werden. Die Studie von Wyman (2008) zeigt, dass eine gute finanzielle Performance der Unternehmen in direktem Zusammenhang mit einer deutlichen Fokussierung steht. Sie haben mehr Marktverständnis, treffen schnellere Entscheidungen und sind näher am Kunden (TrendsConsulting 2008; Wyman 2008). Ein Experte fasst in einem Interview zusammen, man solle sich durch Cleverness differenzieren und nicht durch Subventionen.

### Leuchttürme und Pionierprogramme

Ebenso wie sich die Wissenschaft auf Nachfragethemen und die Wirtschaft auf Nachfragetrends und Branchen fokussieren sollten, könnte auch die Politik globale Bedürfnisse sowie langfristig und nachhaltig zu adressierende Themen, wie Klimawandel, demografischer Wandel, Energieversorgung, Wasser- und Umwelt, Transport, Gesundheit und Altern, Bildung etc. stärker in den Vordergrund stellen und entsprechend Pionierprogramme zu priorisierten Themen fördern (Electra 2008; Saunier 2008b). Beispielsweise befasst sich das EU-Programm CATRENE mit Leuchtturmprojekten, wie das autonome Auto, Kontrolle des Energieverbrauchs, Verbesserung des Gesundheitssystems etc. (Saunier 2008b). Derartige Projekte und Programme mit großem Anwendungspotenzial könnten eine große Außenwirkung erzeugen und auch auf nationaler Ebene nachhaltige Wachstumsmärkte im „More-than-Moore“-Bereich schaffen. Leitbilder, Leitinnovationen und dgl. sind beispielsweise bereits von Strategien der Fraunhofer-Gesellschaft oder des BMBF bekannt. Die Herausforderung an dieser Stelle wäre die Identifikation von Themen, in welchen die deutsche Mikro- und Nanoelektronik wirtschaftlich erfolgreich werden kann und diese langfristig und konstant zu fördern. Insgesamt, so in einem Interview, müsse man sich erst fragen, welche Probleme zu lösen sind und feststellen, ob und wo Deutschland die Stärke hat, diese anzugehen. Dabei sollte man auf Megathemen setzen wie Energiesparen, Medizin, Mobilität. Als zweites wäre zu fragen, welche Technologien man hierzu benötigt, z. B. welche Chips für Autos, in der Medizintechnik, zum Energiesparen gebraucht werden. Dann sollte die benötigte Technologie und Technologieführerschaft schließlich in Deutschland gefördert und gehalten werden.

### Industriestandards bei FuE

Das Schaffen bzw. Festlegen von Industriestandards wird von den Workshopteilnehmern vorgeschlagen, damit Unternehmen bessere Chancen haben, die Marktführerschaft in entsprechenden Bereichen der Nanoelektronik zu erlangen und die Markteintrittsbarrieren für Marktfolger zu erhöhen. Marktfolger wären somit von einer Monopolstellung des Unternehmens abhängig, welches sich global positionieren könnte. Bei innovativen Anwendungen aus der Grundlagenforschung heraus sind sowohl Wissenschaft als auch Wirtschaft insbesondere im „More-than-

Moore“- und „Beyond-CMOS“-Bereich gefordert. Allerdings wird das Thema der Standardisierung und Normung zum Teil auch als nachteilig betrachtet, da z. B. im „More-Moore“-Bereich globale Konkurrenten innerhalb kurzer Zeit Fertigungslinien der neusten Generation gewissermaßen nach Anleitung aufbauen können. In diesem Rahmen wird beispielsweise auch von Patentverletzungen durch Unternehmen in Fernost berichtet (SEMI 2008a).

### Flexiblere und unbürokratischere Förderrahmen

An die Politik hingegen richtet sich der Bedarf, neben verbesserten Fördermodellen auch an den Lebenszyklus von Unternehmen angepasste unbürokratischere und zeitlich flexiblere Rahmenbedingungen zu schaffen. Ein Hemmnis für potenzielle Start-ups sowie innovative KMU stellen die staatlichen Regulierungen dar, wie aufwendige und langwierige Genehmigungsverfahren, aber auch arbeitsrechtliche Vorschriften, z. B. restriktive Arbeitszeitregelungen (IKB 2008). Bei der Beantragung von Fördermitteln fehlt eine einfachere und zielgerichtete staatliche Förderpolitik, wobei staatliche Fördermaßnahmen besser aufeinander abgestimmt werden sollten und den KMU ein schnellerer Zugang zu Fördermitteln ermöglicht werden sollte (Festel/Boutellier 2008; SEMI 2008a). Förderprogramme beziehen sich z. B. oft auf bereits seit langem definierte Themen und laufen über einen längeren Zeitraum. In dieser Zeit haben sich oftmals die Interessen der KMU bereits geändert oder es wurden andere Lösungen gefunden. Zudem sind KMU im Allgemeinen auf konkrete Produkte und Märkte fokussiert, sodass sie sich kaum mit thematisch allgemein und abstrakt gehalten Ausschreibungen identifizieren können. Diese Bedürfnisse und Umstände der KMU sollten entsprechend berücksichtigt werden. (SEMI 2008a).

### 3.3 Maßnahmen im Bereich „Beyond CMOS“

#### Technologieroadmaps und Techniktransfer

Anwendungspotenziale von neuen Erkenntnissen in der Grundlagenforschung mitdenken und der Wirtschaft gegenüber zu kommunizieren, ist wichtig, wenn es zu einer schnellen Umsetzung in Markterfolge kommen soll. Eine Roadmap der Halbleiterindustrie (ITRS 2001, 2003, 2005 u. 2007) gibt es bereits. Seit 2005 sind unter dem Namen „Beyond CMOS“ auch die heute beforschten Ansätze wie molekulare Elektronik, Spinelektronik, Halbleiterquantenpunkte, Nanoröhren oder Grafen, Transistoren mit berücksichtigt und werden teilweise nach ihren Leistungsmerkmalen bewertet und untereinander in Bezug gesetzt. Jedoch nimmt die Anzahl der Konzepte und verwendeten Materialien stetig zu, weshalb sich die Frage stellt, ob Technologieroadmaps, z. B. im Rahmen der ITRS-Roadmap, oder aber auch ergänzend im Bereich „Beyond CMOS“, erarbeitet werden sollten. Beispielsweise könnte dies helfen, die diversen Forschungsansätze besser zu strukturieren und auf nationaler Ebene festzustellen, in welchen Themen der Nanoelektronik Deutschland gut aufgestellt ist. In diesem Rahmen könnten industrielle Anforderungskriterien erarbeitet und bewertet werden, um aus einer soliden Einschätzung aussichtsreiche Kon-

zepte und Technologiepfade und somit auch wissenschaftlich und technologische Themenfelder der nächsten 10 bis 20 Jahre oder mehr für Deutschland zu identifizieren. Die heutige Halbleiterindustrie orientiert sich maßgeblich an der ITRS-Roadmap, vielleicht könnte sich die Wissenschaft künftig an einem Gegenstück hierzu orientieren, um ihre Forschung zielgerichteter voranzutreiben.

### **Anwendungspotenziale aufgreifen**

Die Wirtschaft ist gefordert, sowohl auf breiter Basis die Identifikation attraktiver nanoelektronischer Zukunftstechnologien zu unterstützen und allgemein auf Trends rechtzeitig zu reagieren (TrendsConsulting 2008) als auch im Konkreten, Anwendungspotenziale rechtzeitig zu erkennen und aufzugreifen. Oftmals sind Unternehmen nur an dem Tagesgeschäft interessiert und denken aufgrund der unterschiedlichen Zeitskalen im Vergleich zur Forschung nicht an potenzielle künftige Anwendungen mit möglicherweise großen Marktpotenzialen oder erkennen diese ganz einfach nicht, da sie ihnen in diesem Moment zu unwirtschaftlich, kaum realisierbar oder zu entfernt von ihrem Kerngeschäft erscheinen. Unternehmen müssten möglicherweise auch hier offener gegenüber neuen und unkonventionellen Ideen werden.

### **Prioritätenplan**

Die Politik könnte ebenso darauf hinarbeiten, strategische Entscheidungen rechtzeitig treffen zu können, um Deutschland auch künftig bei der Besetzung von Vorreitermärkten zu unterstützen. Die Workshopteilnehmer schlagen hier vor, die Fachkompetenz für politische Entscheidungen zu stärken und mehr Technologieexperten in politische Entscheidungen zu integrieren. Auch die Einrichtung einer interdisziplinären Taskforce wird als Handlungsoption angegeben (TrendsConsulting 2008). Möglicherweise könnte in Kombination mit entsprechenden Technologieroadmaps auf politischer Seite ein Prioritätenplan entwickelt werden, welcher auf Basis politischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ziele eine strategische Auswahl bei der Unterstützung konkreter Forschungsthemen und Anwendungsbranchen ermöglicht.

### **Konzentration auf nachhaltige Themen**

Während Weiterentwicklungen im Bereich „More Moore“ u. a. durch eine zunehmende Ausschöpfung des Periodensystems hinsichtlich neuer Materialien und Materialeigenschaften für nanoelektronische Bauteile (z. B. High-k-Materialien) und im Bereich „More than Moore“ durch eine zunehmende Kombination elektronischer Bauteile mit z. B. biotechnologischen Ansätzen (Biochips, Lab on Chip etc.) gekennzeichnet sind, fließen im Bereich „Beyond CMOS“ zudem weitere Technologiefelder ein, um z. B. optische, mechanische oder magnetische Eigenschaften auf der Nanoskala auszunutzen. Die Herausforderung der Wissenschaft besteht auch in dem Erkennen fachübergreifender Anknüpfungspunkte, der Vernetzung mit weiteren Disziplinen und dabei gleichzeitig eine Fokussierung der Fachrichtungen auf höchstem Niveau beizubehalten. Die Konzentration auf Themen-, Aktions- bzw. Technologiefelder in Bereichen wie Mate-

rialwissenschaft, Nanotechnologie, Energietechnik, Biotechnologie, Informations- und Kommunikationstechnologien und deren Schnittstellen in Hinsicht auf Anwenderbranchen wie Automobil und Medizin auf höchstem Niveau wird daher vorgeschlagen (TrendsConsulting 2008). Zentrale Themen könnten beispielsweise im Rahmen von bereits angesprochenen Technologieroadmaps identifiziert und für eine intensive Förderung bewertet werden. Jedoch ist dabei auch die Gefahr der Abkehr von Themen zu bedenken, welche sich in Zukunft gegen die Erwartungen und Experteneinschätzungen als bedeutend herausstellen könnten. Ebenso könnte eine zu starke Konzentration möglichen Anstößen aus unpopulären, unkonventionellen oder Nischenfachrichtungen entgegenwirken, die dann evtl. nicht mehr gefördert würden. Die Herausforderung bestehe in diesem Fall, solche Fachrichtungen nicht fallen zu lassen und in geeigneter Weise in den Fokussierungsprozess zu integrieren.

### **Weltweite Nischenmärkte besetzen**

Start-ups und KMU im Bereich „Beyond CMOS“ könnten durch eine Konzentration, z. B. auf weltweite Nischenmärkte, künftige strategische Wachstumsmärkte besetzen.

### **Auf nachhaltige und globale Themen setzen**

Von der Gesetzgebung in Bezug auf z. B. Umwelt, Gesundheit und Sicherheit ist auch eine künftige Nanoelektronik zunehmend betroffen. Bereits heute wird der Dialog zu Potenzialen und möglichen Gefahren der Nanotechnologie mit der Öffentlichkeit gesucht. Obgleich nanoelektronische Bauelemente lediglich nanoskalige Strukturen aufweisen oder Nanopartikel hierin in einem Festkörper gebunden bzw. eingeschlossen sind, stellt sich dennoch die Frage der Toxizität verwendeter Materialien und der Gefahr für den Menschen, sollten diese bei der Herstellung und Verarbeitung in Bauteilen oder einer späteren Entsorgung der Elektronikprodukte in die Umwelt gelangen. Es wird daher vorgeschlagen, die Akteure der Nanoelektronik entsprechend zu involvieren, toxikologische Studien und Risikobewertung von Nanopartikeln weiterhin zu fördern sowie die Öffentlichkeit aufzuklären (Saunier 2008a u. 2008b, SEMI 2008a). Andererseits gilt es, auch die Potenziale der Nanoelektronik für z. B. die Umwelt, Sicherheit, Energieversorgung und Gesundheit zu erkennen. Der französischen Regierung wurde beispielsweise vorgeschlagen, im Rahmen einer Gesamtstrategie für nachhaltige Technologieentwicklungen eine „grüne Elektronik“ zu fördern (Saunier 2008a u. 2008b).

### **Gründungsförderung und Motivation zur Gründung**

Fast jeder zweite Deutsche würde allein aus Angst vor dem Scheitern kein Unternehmen gründen. In den USA ist es nur jeder fünfte (IKB 2008). Wissenschaft, Wirtschaft und Politik könnten sich beteiligen, um das Gründungsklima in Deutschland in der Nanoelektronik, insbesondere im Bereich „Beyond CMOS“ zu verbessern. Das niedrige Niveau der Gründungstätigkeit im Hightech-Bereich steht nachhaltigen Wachstumsimpulsen im Weg, weshalb das Gründerklima, z. B. durch regelmäßige Un-

ternehmenspraktika für Schüler und Lehrer oder die Vermittlung ökonomischer Zusammenhänge bereits in den Schulen verbessert werden sollte (IKB 2008). Auch ist das gegenwärtige universitäre Umfeld nicht besonders ausgründungsfreundlich (Festel/Boutellier 2008). Deutsche Forscher haben in der Regel große Berührungsangst mit den Themenbereichen Kommerzialisierung und Wirtschaft, weshalb schon in der Ausbildung auf Themen wie Budgeting und Projektcontrolling Wert gelegt werden sollte. In den zu der Fallstudie durchgeführten Interviews wurde betont, dass Universitäten in bzw. neben ihren Lehrplänen auch Gründungs- und Industrialisierungsthemen aufgreifen sollten, jedoch sei eine universitäre Ausgründungen nicht das Hauptziel einer Universität oder wissenschaftlichen Fakultät, weshalb möglicherweise weitere (Forschungs-)Einrichtungen oder KMU selbst mit einbezogen werden könnten, um den Nachwuchs für eine Gründung zu interessieren. Weiterhin kann festgestellt werden, dass es ein Nachteil ist, wenn an den Universitäten nur Grundlagenforschung ohne industriellen Bezug betrieben wird (Festel/Boutellier 2008). Auch im IP-Bereich entstände der Eindruck, dass zur erfolgreichen Kommerzialisierung noch ein Bindeglied fehlt. Die IP-Situation sei demnach verbesserungswürdig, da deutschen Hochschulwissenschaftlern ihr Patent entzogen wird und sie es von der Universität zurückkaufen müssen, wenn sie sich selbstständig machen. Die rechtlichen Möglichkeiten für Universitäten sollten deshalb verbessert werden (Festel/Boutellier 2008).

Die universitäre Ausbildung würde von einer verstärkten Kooperation mit der Wirtschaft profitieren. Während die technologische Kompetenz bei Gründern vorhanden ist, mangelt es ihnen oft am Marktüberblick. Mehr kaufmännische Kompetenz aufseiten der Start-ups ist nötig. Deshalb müssten auch technologieorientierte Gründer selbst offener gegenüber professionellem Management, z. B. seitens KMU oder Gründungsberatern werden (Festel/Boutellier 2008).

Die Start-up-Szene stellt einen wichtigen Faktor bei der Entwicklung der Nanoelektronik dar. Start-ups können Entwicklung in Bereichen vorantreiben, die Großunternehmen wegen deren Vertriebsnetzes und assoziierter Kosten verschlossen sind. Der Vorteil von Start-ups liegt in der schnellen Ideenumsetzung und den kurzen Entwicklungswegen, die Industrie kann nicht alles „in house“ entwickeln. Start-ups brauchen dazu aber ein besser funktionierendes Ökosystem. Unternehmensgründung, -aufbau und -finanzierung müssen einfacher werden. Für Start-ups ist nicht das Gründungskapital, sondern die Anschlussfinanzierung das Problem, weil die Bedürfnisse und Risiken steigen, sobald der „proof of concept“ gelungen ist und ein Hochskalieren mit geldverbrunnenden Marketingplänen erforderlich wird (Festel/Boutellier 2008). Ein Netzwerk könnte die Entwicklung der Start-up-Szene fördern. Zur Förderung einer Start-up-Szene im Bereich Nanotechnologie bzw. Nanoelektronik sind innovative Konzepte und Modelle notwendig, durch welche das Risiko für Gründer kalkulierbarer wird. Solide und gut durchdachte Geschäftsstrategien, frühzeitige Kooperationen mit der Industrie, und ein geschickter Umgang mit Netzwerken seien zu berücksichtigen (Festel/

Boutellier 2008). Auch wäre eine branchenbezogene Förderung der Start-ups und KMU geeignet. Als weitere Förderinstrumente könnten Staatsbürgschaften für Wagniskapital und eine aktive Ansiedlungsförderung der Länder genutzt werden. In Technologieparks könnten die erforderliche Infrastruktur und zentrale Forschungseinrichtungen (z. B. Analytik) zur Verfügung gestellt werden. (Festel/Boutellier 2008). Die zuvor unter dem Punkt Kapital genannten Handlungsoptionen zu Start-ups könnten beispielsweise auch im Rahmen eines Aufbaus und der Förderung einer Start-up-Szene mit berücksichtigt werden.

### **Mehr FuE durch die Industrie**

Während die Großunternehmen hinsichtlich der Investitionsförderung argumentieren, dass mit Herausforderungen bei der Entwicklung neuer Fertigungslinien und der Produktion auch neue FuE-Aufgaben angestoßen und Lösungen erreicht werden (hier insbesondere im „More-Moore“-Bereich), und daher in den Erhalt der Fertigung investiert werden sollte, betonen die Wissenschaftler den Bedarf an FuE-Förderung (hier insbesondere im „Beyond-CMOS“-Bereich), welche daher erhöht werden sollte (Interviews und Workshop). Hier zeigt sich, dass eine ganzheitliche Betrachtung nützlich ist und die Herausforderung in der ausgewogenen Verteilung der Fördermittel besteht, weder einseitig noch zu verstreut. Wenn sich diese Faktoren jedoch gegenseitig bedingen, könnte auch überlegt werden, ob nicht Großunternehmen einen Teil ihrer eigenen FuE-Investitionen für die Wissenschaft verwenden, z. B. in Form von Kooperationen und anderen bereits genannten Instrumenten, oder mehr FuE-Mittel aufwenden und im Gegenzug entsprechende staatliche Unterstützung erhalten. Hierzu könnten evtl. entsprechende Rahmenbedingungen für Unternehmen, d. h. Anreizsysteme, geschaffen werden.

### **Fokussierung der Forschungsförderung**

Europa sollte gemäß den Workshopteilnehmern an seiner Strategie festhalten, durch Innovationen wettbewerbsfähig zu sein, weshalb die Lissabon-Ziele, bis 2010 3 Prozent des BIP für Forschung auszugeben, beibehalten werden sollten. Um einer Deindustrialisierung entgegenzuwirken und eine technologische Spezialisierung in Wachstumsmärkten zu fördern, sollte die Unterstützung durch die öffentliche Hand zielgerichteter erfolgen (Saunier 2008a u. 2008b). Eine Fokussierung auf globale und gemeinsame Ziele und eine konzentrierte Förderung von Themen in Form von großen Programmen mit kritischer Masse an Akteuren und Fördergeldern wird daher vorgeschlagen. Technologieförderprogramme wie ENIAC oder EUREKA (darunter JESSI, MEDEA, MEDEA+, CATRENE), welche zum Teil schon über viele Jahre existieren und eine europaweite Plattform bieten, werden als positive Beispiele genannt. Hierzu sei aber auch mehr Vertrauen der Politik in die Experten nötig, die solche Vorhaben anregen und umsetzen, weshalb diesen mehr Freiheiten und Möglichkeiten an die Hand gegeben werden sollte.

### 3.4 Maßnahmen im „Innovationssystem Nanoelektronik“

#### Nachwuchs begeistern und fördern

Als gravierendes Wachstumshemmnis erweist sich im Unternehmenssektor bereits heute ein Mangel an qualifiziertem Fachpersonal. Im Jahr 2007 blieben 70 000 Ingenieurstellen unbesetzt, was einer Steigerung von fast 50 Prozent im Vergleich zum Vorjahr entspricht. Der wirtschaftliche Wertschöpfungsverlust für 2007 wird auf rund 7 Mrd. Euro geschätzt (IKB 2008). Daher wird vorgeschlagen, bereits bei einer Verbesserung der allgemeinen schulischen Ausbildung anzusetzen und dabei auch das naturwissenschaftliche und technische Denken zu fördern. Um das Interesse des Nachwuchses an Naturwissenschaften und Technik zu fördern, könnten sich Unternehmen selbst, z. B. durch standortbezogenes Engagement, Unterstützung von Schulen und Hochschulen, innovative betriebliche Ausbildungskonzepte und dgl. einbringen (IKB 2008). Für die Mikro- und Nanoelektronik könnte beispielsweise ein nationales Ausbildungskonzept (z. B. auch ein Ausbildungszentrum) etabliert und gefördert werden (Saunier 2008a u. 2008b).

Der Bedarf der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses wird immer wieder betont (SEMI 2008a; TrendsConsulting 2008). Als Maßnahmen werden ein verstärkter Informationsaustausch mit Studenten hinsichtlich ihrer Karrieremöglichkeiten, eine intensivere Kooperation zwischen der Industrie und dem Bildungssektor, um relevante technologische und wissenschaftliche Fragestellungen in den Lehrpläne aufzunehmen, sowie neue und innovative Ausbildungsformen, wie Verknüpfungen zwischen technischer und universitärer Ausbildung, genannt (ESIA 2008; SEMI 2008a). Auch der Vergleich der Exzellenz in Grundlagenforschung, z. B. in Form von Benchmarks, wird angeregt (TrendsConsulting 2008). Weiterhin wird eine Immigrationspolitik vorgeschlagen, um hochbegabtes, ausländisches Fachpersonal und Wissenschaftler aus aller Welt ohne hohe bürokratische Hürden anziehen zu können (SEMI 2008a). Indes wurde bei einem Interview im Raum Dresden von einem Experten erwähnt, dass teilweise sogar das Gewinnen westdeutscher Wissenschaftler für den Standort Dresden eine größere Herausforderung sei, welche oft Vorbehalte hätten, nach Ostdeutschland zu ziehen. Deutschland müsse aber auch insgesamt kulturell offener werden.

#### Wissenschaftler in die Industrie

Neben dem Nachwuchs wird auch das Werben der KMU und besonders der Großunternehmen und Halbleiterhersteller um Doktoranden und Wissenschaftler empfohlen, die zugleich für einen Wissenstransfer von der Hochschule in die Unternehmen sorgen können (Saunier 2008a u. 2008b). Hinsichtlich der Ausbildung von Nachwuchs und Sicherung von Fachkräften ist sicherlich die von Infineon mitgegründete „Dresden Chip Akademie“, die hochqualifizierte Nachwuchskräfte in der Region halten soll, als positive Maßnahme zu nennen.

#### Europäische Vision, Vernetzung und Clusterbildung

Die Entwicklung einer europaweiten Vision für die Industrie wird immer wieder als künftige Herausforderung für die europäische Mikro- und Nanoelektronik genannt. Nur auf europäischer Ebene bei Beteiligung und Vernetzung der Wissenschaft, Wirtschaft und der Politik sowie intensiverer Koordination zwischen der EU und den Mitgliedstaaten können eine gemeinsame Vision, Stimme, Identität und Sichtbarkeit oder Gewicht erreicht werden (SEMI 2008a). Hierzu ist es für Deutschland wichtig, dass sich die deutsche Politik zur Mikro- und Nanoelektronik als strategisch wichtige Querschnittstechnologie bekennt (ESIA 2008), Kooperationen und Gespräche zwischen den Regierungen intensiver und verbindlicher führt und sich sowohl durch Förderung als auch Engagement langfristig einsetzt (Workshopteilnehmer u. SEMI 2008a). Die thematische Überschneidung der Aktivitäten in den Mitgliedstaaten wäre zu identifizieren, um Förderprogramme auf nationaler wie auf transnationaler Ebene anzupassen oder gar stark zu vereinfachen.

Wissenschaftliche Programme und Netzwerke gibt es auf nationaler und EU-Ebene bereits viele. Neben den großen Forschungsprogrammen ENIAC und CATRENE gibt es jedoch keine Plattform, welche die europäische Forschungsszene im Bereich der Nanoelektronik vollständig vernetzt. Auf EU-Ebene könnte daher auf eine derartige Vernetzung unter Einbezug bestehender wissenschaftlicher Cluster der Nanoelektronik sowie angrenzender relevanter Communities (z. B. Nanobiotechnologie, Nanooptik und -photonik) hingearbeitet werden. Auch könnte nicht nur virtuell, sondern auch physikalisch ein gemeinsames europäisches Nanoelektroniktechnologie- bzw. FuE-Zentrum etabliert werden. Die Standorte Dresden, Grenoble oder die Region Leuven/Nijmegen/Eindhoven wären hierfür beispielsweise geeignet. Die Vernetzung der großen europäischen Mikroelektronikstandorte und die Schaffung einer solchen Industriepattform ist eine Herausforderung für die europäische Halbleiterindustrie, insbesondere der großen Standorte bzw. Cluster. Auch könnte diese sich an der Etablierung eines europäischen Technologiezentrums beteiligen.

Der Aufbau eines sichtbaren Nanoelektronikclusters auf EU-Ebene unter Beteiligung aller Akteure, von Wissenschaft (Ausbildungszentren, Hochschulen, FuE-Einrichtungen), Wirtschaft (Start-ups, KMU, Großunternehmen), Transferstellen und Politik wäre eine noch übergeordnete Ebene zu einer reinen Industriepattform oder einem Technologiezentrum und könnte beispielsweise im Rahmen eines in der Entstehung begriffenen EIT erfolgen (Electra 2008). Das European Institute of Innovation and Technology (EIT) ist eine neue Initiative der EU, die zum Aushängeschild der europäischen Innovation werden soll. Die Verbindung von exzellenten Clustern zu europäischen „Wissens- und Innovationsgemeinschaften“ (Knowledge and Innovation Communities, KIC) aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und der Industrie sollen beispielsweise über den Klimawandel, erneuerbare Energien oder die nächste Generation von Informations- und Kommunikationstechnologien forschen ([www.forschungsrahmenprogramm.de/eit.htm](http://www.forschungsrahmenprogramm.de/eit.htm)).

Aber insbesondere auf nationaler Ebene ist zu bedenken, ob nicht ein Nanoelektronikcluster etabliert werden sollte, sodass sich Deutschland, und konkret die Region Dresden als Silicon Saxony, innerhalb Europas als stärkster Standort behaupten kann. Ebenso wie auf der EU-Ebene gilt es hier, Programme zu vereinfachen und zu großen, gemeinsamen Zielen zusammenzuführen, Kooperationen zwischen bestehenden Clustern, z. B. auf einer übergeordneten Plattform, zu verbessern und auf eine Defragmentierung der laufenden Aktivitäten hinzuwirken (SEMI 2008a). Eine nationale Nanoelektronikplattform könnte schließlich auch den Informationsaustausch zwischen den Akteuren des Innovationssystems und die Integration und bessere Vernetzung der KMU und Start-ups ermöglichen. Das Forschungszentrum IMEC in Belgien, welches insbesondere im „More-Moore“-Bereich Grundlagenforschung betreibt, wird beispielsweise als gutes nationales Modell seitens der Workshopteilnehmer und Interviewten genannt. Jedoch wird das IMEC durch außereuropäische Partner finanziert und habe damit nicht verhindert, dass die Technologieentwicklung an die USA ging. Ein derartiges Forschungszentrum solle daher die EU-Interessen berücksichtigen. In einem weiteren Interview wird der Vorschlag gemacht, ein zentrales und langfristiges Thema wie „Beyond CMOS“ in voller Breite zu fördern. Beispielsweise könnte ein nationales Institut oder „Zentrum für Beyond-CMOS-Technologien“ in Deutschland geschaffen werden. Großforschungszentren gebe es bereits, welche fertige Infrastrukturen bereitstellen und die Forschergemeinschaft bündeln können. Keine virtuellen Cluster, sondern ein echtes physikalisches Zentrum solle geschaffen werden, zu dem sich langfristig alle Akteure im Bereich der Nanoelektronik hin orientieren müssten.

### Clusterkooperationen und -management

Im Rahmen von Clustern und Netzwerken wäre an ein systematisches, effizientes und flexibles Clustermanagement zu denken. Bestehende Cluster sollten inhaltlich ausgerichtet (TrendsConsulting 2008) und gegeneinander thematisch abgegrenzt werden. Insbesondere mit Hinblick auf eine EU-weite Vernetzung über bestehende Cluster gibt die Studie „Entwicklung von Kompetenzclustern und -netzen zu internationalen Kompetenzknoten“ des VDI (2008) Handlungsempfehlungen, die von Strategiebildungs- und Positionsbestimmungsprozessen der Cluster und Akteure über die Sicherstellung des Zugangs zu komplementärem Wissen und Technologien, strategische Brückenbildung durch ausländische Standorte, Partner und Repräsentanz bis hin zur Sicherstellung von Humankapital, Finanzierung und Marketing reichen (VDI 2008).

### Förderung der Kooperation entlang der Kette

Die Entwicklung bzw. Vernetzung und Ausrichtung bestehender Cluster, neue Festlegung der Aufgaben in einer Arbeitsteilung sowie die Beteiligung und Integration aller Akteure entlang der Wertschöpfungskette mit Fragen der KMU-Vernetzung könnte gefördert und unterstützt werden (ESIA 2008; SEMI 2008a; TrendsConsulting 2008).

Insgesamt wird dabei geraten, nicht noch weitere Cluster zu etablieren, sondern vielmehr bestehende übergeordnet zusammenzuführen („Defragmentierung“). Die Großunternehmen sollten sich dabei konsequent entlang der gesamten Wertschöpfungskette bis in Organisationsstrukturen und Prozesse hinein spezialisieren (Wyman 2008). Bei Allianzen besteht die Herausforderung, komplementäre und ergänzende Kerngeschäfte gemeinsam auszurichten.

### Synergien nutzen und Arbeit teilen

Auch in Antwort auf eine unzureichende Nutzung von Synergiepotenzialen werden Arbeitsteilung, Kooperation und räumliche Konzentration genannt. So zeigt sich heute, dass u. a. durch nationale und internationale mehrfache Förderung gleicher oder ähnlicher Themenstellungen wertvolle wissenschaftliche Arbeit mehrfach durchgeführt wird. Ganz besonders in Forschungslabors wird oft an Fragestellungen gleichzeitig gearbeitet, ohne festgestellt zu haben, ob die Studien in anderen Labors sich hierzu ergänzen oder identisch sind (Saunier 2008a u. 2008b). Für die Forschung gilt es, Synergiepotenziale bei FuE besser auszuschöpfen bzw. besser zu nutzen und Doppelarbeiten zu vermeiden, indem sich über gemeinsame oder ergänzende Themen und Fragestellungen verständigt wird und die Kooperation zwischen Labors, welche an derselben Aufgabe arbeiten, zu verstärken. Dies gilt auch für die Arbeit von öffentlichen und industriellen FuE-Einrichtungen, die sich z. B. Labors gemeinsam teilen könnten (Saunier 2008a u. 2008b). Synergieeffekte gilt es laut eines interviewten Experten auch EU-weit auszuschöpfen. Man sollte daher versuchen eine europäische Arbeitsteilung zu finden, weshalb hier auch die Politik auf EU-Ebene stärker kooperieren und kommunizieren sollte. Das IMEC könne sich beispielsweise auf künftige Technologieknoten konzentrieren und Dresden auf energieeffiziente Fabrikation.

### IPR-Verwertung schützen

Im Zusammenhang mit der Kooperation und gemeinsamen Arbeit an Forschungsthemen stellt sich die Frage der Verwertung gemeinschaftlich gewonnener Erkenntnisse. Um Kooperationen nachhaltig zu ermöglichen, sollten geeignete Regelungen zwischen den forschenden Gruppen gefunden werden. Allerdings wird dies ungleich komplexer, wenn auf nationaler Ebene, transnational oder gar europaweit in einem Nanoelektronikcluster gemeinsam gearbeitet werden sollte. Die Frage der IPR-Verwertung stellt beispielsweise für ein künftiges EIT eine große Herausforderung dar. Ein besserer Schutz vor Patentverletzungen gegenüber Dritten (SEMI 2008a) sowie Regelungen im Umgang mit gemeinsam erlangtem geistigen Eigentum sind daher noch offene Punkte, in welche auf nationaler und EU-Ebene auch Patentämter und -anwälte involviert sein sollten.

Tabelle 30 zeigt eine zusammenfassende Übersicht zentraler Blockaden und möglicher Maßnahmen bzw. Handlungsoptionen für Wissenschaft, Wirtschaft und Politik.

Tabelle 30

**Akteurspezifische Maßnahmen und Handlungsoptionen**

| <b>Blockaden</b>                 | <b>akteurspezifische Maßnahmen und Handlungsoptionen</b> |  |  |
|----------------------------------|--|--|--|
|                                  | <b>Wissenschaft</b>                                      | <b>Wirtschaft</b>  | <b>Politik</b>   |
| More Moore (MM)                  |  |  |  |
| hohe Kosten                      |  | – Investoren finden<br>– Kosten teilen<br>– Allianzen bilden     | – Währungsausgleich<br>– Beteiligung des Staats<br>– Steuernachteile ausgleichen |
| geringe Investitionsförderung    | – flexible Projektmodelle                                | – PPP-Modelle  | – branchenspezifische Förderung<br>– neue Fördermodelle                          |
| fehlende Strategie               | – strategische FuE-Kapazitäten                           | – Geschäftsmodelle   | – Industriepolitik   |
| Infrastruktur                    |  |  | – Ansiedlungsstrategie   |
| More than Moore (MtM)            |  |  |  |
| unzureichendes Kapital           | – Wissenschaft in KMU                                    | – Investoren für KMU<br>– internationales Aufstellen             | – Fördermodelle optimieren<br>– Mittelstandspolitik                              |
| fehlende Kooperation             | – Forschungstransfer<br>– Forschungsmodelle              | – Austausch mit Wissenschaft<br>– industrielle Forschungszentren | – Kooperationsmodelle optimieren<br>– transnationale Modelle                     |
| fehlender Fokus                  | – industrielle Forschung                                 | – Fokus auf Zielsegmente   | – Leuchttürme (globaler Bedarf)  |
| fehlende Marktbesetzung          | – FuE-Industriestandort                                  | – KMU-Integration  | – flexibler Förderrahmen   |
| Beyond CMOS                      |  |  |  |
| mangelnde Umsetzung              | – Technologieroadmap                                     | – Anwendungen aufgreifen   | – Prioritätenplan (Taskforce)  |
| fehlende Konzentration           | – Themenkonzentration                                    | – Nischenmärkte  | – globale Themen und Dialog  |
| unzureichende Gründung           | – Gründungsmotivation                                    | – Gründungsinformation   | – Gründerförderung<br>– Start-up-Szene   |
| ungezielte FuE-Förderung         | – Themen bewerten  | – mehr FuE durch Industrie                                       | – mehr FuE-Förderung<br>– fokussierte Förderung                                  |
| Innovationssystem Nanoelektronik |  |  |  |
| Personalmangel und Bürokratie    | – Nachwuchs motivieren                                   | – Wissenschaftler in die Industrie                               | – Förderung und Integration<br>– Benchmark der Exzellenz                         |

n o c h Tabelle 30

| Blockaden  | akteursspezifische Maßnahmen und Handlungsoptionen   |  |   |
|--|--|--|---|
|  | Wissenschaft   | Wirtschaft   | Politik   |
| n o c h Innovationssystem Nanoelektronik         |  |  |   |
| fehlende Visionen                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vernetzung der Wissenschaft</li> <li>– Clustermanagement</li> <li>– Clusterkooperationen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– EU-Standorte vernetzen</li> <li>– Alliancen ausrichten</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Nanoelektronikcluster (EU)</li> <li>– Technologiezentrum (DE)</li> <li>– langfristige Unterstützung</li> </ul> |
| fehlende Synergien und Umsetzung der Kette       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Themenaufteilung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Laborteilung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Arbeitsteilung fördern (EU)</li> <li>– Förderung der Kette</li> <li>– Defragmentierung</li> </ul>              |
| fehlende IPR-Verwertung und fehlender IPR-Schutz |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– IPR-Verwertung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– IPR-Schutz/-Verwertung</li> </ul>  |

Quelle: eigene Darstellung

**V. Fallstudie Windenergie**

**1. Technologiebeschreibung**

Die Windenergie gehört zu den erneuerbaren Energien (EE), welche zunehmend an die Seite traditioneller, fossiler Energiequellen (Öl, Gas, Kohle, Kernenergie) für die Stromerzeugung treten. Windkraftanlagen nutzen hierbei die kinetische Leistung des Windes, die in eine Drehbewegung eines Rotors umgewandelt wird. Der Rotor treibt wiederum einen Generator zur Stromerzeugung an (Held 2007). Man unterscheidet neben technischen Spezifika, wie der Anordnung der Drehachse und der Anzahl der Rotorblätter, insbesondere zwischen Onshore- und Offshoreanlagen (Prognos et al. 2007). Onshoreanlagen werden an Land gebaut und gehören zum klassischen Feld der Windkraftanlagen. Offshoreanlagen befinden sich hingegen im Meer. Bei ihnen handelt es sich im Gegensatz zu Onshoreanlagen um eine neuere und noch nicht so weit fortgeschrittene und breit erschlossene technologische Entwicklung.

Diese beiden Anwendungsfelder an Land (onshore) und auf See (offshore) befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien und weisen verschiedene Entwicklungspfade auf, was die Fallstudie Windenergie besonders interessant macht. Die zentralen Charakteristika der Windkraft werden im Folgenden kurz skizziert.

Die deutsche Windkraftbranche hat seit den 1980er Jahren eine sehr positive Entwicklung durchlaufen und sich zu einem weltweiten Vorreitermarkt entwickelt (Prognos et al. 2007; Walz 2007). Das Förderinstrumentarium, welches diesen Prozess wesentlich geformt hat (u. a. 100-MW-/250-MW-Wind-Programm, StromEG, Energie-

einspeisegesetz [EEG], Testfeld Alpha Ventus), wird insgesamt als positiv beurteilt und vielfach gewürdigt. Wie sich Deutschland künftig entwickelt, wird vor dem Hintergrund aktueller Herausforderungen (u. a. der Erschließung der Offshorepotenziale, Internationalisierung, Repowering, Stromeinspeisung und -speicherung) derzeit noch als unsicher angesehen. Es besteht insbesondere die Befürchtung, dass Deutschland im Bereich der Offshorewindenergie seine Onshoreposition als Weltmarktführer nicht replizieren können wird.

Bereits seit den 1980er Jahren und insbesondere seit den frühen 1990er Jahren haben sich die Technologieentwicklung und die Marktdurchdringung deutlich beschleunigt. Somit befindet sich die Windkraft, insbesondere in Bezug auf Onshoreanlagen, hinsichtlich des Reifegrads bereits im Wachstum. Dennoch handelt es sich nach wie vor um eine vergleichsweise junge, dynamische Technologie, deren Potenziale noch nicht voll erschlossen sind, wodurch sie auch weiterhin sehr forschungsintensiv sein wird (Prognos et al. 2007). Das Anwendungsfeld der Offshorewindenergie ist hinsichtlich des Reifegrads beispielsweise erst im Entstehen. Aufgrund des bereits erreichten Reifegrads können rückblickend in einer Ex-post-Betrachtung Schlüsse zu Blockaden neuer Technologien und möglichen Einflussbereichen aus der Entwicklung der Onshorewindenergie der letzten Jahre gezogen werden. Diese können dann unmittelbar an sich abzeichnenden Tendenzen in neuen Anwendungsfeldern wie der Offshorewindenergie gespiegelt werden. Die Analyse lässt sich somit um Ex-ante-Aspekte sinnvoll ergänzen. Auch handelt es sich bei der Windenergie um eine unmittelbar an einen bestimmten Markt gekoppelte Anwendungstechnologie. Dennoch besteht auch hier Weiterentwicklungsges-

und Diversifizierungspotenzial in unterschiedlichen Anwendungsbereichen.

Die Windenergie ist im Hinblick auf die Fragestellung „Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien“ insofern besonders aufschlussreich, da sie sowohl Eigenschaften eines positiven, als auch eines ambivalenten Falls, einer Ex-post- sowie Ex-ante-Betrachtung miteinander vereint. Es handelt sich um eine Technologie, bei der eine erfolgreiche Umsetzung der technologischen Potenziale in eine breite Marktdiffusion und einen großen Markterfolg gelungen ist, wie im Fall der Onshorewindanlagen. Allerdings besteht auch die Gefahr, dass Deutschland seine Vorreiterrolle nicht aufrechterhalten kann und im Zuge neuer Anforderungen und Diversifizierungspotenziale neu definieren muss, insbesondere bei Offshorewindanlagen.

Neben dieser generellen Einordnung sind einige zusätzliche Spezifika der Fallstudie Windenergie zu beachten. Bei der Windenergie handelt es sich um eine ökologische sowie eine Infrastrukturinnovation. Weiterhin stellt die Bereitstellung des Stromnetzes ein natürliches Monopol mit einer oligopolistischen Marktstruktur dar, das in Deutschland in den Händen von etablierten Energieerzeugern liegt, was den Marktzugang neuer netzgekoppelter Technologien erschwert. In dieser Konstellation liegt ein sogenanntes „dreifaches Marktversagen“ vor, welches öffentliche Eingriffe bis in die Phase der Marktentwicklung rechtfertigt. Neben der Forschungsförderung, die sich aus externen Effekten der FuE und der sich hieraus ergebenden Unterversorgung mit neuem Wissen ergibt, bewirken Innovationen im Bereich der Umwelttechnologien aufgrund ihrer umweltentlastenden Wirkung auch in der Phase der Diffusion positive externe Effekte, was politische Eingriffe rechtfertigt, die die Verbreitung der Technologie am Markt fördern („double regulatory challenge“). Die Gewährleistung des Netzzugangs stellt zudem einen dritten Bereich der Regulierung dar („triple regulatory challenge“) (Walz 2007). Ferner handelt es sich bei der Windenergie auch um einen stark regulierten Markt, was die Flächennutzung sowie Anforderungsspezifika an die Anlagen betrifft. Diese Besonderheiten sind bei der Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit der identifizierten „Blockaden“ und der Einflussmöglichkeiten auf andere Sektoren bzw. Technikfelder zu berücksichtigen.

Deutschland und die Europäische Union streben an, im Bereich der erneuerbaren Energien einen Vorreitermarkt aufzubauen. In der von der Europäischen Kommission Ende 2007 veröffentlichten Mitteilung zur „Leitmarktinitiative für Europa“ spielen erneuerbare Energien, darunter die Windenergie, als eine von sechs ausgewählten Märkten eine zentrale Rolle ([http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/site/de/com/2007/com2007\\_0860de01.pdf](http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/site/de/com/2007/com2007_0860de01.pdf)). Diese Märkte werden von der Kommission als aufstrebende Märkte mit dem Potenzial, sich zu Leitmärkten zu entwickeln, bezeichnet. Sie sollen dementsprechend im Rahmen von Aktionsplänen auf koordinierte Weise gefördert werden. Dabei handelt es sich um hochinnovative Marktbereiche, welche der Kundennachfrage gerecht werden, bei denen Europa über eine solide technologische und industrielle Basis verfügt, und mehr als andere Märkte da-

rauf angewiesen sind, dass durch öffentliche Maßnahmen günstige Rahmenbedingungen geschaffen werden. Ferner kommt der Windenergie zur Erreichung der klimapolitischen Ziele der Bundesregierung und der EU eine zentrale Rolle zu. Das BMBF hält in seiner Hightech-Strategie hierzu fest: „Die Offshorewindenergie zeigt eine weitere energiepolitische Perspektive auf: Bis zum Jahr 2030 sollen entsprechend der Offshorestrategie der Bundesregierung Windparks mit einer installierten Leistung von 20 000 bis 25 000 MW in der deutschen Nord- und Ostsee errichtet werden und hierdurch einen Innovationschub in der gesamten maritimen Wirtschaft auslösen.“ ([www.hightech-strategie.de/de/232.php](http://www.hightech-strategie.de/de/232.php))

### 1.1 Innovationssystem Windkraft

Im Folgenden werden zunächst das deutsche „Innovationssystem Windkraft“ skizziert sowie zentrale Kennzahlen zur Marktentwicklung und -positionierung der Windenergie dargelegt.

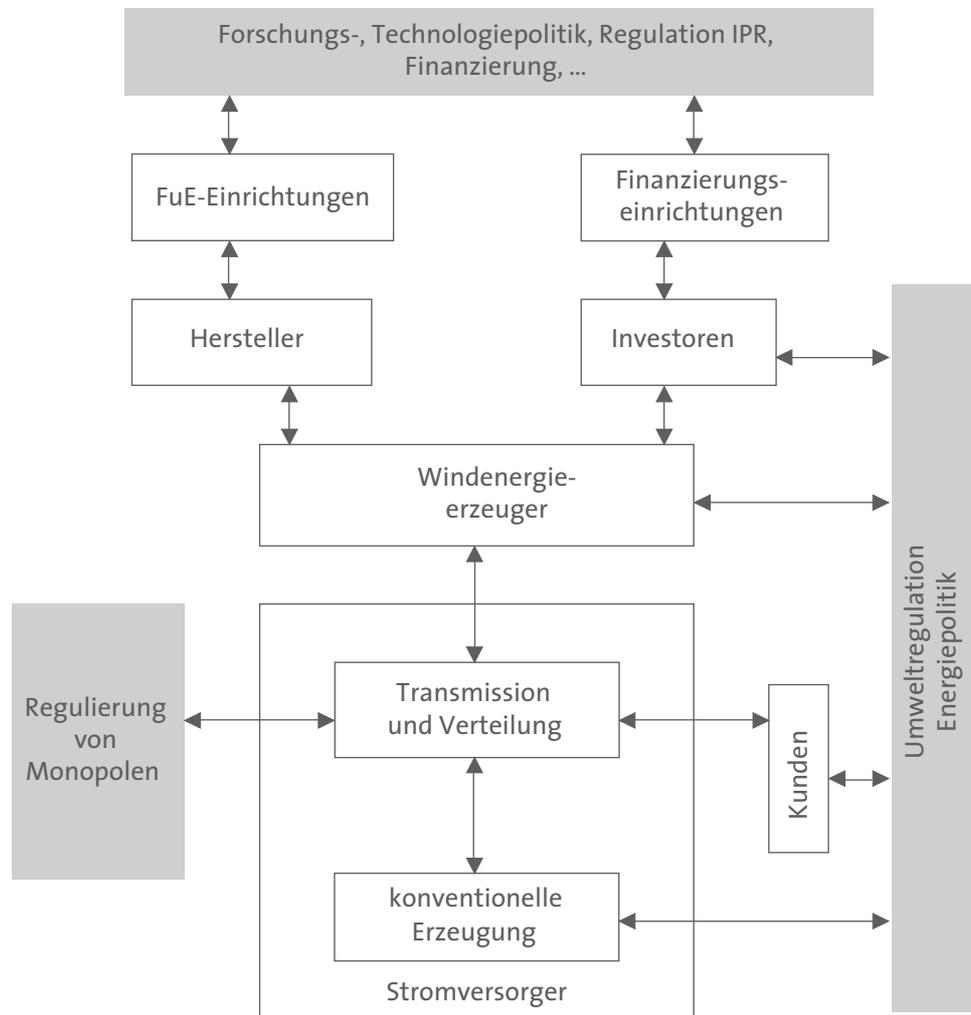
Seit den Anfängen der Technologieentwicklung in den späten 1970er und den 1980er Jahren hat sich in Deutschland ein eigenständiges „Innovationssystem Windkraft“ ausgebildet, welches in Abbildung 9 skizziert ist. Die Windenergie als neue Technologie der Stromerzeugung traf auf ein etabliertes „Energiesystem“ klassischer, fossiler Energieträger. Die konventionellen Energieversorgungsunternehmen (EVU) nehmen auch im neu entstandenen „Innovationssystem Windkraft“ eine zentrale Position bzw. eine „Doppelfunktion“ ein. Sie stellen durch ihre konventionellen Kraftwerke sowie mit zunehmendem Interesse an erneuerbaren Energien direkte Konkurrenten für die neu eingetretenen Windkraftproduzenten dar und spielen zugleich eine entscheidende Rolle als Betreiber der Netzinfrastruktur, welche den erzeugten Strom in die Versorgungsnetze einspeisen („Transmission und Verteilung“). Letzteres gilt als natürliches Monopol, das in Deutschland allerdings in der Hand der traditionellen oligopolistischen EVU liegt (Walz 2007).

Zu den neu eingetretenen Akteuren gehören die Hersteller der Windkraftanlagen und ihrer Komponenten. Dies waren zu Beginn überwiegend kleine Pioniere, welche sich teilweise zu Weltmarktführern entwickelt haben. Mittlerweile haben auch etablierte EVU den Markt diversifiziert. Zu den heute noch führenden Herstellern der „ersten Stunde“ gehören der Windanlagenhersteller Enercon, die deutschen Niederlassungen von GE Wind (vormals Taake), REpower (nun im Besitz der indischen Unternehmensgruppe Suzlon) und Nordex (Walz 2007). Eine weitere Stärkung erfuhr der Innovationsstandort Deutschland durch die Akquisition des dänischen Unternehmens Bonus durch Siemens im Jahr 2004. Trotz vereinzelter Konsolidierungsprozesse ist die Neugründungsdynamik weiterhin hoch. Zu nennen sind beispielsweise neue Akteure im Bereich der Offshorewindenergie, wie die Unternehmen BARD Engineering GmbH und Multibrid GmbH.

Da die Windkraft im Wesentlichen auf traditionellen deutschen technologischen Stärken aufbaut (u. a. Maschinenbau, Bauingenieurwesen und Physik), wurde ihre Entwicklung durch eine sehr leistungsfähige Forschungs-

Abbildung 9

**Das „Innovationssystem Windkraft“**



Quelle: Walz 2007

landschaft begünstigt. Zu den FuE-Einrichtungen zählen sowohl Hochschulen als auch außeruniversitäre Forschungseinrichtungen wie z. B. Fraunhofer-Institute, Max-Planck-Institute oder Forschungseinrichtungen der Helmholtz- und Leibniz-Gesellschaft. Laut einer Studie gibt es derzeit in Deutschland 62 Hochschulen mit insgesamt 166 Instituten, welche im Bereich der Windenergie als Forscher oder Ausbilder direkt oder indirekt aktiv sind (IWR 2008). Diese Vielzahl an involvierten Instituten lässt sich auf den stark interdisziplinären Charakter der Windenergieforschung zurückführen. Beteiligt sind Forscher und Entwickler der Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik, Luft- und Raumfahrttechnik, Bauingenieurwesen, Physik und Energiewirtschaft (IWR 2008). Insofern sind die meisten der genannten Einrichtungen nur am Rande an der Windenergie beteiligt. Ein dezidiert Lehrstuhl für Windenergie wurde erst im Jahr 2004 gegründet, der Stiftungslehrstuhl Windenergie (SWE) an

der Universität Stuttgart, der einzigartig in Deutschland ist. Daneben haben sich einige Studiengänge mit Schwerpunkten im Bereich „Erneuerbare Energien“ etabliert (Für einen Überblick zum Studienangebot siehe [www.studium-erneuerbare-energien.de/](http://www.studium-erneuerbare-energien.de/)). Im Bereich der außeruniversitären Wissenschaftseinrichtungen ist vor allem die Fraunhofer-Gesellschaft zu nennen. Erst Anfang 2009 wurden die Forschungsaktivitäten der Fraunhofer-Gesellschaft im Bereich der Windkraftforschung mit der Gründung des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), das aus dem Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT) und dem Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) gebildet wurde, neu ausgerichtet. Hiermit sollen zentrale Kompetenzen gebündelt werden (ISET 2009).

Die räumliche Aufteilung der Akteure ist analog zur Disziplinenvielfalt stark ausdifferenziert. Aufgrund ihrer inhaltlichen Schwerpunktsetzung wurden vier Schwer-

punktregionen identifiziert (IWR 2008), die sich in Nord, Süd, Ost und West aufteilen lassen. Im Norden sind rund 80 der identifizierten Forschungsstandorte vertreten mit Schwerpunkten in den Bereichen Offshorewindenergie, Windphysik und Aerodynamik. Die südliche Region umfasst etwa 40 Standorte mit den Schwerpunkten Komponententechnik und Anlageneinbindung/Netzintegration. Die östliche Region umfasst Berlin, Brandenburg und Sachsen mit etwa 21 Forschungsstandorten, eine inhaltliche Schwerpunktsetzung ist nicht bekannt. Im Westen liegen mit etwa 60 Standorten die Kernkompetenzen in den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Energiewirtschaft (IWR 2008).

Weiterhin besteht eine ausdifferenzierte Verbandsstruktur, welche die Interessen der Industrieakteure vertritt. Hierzu gehören der Bundesverband Windenergie e.V. (BWE; [www.wind-energie.de/de/verband/10-jahre-bwe/](http://www.wind-energie.de/de/verband/10-jahre-bwe/)), der Wirtschaftsverband Windkraftwerke e.V. (WVW), die Fördergesellschaft Windenergie e.V. (FGW) sowie der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA). Die Ursprünge der Windkraftverbände lassen sich auf die 1970er Jahre zurückführen und die heute bestehenden Verbände haben sich Mitte der 1990er Jahre formiert.

Weitere Akteure des Innovationssystems sind Investoren. Der Kreis der Investoren setzt sich aus den Eigentümern des Grund und Bodens, auf dem die Anlage errichtet ist, zusammen, d. h. den Betreibern der Windkraftanlagen sowie den Kapitalinvestoren, in der Regel Privatinvestoren, Banken (Windenergiefonds) und in einigen Fällen Stromversorgungsunternehmen (Walz 2007).

Ferner ist die Politik an der Formierung und Entwicklung des Innovationssystems Wind wesentlich beteiligt. Sie ist die zentrale Triebkraft hinter der Entwicklung und Diffusion der Windenergie in Deutschland. Insbesondere das

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) spielt eine Schlüsselrolle. Abbildung 9 zeigt dies anhand der öffentlichen Aufgaben, die aufgrund des dreifachen Marktversagens zu erfüllen sind (FuE-Politik, Energie-/Umweltpolitik sowie die Regulierung von Monopolen).

Daneben sind auch Umweltorganisationen und Zertifizierungseinrichtungen am Innovationssystem beteiligt. Auch auf internationaler Ebene gibt es vermehrt länderübergreifende Projekte und Institutionen, wie die Internationale Energie-Agentur Wind (IEA) und die „European Academy of Wind Energy“ (EAWE).

## 1.2 Entwicklung und Stand der Windenergie

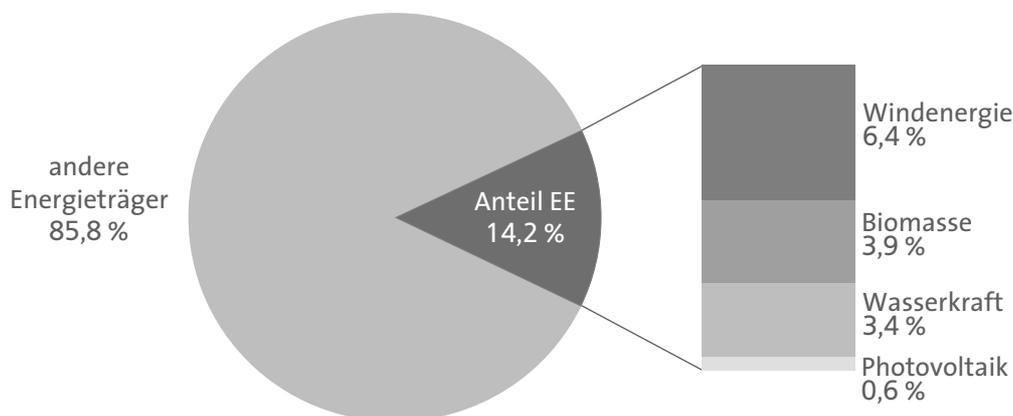
Im Folgenden werden der Beitrag der Windenergie zur Stromerzeugung in Deutschland, die Entwicklung der Windenergie in Deutschland und der EU-15, die Marktpositionierung und -attraktivität Deutschlands im weltweiten Vergleich, die Wettbewerbsposition deutscher Unternehmen, ihre technologische Leistungsfähigkeit sowie die aktuelle FuE-Förderung beschrieben.

### Beitrag der Windenergie zur Stromerzeugung in Deutschland

Die wesentlichen Energielieferanten in Deutschland sind fossiler Art. Es handelt sich hierbei in absteigender Reihenfolge nach ihrem Beitrag zur Energieversorgung um Mineralöle, Erdgas, Steinkohle, Kernenergie und Braunkohle. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch in Deutschland betrug im Jahr 2007 14,2 Prozent. Hiervon lieferte die Windenergie mit 6,4 Prozent den größten Anteil, gefolgt von Biomasse (3,9 Prozent), Wasserkraft (3,4 Prozent) und Photovoltaik (0,6 Prozent) (BMU 2007) (Abbildung 10).

Abbildung 10

### Anteile erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch in Deutschland (2007)



Quelle: BMU 2008

### Entwicklung der Windenergie in Deutschland und der EU

Der Beitrag der erneuerbaren Energien zur Bruttostromerzeugung unterliegt seit Anfang der 1990er Jahre einer dynamischen Entwicklung mit hohen Wachstumsraten.

Ausgehend von einem sehr geringen Anteil an der Stromversorgung von 3,4 Prozent im Jahr 1990 stieg er auf 14,2 Prozent im Jahr 2007 an. Dies entspricht einer Vervielfachung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromversorgung. Gemäß den Zielen der Bundesregierung soll er sich bis 2020 nochmals mehr als verdoppeln auf 30 Prozent (BMU 2008).

Die treibende Kraft hinter dieser dynamischen Entwicklung ist die Windenergie. Sie stieg von einem Ausgangsniveau von 143 Gigawattstunden (GWh) im Jahresdurchschnitt 1990/1991 auf knapp 29.000 GWh in den Jahren 2005/2006 an. Dies entspricht einem Anteilszuwachs an erneuerbaren Energiequellen von vormals 1 Prozent auf etwa 45 Prozent (Tabelle 31). Auch in den EU-15-Ländern insgesamt ist der Anteil der Windenergie an erneuerbaren Energien von 0 Prozent in den Jahren 1990 und 1991 auf 18 Prozent im Jahresdurchschnitt 2005/2006 gestiegen.

Innerhalb der EU-15-Länder ist Deutschland der bedeutendste Produzent von Strom aus Windenergie und lieferte im Jahr 2006 39 Prozent des in den EU-15 aus Windenergie erzeugten Stroms, gefolgt von Spanien mit 29 Prozent (Tabelle 32). Die anderen europäischen Länder folgen mit deutlichem Abstand. Das in der Windenergie-technik und -nutzung ehemals führende Land Dänemark belegt Platz 3 mit einem Anteil von 6 Prozent an der EU-15-weiten Stromerzeugung aus Windenergie.

In den Tabellen 31 und 32 wurde weiterhin zwischen Windkraft aus Onshore- und Offshoreanlagen unterschieden. Dies verdeutlicht eine weitere wesentliche Entwicklung: Während Offshorewindenergie in den 1990er Jahren noch kaum eine Rolle spielte, hat sich ihr absolutes Volumen in den EU-15-Ländern bis 2005/2006 deutlich erhöht. Im Jahresdurchschnitt 2005/2006 beträgt der Anteil des aus Offshoreanlagen gewonnenen Stroms bereits 2,4 Prozent des gesamten aus der Windkraft gewonnenen Stroms. Dies heißt aber auch, dass der Onshorebereich weiterhin dominiert. Deutschland hat an dieser Entwicklung im Offshoremarkt allerdings zunächst nicht partizipiert. Der Bau des ersten Offshorewindparks in Deutschland, „Alpha Ventus“ ([www.alpha-ventus.de/](http://www.alpha-ventus.de/)), begann erst im Jahr 2008, während in anderen europäischen Ländern, wie Dänemark, Großbritannien oder Niederlande, bereits früher Initiativen gestartet wurden. Dänemark ist im Bereich Offshore erneut in Führung mit einem Anteil von fast 70 Prozent, gefolgt von Großbritannien mit knapp 22 Prozent. Wie auch die gesetzten Ziele der deutschen Hightech-Initiative zeigen, erwartet man sich von der Offshorewindenergie aus heutiger Sicht das größte künftige Wachstumspotenzial. Es wurde in der Vergangenheit bereits die Befürchtung formuliert, dass Deutschland den Anschluss bei der Entwicklung des Offshoremarkts verlieren könnte (KPMG 2007).

Dieser Anstieg der Nutzung regenerativer Energiequellen für die Stromerzeugung hat ferner zu einem stetigen Wachstum der Beschäftigten beigetragen. Nach Einschätzungen einer Studie des Umweltbundesamtes waren im Jahr 2004 160 500 Personen und im Jahr 2007 bereits 249 300 Personen im Bereich der erneuerbaren Energien beschäftigt, was einem Wachstum von 55 Prozent in nur drei Jahren entspricht. Auf den Bereich der Windenergie entfallen hiervon allein im Jahr 2007 etwa 34 Prozent der Beschäftigten mit einem ebenfalls sehr dynamischen Anstieg von 32 Prozent im Zeitraum 2004 bis 2007 (Beschäftigte 2004: 63 900; 2007: 84 300) (BMU 2008).

### Marktpositionierung und -attraktivität Deutschlands im weltweiten Vergleich

Weltweit waren die Pioniermärkte für Windkraftanlagen Anfang der 1990er Jahre die USA, hier insbesondere Kalifornien, mit einer installierten Gesamtleistung von 1 500 Megawatt (MW) und Dänemark mit 340 MW im Jahr 1990. In Deutschland waren zu diesem Zeitpunkt nur etwa 60 MW Windkraftleistung installiert. Die Niederlande folgte auf Rang 4 mit etwa 50 MW (IWR 2008). In den folgenden Jahren haben sich die Weltmarktanteile deutlich verschoben. Im Jahr 2000 hat sich Deutschland mit einer installierten Gesamtleistung von über 6 000 MW weltweit zum zentralen Leitmarkt entwickelt. Die USA (rd. 2 500 MW), Dänemark (rd. 2 400 MW) und Spanien (rd. 2 300 MW) folgten mit deutlichem Abstand. Die an fünfter Stelle liegende Nation war 2000 bereits Indien (rd. 1 200 MW). Auch 2007 ist Deutschland mit einer installierten Leistung von 22 200 MW nach wie vor weltweit führend, gefolgt von den USA (16 800 MW) und Spanien (8 000 MW). Zudem haben asiatische Märkte verstärkt investiert, hierunter insbesondere Indien (8 000 MW) und China (6 000 MW) (IWR 2008). Allerdings ist die Zahl der Neuinstallationen in Deutschland seit 2006 rückläufig. Mit 1 667 MW neu installierter Leistung hat sich die Zahl erstmals um 25 Prozent verringert. Weltweit hat der Markt der Neuinstallationen hingegen um 31 Prozent hinzugewonnen. Deutschlands Anteil an der weltweit neu installierten Kapazität hat sich analog von 14,9 Prozent (2006) auf 8,5 Prozent (2007) verringert. 2003 betrug der weltweite Anteil Deutschlands noch 33 Prozent (Molly 2008). Somit liegt Deutschland im weltweiten Vergleich bei der Neuinstallation im Jahr 2007 nach den USA (5 244 MW), Spanien (3 522 MW), China (3 449 MW) und Indien (1 730 MW) an fünfter Stelle (VDMA 2008). Es wird angenommen, dass sich diese regionale Verteilung künftig nochmals grundlegend ändern wird und prognostiziert, dass im Jahr 2020 etwa ein Drittel des Markts in Europa, ein weiteres knappes Drittel in Amerika und bereits 23 Prozent in Asien liegen werden (IWR 2008).

Im Zuge dessen werden sich für deutsche bzw. europäische Unternehmen in Zukunft die Absatz- und Herstellermärkte zunehmend weiter auseinander bewegen (IWR 2008). Dies hat auch Auswirkungen auf die Wettbewerbsbedingungen bzw. die Herausforderungen an deutsche Unternehmen. Daher erfolgt im folgenden Abschnitt eine Betrachtung der Wettbewerbsposition deutscher Unternehmen bzw. ihrer Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Kontext.

Tabelle 31

**Gegenüberstellung der Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland  
und der EU-15 (in GWh)**

|                              | Deutschland       |                   |                    | EU-15              |                    |                      |
|------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
|                              | 1990/1991         | 2005/2006         | 2020*              | 1990/1991          | 2005/2006          | 2020*                |
| Wind onshore                 | 143<br>(1 %)      | 28.970<br>(45 %)  | 55.850<br>(33 %)   | 930<br>(0 %)       | 73.988<br>(18 %)   | 272.497<br>(27 %)    |
| Wind offshore                | 0<br>(0 %)        | 0<br>(0 %)        | 33.401<br>(19 %)   | 7<br>(0 %)         | 1.839<br>(0 %)     | 116.194<br>(11 %)    |
| Biogas                       | 530<br>(3 %)      | 5.432<br>(8 %)    | 15.642<br>(9 %)    | 1.331<br>(0 %)     | 13.983<br>(3 %)    | 70.940<br>(7 %)      |
| Biomasse (fest)              | 196<br>(1 %)      | 5.583<br>(9 %)    | 26.729<br>(16 %)   | 10.558<br>(4 %)    | 39.896<br>(10 %)   | 149.693<br>(15 %)    |
| Biomüll                      | 1.303<br>(7 %)    | 3.319<br>(5 %)    | 5.587<br>(3 %)     | 2.836<br>(1 %)     | 12.255<br>(3 %)    | 29.642<br>(3 %)      |
| Großwasserkraft              | 10.854<br>(62 %)  | 11.779<br>(18 %)  | 13.592<br>(8 %)    | 242.616<br>(84 %)  | 232.258<br>(55 %)  | 285.701<br>(28 %)    |
| Kleinwasserkraft             | 4.356<br>(25 %)   | 7.978<br>(12 %)   | 9.563<br>(6 %)     | 26.459<br>(9 %)    | 36.221<br>(9 %)    | 54.025<br>(5 %)      |
| Photovoltaik                 | 1<br>(0 %)        | 1.751<br>(3 %)    | 11.150<br>(7 %)    | 6<br>(0 %)         | 1.974<br>(0 %)     | 19.800<br>(2 %)      |
| Solarthermie                 | 0<br>(0 %)        | 0<br>(0 %)        | 0<br>(0 %)         | 0<br>(0 %)         | 0<br>(0 %)         | 13.531<br>(1 %)      |
| Geothermie                   | 0<br>(0 %)        | 0<br>(0 %)        | 0<br>(0 %)         | 3.206<br>(1 %)     | 5.544<br>(1 %)     | 7.727<br>(1 %)       |
| Wellen- und<br>Gezeitenkraft | 0<br>(0 %)        | 0<br>(0 %)        | 0<br>(0 %)         | 571<br>(0 %)       | 527<br>(0 %)       | 6.128<br>(1 %)       |
| EE in Summe                  | 17.383<br>(100 %) | 64.812<br>(100 %) | 171.513<br>(100 %) | 288.520<br>(100 %) | 418.485<br>(100 %) | 1.025.879<br>(100 %) |

Quelle: eigene Berechnungen (Stand 2009)

Tabelle 32

**Anteil Deutschlands an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien an den EU-15-Ländern  
(2006, in Prozent)**

|                           | AT   | BE  | DE   | DK   | ES   | FI   | FR    | GR  | IE  | IT   | LU  | NL   | PT  | SE   | GB   | EU-15 |
|---------------------------|------|-----|------|------|------|------|-------|-----|-----|------|-----|------|-----|------|------|-------|
| Wind onshore              | 2,2  | 0,5 | 38,6 | 6,1  | 28,9 | 0,2  | 2,7   | 2,1 | 1,9 | 3,7  | 0,1 | 3,4  | 3,7 | 1,2  | 4,8  | 100,0 |
| Wind offshore             | –    | –   | –    | 69,6 | –    | –    | –     | –   | 4,1 | –    | –   | 2,2  | –   | 2,3  | 21,9 | 100,0 |
| Biogas                    | 0,5  | 1,9 | 41,3 | 1,9  | 4,5  | 0,2  | 3,4   | 0,8 | 0,8 | 9,0  | 0,2 | 2,4  | 0,2 | 0,3  | 32,8 | 100,0 |
| Biomasse (fest)           | 6,1  | 3,3 | 15,5 | 4,1  | 3,7  | 25,0 | 3,4   | 0,0 | 0,0 | 5,5  | 0,0 | 4,4  | 3,3 | 17,8 | 7,9  | 100,0 |
| Biomüll                   | 1,8  | 2,5 | 27,8 | 11,5 | 9,6  | 1,8  | 11,8  | 0,0 | 0,0 | 10,4 | 0,2 | 10,1 | 2,3 | 2,8  | 7,5  | 100,0 |
| Großwasserkraft           | 14,2 | 0,1 | 5,1  | 0,0  | 9,2  | 4,5  | 20,9  | 2,3 | 0,3 | 12,4 | 0,0 | 0,0  | 4,4 | 24,8 | 1,8  | 100,0 |
| Kleinwasserkraft          | 10,2 | 0,6 | 21,8 | 0,1  | 10,9 | 2,5  | 17,4  | 1,1 | 0,3 | 21,5 | 0,3 | 0,0  | 2,9 | 9,3  | 1,3  | 100,0 |
| Photovoltaik              | 0,6  | 0,1 | 89,0 | 0,1  | 5,0  | 0,1  | 0,9   | 0,0 | 0,0 | 1,4  | 0,8 | 1,4  | 0,2 | 0,0  | 0,3  | 100,0 |
| Solarthermie              | –    | –   | –    | –    | –    | –    | –     | –   | –   | –    | –   | –    | –   | –    | –    | –     |
| Geothermie                | 0,1  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,4   | 0,0 | 0,0 | 97,1 | 0,0 | 0,0  | 1,5 | 0,0  | 0,0  | 100,0 |
| Wellen- und Gezeitenkraft | –    | –   | –    | –    | –    | –    | 100,0 | –   | –   | –    | –   | –    | –   | –    | –    | 100,0 |
| EE in Summe               | 9,7  | 0,6 | 16,0 | 2,2  | 12,1 | 5,2  | 14,3  | 1,8 | 0,6 | 11,7 | 0,1 | 1,5  | 3,8 | 16,4 | 4,2  | 100,0 |

Quelle: eigene Berechnungen (Stand 2009)

### Wettbewerbsposition deutscher Unternehmen

Obwohl US-amerikanische und dänische Hersteller bereits früher die Potenziale der Windkraft kommerziell nutzten, haben sich deutsche Unternehmen sehr zügig an die weltweite Spitze vorgearbeitet. Deutsche Hersteller von Anlagen und Komponenten zählen mittlerweile zu den weltweiten Marktführern. Insbesondere das Pionierunternehmen Enercon rangiert mit einem Weltmarktanteil von 14 Prozent im Jahr 2005 unter den Top-5-Unternehmen weltweit (Prognos et al. 2007) (Tabelle 34).

Tabelle 33 bietet einen Überblick über zentrale Daten zur deutschen Wertschöpfung in der Windenergie sowie den aus Exporten erzielten Umsätzen. Gemäß dieser Zahlen ist der Anteil der deutschen Wertschöpfung im Inland seit dem Jahr 2006 rückläufig (2006: 1 322 Mio. Euro; 2007: 1 035 Mio. Euro, was einem Rückgang von 22 Prozent entspricht). Weltweit konnten deutsche Hersteller von Windkraftanlagen bzw. Komponenten allerdings kontinuierlich zulegen (Anstieg der deutschen Wertschöpfung weltweit 2006/2007: 21 Prozent). Analog stiegen die Ex-

portumsätze deutscher Unternehmen seit 2004 stark an. Der Exportanteil der deutschen Wertschöpfung von 83 Prozent im Jahr 2007 belegt die hohe und steigende Exportorientierung der Branche. Mit dem zunehmenden Einstieg neuer Akteure und der rasanten Nachfrageentwicklung in anderen Ländern ist der Anteil der deutschen Wertschöpfung an den globalen Umsätzen allerdings rückläufig.

Eine Betrachtung auf Unternehmensebene, wie sie in Tabelle 34 durch die Zusammenstellung der weltweiten Top-5-Hersteller der Jahre 1996 und 2005 erfolgt, demonstriert, von welcher Dynamik der Markt derzeit noch gekennzeichnet ist. Die Technik für die Anlagen und Komponenten kommt auch heute noch zu nennenswerten Anteilen aus Deutschland oder aus Dänemark. Dennoch gilt: Waren 1996 noch primär dänische Unternehmen marktführend, sind viele dieser früheren „global player“ mittlerweile entweder vom Markt verdrängt oder von großen Unternehmen übernommen worden. Diese Darstellung macht deutlich, wie schnell Länder bzw. Firmen „international an Boden verlieren können“. Von den im Jahr

Tabelle 33

**Zentrale Kennziffern zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen  
im Bereich Windenergie (WE)**

|   | deutsche Wertschöpfung |       |       |       |       | Wachstum (in %) |               |               |               |
|---|------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
|   | 2003                   | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2003/<br>2004   | 2004/<br>2005 | 2005/<br>2006 | 2006/<br>2007 |
| deutsche Wertschöpfung der WE weltweit (in Mio. Euro)   | 3.799                  | 3.146 | 4.026 | 5.065 | 6.134 | -17             | 28            | 26            | 21            |
| deutsche Wertschöpfung der WE in Deutschland (in Mio. Euro)   | 1.613                  | 1.300 | 1.159 | 1.332 | 1.035 | -19             | -11           | 15            | -22           |
| Anteil der deutschen WE-Wertschöpfung am globalen Umsatz (in %)   | 59,5                   | 50,1  | 37,8  | 32,9  | 27,7  | –               | –             | –             | –             |
| Exportumsatz der WE (in Mio. Euro)  | 2.187                  | 1.847 | 2.867 | 3.733 | 5.100 | -16             | 55            | 30            | 37            |
| Exportanteil der dt. WE-Wertschöpfung (in %)  | 57,6                   | 58,7  | 71,2  | 73,7  | 83,1  | –               | –             | –             | –             |
| gesamte dt. Windbranche (inkl. Industrie, Installation, Infrastruktur, Service, Betrieb) (in Mio. Euro) | 4.786                  | 4.408 | 5.352 | 6.659 | 7.602 | -8              | 21            | 24            | 14            |

Quelle: Molly 2008

Tabelle 34

**Marktanteile der Top-5-Hersteller von Windkraftanlagen weltweit im Vergleich 1996 zu 2005**

| Unternehmen                           | inst. Leistung (in MW) | Marktanteil (in ca. %) | Beschäftigte | Umsätze (ca. Mio. Euro) |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------|-------------------------|
| <b>TOP-5-Hersteller weltweit 2005</b> |                        |                        |              |                         |
| Vestas (DNK)                          | 3.186                  | 28                     | ca. 10.600   | 3.580                   |
| GE Wind (USA)                         | 2.025                  | 18                     | ca. 1.700    | 2.000                   |
| Enercon (DEU)                         | 1.640                  | 14                     | ca. 8.000    | 1.500                   |
| Gamesa (ESP)                          | 1.474                  | 13                     | ca. 8.200    | 1.750                   |
| Suzlon (IND)                          | 700                    | 6                      | ca. 1.500    | 700                     |
| <b>TOP-5-Hersteller weltweit 1996</b> |                        |                        |              |                         |
| Vestas (DNK)                          | 310                    | 24                     | 1.200        | 257                     |
| Enercon (DEU)                         | 153                    | 12                     | 900          | 144                     |
| Micon (DNK)                           | 134                    | 10                     | 249          | 102                     |
| Bonus (DNK)                           | 117                    | 9                      | 230          | 98                      |
| Nordtank (DNK)                        | 110                    | 9                      | 225          | 97                      |

Quelle: Prognos et al. 2007

1996 führenden Unternehmen rangieren im Jahr 2005 nur noch der dänische Hersteller Vestas und das deutsche Unternehmen Enercon unter den Top-5-Unternehmen weltweit. Unterdessen haben einerseits große etablierte Unternehmen primär via Übernahmen in den Markt investiert (z. B. General Electrics mit GE Wind), andererseits treten kontinuierlich neue Akteure, insbesondere aus neuen Märkten wie Indien, in den Markt ein. Beide Entwicklungen, Konsolidierung sowie Neugründungen, verlaufen derzeit laut Aussage der Interviewpartner parallel.

Wie bereits dargestellt, ist Deutschland erst mit Verzug in den Offshoremarkt eingestiegen. Im Bereich Offshoreanlagen waren 2007 vor allem dänische Unternehmen, hierunter Vestas und Siemens (über die Akquisition des dänischen Unternehmens Bonus) aktiv (KPMG 2007).

Deutsche Unternehmen wie Enercon sind nicht in den Offshoremarkt eingestiegen. REpower ist an dem 2008 lancierten ersten deutschen Offshorewindpark beteiligt, gemeinsam mit dem im Jahr 2000 gegründeten Unternehmen Multibrid GmbH. Unternehmen wie Multibrid GmbH und BARD Engineering GmbH sind Beispiele für zwei neu eingetretene Unternehmen in Deutschland, die sich explizit auf den Offshoremarkt konzentrieren.

Vor dem Hintergrund der anhaltenden Dynamik unterliegen die Weltmarktanteile laufenden Verschiebungen. Die Niederlande ist ein Beispiel für ein Land mit führenden Forschungsinstituten, welches in den 1990er Jahren allerdings den technologischen Anschluss und somit seine industrielle Basis verloren hat (IWR 2008). Somit ist der aktuelle Status der deutschen Windenergie nicht automatisch dauerhaft gesichert. Vielmehr gilt es, bestehende Stärken weiter auszubauen und existierende Blockaden bzw. Standortschwächen abzubauen.

Zentrale Herausforderungen der Zukunft sind ein Rückgang der inländischen Neuinstallationen, eine steigende weltweite Konkurrenz sowie die Internationalisierung der Branche, verbunden mit einer zunehmenden Entkopplung von Forschungs- und Produktionsstätten und dem jeweili-

gen Absatzmarkt (IWR 2008). Fragen wie z. B. effiziente Logistikketten gewinnen daher an Bedeutung.

**Zukünftige Marktpotenziale: Technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands**

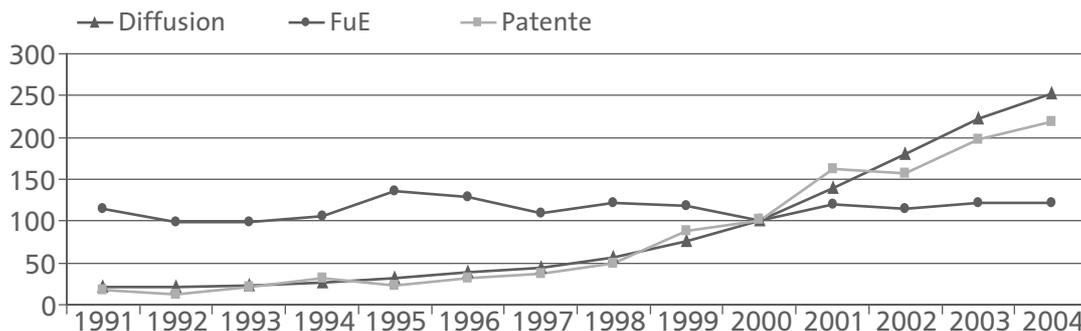
Ein bedeutender (Früh-)Indikator für die künftige technologische Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen stellt das Patentaufkommen deutscher Forscher und Entwickler im Bereich der Windenergie dar. Abbildung 11 bietet einen zusammenfassenden Überblick über die Entwicklung der Windenergie in Deutschland anhand der zentralen Kennzahlen Diffusion, Patenterteilungen und FuE-Ausgaben.

Da bekannt ist, dass sich neue technologische Lösungen in der Regel mit einem Zeitverzug von zwei bis drei Jahren in neue Produkte umsetzen, ist dies ein relativ robuster Indikator für die künftige Wettbewerbsposition. Gleichzeitig verdeutlicht die Gegenüberstellung in Abbildung 11 die Bedeutung des Gleichlaufs der Verläufe von Patentzahlen und der Diffusion bzw. eines kontinuierlichen Ausbaus der technologischen Basis für die künftige Wettbewerbsfähigkeit. Die erhobenen Patentdaten zeigen bis zum Jahr 2004 mit Ausnahme eines Einbruchs im Jahr 2000 einen stabilen Wachstumsverlauf auf. Allerdings sind hier nur Analysen bis einschließlich 2004 verfügbar. Zahlen am aktuellen Rand liegen auch aufgrund von Verzögerungen in der Erfassung in den relevanten Datenbanken derzeit nicht vor. Die Zahlen sind somit im Hinblick auf die Beurteilung der (mittel- bis langfristigen) künftigen Wettbewerbsposition nur bedingt aussagekräftig.

Auch in der Studie „INS-Basisuntersuchung zur Identifikation zukünftiger Standardisierungsthemen – Innovationen mit Normen und Standards“ des Fraunhofer ISI (Blind/Goluchowicz 2008), zeigt sich bei einer Analyse der Spezialisierung und des Wachstums Deutschlands bei Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt, dass die Patentklasse „Kraft- und Arbeitsmaschinen sowie Wind-, Feder- oder Gewichtskraftmaschinen“ zu den dynamischen Feldern gehört (Blind/Goluchowicz 2008). Dem-

Abbildung 11

**Entwicklung der Windenergie anhand der Kennzahlen Diffusion, FuE-Ausgaben und Patente**



Quelle: eigene Darstellung

nach handelt es sich hierbei um ein auffallend dynamisches bzw. schnell wachsendes Feld, das in Deutschland eine im internationalen Vergleich überdurchschnittlich hohe Spezialisierung aufweist. Die Analyse zeigt weiterhin, dass dies in den Jahren 1999 bis 2004 zum überwiegenden Teil auf das Patentaufkommen im Bereich Windkraftmaschinen zurückzuführen ist. Ebenso zeigen aktuelle Untersuchungen, dass Deutschland weltweit das höchste Patentvolumen im Bereich Windkraftanlagen aufweist. Der ermittelte relative Patentanteil Deutschlands liegt bei Windkraftanlagen ungefähr bei Faktor 4, was bedeutet, dass Deutschland über viermal so viele Patente verfügt wie das Land mit dem zweitgrößten Anteil – und damit über eine unangefochtene Spitzenposition. Die Studie „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ (UBA/BMU 2007) bestätigt diese Ergebnisse.

Weiterhin bestimmt die Forschungsförderung wesentlich die künftige technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands. Diese wird im Folgenden beschrieben.

### Forschungsförderung

Seit dem Großforschungsprojekt GROWIAN und somit bereits seit den 1970er Jahren wird die Windenergie in Deutschland kontinuierlich gefördert. Aufgrund der erwarteten positiven ökologischen Effekte der Windenergie geht ihre Förderung primär vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) aus. Daneben bietet sich den Forschungseinrichtungen und Unternehmen grundsätzlich auch die Möglichkeit der Teilnahme an Ausschreibungen des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Letztere wenden sich zumeist an KMU im Allgemeinen und sind technologieunspezifisch (für einen Überblick siehe [www.fk-wind.de/fk-wind/foerderprogramme.html](http://www.fk-wind.de/fk-wind/foerderprogramme.html)). Allein im Jahr 2008 hat das BMU 170 neue Forschungsprojekte zu erneuerbaren Energien mit einem Gesamtvolumen von 150 Mio. Euro bewilligt. Damit stieg das Fördervolumen nochmals im Vergleich zum Jahr 2007 (102 Mio. Euro) (BMU 2008). Die Förderung der Windenergie nimmt hierbei einen großen Bestandteil ein. Von dem Budget aus dem Jahr 2007 gingen etwa 34 Prozent (34,7 Mio. Euro) in die Windenergieforschung, womit sich das Fördervolumen zum Vorjahr nochmals mehr als verdoppelte. Allerdings kam es inhaltlich zu einer deutlichen Neuausrichtung. Mit der Inbetriebnahme der Forschungsplattform Fino 2 in der Ostsee, dem Beginn des Baus der Forschungsplattform Fino 3 in der Nordsee und dem Start des Offshoretestfelds werden die Forschungsschwerpunkte des BMU primär auf den Ausbau der Windenergie im Offshorebereich gesetzt (BMU 2007).

Auch in der EU werden seit 2006 verstärkt Initiativen lanciert, einen europaweit gemeinsamen energiepolitischen Ansatz zu verfolgen. Die Basis hierfür ist das im Jahr 2006 von der Europäischen Kommission veröffentlichte Grünbuch „Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie“ sowie der darauf aufbauende „Strategieplan für Energietechnologien“ (IWR 2008). Ferner wurde eine „Technologieplattform

Windenergie“ (TPWind; [www.windplatform.eu](http://www.windplatform.eu)) mit dem europäischen Windenergienetzwerk („European Wind Energy Association EWEA“; [www.ewea.org](http://www.ewea.org)) als zentrale Forschungsplattform ins Leben gerufen. Auch im Rahmen der Forschungsrahmenprogramme der Europäischen Kommission werden Windenergieprojekte gefördert. Ein Beispiel ist das geförderte Projekt „UpWind“ ([www.upwind.eu/default.aspx](http://www.upwind.eu/default.aspx)) im Rahmen des 6. Rahmenprogramms sowie Initiativen im 7. Rahmenprogramm ([ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/energy/docs/energy\\_research\\_fp7\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/energy/docs/energy_research_fp7_en.pdf)).

Deutschland und die Europäische Union haben den Anspruch, einen Vorreitermarkt im Bereich der erneuerbaren Energien, inklusive der Windenergie, zu entwickeln bzw. aufrechtzuerhalten. Dies ist vor dem Hintergrund der zunehmenden internationalen Konkurrenz, insbesondere aus sich schnell entwickelnden Ländern, wie Indien oder China, mit einer hohen inländischen Energienachfrage, des späten Einstiegs Deutschlands in den Offshoremarkt und weiterer technologischer, industrieller und systemischer Anforderungen ein hoher Anspruch.

Insofern ist die Analyse der Blockaden bzw. Innovationshemmnisse unmittelbar handlungsrelevant. Denn die Ausführungen haben deutlich gemacht, wie schnell ein führende Länder (z. B. Dänemark) sowie die dort ansässigen Unternehmen „international an Boden verlieren können“.

## 2. Blockaden

Die nachfolgenden Ausführungen basieren zum Großteil auf den Ergebnissen des in Kapitel III.3 angesprochenen Workshops, der im Januar 2009 im Deutschen Bundestag durchgeführt wurde.

### 2.1 Blockaden in der Forschung und Entwicklung

Die Blockaden der Windenergie im FuE-Bereich liegen schwerpunktmäßig in den Bereichen der Wissensfaktoren und institutionelle Faktoren. In Anlehnung an Tabelle 3 werden die zentralen Hemmnisfaktoren nachfolgend näher ausgeführt.

#### Unzureichende Ausschöpfung der Innovationspotenziale (FuE-Strategien, Förderung)

Bislang fehlt eine Innovationspolitik aus einem Guss. Die Ausrichtung der Forschungsstrategie ist bislang insbesondere getrieben durch die Vergabe von Zuwendungen sowie Projektanträge einzelner Unternehmen und Forschungseinrichtungen, ohne ein einheitliches Gesamtkonzept, was eine systemische Herangehensweise erschwert (Prognos et al. 2007). Somit fehlen bislang die Definition einer einheitlichen nationalen Forschungsstrategie und die Übersetzung der formulierten Globalziele (z. B. zum künftigen Anteil der erneuerbaren Energien) in ein definiertes, stimmiges Gesamtforschungsprogramm, das die gesamte Wertschöpfungskette umfasst. Die Förderung ist bislang sehr stark anwendungsorientiert, was zu kurzfristigen Erfolgen in der Umsetzung geführt hat, die langfris-

tige Entwicklung allerdings in einigen Gebieten hemmt (Prognos et al. 2007).

Die Ursachen hierfür sind vielfältig. Zum einen wird die Windenergie primär durch das BMU gefördert (derzeit mit Fokus auf Offshore). Hierdurch werden weitere Ausbaupotenziale an Land sowie langfristige Industrieentwicklungspotenziale vernachlässigt. Was laut Einschätzung der Teilnehmer fehlt, ist die Ausweitung der FuE- und Unternehmensförderung auf die gesamte Wertschöpfungskette, indem andere Ministerien (u. a. BMBF, BMWI, BMZ) stärker einbezogen werden, sowie eine koordinierte, landesweite und akteursübergreifende (integrierende) Forschungsstrategie. So ist beispielsweise die Bedeutung des Maschinenbaus für die Windenergie hoch. Diese Potenziale werden jedoch durch die aktuelle Förderpolitik unzureichend systematisch ausgeschöpft.

Zum anderen trägt die föderale Struktur der Ausbildungs- und Forschungslandschaft in Deutschland (u. a. Hochschulen in der Zuständigkeit der Länder) zu einer großen Heterogenität der Forschungslandschaft bei (IWR 2008). Dadurch kommt es zu mangelnden Abstimmungsprozessen, zu „Lücken“ in der Fortentwicklung des Innovationsystems Windkraft sowie teilweise zu Überlappungen in den Schwerpunktsetzungen und Zuständigkeiten und häufig zu erheblichen Themen- sowie Ministerienrivalitäten zwischen Fördergebern auf Bundes- und Länderebenen. Diese Heterogenität wurde zudem durch die Art der Forschungsförderung, die in den frühen Jahren auf Vielfalt (u. a. Betreiber-, Typen- und Standortvielfalt) setzte, weiterhin forciert, da eine derartige Vielfalt in den Anfängen einer Technologieförderung oftmals und sinnvoll förderlich für die technologische Weiterentwicklung sein kann. Diese „Vielfaltförderung“ sollte nun aber in ein Gesamtkonzept bzw. eine Gesamtstrategie übergeleitet werden (TAB 2006).

Die heterogene Forschungslandschaft in Deutschland (z. B. im Vergleich zu Dänemark, Holland, Spanien), erschwert zusammen mit der hohen Interdisziplinarität der Windenergieforschung eine effektive und effiziente Arbeitsteilung bei der Technologieentwicklung. Erschwerend kommt die heterogene räumliche Verteilung der Windenergieforschung in Deutschland hinzu. Akteure in unterschiedlichen Forschungsbereichen sind über das ganze Bundesgebiet gestreut (IWR 2008). Eine systemische Herangehensweise sowie komplementäre auf Synergien ausgerichtete FuE-Schwerpunktsetzungen sind daher oftmals kaum möglich. Systembetrachtungen werden daher oft verdrängt zugunsten von Detailfragen und oftmals fehlt es an einer adäquaten Vorausschau sowie einem ganzheitlichen FuE-Ansatz. Laut IWR (2008) und der Evaluierung des 4. Energieforschungsprogramms EE (Prognos et al. 2007) fehlt ein Forschungszentrum oder -institut mit „nationaler Bündelungs- und internationaler Ausstrahlungskraft“, wie dies in anderen führenden Ländern der Fall ist (vgl. „RISØ National Laboratory/DTU“ in Dänemark oder das „Energy Research Centre of the Netherlands“ [ECN] in den Niederlanden). Es existiert keine „echte“ Forschungslandschaft Windenergie, wie dies z. B. im Bereich der Solarforschung der Fall ist (Pro-

gnos et al. 2007). In jüngster Zeit sind allerdings bereits einige Konsolidierungsbestrebungen zu beobachten. Hierzu gehören die Bildung von Netzwerken (wie z. B. CEwind und ForWind) sowie die Zusammenlegung der Aktivitäten der Fraunhofer-Gesellschaft in der Windkraft in das zentrale Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), das 2009 gegründet wurde.

Laut Einschätzung der Teilnehmer wurden bzw. werden neue Themen auf der Forschungsagenda daher unzureichend berücksichtigt bzw. zu spät aufgegriffen. Hierzu gehören u. a. Fragen der Systemintegration, Regelung und Speicherung (u. a. mithilfe geeigneter Speichertechnologien) ebenso wie Fragen zur Lebensdauer und Zuverlässigkeit, langfristigen Wettbewerbsfähigkeit der Windenergie gegenüber konventionellen Energien sowie Strömungsanalysen in komplexen Fällen (z. B. Waldgebiet, Windpotenziale bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen). Auch die Bereitschaft und Fähigkeit zum „Querdenken“ bzw. zum Lernen aus anderen Bereichen ist zu gering ausgeprägt. Mögliche sich hieraus ergebende Synergiepotenziale werden daher bislang unzureichend erschlossen.

Auch werden bei der Technologieförderung klein- und mittelständische Unternehmen (KMU) in den Forschungsprogrammen oft unzureichend berücksichtigt oder die Bürokratie ist so erschwert, dass sich die hohen Transaktionskosten bei der Antragstellung und Dokumentation auf die Beteiligung von KMU negativ auswirken.

#### **Mangel an qualifiziertem Personal (in Unternehmen und auf dem Arbeitsmarkt)**

Was die Verfügbarkeit spezialisierten Fachpersonals betrifft, bestand ein Kernproblem darin, dass die speziellen fachlichen Anforderungen der Windenergie als stark interdisziplinär geprägte Branche kaum durch die bestehenden Ausbildungsangebote der Hochschulen gedeckt wurden (IWR 2008). Die traditionellen Studiengänge in den Kernbereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Bauingenieurwesen behandelten den Bereich der Windenergie nur am Rande. Klemisch/Bühler (2006) stellen hierzu fest, dass es sich bei der Windenergie zwar um einen sehr stark geförderten Bereich handelt, dies sich aber vorrangig auf die Forschungs- und Technikförderung und ökonomische Anreize (Einspeisevergütung) konzentriert hat. Eine systematische Förderung der Humanressourcen für diesen Bereich fiel dagegen stark ab. Vielfach haben die Unternehmen auf „training on the job“, d. h. unternehmensinterne Ausbildungsprogramme, gesetzt, was aber mit zunehmender Diffusion und Systematisierung nicht mehr ausreicht (Klemisch/Bühler 2006). Erst im Zuge der weiteren Verbreitung haben sich Schwerpunkt- oder Vertiefungsfächer in den relevanten Disziplinen herausgebildet sowie spezialisierte Studiengänge „Erneuerbare Energien“ und ein eigener Stiftungslehrstuhl „Windenergie“ an der Universität Stuttgart (IWR 2008).

Der sich abzeichnende Fachkräftemangel, insbesondere in den Bereichen Naturwissenschaften und Ingenieurwesen, hemmt die Technologieentwicklung im Bereich der

Windenergie. Von diesem Engpass ist laut Einschätzung der Teilnehmer zunächst insbesondere die Wissenschaft betroffen, da deren Vergütungsstrukturen im Vergleich zu den Angeboten der Industrie nicht konkurrenzfähig sind.

Auch die Frage der Definition einer neuen Technologie als eigenständige Disziplin inklusive eigener Lehrstühle und Forschungsbereiche spielt im Kontext der Windenergie eine wichtige Rolle. Ein Mangel an spezialisierten „Windenergielehrstühlen“, der derzeit seitens der Teilnehmer konstatiert wird, erschwert in Teilen eine weitere Technologieentwicklung aufgrund einer unzureichenden Ausbildung bzw. Bereitstellung spezialisierter Arbeitskräfte. Zudem wird dadurch, dass die Windenergie nicht als eigenständige Disziplin angesehen wird, sondern als Anwendung mehrerer Techniklinien, die Teilnahme an Grundlagenforschungsprogrammen (z. B. der DFG) deutlich erschwert.

Die Untersuchungsergebnisse für den Bereich Offshore zeichnen folgendes Bild: Zwar verfügt Deutschland über zentrale Vorteile in den Kerndisziplinen (u. a. Maschinenbau, Elektrotechnik), allerdings fehlt es an ausreichend Erfahrungen in diesem („maritime Technologien“) oder in traditionellen Energiebereichen (wie z. B. Gas) verbunden mit einem Mangel an geeignetem erfahrenem Personal. Traditionell starke „maritime Länder“, wie z. B. die Niederlande, Dänemark oder Großbritannien, verfügen hier über historisch gewachsene Vorteile. Hinzu kommen vergleichsweise schwierige teure und riskante Offshorebedingungen in Deutschland (u. a. aufgrund von Naturschutzgebieten oder des Wattenmeers).

Darüber hinaus ist ein „graduelles Lernen“, wie es im Onshorebereich über eine Vielzahl an kleineren Projekten über Jahre erfolgte, im Offshorebereich nicht möglich, da die Investitionsvolumina deutlich höher sind und eine „Stückelung in viele Einzelprojekte“, von denen man lernen könnte, so nicht möglich ist. Der zeitliche Verzug Deutschlands im Offshorebereich wird im Hinblick auf diese Herausforderungen unterschiedlich bewertet: Manche Teilnehmer betonen die Lernmöglichkeiten aus den Erfahrungen anderer (u. a. von den Dänen), analog zu den „Lehrkosten des Projekts Growian“, andere befürchten hingegen durch den späten Einstieg Deutschlands internationale Wettbewerbsnachteile.

#### **Fehlende Informationen (u. a. zu Technik- und Marktentwicklungen)**

Eine mangelnde Transparenz sowie eine schwache Bereitschaft des Informationsaustauschs zwischen den Akteuren erschweren Technologie(weiter)entwicklungen und hemmen den technischen Fortschritt. Seitens der Industrie existieren z. B. Blockaden bei der Datenpolitik (u. a. ein zu geringer Datenaustausch aufgrund von Besitzstandswahrung), obgleich strategische FuE-Kooperationen (inkl. Datenaustausch) von Vorteil sein könnten (z. B. Vermeidung eines Doppelaufwands bei der Datengenerierung, mangelnder Austausch des raren Wissens im Bereich der Offshoreerfahrungen).

Auch bei Programmevaluationen ist eine mangelnde Transparenz zu erkennen verbunden mit einer ungenügenden Bereitschaft, die Kritik umzusetzen: Ein Beispiel ist die Mehrfachevaluation des TERNA-Programms („Technical Expertise for Renewable Energy Application“), bei dem Resultate der Evaluation den Beteiligten nicht zurückgespielt wurden und trotz einiger Kritikpunkte keine Anpassungen erfolgten.

Weiterhin herrscht eine mangelnde Transparenz im Hinblick auf die weniger erfolgreichen Unterfangen. Dies impliziert ein unzureichendes wechselseitiges Lernen aus den Fehlern anderer, da es z. B. keine „Journals of Unsuccessful Approaches“ gibt.

#### **Unzureichende Ausschöpfung von Kooperationspotenzialen**

Von den Teilnehmern wurde vor allem eine fehlende Koordination und Vernetzung im Bereich der FuE konstatiert. Die Kooperationsaktivitäten zwischen den Akteuren aus Industrie, Universitäten und Großforschungseinrichtung sind derzeit noch unzureichend. Es existiert u. a. ein Mangel an disziplinen- und akteursübergreifender Vorkaufforschung. Zudem werden Hersteller unzureichend in die Forschungsaktivitäten eingebunden. Da sich die Windtechnologie aus mehreren Disziplinen speist, könnten auch vermehrt Synergien aus anderen Bereichen genutzt werden. Hier wird ein mangelndes „Querdenken“ kritisiert.

#### **Zu hohes Risiko und Mangel an Finanzierungsquellen (u. a. Risikokapital)**

Diese wurde als Blockade im Bereich der „Kostenfaktoren“ genannt. Innovative Vorhaben (z. B. im Offshorebereich), so einzelne Teilnehmer, scheitern öfters an der mangelnden Risikobereitschaft, Akzeptanz und Begeisterungsfähigkeit der Förderer. Dieser Sachverhalt wurde von den Teilnehmern jedoch differenziert gesehen. Einzelne stimmten dieser Aussage zu. Andere waren der Meinung, dass dies kein Hemmnis sei. Das absolute Fördervolumen wird als unzureichend und dessen Verteilung als ineffizient angesehen.

Während zu „Marktfaktoren“ keine Blockaden genannt wurden, stellen sich weitere Aspekte im Bereich der „institutionellen Faktoren“ als hemmend heraus.

#### **Fehlende bzw. unzureichende FuE-Infrastruktur**

Als Hemmnis für technologische (Weiter-)Entwicklungen in der Windenergie wird seitens der Workshopteilnehmer ein Mangel an Großgeräten (z. B. Rechencluster wie im niederländischen „Energy Research Centre of the Netherlands“ [ECN]) und Testzentren (u. a. Testzentren für Großkomponenten) konstatiert, ebenso wie ein Mangel an internationaler Sichtbarkeit (u. a. Testfeldstrukturen in potenziellen Partnerländern in unzureichendem Umfang) und ein ungenügender Einbezug von Großforschungsinstituten.

### **Mangelhafte Eigentumsrechte**

Auch eine mangelnde „Verinnerlichung der Notwendigkeit des Schutzes geistigen Eigentums, um eine Abwanderung des geistigen Eigentums“ durch die Windenergieakteure (insbesondere im Kontext ihrer Auslandsaktivitäten) zu verhindern, wird von einzelnen Teilnehmern als Hemmnis konstatiert.

### **Gesetzgebung, Regulierung, Standards, Steuerregelungen**

Der Erfolg der Windenergie in Deutschland wird mehr durch die Politik bzw. den politischen Willen (insbesondere in punkto Umweltfragen) als durch den Markt bestimmt. Dies kann privatwirtschaftliche FuE-Investitionen behindern oder zu Marktverzerrungen führen. Beispielsweise haben sich FuE-Förderprogramme lange Zeit an schnellen Erfolgen orientiert, insbesondere mit Fokus auf erfolgreiche industrielle Produktentwicklungen bzw. -umsetzung. Etliche wichtige Projekte der Grundlagenforschung (u. a. zur Offshorewindenergie), so die Teilnehmer, wurden zu früh beendet bzw. vernachlässigt. Einzelne Experten sind der Meinung, dass durch die künftige Technologieförderung die Windenergie in die Lage versetzt werden muss, auch ohne Kostenanstieg der etablierten Energieträger schnell wettbewerbsfähig zu werden.

### **Keine Notwendigkeit, zu innovieren aufgrund früherer Innovationen**

Darüber hinaus bestehen Rivalitäten sowohl innerhalb der erneuerbaren Energien selbst als auch zwischen den erneuerbaren Energien und den konventionellen Energieträgern, welche die weitere Entwicklung von Windenergie-Techniklinien behindern können. Zwar gibt es Langfristziele zum künftigen Beitrag der erneuerbaren Energien, aber es herrscht, so die Teilnehmer, derzeit eine Diskrepanz zwischen diesen Zielen, dem bestehenden Forschungsbedarf und der entsprechenden Fördermittelallokation. Darüber hinaus hat innerhalb der Windenergie das gleichzeitige Auftreten zweier großer „Innovationsstränge“ (5 MW und offshore) ein fokussiertes Vorgehen mit der erforderlichen kritischen Masse (z. B. an Fördergeldern) behindert.

## **2.2 Blockaden bei der Umsetzung**

Die Blockaden in der Umsetzung bzw. bei der Marktersteinführung liegen schwerpunktmäßig in den Bereichen Wissen, Kosten und institutionelle Faktoren, welche im Folgenden beschrieben werden.

### **Unzureichende Ausschöpfung der Innovationspotenziale (FuE, Design etc.)**

Systemische Fragestellungen werden bei der Umsetzung der Windenergie noch relevanter. Dies erfordert u. a. eine intensivere Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, und zwar in beide Richtungen. Hier sehen die Workshopteilnehmer derzeit noch Defizite.

### **Mangel an qualifiziertem Personal (auf dem Arbeitsmarkt)**

Das IWR (2008) schreibt, dass der Mangel an Fachkräften für die Windkraftbranche bereits in den 1990er Jahren dazu geführt hat, dass sich einige Windenergieanlagenhersteller zu einem Verein zusammengeschlossen haben, um auf Eigeninitiative entsprechende Weiterbildungskurse anzubieten. Das Bildungszentrum für Erneuerbare Energien (BZEE) e.V. in Husum besetzt seit dem Jahr 2000 diese Schnittstelle zwischen dem gewerblichen Ausbildungsbedarf der Windindustrie und den Angeboten der Weiterbildungsinstitutionen, um Fachkräfte gemäß den Anforderungen der Industrie spezifisch auszubilden. Die Weiterbildungsmaßnahmen werden durch Institutionen, welche mit dem BZEE kooperieren, an mehreren Standorten in Deutschland sowie zunehmend im europäischen, amerikanischen und asiatischen Ausland angeboten (IWR 2008). Zudem wurden dedizierte Lehrstühle wie der Stiftungslehrstuhl Windenergie an der Universität Stuttgart eingerichtet. Dennoch gibt es bereits heute schon Engpässe beim qualifizierten Personal. So konstatierten einzelne Workshopteilnehmer, dass in nachgelagerten Bereichen (z. B. in Zertifizierungseinrichtungen) in bestimmten Fällen ein unzureichendes technisches Know-how vorhanden ist.

### **Fehlende Informationen (u. a. zu Definitionen, medialer Aufbereitung)**

Aufgrund unzureichender Definitionen bestehen oftmals Unsicherheiten hinsichtlich der Zuständigkeiten (z. B. von Behörden) bzw. klare Zuständigkeitsregelungen. Dies führt zu Schwierigkeiten und Vorhaben werden zum Teil verzögert. Als Beispiel wurde die Frage aufgeworfen, ob es sich bei Windenergieanlagen um einen Turm mit einer Maschine oder um eine Maschine auf einem Turm handelt. Je nach Definition sind die Zuständigkeiten unterschiedlich.

Von den Workshopteilnehmern wurde auf die unzureichende Kommunikation und Aufklärung hingewiesen. Eine neutrale und qualitativ hochwertige Berichterstattung wird oftmals vermisst. Als Grund hierfür wurden u. a. fehlende Fachkenntnisse der Journalisten genannt. Die mediale Aufbereitung bzw. Vermittlung der Sachverhalte wird oft als unzureichend und verzerrend angesehen. Dies führt zu einer negativen Wahrnehmung der Windenergie in der Öffentlichkeit und behindert den Akzeptanzaufbau. Als Beispiel wurde genannt, dass Medienberichten in den letzten Jahren zufolge Preiserhöhungen bei den Energieversorgungsunternehmen (EVU) fast vollständig auf den zunehmenden Anteil an erneuerbaren Energien zurückzuführen seien.

### **Unzureichende Ausschöpfung von Kooperationspotenzialen und Organisationsrigiditäten innerhalb einzelner Akteursgruppen**

Auch auf die Umsetzung bzw. Marktersteinführung wirkt die Heterogenität und mangelnde Vernetzung der Akteure innovationshemmend. Zwar forciert der Bundesverband

Windenergie als leistungsfähige Institution insbesondere Themen der Einspeisung und Netzintegration. Dennoch bleiben viele Potenziale aus akteursübergreifenden Kooperationen ungenutzt. Es fehlen beispielsweise, so einige Teilnehmer, Dachorganisationen, die Abstimmungsprozesse fördern und „mit einer Stimme“ die Branche vertreten. So wäre in Deutschland z. B. eine stärkere Zusammenführung der Forscher bzw. der Interessen der Forschung mit den FuE-Interessen der Industrie wünschenswert. Es wurde daher vorgeschlagen, in Deutschland eine „Art Forschungsverband Windenergie“ zu initiieren und zu etablieren. Auf europäischer Ebene scheint dies bereits deutlich besser zu funktionieren (vgl. hierzu die „European Wind Energy Association“ [EWEA] und die „Europäische Akademie für Windenergie“ [EAWE]). Auch regionale Kooperationspotenziale innerhalb Deutschlands werden nicht vollständig ausgeschöpft. Vor allem die häufig mangelnde Konformität zwischen dem Verhalten des Bundes und der Länder (u. a. bei der Ausweisung von Windplanungsgebieten) wird hier als Blockade gesehen.

Zudem werden internationale Kooperationspotenziale bislang unzureichend genutzt. Deutschland wird neben Großbritannien als ein großer Markt für Offshore in Europa angesehen, obgleich Deutschland erst recht spät in den Offshorebereich eingestiegen ist. Allerdings ist auch hier auf internationaler Ebene zu erkennen, dass eine mangelnde Bereitschaft in Deutschland existiert, aus dem Ausland und/oder anderen Feldern zu lernen, indem z. B. Kooperation mit Akteuren aus ausländischen Staaten, in welchen bereits Erfahrungen vorliegen, eingegangen werden. Dieses Hemmnis wird dadurch verschärft, dass Deutschland ungenügende Offshoreerfahrungen in den Bereichen Öl und Gas hat, weshalb man in größerem Umfang auf (technologisches) Wissen aus dem Ausland angewiesen ist.

### **Zu hohe Kosten und zu hohes Risiko und Mangel an Finanzierungsquellen**

Hohe Investitionskosten sowie technologische und marktseitige Schwierigkeiten (u. a. hinsichtlich der Lebensdauer von Anlagen und erforderlichen Ersatzinvestitionen oder unsichere Erträge bzw. Finanzrückflüssen) und damit verbunden hohe Risiken führen zu erheblichen Unsicherheiten bei allen beteiligten Akteuren (u. a. bei Banken, Zertifizierungseinrichtungen, FuE-Institutionen, Herstellern) und erschweren z. B. Risikobewertungen. So kam es z. B. im Offshorebereich zu Beginn zu Fehleinschätzungen bezüglich der Kosten und Risiken. Diese Fehleinschätzungen sowie Zweifel über die Sicherheit der Erträge führten zeitweilig zu Engpässen bei Krediten und Versicherungsverträgen. Da es sich zudem um einen politisch getriebenen Markt handelt, hängt die Sicherheit der Prognosen zusätzlich noch von politischen Faktoren ab, die es zu kalkulieren gilt. Fragen wie z. B. die Rechtmäßigkeit eines Eingriffs (hier z. B. die Einspeisevergütung) sowie Fragen zum Bestand der Förderung über Politikzyklen hinweg müssen in diesem Kontext soweit möglich geklärt werden.

Die etablierten EVU wären zunächst der natürliche Nachfrager der neuen Technologie gewesen. Allerdings zeigen

frühe Analysen zur Entwicklung der Windkraft, dass die etablierten Unternehmen zunächst nicht an die Funktionsfähigkeit bzw. das Potenzial der Windenergie glaubten (Heymann 1995). Als Gründe hierfür werden genannt:

- die unzureichende Risikobereitschaft/Offenheit bzw. eine Blockadehaltung,
- ein mangelnder Druck auf die etablierten Stromhersteller, in neue Technologien zu investieren sowie die Gefahr der „Kannibalisierung“ der eigenen Produktpalette, und
- widersprüchliche Forderungen an die Branche seitens der Politik und der Öffentlichkeit. Die Forderung nach kontinuierlichen Strompreissenkungen ging nicht konform mit Investitionen in neue, zunächst teurere Energiequellen.

Für Investitionsrechnungen ist es wichtig, sowohl Sicherheit zu haben hinsichtlich des Investitionsbedarfs, der Folgekosten (u. a. Reparatur und Wartung) als auch Sicherheit in Bezug auf die möglichen Erträge (Ertragspotenziale des Standorts und Vergütung der Einspeisung). Wichtig sind Transparenz, ausreichende Daten auch zu Windpotenzialen in abgelegenen Gebieten sowie stabile Rahmenbedingungen. Unsicherheiten in Bezug auf die Erträge, wie sie in der Vergangenheit dadurch existierten, dass die Gesetzeskonformität der Einspeisevergütung angezweifelt wurde, haben sich unmittelbar auf das Investitionsverhalten ausgewirkt. Auch im Bereich Offshore war die gesetzliche Zusage zur Einspeisevergütung ein wesentlicher, wenn auch später Meilenstein für die Entwicklung der Offshorewindkraft.

Darüber hinaus ergeben sich besondere Probleme im Offshorebereich, da kein graduelleres Lernen möglich ist, sondern unmittelbar sehr hohe Investitionen erforderlich sind. Reine „punktuelle“ Investitionszuschüsse bzw. Fördermaßnahmen (an einzelne Akteure und/oder für eine einzelne Wertschöpfungsstufen) genügen hier in der Regel nicht. Offshore erfordert zudem recht schnell ein Denken in internationalen Dimensionen. Der finanzielle und personelle Aufwand, an den Offshorepotenzialen zu partizipieren, ist daher für KMU besonders hoch. KMU können nur dann partizipieren, wenn sie sehr schnell und unter hoher Risikobereitschaft zu großen Investitionen bereit sind. Als Positivbeispiele wurden Neugründungen wie z. B. die Multibrid GmbH und BARD Engineering GmbH genannt. Von einzelnen Teilnehmern wurde jedoch für Deutschland eine zu späte und unzureichende Förderung der Offshoreindustrie entlang der gesamten Wertschöpfungskette (u. a. Installation und Logistik) konstatiert.

### **Dominanz etablierter Unternehmen in potenziellen Marktsegmenten und Organisationsrigiditäten innerhalb einzelner Akteursgruppen**

Von den Teilnehmern des Workshops wurde betont, dass etablierte Akteure lange Zeit nur geringe Anreize und einen geringen Problemdruck verspürten, in eine neue Technologielinie zu investieren. Die Potenziale neuer Technologien (z. B. der Offshorewindenergie) wurden

durch etablierte Unternehmen oftmals unterschätzt. Zudem war eine mangelnde Risikofreudigkeit bzw. Risikobereitschaft bei diesen Akteuren zu erkennen. Dies ist wie bereits beschrieben vor dem Hintergrund von häufig ambivalenten bzw. sogar widersprüchlichen Anforderungen an die etablierten Energieversorgungsunternehmen (EVU) zu sehen. Die Forderung nach Senkung der Kosten und entsprechend der Strompreise ist oft unvereinbar mit der Einführung neuer Technologien. Der natürliche Windenergiehauptmarkt (d. h. die EVU) war bzw. ist daher oftmals zögerlich in der Adoption neuer Energietechnologien. Hinzu kommt die traditionell oligopolistische Struktur des Strommarkts, was den Wettbewerb sowie den Einstieg neuer Akteure (hier aus dem Bereich der erneuerbaren Energien) hemmt. Die zum Teil massive Blockadehaltung der etablierten EVU behinderte bzw. behindert die Entwicklung in allen Phasen, d. h. neben der FuE werden auch die Umsetzung und die Diffusion in die Breite behindert (z. B. über den Netzzugang).

Darüber hinaus gab es auch Widerstände bzw. Akzeptanzprobleme in anderen Bereichen der Wirtschaft. So waren z. B. elektrizitätsintensive Unternehmen wie Aluminiumhersteller („primary aluminium“) gegen die Förderung nach dem Erneuerbare Energiengesetz (EEG), da sie ihre Wettbewerbsfähigkeit bedroht sahen (Walz 2007). Dies führte zu der Einführung von Ausnahmeregelungen im Jahr 2003 und der Novellierung bzw. Ergänzung des Gesetzestextes im Jahr 2004, was dieser industriellen Opposition entgegen kam.

### Fehlende Infrastruktur

Im Rahmen der Workshopdiskussionen wurde eine unzureichende Anzahl an Demonstrationsprojekten (sozusagen als „Testfelder“) als Hemmnis in Deutschland identifiziert. Für den Offshorebereich wurde darauf hingewiesen, dass zum einen die Anzahl solcher Projekte unzureichend ist und zum anderen die Förderung im Vergleich zu anderen Ländern verspätet eingesetzt hat.<sup>7</sup> Zudem wurde auf Probleme in der Infrastruktur des Gesamtsystems hingewiesen (z. B. im Bereich Energieeinspeisung bzw. Netzanbindung). Hierbei wurde jedoch von einzelnen Teilnehmern betont, dass existierende Schwierigkeiten wie z. B. die Volatilität der Stromerzeugung in jeder Marktdurchdringungsphase zu lösende Probleme seien.

### Gesetzgebung, Regulierung, Standards, Steuerregelungen

Der Energiemarkt ist ein stark politisch getriebener Markt, sodass bei Fragen der Umsetzung und Diffusion häufig nicht für alle Akteure die „gleichen fairen Voraussetzungen für alle Marktteilnehmer herrschen“. Dies ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass die Windenergie in bestimmten Teilsegmenten bereits konkurrenz- bzw. wett-

bewerbsfähig ist. In manchen Teilbereichen ist die Konkurrenz- bzw. Wettbewerbsfähigkeit allerdings noch nicht gegeben, insbesondere im Vergleich zu häufig bereits abgeschriebenen Großkraftwerken.

Was von den Workshopteilnehmern kritisch gesehen wird, ist die Tatsache, dass in Deutschland die Energieerzeugung und -einspeisung bei einem Akteurstyp (nämlich den etablierten EVU) vereint ist. Ein umfassendes „unbundling“ ist dadurch nur schwer möglich. Dies hemmt und verzögert den Netzzugang (u. a. Netzanbindung Offshore). In anderen Ländern, wie z. B. Dänemark, erfolgt eine Trennung der beiden Bereiche Erzeugung und Verteilung. Nach langer Zeit steht dieses Thema aber nun auf der politischen Agenda, sowohl in Deutschland als auch auf EU-Ebene. Hiermit verbunden sind nicht nur Fragen der Zugangssicherung zur Infrastruktur, z. B. Netzanbindung, sondern auch Fragen des Ausbaus der bestehenden Infrastruktur, u. a. Ausbau 110 kV, Erdkabel/Freileitung (vgl. hierzu das Energieleitungsausbaugesetz, EnLAG).

Wie in vielen anderen Technikfeldern steht auch die Windenergie in einem Spannungsfeld zwischen der Gewährleistung einer ausreichenden Sicherheit, z. B. hinsichtlich der Arbeitssicherheit im Offshorebereich, und einer verfrühten (Über-) Regulierung. Die Fixierung bzw. Definition von Kriterien und die Technologieentwicklung sollten gleichzeitig erfolgen („Freiheit vs. Standards“). Eine übereilte Fixierung, u. a. im Bereich Offshore, so die Teilnehmer, kann sich möglicherweise innovations- bzw. entwicklungshemmend auswirken. So kann es z. B. aufgrund von restriktiven Planungsaufgaben zu fehlenden oder „falschen“ Prototypenprojekten für die Entwicklung von Offshorewindenergieanlagen kommen, d. h. die ersten Projekte könnten zu groß und die Projekte zu spät vorangetrieben werden. Es hat sich an Großprojekten wie GROWIAN gezeigt, dass ein Wechselspiel zwischen „Staat als intelligenter Nachfrager“ und freier Markt-/Technikentwicklung vorteilhaft ist.

Vor allem aber die große Vielzahl der zu berücksichtigenden Regularien<sup>8</sup> verursacht einen großen Aufwand bei den Windenergieakteuren und wirkt, so die Teilnehmer, oftmals innovations- sowie investitions-hemmend, insbesondere für die KMU. Aufgrund einer häufig fehlenden Passfähigkeit der Regularien zueinander sowie aufgrund der föderalen Strukturen ist die Anpassungsgeschwindigkeit der Rahmenbedingungen an die sich schnell wandelnden Realitäten, z. B. infolge des technischen Fortschritts, oft zu gering. Beispielsweise sind bestehende Höhenbegrenzungen oft nicht konform mit der Entwicklung von großen Anlagen.

<sup>7</sup> Dass der verspätete Förderbeginn auch Vorteile mit sich bringen kann (u. a. „second mover advantages“ aufgrund der Lerneffekte bei der Bewältigung von Problemen in anderen Ländern), wurde an anderer Stelle bereits betont.

<sup>8</sup> Zum Beispiel die erforderlichen kostenintensiven Standortanalysen, Zertifizierungen oder das Kraftwerk-Kennzeichnungs-System „KKS“ (u. a. die Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen in Zusammenarbeit mit der deutschen Flugsicherung) sowie internationale Regelwerke (wie z. B. der „International Civil Aviation Organization“ [ICAO]), die es einzuhalten gilt. Des Weiteren wurde im Kontext der Regularien als Hemmnis genannt, dass der Übertragungsnetzbetreiber die Erfüllung eines Kriterienkatalogs 30 Monate vor Inbetriebnahme verlangen kann, die Investitionsentscheidung aber von der Netzanschlusszusage abhängig ist.

Darüber hinaus wurde von den Teilnehmern eine mangelnde Beteiligung der deutschen Akteure bei der weltweiten Standardsetzung kritisiert. Standards im Bereich der Windenergie sind sowohl national als auch international noch in der Entstehungsphase. Eine frühe und intensive Beteiligung an der weltweiten Standardsetzung könnte dazu führen, dass bereits erreichte technologische Vorteile langfristig gesichert werden. Falls dies nicht gelingen sollte, besteht die Gefahr, dass deutsche Akteure künftig an internationale Standards gebunden werden, welche von Nachteil für sie sein könnten. Zunächst sollten sich die Akteure allerdings auf eine einheitliche nationale Strategie hinsichtlich der erforderlichen Normen und Standards einigen, bevor man international aktiv wird.

In diesem Kontext positiv herausgehoben wurde die Position Deutschlands in der Integration der Windenergie in das Energiesystem, z. B. mithilfe des Energieeinspeisegesetzes. Hier hat sich das „deutsche Modell“ international verbreitet. Aufgrund der Vorreiterstellung Deutschlands und den langjährigen Vorteilen bietet es sich hier an, diese Kenntnisse als „exportfähige Dienstleistungen“ vermehrt zu nutzen und weltweit zu vermarkten.

#### **Keine Notwendigkeit, zu innovieren aufgrund früherer Innovationen**

Etablierte Akteure aus dem Bereich Onshore, z. B. Enercon, haben sich aufgrund der bestehenden Potenziale in den „alten etablierten“ Techniklinien strategisch gegen Aktivitäten im Offshorebereich entschieden. Der Offshorebereich wurde primär von neuen Playern wie z. B. Multibrind erschlossen.

### **2.3 Blockaden bei der Diffusion in die Breite**

Die Blockaden bei der Diffusion in die Breite liegen schwerpunktmäßig in den Bereichen Markt und institutionelle Faktoren.

#### **Unzureichende Ausschöpfung der Innovationspotenziale (u. a. Ausrichtung Förderung) und fehlende bzw. unzureichende Marktinformationen zu Auslandsmärkten**

In der Evaluierung des 4. Energieforschungsprogramms Erneuerbare Energien aus dem Jahr 2007 wird der Forschungsförderung insgesamt ein durchaus positives Urteil attestiert. Sie hat „zweifelloso dazu beigetragen, dass die Unternehmen der deutschen Windindustrie im internationalen Vergleich einen Spitzenplatz besetzen“. Dabei hat sie sich dynamisch im Zeitverlauf dringlichen Themen zugewandt (Prognos et al. 2007). Dennoch hat sie sich insbesondere systemischen Fragestellungen wie der Netzeinbindung und Speicherung erst relativ spät zugewandt. Zudem ist das Volumen der Förderung sowie die ministerienübergreifende Förderung im Vergleich zu anderen Branchen gemäß der Evaluationsergebnisse relativ gering (Prognos et al. 2007).

Auch die Internationalisierung sollte in der FuE-Ausrichtung stärker vorangetrieben werden. Hierzu gehört auch, dass man Nachfragespezifika des Auslands, z. B. Bedarf

nach kleineren Anlagen, unmittelbar und frühzeitig aufgreift. Da die Schere zwischen Heimatstandort der Unternehmen und künftigen Absatzmärkten mit der Verlagerung zentraler Nachfragermärkte zunehmend auseinander geht, müssen sich auch die Unternehmen hieran anpassen. Hierzu gehört z. B. eine verstärkte Präsenz in Auslandsmärkten auch mit Produktionsstandorten, was z. B. existierende Logistikprobleme bei Großanlagen lösen könnte, und Forschungsstandorten, um Marktbedürfnisse vor Ort frühzeitig aufzugreifen und die Produktpalette entsprechend anpassen sowie um von weltweit generiertem technologischem Wissen profitieren zu können. In Dänemark, dessen Unternehmen aufgrund der mangelnden inländischen Marktgröße bereits frühzeitig gezwungen waren, internationale Märkte zu bedienen, haben sich diese Anpassungsprozesse bereits frühzeitig vollzogen. Dänische Unternehmen haben auf die veränderten Rahmenbedingungen mit dem Ausbau eigener internationaler Produktions- und FuE-Standorte reagiert. Beispielsweise verfügt das dänische Unternehmen Vestas seit 2005 mit „Vestas Technology R&D“ über einen unabhängigen globalen Forschungsbereich mit Niederlassungen in Singapur, Indien, Großbritannien und Deutschland. Das Unternehmen plant für 2009 einen weiteren Forschungsstandort in den USA zu eröffnen (Vestas 2008). Parallel hat Vestas 2008 ein weltweites Rekrutierungs- und Ausbildungsnetz lanciert, das „Global University Programme“ (Vestas 2008) mit dem Ziel: „Through the coming years, Vestas Technology R&D will sponsor an increasing number of professors, PhDs, and master’s thesis students from leading universities worldwide as part of this programme. The purpose of the Global University Programme is to expand Vestas’ cooperation with universities and thus accelerate its global innovative wind power research. Thereby, Vestas strives to obtain the most recent knowledge within wind power technology and the most qualified manpower in the future.“ In einer Pressemeldung betont der Unternehmenschef hierzu: „Increased cooperation with universities worldwide is a natural consequence of our growth. We are highly interested in working closely with leading researchers worldwide in order to ensure that we maintain our position as the leading supplier of wind energy solutions and reinforce the recruitment of the brightest students from these universities.“ (Vestas 2008).

Als „Negativbeispiel“ sind die Niederlande zu nennen, die zwar insbesondere mit dem „Energy Research Centre of the Netherlands“ (ECN) eine starke Forschungsbasis aufweisen, aber in den 1990er Jahren dennoch den technologischen Anschluss verpasst haben und heute über keine nennenswerte industrielle Basis mehr verfügen (IWR 2008).

#### **Mangel an qualifiziertem Personal (auf dem Arbeitsmarkt)**

Der Bedarf nach einer systematischen, nachfrageorientierten Ausbildung an Fachkräften steigt mit zunehmender Diffusion. Ein reines „training on the job“, wie es bis dato häufig der Fall ist, um die Absolventen auf die spezifischen Anforderungen der Windenergie zu qualifizieren, reicht künftig nicht mehr aus (Klemisch/Bühler 2006).

Vielmehr ist künftig u. a. eine genaue Definition des gewünschten Anforderungsprofils notwendig, das in Zusammenarbeit zwischen Ausbildungseinrichtungen und Wirtschaft festgelegt werden sollte.

Der systemische Ausbau einer leistungsstarken Windenergieertschöpfungskette ist notwendig. So sind z. B. bestehende Komponentenhersteller häufig nicht (mehr) in der Lage, den neuen spezifischen (Größen-)Anforderungen der Windenergiebranche gerecht zu werden.

Grundsätzlich, so die Teilnehmer, ist eine Anhebung des allgemeinen naturwissenschaftlich-technischen Wissensstandes in der Bevölkerung nützlich für die Diffusion neuer Technologien (z. B. erhöhte „Innovationsneugier“). Daher wäre eine Verbesserung des technischen Know-hows (u. a. breitere naturwissenschaftliche Wissensbasis) und der personellen Ressourcenbasis (u. a. technisches Fachpersonal) sowohl in den Unternehmen und Forschungsinstitutionen, aber auch in der Politik wünschenswert.

#### **Kosten und Risiko zu hoch durch rechtliche Unsicherheiten und Bürokratie**

Rechtliche Unsicherheiten und ein hoher bürokratischer Aufwand, d. h. beispielsweise Berücksichtigung von Planungsrecht, Baurecht und Regionalplanungsaspekten, wie z. B. Bewertung und Ausweisung von Windvorrangflächen, langwierige und umfangreiche Genehmigungsverfahren, Verlagerung der Erstellung der Umweltverträglichkeitsstudie auf den Projektentwickler, erhöhen die Kosten und hemmen die weitere Diffusion in die Breite. In diesem Kontext wurde als Lösungsansatz von einzelnen Teilnehmern z. B. eine systematische und rationale Flächenplanung gefordert, d. h. Konzentration auf wenige Flächen anstatt „Verspargelung“. Diese werde aber derzeit noch unzureichend umgesetzt.

#### **Unsichere Nachfrage (u. a. aufgrund von Akzeptanzproblemen, unklarer Politikziele)**

Die Workshopteilnehmer wiesen auf die zum Teil fehlende Akzeptanz und lokale Widerstände, z. B. wegen „mangelnder Ästhetik“ sowie Lärmbelästigungen, „Windenergie ja, aber nicht vor meiner Haustür“, als Innovationshemmnis hin. Von einzelnen Teilnehmern wurde betont, dass der aktuelle Kommunikationsansatz falsch sei. Zum Abbau der Widerstände bzw. dem Aufbau einer Identifikation mit der Windenergie sind „Bottum-up“-Prozesse auf lokaler bzw. kommunaler Ebene wichtig. Dies impliziert u. a. mehr Bürgerbeteiligung, ein eigener Strombezug oder die Bereitstellung von geeigneten Informationen zu Chancen und Risiken. Auch durch fehlende politische Zielvorgaben werden Unsicherheiten erzeugt. So gibt es z. B. immer noch kein klares „globales Commitment“ zu CO<sub>2</sub>-Zielen.

Ein weiteres Hemmnis wird darin gesehen, dass der internationale Bedarf nicht immer bekannt ist. Die zunehmende Entkopplung zwischen FuE- und Produktionsstätten sowie Absatzmärkten, u. a. durch die Verlagerung der Schlüsselabnehmermärkte, bedarf einer zügigeren Inter-

nationalisierung, die u. a. mit der Ausrichtung auf den internationalen Bedarf verbunden ist.

#### **Dominanz etablierter Akteure, Organisationsrigiditäten innerhalb einzelner Akteursgruppen und unzureichende Ausschöpfung von Kooperationspotenzialen**

Wie bereits bei den Blockaden bei der Umsetzung beschrieben, wird der potenzielle Windenergiehauptmarkt durch etablierte Energieversorgungsunternehmen dominiert, was die Umsetzung aber auch die Diffusion in die Breite behindert, u. a. geringer Wettbewerb aufgrund der oligopolistischen Struktur des Strommarktes, Blockadehaltung beim Netzzugang.

Ebenfalls bereits bei der Umsetzung als Hemmnis angesprochen wurde die mangelnde Vernetzung der Akteure. Es existieren sogar zum Teil widersprüchliche Interessen der Protagonisten. Was fehlt, so die Teilnehmer, ist eine bessere Abstimmung („sprechen mit einer Stimme“) u. a. über Akteursgruppen, Fachdisziplinen und Branchen hinweg. Denn von potenziellen bzw. vorhandenen technischen Lösungen aus anderen Bereichen, z. B. Serienfertigungs-Know-how aus dem Automobilbereich, wird bislang unzureichend gelernt. Diese Blockade wird zudem dadurch verstärkt, dass die Einordnung von Technologien in politische Ressorts erfolgt, was die Technologieentwicklung und Marktdurchdringung negativ beeinflussen kann. Aus politischen Gründen, z. B. Ökologie, Antikernkraft, wurde die Windenergie dem Umweltministerium zugeordnet. Hieraus resultiert ein starker Fokus auf ökologische Fragen, das Erreichen von umweltpolitischen Ausbauzielen und eine Konzentration der Förderung auf Offshorewindenergie, da diese politisch leichter durchsetzbar sind, so die Teilnehmer. Dadurch werden Fragen zur Grundlagenforschung, Industrieentwicklung und Internationalisierung sowie Fragen zur Verbindung bestehender Technologien, u. a. aus den Bereichen Energiewirtschaft, Maschinen- und Anlagenbau, Automobilbau, IKT, weniger stark bzw. gar nicht berücksichtigt. Eine vergleichbare Förderung der Windenergie aus den Wirtschafts- oder Forschungsministerien, wenn politisch gewollt, könnte zusätzliche Technologie- und Marktperspektiven und weitere Diffusionsmöglichkeiten eröffnen („Kreuzbefruchtung“, „Querdenken“).

Zudem wurde im Rahmen der Workshopdiskussionen betont, dass es derzeit viele vereinzelte, unkoordinierte Exportinitiativen gibt, aber keine übergreifende Exportstrategie. Dies behindert die Internationalisierung und Exportpotenziale bleiben dadurch ungenutzt. Hier ist ein Bedarf an intensiver Vernetzung und verstärkter Abstimmung der Akteure u. a. im Hinblick auf Logistikprozesse sowie den Aufbau und Förderung von Testanlagen an ausländischen Standorten erforderlich, um bestehende Exportpotenziale vollständig auszuschöpfen.

#### **Infrastruktur in Teilbereichen noch unzureichend**

Im Bereich der Infrastruktur sind derzeit Hemmnisse zu erkennen. Herausforderungen, die noch nicht gelöst sind,

ergeben sich künftig z. B. beim Aufbau einer leistungsfähigen Logistikkette, auch über die Grenzen Deutschlands hinaus. So existieren beispielsweise „Größengrenzen“, da es an Zulieferern für sehr große Bauteile fehlt, insbesondere im Offshorebereich. Auch die Massen- bzw. Serienproduktion, z. B. bei Offshoremasseninstallationen, stellt eine weitere Herausforderung dar, bei der existierende Blockaden noch nicht beseitigt sind.

### **Mangelhaft geschützte Eigentumsrechte**

Der frühzeitige Schutz des geistigen Eigentums (IPR-Schutz) wird häufig vernachlässigt, was laut Einschätzung der Teilnehmer künftig vor allem einer breiten internationalen Verwertung von Windenergie-technologien möglicherweise entgegenstehen könnte.

### **Gesetzgebung, Regulierung, Standards, Steuerregelungen**

Hinsichtlich der Marktgröße in Deutschland wurde von den Teilnehmern konstatiert, dass im Inland die Netzhängigkeit bzw. die Beschränkung des Netzzugangs/-ausbaus das Wachstum der Windenergie bzw. die breitere Diffusion behindert. Zudem ist der nationale Markt der Neuinvestitionen derzeit leicht rückläufig. Gründe hierfür werden u. a. in der Ausgestaltung der Planungsverfahren und Regionalpläne gesehen. Dies verzögert u. a. das „Repowering“. Neuausweisungen, u. a. auch das Überdenken der derzeitigen Höhenbegrenzungen, scheinen notwendig zu sein, so einzelne Teilnehmer. Auch die föderale Zersplitterung des deutschen Marktes wirkt hinderlich, da z. B. Ziele und Vorgaben des Bundes nicht auf Landesebene umgesetzt werden.

Um die Diffusion in die Breite zu forcieren, existiert auch die Notwendigkeit der laufenden Weiterentwicklung des Energieeinspeisegesetzes (EEG) im Hinblick auf die künftige Konkurrenzfähigkeit der Windenergie und um noch existierende Barrieren abzubauen, z. B. berücksichtigt das Einspeisegesetz nur unzureichend die unterschiedliche Wettbewerbsfähigkeit verschiedener Standorte und/oder Anlagen.

Zwar steigen Deutschlands Windenergieabsatzvolumina im Ausland an, allerdings wachsen auch die Absatzvolumina der Konkurrenzländer sehr stark. Hinsichtlich der internationalen Markterschließung sowie der internationalen Wettbewerbsfähigkeit sehen die Experten derzeit einige Innovationshemmnisse, die es abzubauen gilt, um Weltmarktanteile nicht zu verlieren. So ist u. a. noch kein einheitlicher EU-Binnenmarkt vorhanden, obgleich ein Bedarf nach Marktgröße und „kritischer Masse“ existiert. Der europäische Binnenmarkt, so die Experten, wird für die globale Konkurrenzfähigkeit benötigt, u. a. zur Erzielung von Skalen- und Lerneffekten. Um dies erreichen zu können, sind im Bereich der gesetzlichen Regelungen u. a. eine frühzeitige europäische Standardsetzung für den Netzzugang und eine weltweite Normung der Anschlussbedingungen („grid codes“) erforderlich. Auch fehlt derzeit eine Kongruenz zwischen der Exportförderung und den Exportpotenzialen. Zum Teil werden aus Sicht der

Teilnehmer falsche Bereiche unterstützt. Hierbei wurde betont, dass die koordinierende Aufgabe der Verbände derzeit noch unzureichend erfüllt ist.

Eng an die zuvor genannten Anforderungen gekoppelt ist eine zentrale Kritik, dass deutsche Akteure derzeit noch unzureichend in internationale Standardisierungs- und Normierungsprozesse eingebunden sind bzw. diese Prozesse nicht aktiv genug vorantreiben. Andere europäische Länder wie Dänemark oder die Niederlande sind hier deutlich aktiver (IWR 2008). Dies kann sich mittel- bis langfristig zu einem erheblichen Nachteil für die nationale Windkraftforschung und -industrie auswirken.

Auch administrative Unsicherheiten im Ausland erschweren die Internationalisierung der Branche. Laut VDI/VDE (2007) sind die Exporthindernisse im Ausland vorwiegend Informationsdefizite, unklare rechtliche und administrative Rahmenbedingungen sowie mangelnde Unterstützung durch die Politik und die Verwaltungen in den jeweiligen Ländern. Vor allem unklare Regelungen und die damit verbundene Planungsunsicherheit sind das stärkste Hindernis für die erfolgreiche Realisierung von Windparks im Ausland, da ohne Planungssicherheit die Finanzierung des Projekts sehr schwierig oder gar unmöglich wird. Ein weiteres Hindernis sind die unzureichenden Infrastrukturen, z. B. schlechte Straßen, Stromnetze etc., welche die Realisierung großer Windparks erschweren (VDI/VDE 2007). Gewünscht wird in diesem Kontext eine stärkere Unterstützung der Akteure beim Aufbau förderlicher Rahmenbedingungen in den Zielmärkten, u. a. auf politischer Ebene, sowie ein individuellerer Zuschnitt der Fördermaßnahmen (VDI/VDE 2007).

### **Fehlende Nachfrage nach Innovationen (z. B. aufgrund deutscher Spezifika)**

Deutsche Spezifika behindern teilweise die Exportfähigkeit der Windenergieprodukte. So hat beispielsweise der Engpass an Flächen in Deutschland zu einer rasanten Technologieentwicklung im Bereich großer Anlagen geführt. Dies passt jedoch nicht zu den Bedarfsstrukturen in etlichen anderen Ländern. Zudem kommt es zu Engpässen in der Logistikkette dieser Großanlagen bzw. einzelner Komponenten, d. h. der teure Transport der Anlagen spricht oft für eine regionale Produktion und verhindert deutsche Exportaktivitäten. Wie bereits an anderer Stelle beschrieben, werden die Potenziale, die sich aus den Bereichen Offshore und Repowering ergeben, derzeit unzureichend genutzt bzw. mit deutlichem Verzug erschlossen.

Die Ergebnisse der Analysen zu den Blockaden im Bereich Windenergie sind in Tabelle 38 des Kapitels VII zusammenfassend dargestellt und den Ergebnissen der weiteren Fallstudien gegenübergestellt.

### **3. Akteursspezifische Maßnahmen**

Auch die nachfolgenden Ausführungen zu Maßnahmen und Handlungsoptionen basieren zum Großteil auf den Ergebnissen des Workshops sowie vertiefenden Experteninterviews und einer Auswertung der Fachliteratur. Einige der Maßnahmen sind phasenübergreifend. Diese

werden jeweils am Ende der Abschnitte beschrieben. Zudem versprechen etliche der Maßnahmen bzw. Aktionspläne nur dann Aussicht auf Erfolg, wenn sie in aktorsgruppenübergreifenden Kooperationen durchgeführt werden. Auch diese aktorsübergreifenden Maßnahmen werden im Folgenden zusammen mit phasenübergreifenden Maßnahmen am Ende der jeweiligen Abschnitte dargestellt.

### 3.1 Maßnahmen für die Politikakteure

#### Maßnahmen im FuE-Bereich

Bislang existiert ein zu starker Fokus auf die angewandte Forschung, da es sich bei der Windenergie zunächst um eine „Anwendung“ handelt. Eine stärkere und kontinuierliche Förderung der Grundlagenforschung ist jedoch ebenso notwendig wie ein vermehrter Einbezug der Industrie, z. B. im Rahmen von Verbundvorhaben.

Derzeit, so die Einschätzung von Experten, gelingt es den vorhandenen Forschungsinstitutionen, Netzwerken und Verbänden nicht, eine Weiterentwicklung der Strukturen aus eigener Kraft zu initiieren. Ein Grund wird darin gesehen, dass das BMU bisher vor allem die dezentrale Entwicklung der Forschungslandschaft mittels infrastruktureller Förderung unterstützt und auch mitbestimmt hat (IWR 2008). Hinsichtlich der fördernden Akteure sollte eine Ausweitung auf andere Ministerien erfolgen, um so eine zusammenhängende Förderung der gesamten Wertschöpfungskette zu erreichen. Zudem sollten vermehrt konzentrierte Aktionen durchgeführt werden, in welchen eine einheitliche Windenergiestrategie definiert und operationalisiert wird. Die Autoren der Evaluation des 4. Energieforschungsprogramms „Erneuerbare Energien“ bezogen hierzu Stellung: „Bisher reagieren die Ministerien bzw. der Projektträger vor allem auf die einzelnen Forschungsvorschläge aus der Windindustrie oder den einzelnen Forschungseinrichtungen. Parallel wäre ein Gremium sinnvoll, das diese Vorschläge und die aktuellen Forschungsaktivitäten in einem Gesamtkonzept darstellt und mit den internationalen Aktivitäten anderer Länder abgleicht. Damit werden deutsche Forschungsaktivitäten in der Windenergie ganzheitlich sichtbarer. Dieses technisch-wirtschaftliche Gesamtkonzept sollte jährlich zeitnah fortgeschrieben werden, sodass auf Veränderungen reagiert oder erkennbare Forschungslücken rechtzeitig erkannt werden können.“ (Prognos et al. 2007).

Laut dem Internationalen Wirtschaftsforum Regenerative Energien gibt es bereits im Zweijahresrhythmus Strategiegespräche zur nationalen Forschungsförderung Windenergie, in der die Akteure aus Wissenschaft und Wirtschaft zusammen gebracht werden (IWR 2008). Diese Aktivitäten sollten intensiviert werden, wobei eine Integration aller relevanten Ministerien (u. a. BMU, BMBF, BMWI) sinnvoll erscheint. Da dem BMU gegenwärtig bei der strategischen Ausrichtung der Forschung eine zentrale Rolle zukommt, erscheint es sinnvoll, wenn dem BMU in der Startphase übergangsweise eine starke Koordinierungs- bzw. Moderationsrolle zugeordnet wird. Jedoch sollten aber letztendlich auch die anderen Ministe-

rien sowie die Windenergiebranche, insbesondere Industrie und Verbände, sowie Hochschulen – und damit auch interessierte Bundesländer – den Prozess der Weiterentwicklung der Forschungsstrukturen und Einrichtung zentralerer FuE-Infrastrukturen aktiv mitgestalten. Vorstellbar wäre es auch, dass einige für den Aufbau und die Weiterentwicklung der FuE-Infrastrukturen wichtige Teilmodule durch einen Umlage- oder Stiftungsfonds der Windbranche mitfinanziert werden (IWR 2008).

Zudem fordert das Internationale Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR 2008) hinsichtlich der inhaltlichen Ausrichtung zum einen eine stärkere Abstimmung mit den Forschungsaktivitäten auf EU-Ebene. Zum anderen ist es von zentraler Bedeutung, dass die bisherige Zweigleisigkeit der Forschung mit Aktivitäten in den Bereichen Windphysik, Luft- und Raumfahrttechnik bzw. Aerodynamik und Offshore einerseits und Maschinenbau und Elektrotechnik andererseits überwunden wird. Dazu wird vorgeschlagen, dass das BMU im Rahmen der Moderation eine verstärkte Einbindung des auf maschinenbauspezifische Forschungsfragen fokussierten VDMA anstrebt. So könnte ein Harmonisierungsprozess angestoßen werden, der letztendlich einen ganzheitlicheren Forschungsansatz im Bereich Windenergie unterstützt.

Von den Workshopteilnehmern wurde betont, dass die Förderung generell auch angemessene Freiräume und Flexibilität für Neuentwicklungen außerhalb bestehender Normen und Richtlinien ermöglichen sollte, z. B. Gewährleistung ausreichender Flexibilität zur Ausreifung im Offshorebereich.

Hierbei sollte die Forschungsförderung auch verstärkt Aspekte der „Kreuzbefruchtung und des Querdenkens“ berücksichtigen, d. h. Erkenntnisse aus anderen Fachdisziplinen, Forschungsbereichen oder Wirtschaftssektoren sollten stärker genutzt werden. Beispielsweise könnte man im Bereich der Windenergie bei der Serienfertigung vom bereits existierenden Know-how aus der Automobilindustrie profitieren.

Die Förderung im Offshorebereich sollte zudem intensiviert werden, um so die hohen Risiken stärker abzusichern. Hierbei sollte die Violdimensionalität im Bereich Offshore, u. a. Meer, Material, Logistik, stärker berücksichtigt werden. Probleme werden darin gesehen, dass keine bzw. nur wenige Referenzfälle vorhanden sind. Daher sollte die Lernbereitschaft stärker mobilisiert sowie der Wissens- und Technologietransfer von Erfahrungen und Wissen auch aus dem Ausland aktiv unterstützt werden.

Darüber hinaus sollte die Politik den Auf- und Ausbau großer Forschungs- und Testinfrastrukturen vermehrt unterstützen; dies ist teilweise in letzter Zeit bereits umgesetzt worden (Offshorettestfeld). Die Unterstützung sollte auch für Aktivitäten im Ausland gelten.

Die bislang eingesetzten Förderinstrumente sollten stärker evaluiert und die Ergebnisse anschließend publiziert bzw. kommuniziert werden, um mehr Transparenz hinsichtlich der Effektivität und Effizienz der eingesetzten Förderinstrumente zu erhalten und aus den Evaluationen

lernen zu können. Bei Fördermaßnahmen sollte die Antragstellung und Dokumentation vereinfacht werden, um die Partizipation von KMU zu erleichtern, da diese nicht über ausreichend Freiräume, Erfahrungen und Kapazitäten verfügen.

Diskutiert wurde von den Workshopteilnehmern, ob die Windenergieforschung als eigenständige Wissenschaft und nicht nur als Anwendung anderer Disziplinen anerkannt werden sollte. Dies würde u. a. DFG-Anträge erleichtern. Diese Maßnahme war allerdings in der Arbeitsgruppe umstritten, da es sich laut Einschätzung einzelner Teilnehmer bei der Windenergie tatsächlich um eine Anwendung handelt, die sich aus verschiedenen Forschungsrichtungen speist. Hier wurde betont, dass es nicht im Aufgabenbereich der DFG liegt, konkrete Anwendungen zu fördern, sondern die Grundlagenforschung zu unterstützen. Eine Zuordnung des jeweiligen Forschungsvorhabens in entsprechende DFG-Forschungskategorien und Technologiebereiche dürfte zielführender sein, so einige Experten. Allerdings fehle hier zum Teil auch die Überzeugung bei einigen Akteuren, die Windenergie als innovative Technologie anzusehen, die über Grundlagenforschungsmittel gefördert werden sollte. In diesem Kontext wurde auch betont, dass es bislang nur einen Lehrstuhl in Deutschland gibt, der sich dezidiert mit Windenergie beschäftigt. Überlegt werden könnte ein weiterer Ausbau. Auch dies wurde kontrovers diskutiert, da laut Einschätzung einzelner Experten die Windenergiespezifika bereits in bestehenden Ausbildungsangeboten der „Erneuerbaren-Energien“-Lehrstühle berücksichtigt werde.

#### **Maßnahmen im Bereich Umsetzung sowie Diffusion in die Breite**

Um die Potenziale umfassend zu nutzen, ist ein umfassendes „unbundling“ von Stromerzeugung und Netzbereitstellung voranzutreiben. Hierzu gibt es in jüngster Vergangenheit einige positive Entwicklungen. Das Thema wurde sowohl in Deutschland als auch in der EU bereits aufgegriffen. Vorgeschlagen wurden im Workshop u. a. eine deutsche Netzgesellschaft als Public-Privat-Partnership-Modell und u. U. eine europäische Netzholding. Ein intelligentes europaweites Stromnetz sollte ausgebaut werden, wofür ein EU-weit abgestimmtes Vorgehen erforderlich ist. Dies erfordert einen stabilen europäischen Rechtsrahmen, der die Strommarktteilnahme der Windenergieanlagen EU-weit regelt. Zudem sollte man sich auf politischer Ebene für einen EU-weit koordinierten Leitungsbau einsetzen, u. a. beim Energieleitungsbaugesetz EnLAG, „Trans-European Energy Networks“ (TEN-E) und später eventuell bei einem „Supergrid“. Im Offshorebereich sollten Lücken im Gesetz (Netzzinf.Beschl.Gesetz) bezüglich der Netzanbindung und des Netzausbaus geschlossen werden. Hierzu müssen konkrete Anforderungen der Netzbetreiber (z. B. von E.ON) vorliegen. In diesem Kontext wurde auch angeregt, die Bundesnetzagentur in die Umsetzungsverantwortung des Klimaschutzprogramms einzubinden.

Deutschland benötigt zudem laut Einschätzung einzelner Experten ein neues Energiesystem, da der Vorteil von er-

neuerbaren Energien die Dezentralität ist und diese beim derzeitigen Energiesystem nicht ausgeschöpft wird. Die Regionen bieten hierfür die adäquaten „Spielwiesen“. Im Hinblick auf die Akzeptanz auf regionaler Ebene spielen Aspekte wie z. B. eine „perfekte Visualisierung der externen Kosten“ oder die „Vorbildwirkung einzelner Regionen wie z. B. der 100-Prozent-Regionen für andere Regionen“ eine wichtige Rolle.

In diesem Kontext wurde auch angeregt, Imageprogramme des Bundes und der Länder zu initiieren, um verschiedene Zielgruppen (z. B. Schüler, Studenten) anzusprechen und auf lokaler Ebene regionale Interessenten für neue Flächen zu gewinnen, denn das Akzeptanzproblem kann nicht nur „top down“ gelöst werden, sondern die Nachfrage sollte auch „bottom up“ gestaltet werden, da derartige Lösungen laut Expertenmeinungen auf Dauer tragfähiger sind. Ein offenes Eintreten für die Nutzung der Windenergie ist wichtig, denn ein Vorgehen „Oben beschlossen und unten ausführen“ stößt auf Widerstände und kommt in der Regel auf regionaler bzw. lokaler Ebene nicht an.

Darüber hinaus ist eine bundesweite Flächenausweisung anzustreben. Hierbei sollte laut einzelner Experteneinschätzungen eine Konzentration auf geeignete Standorte erfolgen und nicht eine „Verspargelung“ aller Flächen angestrebt werden. Denn in der Vergangenheit wurden Windenergieanlagen auch an Standorten aufgebaut, die nicht günstig sind. Ein „vernünftiges“ konzentriertes Vorgehen, u. a. auf Basis geeigneter Standortanalysen zu Windpotenzialen, und nicht das „Zupflastern“ von Flächen würde auch die öffentliche Akzeptanz in der Breite erhöhen.

In diesem Kontext wird die Gewaltenteilung bzw. der Föderalismus in Deutschland als ein Problem angesehen. So gibt der Bund Bewertungskriterien für die Fläche vor, die Flächenausweisung erfolgt allerdings auf regionaler Ebene. Durch den Föderalismus ist die Ausrichtung des Bundes daher oft nicht stimmig bzw. passfähig zur Ausrichtung der Länder, da es häufig keine Abstimmung und keine gemeinsamen Zielsetzungen gibt. Daher werden definierte Ziele des Bundes oft nicht konsistent auf die Regionen und Kommunen heruntergebrochen. Zur Herstellung einer Konsistenz zwischen den Zielsetzungen auf den unterschiedlichen Ebenen existieren alternative Möglichkeiten. Zum einen kann der Bund die Länder verpflichten („Top-down“-Ansatz). Zum anderen kann ein „Bottom-up“-Ansatz zur Anwendung kommen, indem kontinuierlich über „soft policies“, z. B. regionale bzw. lokale Imagekampagnen, eine Bewegung aus den Kommunen heraus initiiert wird. Hierbei muss ein positives Meinungsbild sowie Konsens und Akzeptanz geschaffen werden, sodass die Leute auf lokaler bzw. kommunaler Ebene selbst aktiv werden („Evolution von unten“, „100-Prozent-Regionen“ oder Aufbau von Bürgerparks, welche in der Vergangenheit sehr erfolgreich etabliert wurden). Die Mehrheit der Workshopteilnehmer präferierte eine Mischung aus „Top-down“- und „Bottom-up“-Ansätzen.

Eine Studie des UBA belegt, dass das Potenzial an Land durch bestehende Höhen- und Abstandsbeschränkungen

derzeit noch nicht optimal erschlossen wird (UBA 2007). Somit werden bestehende Potenziale an Land sowie auch die Potenziale des Repowering noch nicht voll erschlossen. Hierzu gehört auch die Nutzung übergemeindlicher Planungsspielräume. Insofern sollten die Möglichkeiten und Potenziale der Windenergie (z. B. im Onshorebereich) „begreifbar“ gemacht und positive Rahmenbedingungen geschaffen werden, um diese ausschöpfen zu können.

Im Offshorebereich war die Flächenverfügbarkeit lange Zeit unklar aufgrund fehlender Regelungen zu konkurrierenden Nutzungsmöglichkeiten des Meeres (u. a. Schifffahrt, Fischfang, Naturschutz, Militär, Wind). Seit 2008 gilt die Verordnung des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) über die Raumordnung. Diese Regelung wird seitens der Teilnehmer begrüßt und es wurde betont, dass das Thema in Deutschland somit bereits erfolgreich angegangen ist. Allerdings wäre, so die Teilnehmer, eine EU-weite Lösung wünschenswert.

Zudem wurde hervorgehoben, dass stabile CO<sub>2</sub>-Energieziele langfristig sehr wichtig sind. Dies impliziert z. B. über Jahrzehnte stabile CO<sub>2</sub>- und Erneuerbare-Energien-Ziele innerhalb der EU (z. B. CO<sub>2</sub> um 80 Prozent senken bis 2050).

Schließlich sollte die Politik, ähnlich wie z. B. in Dänemark, auch die Beteiligung an internationalen Standardisierungs- und Normierungsprozessen unterstützen, indem sie u. a. derartige Aspekte mit in die Programmförderung aufnimmt (IWR 2008).

#### **Phasen- und/oder akteursübergreifende Maßnahmen**

Unabhängig von der jeweiligen Innovationsphase ist ein zentraler Erfolgsfaktor, dass die Politik ehrlich, konsistent und konsequent sein muss. Dies impliziert u. a. den konsequenten Einsatz der Top-Politiker vor Ort, den politischen Willen für den technischen Fortschritt, die Formulierung langfristiger und stabiler politischer Rahmenbedingungen sowie die neutrale Darstellung der Chancen und Risiken anstatt, z. B. im Zuge von Wahlen, diffuse Ängste in der Öffentlichkeit aufzubauen. Die Politik sollte sich dabei auf einen zuverlässigen und langfristig stabilen, aber zugleich „kleinen bzw. schlanken“ Gesetzesrahmen fokussieren, der Transparenz und Sicherheit, u. a. bei Bürgern, Investoren und Herstellern schafft. Unsicherheiten, wie sie in der Vergangenheit vorkamen, z. B. juristische Unwägbarkeiten bezüglich der Rechtmäßigkeit der Einspeisevergütung, sind wenn möglich zu vermeiden, da diese zu erheblichen Einbrüchen im Verlauf der Diffusion bzw. Verbreitung führen können.

Ebenfalls phasenübergreifend existiert die Notwendigkeit, FuE-Förderung und Marktentwicklung inhaltlich und zeitlich aufeinander abzustimmen. Es erfordert dynamische bzw. kontinuierliche Anpassungen sowie eine ganzheitliche Perspektive entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dies ist in der Vergangenheit größtenteils recht positiv gelöst worden. Die Finanzierung kompletter Anlagen bzw. die Gewährung von Investitionszuschüssen des Bundes verbunden mit umfassenden

Demonstrations- und Datenerhebungsprogrammen sowie öffentlich gesicherte Rückflüsse (u. a. durch die Einspeisevergütungen im 100-MW-/250-MW-Programm, StromEG und EEG) haben den Unsicherheiten der Investoren (u. a. Anlagenbetreiber sowie Kreditinstitute) frühzeitig entgegengewirkt. Erst durch öffentliche Investitionszuschüsse, die Erhebung von hochwertigen und verlässlichen Daten (u. a. für die Rendite- und Risikokalkulation der Investoren) sowie fixe Vergütungssätze konnte die Marktentwicklung derart positiv beeinflusst werden. Stabilisierend über den Regierungswechsel hat sich zudem ausgewirkt, dass es sich bei den Einspeisegesetzen nicht um Regierungs-, sondern Parlamentsentwürfe handelte. Sonst wäre eine langfristige Kalkulation kaum möglich gewesen. Auch für die Offshorewindenergie wurden inzwischen, wenn auch verspätet, Einspeisetarife festgelegt und auch das Offshoretestfeld, wenn auch ebenso verspätet, wird Demonstrationseffekte erfüllen und Daten generieren.

Wie bereits bei den Blockaden beschrieben, ist die FuE-Förderung bislang stark durch das Umweltministerium (BMU) getrieben. Mittlerweile ist die Windenergie aber nicht nur ökologisch interessant, sondern mit zunehmender Bedeutung der systemischen Anforderungen und wirtschaftlichen Aspekte (z. B. Exportfähigkeit) sollten auch andere Politikressorts wie z. B. das BMBF, BMWI, BMZ oder BMVB im Rahmen der Förderung beteiligt sein, d. h., es sollte eine „Forschungsförderung aus einem Guss“ sowie eine zusätzliche Unternehmensförderung (u. a. der KMU) erfolgen. Wichtig ist dabei ein ressort- und ministerienübergreifendes, koordiniertes und abgestimmtes Vorgehen in der Förderung entlang der gesamten Wertschöpfungskette, das zudem auch auf Bundes- und Landesebene aufeinander abgestimmt ist.

Zudem ist eine stärkere Vernetzung aller beteiligten Windenergieakteure anzustreben (Prognos et al. 2007). Hierzu zählt z. B. der Aufbau einer gemeinsamen Vertretung zur Lobbyarbeit auf nationaler sowie internationaler Ebene. Ebenso ist der gemeinsame Auf- und Ausbau großer FuE-Infrastrukturen und „Leuchtturminstitute“ wichtig sowie u. U. deren räumliche Bündelung (IWR 2008). Ein Beispiel hierfür ist das im einleitenden Abschnitt bereits erwähnte Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES). Die internationale Sichtbarkeit und Vernetzung derartiger Institute sind insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden internationalen Konkurrenz wichtig, denn derartige Innovationsnetzwerke erzeugen im Ausland Vertrauen in die industrielle Basis Deutschlands.

Darüber hinaus ist eine bessere „Vermarktung“ bzw. Außendarstellung der deutschen Branche insbesondere im Hinblick auf die zunehmende Internationalisierung der Branche und den künftigen Anforderungen wesentlich. Folgende Maßnahmen könnten zur Reputationssteigerung im Ausland führen (IWR 2008): Es könnte der jährliche BMU-Bericht zur Forschungsförderung im Bereich „Erneuerbare Energien“ auch in andere Sprachen übersetzt und anschließend aktiv im internationalen Umfeld verteilt werden. Zudem könnte ein Forschungspreis ausgelobt

werden, der jährlich nationale und internationale innovative Forscher und Entwickler aus Wissenschaft und Wirtschaft auszeichnet. Hier könnten z. B. die jeweiligen Gewinner anschließend international publik gemacht werden. Derartige Innovationswettbewerbe tragen auch zur besseren Vernetzung bei, bei entsprechender Ausgestaltung auch international. Unabhängig davon bieten sich natürlich weitere Formen der Kommunikation wie z. B. englischsprachige Zeitschriftenbeiträge oder Messen und Konferenzen mit internationaler Beteiligung an, um so auch die Sichtbarkeit im Ausland zu erhöhen.

Allgemein gilt, dass auch die Windenergiebranche am Fachkräftemangel, u. a. bei Ingenieuren leidet. Im Hinblick auf den bestehenden und sich langfristig verschärfenden Fachkräfteengpass sind verstärkt Ausbildungsverbände zwischen der Industrie bzw. Wirtschaft und der Wissenschaft in Erwägung zu ziehen.

### 3.2 Maßnahmen für die Wissenschaftsakteure

#### Maßnahmen im FuE-Bereich

Die Vernetzung seitens der Wissenschaft sollte in verschiedene Richtungen vorangetrieben werden. Zum einen sollte durch das Einbinden der Industrie die Anwendungsorientierung gestärkt werden. Zum anderen sollte die fachdisziplinenübergreifende Ausrichtung der Windenergie („Kreuzbefruchtung“) sowie die Vernetzung mit anderen Forschungsbereichen („Querdenken“) intensiviert werden, um so z. B. das Serienfertigungs-Know-how aus der Automobilindustrie für die Windenergie nutzbar zu machen.

Zudem fordert das Internationale Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR 2008) zur Weiterentwicklung des Forschungsstandortes Deutschland in der Windkraft eine „Weiterentwicklung des Wissenskreislaufs“ mit einem verstärkten inhaltlichen und personellen Austausch. Dies u. a. in Anlehnung an die Beispiele des RISO-Instituts in Dänemark und des „Energy Research Centre of the Netherlands (ECN)“ in den Niederlanden. Laut IWR (2008) kann eine effiziente Einbindung von Wissenschaft und Wirtschaft u. a. durch infrastrukturelle Maßnahmen wie die Einrichtung von Prüf- und Testständen erfolgen.

Zusätzlich sollte sich die FuE im Windenergiebereich stärker systemischen Fragestellungen zuwenden, z. B. dem Umgang mit Variabilität, der Speicherung bzw. entsprechenden Speichertechnologien und der Einspeisung, u. a. auch „vehicle to grid“ nutzbar machen. Auch der internationale Bedarf wird, wie im einleitenden Abschnitt beschrieben, künftig an Bedeutung gewinnen. Die Wissenschaft kann hier unterstützend mitwirken. Sowohl die FuE-Einrichtungen wie auch die Industrie sollten sich stärker an diesem zum Teil neuen Nachfragebedarf sowie den internationalen Markt- und Technologieentwicklungen orientieren bzw. ausrichten und die dabei gewonnenen Erkenntnisse und Daten aktiv austauschen.

Darüber hinaus sollten der Austausch über Fehlschläge und das Mislingen intensiviert werden und hierbei mehr Ehrlichkeit und Transparenz eingebracht werden. Ein „Journal of Unsuccessful Approaches“ oder ein „Jour

fix“, bei dem regelmäßig Expertengespräche stattfinden und Erfahrungskreise durchgeführt werden, z. B. analog zur Stiftung Offshore, die bereits einen solchen „Jour fix“ veranstaltet, wären mögliche Initiativen.

#### Phasen- und/oder akteursübergreifende Maßnahmen

Die Aus- und Fortbildung sollte mit dem Ziel gefördert werden, ein techno-ökonomisch-gesellschaftliches Systemverständnis zu stärken. Hierfür sollten vermehrt Ausbildungsverbände zwischen Wissenschaft und Wirtschaft ins Leben gerufen werden, z. B. Hochschulschwerpunkt Offshore, um u. a. dem absehbaren Mangel an qualifizierten Mitarbeitern frühzeitig zu begegnen. Zusätzlich sollte der mentale Wandel in der Wissenschaft weiter vorangetrieben werden, z. B. durch Errichtung eines Deutschen Windforschungsverbundes (DWFV).

### 3.3 Maßnahmen für die Wirtschaftsakteure

#### Maßnahmen im FuE-Bereich

Mit zunehmender Internationalisierung wird der Schutz des geistigen Eigentums zur Aufrechterhaltung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit wichtiger. Hinsichtlich der Patentstrategien sollte daher ein Ausbau der Patentanmeldungsaktivitäten erfolgen, um das geistige Eigentum deutscher Windenergieakteure auf den Weltmärkten zu sichern.

#### Maßnahmen im Bereich Umsetzung sowie Diffusion in die Breite

Die Industrie ist gefordert, Lösungen zu dringlichen Themen im Bereich der Diffusion, u. a. zur Netzintegration, zum Netzausbau, zur Akzeptanz und Volatilität bereitzustellen. So ist u. a. der Aufbau geschlossener und leistungsfähiger Logistikketten voranzutreiben, z. B. Offshorelogistiklösungen zum Ferntransport sowie der Wartung von Anlagen.

Darüber hinaus sollte Deutschlands Rolle im neuen Verband der Netzbetreiber gestärkt werden. Auch eine europäische Netzholding sollte eingerichtet werden, um einen europäischen Binnenmarkt voranzutreiben. Zu beachten ist hierbei, dass internationale Aktivitäten nur dann reibungslos funktionieren, wenn die bestehenden Probleme auf regionaler und nationaler Ebene gelöst sind.

Künftig dürften die Leitmärkte außerhalb von Deutschland liegen. Insbesondere der asiatische Raum und Amerika werden nach Auswertung verschiedener Szenarien voraussichtlich profitieren, während die Bedeutung von Europa abnimmt. Auf Deutschland bezogen bedeutet dies eine weitere Entkopplung von Forschungsstandort und Absatzmarkt. Zur Deckung der steigenden ausländischen Nachfrage werden deutsche Unternehmen, um international wettbewerbsfähig zu bleiben, künftig weltweit neue Produktionskapazitäten errichten müssen, u. a. unter dem Gesichtspunkt größtmöglicher Marktnähe. In diesem Zusammenhang ist ähnlich wie in anderen Sektoren zu erwarten, dass auch neue Forschungseinrichtungen verstärkt in den neuen Kernmärkten entstehen. Von vielen

Experten wurde betont, dass im Kontext der Internationalisierungsstrategien eine Diversifizierung der Produktpalette (angepasst an die internationale Nachfrage) erforderlich ist, z. B. kleinere Anlagen. Hierzu sind die Produktions- und FuE-Aktivitäten auf ausländische Bedürfnisse auszurichten, u. a. auch durch unmittelbare Präsenz mit eigenen Einheiten vor Ort (vgl. hierzu das Beispiel Dänemark).

Im Kontext der Internationalisierung wurde von den Experten auch betont, dass Exportinitiativen vor dem Hintergrund der großen Herausforderungen vermehrt konzentriert, d. h. akteurs- und u. U. länderübergreifend, angegangen werden sollten. Deutschland sollte sich dabei auf seine traditionelle Stärke als Exportführer in Weltmarktnischen fokussieren (sog. „hidden champions“). Als Beispiel wurde hier netzunabhängige Anlagenkonfiguration genannt, u. a. für Indien. In diesem Kontext sollten auch die Testfelder in den Exportländern und der Know-how-Transfer ausgebaut werden.

Zeitgleich mit der wachsenden Internationalisierung wird die internationale Normierung und Standardsetzung zunehmend bedeutender (IWR 2008). Damit Deutschland seine Vorreiterposition international durchsetzen kann, ist es daher wichtig, dass deutsche Vertreter aus einzelnen Technologiebereichen bestenfalls erneut konzentriert von Beginn an in den weltweiten Normierungsprozess eingebunden sind, um die Interessen der heimischen Windindustrie möglichst optimal vertreten zu können (IWR 2008). Dies gilt möglicherweise nicht nur für die Industrie, sondern für die gesamte deutsche Windkraftforschung. Dies impliziert auch ein gemeinsames Vorgehen mit der Forschung und gegebenenfalls der Politik bzw. deren Einbindung in die Gremien.

#### **Phasen- und/oder akteursübergreifende Maßnahmen**

Es sollten in Zusammenarbeit mit der Wissenschaft und Politik vermehrt Testzentren für Großkomponenten errichtet werden. Der Ausbau von Offshoretestfeldern wird als wichtig und richtig bewertet und sollte zusammen mit anderen Akteuren, z. B. Zertifizierungseinrichtungen, erfolgen.

Die Windenergie findet sich laut Einschätzung der Teilnehmer unzureichend in der Hightech-Strategie wieder, u. a. „nur“ in den Bereichen „Ergietechnologien“ und „maritime Technologien“. Hier hat sich aus Sicht einzelner Experten die Windenergiebranche bei der Entwicklung der Hightech-Strategie nicht optimal positioniert. Eine bessere Lobbyarbeit sowie ein besseres koordiniertes und akteursübergreifendes Vorgehen sind daher in Zukunft wichtig, damit die Windenergie vermehrt „politisches Gehör“ bekommt.

Aber auch der mentale Wandel innerhalb der Wirtschaft, z. B. bei den etablierten EVU, ist weiter voranzutreiben. Vor allem sollte ein Abbau der Blockadehaltung bei etlichen Wirtschaftsakteuren, u. a. etablierten EVU, erfolgen. Dabei sollte die Transparenz erhöht werden, indem die Bereitschaft zum Datenaustausch zwischen Wirtschaftsakteuren untereinander, aber auch zwischen Wirtschaft

und Wissenschaft, gegebenenfalls durch entsprechende Anreizstrukturen, erhöht wird („mehr Vertrauen im Umgang miteinander“, „Verordnung von Transparenz“ z. B. durch Offenlegung der FuE-Ergebnisse bei geförderten Projekten). Denn eine gesteigerte Transparenz zu Chancen und Risiken ist für alle Beteiligten von Nutzen.

Auch die Vernetzung der Wirtschaft mit der Forschung über gemeinsame Projekte sollte verbessert werden, z. B. durch gemeinschaftliche Vorlaufforschung. Der Austausch von Erfahrungen und Daten ist wichtig zum schnellen Abbau von Unsicherheiten, zur Vermeidung bzw. Verringerung von Fehlschlägen und zur Nutzung von Synergien. Die Vergangenheit hat gezeigt, so die Workshopteilnehmer, dass die Entwicklung der Windenergie besonders dort positiv verlief, wo es konzentrierte Aktionen aller Akteure gab, um z. B. gemeinschaftlich Daten zu erheben, u. a. zur Verbesserung der Qualität von Gutachten, oder die Finanzierung von Anlagen zu bündeln und Risiken zu diversifizieren. Hierzu gehören auch innovative Betreibermodelle wie z. B. „Bürgerwindparkmodelle“, in denen das örtliche bzw. kommunale Potenzial gemeinschaftlich sinnvoll mobilisiert wird (u. a. Konzentration der Anlagen auf bestimmten Terrains, aber gemeinschaftliche Beteiligung). Hierdurch werden die Potenziale optimal genutzt und die Akzeptanz in der Öffentlichkeit gesteigert.

## **VI. Fallstudie MP3-Player und Mini-Beamer**

### **1. Technologiebeschreibung**

Im Gegensatz zu den zwei Fallstudien zur Windenergie und Nanoelektronik, welche Beobachtungen und Analysen zu Technologien auf einem hohen Aggregationsniveau vornehmen, soll hier eine Fallstudie zu konkreten Produktinnovationen auf einem niedrigeren Aggregationsniveau durchgeführt werden.

Es wurde explizit ein analytisch-historischer Ansatz gewählt, der die Ereignisse und Akteure in den Kontext der Erfolgs- und Hemmnisfaktoren bei der Etablierung von Schlüsseltechnologien näher beleuchtet und die zwei aggregierten Fallstudien durch eine Perspektive erweitert, die eine größere Tiefenschärfe in der Beobachtung erlaubt und die historischen Verläufe stärker in den Vordergrund stellt. Aus dieser Perspektive sollen mittels einer Synthese mögliche Gründe und Einordnungen konkreter technischer Umsetzungen in Form von spezifischen Produkten auf mögliche Verschränkungen und wechselseitige Abhängigkeiten von Blockaden bzw. Hemmnisfaktoren sowohl unter diesen selbst als auch zwischen diesen und relevanten Rahmenbedingungen geleistet werden.

Dabei zeigt sich, dass meist mehrere Blockaden in einem Kreislauf wechselseitiger Verstärkung wirken, welche sich in einigen Fällen dem Einfluss beteiligter Akteure aus Wissenschaft und Wirtschaft im zeitlichen Verlauf immer weiter entziehen, bzw. sich Beschränkungen in den Handlungsmöglichkeiten zunehmend verfestigen.

Zur Charakterisierung der beiden Produktinnovationen lässt sich der bereits seit über zehn Jahren etablierte MP3-Player aus einer Ex-post-Perspektive betrachten, während

der Mini-Beamer mit einer Ex-ante-Sichtweise bezüglich der Blockaden und Erfolgsfaktoren eines auf einer Schlüsseltechnologie basierenden Gerätes untersucht werden kann. Die Mini-Beamer-Technologie ist im Gegensatz zur praktisch ausgereiften MP3-Technologie noch sehr jung und befindet sich im Moment in einer Phase, die sich z. T. durch die Erstellung von Prototypen und der Etablierung erster marktreifer Lösungen charakterisieren lässt.

### 1.1 Entwicklung und Stand der MP3-Technologie

#### Entwicklungsphase (1970 bis 1988)

Die Geschichte des MP3-Formats und damit auch des MP3-Players beginnt in den frühen 1970er Jahren. An der Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg begann Professor Dieter Seitzer mit der Forschung zur Sprachqualität und deren Verbesserungsmöglichkeiten über Telefonleitungen. Die Ergebnisse der frühen Forschung versuchte Professor Seitzer, in einem Patent zu schützen. Dieser Versuch scheiterte jedoch, das Patent wurde nicht erteilt. Dennoch wurden die Bemühungen fortgesetzt. Parallel hierzu fanden Anstrengungen statt, das zu dieser Zeit auf Analogtechnik basierende Telefonsystem durch ein System basierend auf Digitaltechnik zu ersetzen. Dies führte zur Entwicklung der ISDN-Technologie. Die Deutsche Bundespost beschloss 1979, die bisher mechanischen Vermittlungsstellen, welche aufgrund ihrer Ausgestaltung anfällig für Störungen waren, durch digitale Vermittlungsstellen zu ersetzen. Nach einigen Feldversuchen entschied sich die Deutsche Bundespost im Jahr 1982 für die Verwendung der ISDN-Technologie, die durch das Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique (CCTT) im Jahr 1980 als Norm verabschiedet wurde. Diese und andere Verbesserungen der Übertragungsgeschwindigkeiten und Kapazitäten des Telefonsystems führten dazu, dass die Audiokompression bei Beibehaltung der Sprachqualität an Relevanz verlor, da nun ausreichend Bandbreite vorhanden war, um Sprache adäquat zu übertragen. In etwa zu dieser Zeit begann Prof. Seitzer zusammen mit dem damaligen Studenten Karlheinz Brandenburg die Entwicklung eines Kodierungsverfahrens basierend auf Erkenntnissen der Psychoakustik.

Im Jahr 1981 kam es zur Einführung der „Compact Disc“ (CD), die bekanntermaßen ebenfalls auf der Digitalisierung von Audiosignalen beruht. 1985 stellte Sony den ersten tragbaren CD-Player vor, den D-100. Diese Art der Geräte löste in den kommenden Jahren das tragbare und analogbasierte Kassettenabspielgerät, den „Walkman“, ab und hatte einen dämpfenden Einfluss auf die Etablierung tragbarer MP3-Player, da sie funktional gesehen einen ähnlichen Zweck erfüllte. Der tragbare CD-Player konnte sich also knapp 15 Jahre als eine dominante Vorgängerlösung etablieren.

Im Jahr 1987 gelang einem Forscherteam am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (Fraunhofer IIS) ein Durchbruch. Es gelang die Kodierung von Stereomusik in

Echtzeit. Dies ist ein wesentlicher Bestandteil der späteren Entwicklung hin zur MP3-Technologie. Im gleichen Jahr bildeten die FAU Erlangen-Nürnberg und das Fraunhofer IIS im Rahmen des durch die Europäische Kommission in dem EUREKA-Forschungsprogramm geförderten Projekts EU-147 zur digitalen Audioübertragung eine Forschungsallianz. Die Partner des Projektkonsortiums sind in Tabelle 35 aufgelistet.

Fokussiert man auf die deutschen Unternehmen, so geht man auf den ersten Blick aus heutiger Perspektive davon aus, dass in dem Projekt durchaus zu einem späteren Zeitpunkt Anknüpfungspunkte für Aktivitäten in Richtung einer portablen Abspielereinheit vorhanden waren. Dies ist zwar z. T. durchaus richtig, wäre jedoch eine verkürzte Sichtweise. Es muss von daher der damaligen Kontextualisierung und zu diesem Zeitpunkt breiten interpretativen Flexibilität der MP3-Technologie Rechnung getragen werden. Es ist daher notwendig, die eingebrachten Forschungsinteressen mit einzubeziehen, da diese auch den Initialkontext des Umgangs der Akteure mit dem Forschungsvorhaben beschreibt.

Als generelles Ziel lässt sich ein weiterhin bestehender Fokus auf Übertragung von Signalen erkennen, so steht im Antrag des Projekts zu lesen: „The evolution of the DAB system constitutes a major innovation in the broadcasting infrastructure. It is the first step towards digitalisation of the broadcasting distribution services following the developments in telecommunication (ISDN) and storage media (CD). For the first time it will be possible to offer high quality audio and data broadcasting services in a steady, reliable and impairment-free way to fixed and moving receivers and even with simple antennae. Compared with FM, especially mobile reception will be significantly improved. Thus DAB provides a powerful telecommunications infrastructure.“ An anderer Stelle: „DAB will create a market for home, mobile and portable receivers in high quantities (finally replacing FM and AM services).“ Es sei am Rande bemerkt, dass das Projekt einen gewissen politischen Impetus nicht verbergen kann, welcher auch in der heutigen Diskussion um das Phänomen des MP3-Players oft herangezogen wird, jedoch meist in seiner pessimistischen Umkehrung: „The drawing up of a new digital audio broadcasting standard will therefore provide a long term counterbalance to the increasing dominance of the countries of the Far East in the consumer electronics sector.“

Die CD, eine Entwicklung des Projektpartners Philips, findet zwar am Rande Erwähnung und es ist davon auszugehen, dass Philips entsprechende Interessen hatte. Der Fokus liegt jedoch eher auf der Etablierung einer Infrastruktur und entsprechender Empfangseinheiten, also generell der Übertragung von Musik mittels Radiotechnologie.

Betrachtet man, welche Kompetenzen die Akteure beitragen und welche Hauptgeschäftsfelder sie belegen, so zeigt sich diese Orientierung ebenfalls (Tabelle 36). Bei den deutschen Akteuren findet man eine Dreiteilung. Fraunhofer IIS stellt sich hier als Vermittler zwischen Forschung und Anwendung dar. Dies ist weniger überraschend.

Tabelle 35

## Das Projektkonsortium des EUREKA-Projekts EU-147

| Institution – Projektpartner                                  | Land |
|---|------|
| Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.                | DE   |
| British Broadcasting Cooperation                              | GB   |
| Fraunhofer-Institut für integrierte Schaltungen (IIS)         | DE   |
| ITT Intermetall, Halbleiterwerk der dt. ITT Industries GmbH   | DE   |
| Nokia Consumer Electronics International AG                   | CH   |
| SGS-Thomson Microelectroniques/Laboratoires Electroniques     | FR   |
| Centre Com. d'Etudes de Telediffusion et de Telecommunication | FR   |
| Deutsche Telekom AG   | DE   |
| Thomson Thomcast S. A.  | FR   |
| Deutsche Thomson-Brandt GmbH                                  | DE   |
| United Monolithic Semiconductors GmbH                         | GB   |
| ITN – Institut für Kraftfahrwerke                             | DE   |
| Telefunken Sendertechnik GmbH                                 | DE   |
| Telediffusion de France                                       | FR   |
| Philips Business Electronics B.V.                             | NL   |
| Institut für Rundfunktechnik GmbH                             | DE   |
| Grundig E.M.V. Elektro-Mechanische Versuchsanstalt            | DE   |
| Robert Bosch-Blaupunkt Werke GmbH                             | DE   |

Quelle: EUREKA-Projekt EU-147 (<http://www.eurekanetwork.org/project/-/id/147>)

schend. Durch die starke Betonung des Forschungsfokus und der Basisarbeit an der Kodierungstechnologie ist diese Sonderrolle berechtigt. Darüber hinaus zeigt sich eine Zweiteilung in eher produkt- und eher dienstleistungsorientierte Partner. Die dienstleistungsorientierten Partner rekrutieren sich aus Akteuren im Bereich der Radioübertragung oder Telekommunikation. Die produktorientierten Akteure, zu diesen zählt damit auch eingeschränkt das Fraunhofer IIS, sind hauptsächlich auf Infrastrukturaufbau und Implementierung von Speziallösungen, z. B. im Bereich der Verkehrstelematik und Referenzimplementierungen, interessiert. Ein weiterer Punkt, welcher prominent genannt wird, bezieht sich auf angestrebte Normungsaktivitäten. Auf diesen Punkt wird später genauer eingegangen. Man sollte an dieser Stelle die Informationen in den Projektbeschreibungen nicht überbewerten. Sicher finden sich auch andere Rationalitäten, die nicht in der Beschreibung auftauchen. Jedoch kann man daraus zumindest ein Grundinteresse der Partner erkennen und die strukturelle Zusammensetzung ablesen.

Im Rahmen des Projekts EU-147 gelingt ein weiterer Durchbruch. Karlheinz Brandenburg (1989) beschreibt in

seiner Dissertation im Jahr 1989 eine praktikable Lösung der psychoakustischen Kodierung von Audiosignalen. Unter der Leitung von Professor Gerhäuser am Fraunhofer IIS wird eine Echtzeitimplementierung dieses Verfahrens entwickelt.

Betrachtet man den bisherigen geschichtlichen Verlauf, so hat sich der Fokus der Bemühungen zu diesem Zeitpunkt endgültig von der ursprünglichen Beschäftigung mit der Sprachübertragung hin zur wesentlich größeren Herausforderung, der Kodierung von Musik, verschoben.

Es kommt hier zu einer weiteren Verschiebung, oder besser gesagt Auffächerung, welche die Bemühungen aus dem engeren Rahmen der Übertragung von Inhalten herauslöst und die allgemeineren technischen Eigenschaften, die Kompression von Mediendaten unabhängig vom Übertragungsweg oder einer spezifischen technischen Anwendung, in den Vordergrund stellt. Diese Möglichkeit und Wahrnehmung dieser Charakteristika sowie das aktive Bestreben, diese zu betonen, markieren einen wichtigen Meilenstein. Ab diesem Zeitpunkt realisiert sich die spätere MP3-Technologie durch das folgende Handeln der Akteure als Schlüsseltechnologie.

Tabelle 36

**Projektziele und Sektorzugehörigkeit der Partner**

| <b>Organisation</b>                   | <b>Beitrag zum Projekt</b>  | <b>Wirtschaftszweig (NACE)</b>  |
|---------------------------------------|---|---|
| Fraunhofer ISIS                       | Implementation of prototype applications (specification, hardware, integration) for data services – Development of gap fillers – Support of field trials and promotion activities   | 33 201 Manufacture of electronic instruments and appliances for measuring, checking, testing, navigating and other purposes; 7<br>3 Research and development;<br>7 420 Architectural and engineering activities and related technical consultancy |
| ITT Intermetall                       | Development of signal processor for DAB source coding and channel coding – High quality converters for audio base band signals  | 33 301 Manufacture of electronic industrial process control equipment   |
| Deutsche Telekom                      | Phase I: propagation measures, computer simulations of the DAB system. Phase II: Network planning, DAB field trials under SFN-conditions, aspects of programme distribution/contribution.                                       | 9 220 Radio and television activities   |
| Deutsche Thomson-Brandt               | Finalisation of system specification, development of receiving equipment, field tests of receiving equipment, simulation of coding methods for additional services, integration/micro-electronics development, standardisation. | N.A.  |
| United Monolithic Semiconductors GmbH | Specification of an innovative traffic information and guidance system as an auxiliary service for DAB.   | 316 Manufacture of electrical equipment not elsewhere classified  |
| Telefunken Sendertechnik              | Finalisation of the System specification – Field tests and validation – Worldwide standardisation and promotion Leads Transmitter Prototype Taskforce   | 9 220 Radio and television activities   |
| Institut für Rundfunktechnik          | Final specification/introduction of a DAB service based on specifications drafted by EBU/ETSI – Verification of sufficient programme capacity using existing system – Optimising of channel coding/concealment – Data services  | 9 220 Radio and television activities   |
| Grundig E.M.V.                        | System definition-Develop DAB test receivers and perform laboratory system tests with GRUNDIG channel simulator (FADICS)/test system (SMARTS) – DAB test transmissions/field tests/channel decoder for prototype receiver       | 32 202 Manufacture of radio and electronic capital goods  |
| Robert Bosch-Blaupunkt                | System definition – System implementation – System test and validation – Definition and implementation of ancillary data – System specification   | 316 Manufacture of electrical equipment not elsewhere classified  |

Quelle: EUREKA-Projekt EU-147 (<http://www.eurekanetwork.org/project/-/id/147>)

### **Etablierung der MP3-Technologie und Übergangsphase zum MP3-Player (1988 bis 1997)**

Wie bereits erwähnt, findet sich schon in der Projektbeschreibung des EUREKA-Projekts EU-147 ein Fokus auf Normungsaktivitäten. Diese stellen einen wesentlichen Teil der Etablierung der späteren MP3-Technologie als Schlüsseltechnologie dar.

Im Jahr 1988 wird in der Internationalen Organisation für Normung (ISO) die „Moving Pictures Expert Group“ gegründet, die sich mit der Entwicklung einer Norm zur digitalen Umsetzung multimedialer Inhalte beschäftigen soll. Die Projektpartner des EUREKA-Projekts entschließen sich, dieser Gruppe beizutreten und sich dort aktiv einzubringen. Insgesamt werden für die Audiokodierung 14 Vorschläge eingereicht.

Aus den 14 eingegangenen Vorschlägen werden vier Konsortien gebildet, aus denen zwei konkurrierende Vorschläge entstehen. Einer dieser Vorschläge ist das durch das Fraunhofer IIS eingereichte Verfahren. Philips und das Centre Communautaire d'Etudes de Télédiffusion präferieren einen Konkurrenzvorschlag, das IRT System. Thomson schließt sich mit dem Fraunhofer IIS zusammen, um das Verfahren weiterzuentwickeln. Zeitgleich arbeitet AT&T an einem ähnlichen Verfahren. Aufgrund der kommerziellen Relevanz und der inhaltlichen Nähe, welche nahezu unweigerlich zu komplexen Patentstreitigkeiten führen würden, wird ein Kreuzlizenzierungsvertrag zwischen AT&T und der Fraunhofer-Gesellschaft ausgearbeitet. Dieser betrifft das geistige Eigentum aus gemeinsamen Forschungsvorhaben. Die Unterzeichnenden gewähren sich damit gegenseitig Zugriff auf ihre Patente. Neben AT&T kommt es zwischen Thomson und dem Fraunhofer IIS zu ähnlichen Verträgen. Zwei Verfahren stellen sich im Prozess als dominant heraus.

Das Fraunhofer IIS, AT&T und Thomson stellen das „Adaptive, Spectral Perceptual Entropy Coding“ (ASPEC) vor. Neben ASPEC kommt es zu einem zweiten Vorschlag, dem „Masking Pattern Adapted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing“ (MUSICAM). 1990 testet die Internationale Organisation für Normung (ISO) beide Verfahren auf ihre Tauglichkeit, woraus mit knappem Vorsprung MUSICAM als Sieger hervorgeht. Jedoch zeigen sich dezidierte Unterschiede zwischen den jeweiligen Lösungen in Bezug auf ihre Einsatzmöglichkeiten. Um die relativen Vorteile zu nutzen, wird ein Modell mit mehreren Ebenen („Layers“) implementiert. ASPEC besetzt hier die Audiokodierung für die höchste Ebene Drei (MPEG-1 Layer III). 1991 wird das gesamte System durch die MPEG-Gruppe und die ISO als internationale Norm akzeptiert und ein Jahr später in der Video-CD (CD-I) implementiert.

Betrachtet man MP3 als Softwarelösung, so kann man an dieser Stelle die erste Forschungsphase abschließen. Diese geht fließend getrieben durch die Normung in die Diffusionsphase über. Es ist dabei anzumerken, dass hier die Normungsphase vergleichsweise früh einsetzt und sich relativ nahtlos an die Forschungsphase anschließt und teilweise mit dieser überlappt. Teilweise finden im

Normungsprozess selbst weitere Entwicklungen und inkrementelle Verbesserungen statt, was generell als positiv zu bewerten ist. Auch die Integration und Bündelung vieler Interessen haben eine schnelle und breite Anwendung der MP3-Technologie befördert. Die reine Softwarelösung findet jedoch schnelle Anwendung. Im Internet tauchen erste MP3-Dateien auf, welche jedoch zuerst nur auf stationären Computern abgespielt werden können. Die Diffusion der reinen Softwarelösung verläuft erstaunlich schnell und hat auch einen maßgeblichen Einfluss darauf, eine potenzielle Nachfrage nach mobilen Geräten, den MP3-Playern, zu schaffen. Hierfür wird jedoch eine Hardwareimplementierung benötigt.

Diese Implementierung geschieht auf Bauteilbasis durch einen der Projektpartner des EUREKA-Projekts. ITT Intermetall, welche bereits während des EUREKA-Projekts die Entwicklung eines Audioprozessors geplant hatte, entwickelt eine hardwarebasierte Lösung in Kooperation mit dem Fraunhofer IIS. Die ersten Kooperationsbemühungen starten nahezu direkt im Anschluss an die Normungsaktivitäten im Jahr 1992 nach einem Treffen zwischen Otto Witte, Ingenieur bei ITT Intermetall, Martin Dietz und Prof. Gerhäuser vom Fraunhofer IIS. Die Kompetenzen sind hierbei komplementär. Das Fraunhofer IIS ist Spezialist für die Softwareimplementierung, die Ingenieure von ITT in Freiburg, heute Micronas, sind Spezialisten in der Chipherstellung. Es dauert zwei Jahre bis die erste Implementierung im Jahr 1994 erfolgreich ist. Die Bemühungen seitens Micronas, die Kooperation mit deutschen Unternehmen zu suchen, welche die Chips in Produkte überführen, scheitern. Micronas erweitert die Bemühungen schließlich in den asiatischen Raum. Dort finden sie im koreanischen Unternehmen SaeHan Information Systems Interessenten, die auch als erstes Unternehmen den Micronas MP3-Decoder-Chip lizenzieren. Mit der Hardwareimplementierung ist der Weg für tragbare MP3-Player offen.

### **Die ersten Generationen der MP3-Player (1998 bis 1999)**

Die ersten MP3-Player am Markt sind schließlich ab März 1998 nach der CEBIT verfügbar. Die Anzahl der Hersteller ist zu diesem Zeitpunkt recht überschaubar. Als erster marktreifer auf Flashspeichern basierender MP3-Player gilt der „MPMan F10“, hergestellt von dem bereits erwähnten koreanischen Unternehmen SaeHan Information Systems. Das Gerät verfügte damals über einen 32-MB-internen Speicher, der jedoch auf 64 MB mittels Smart-Media-Karten erweiterbar war. Der Einführungspreis lag bei 500 US-Dollar. In Deutschland wurde es durch die Firma Schneider vertrieben.

Auch ein deutsches Unternehmen befindet sich unter den ersten Herstellern tragbarer MP3-Player. Das Unternehmen PONTIS GmbH liegt knapp 100 km von Erlangen entfernt in Schwarzenfeld. Der Prototyp des „MPlayer3“ wird 1994 zum ersten Mal öffentlich vorgestellt. Im Dezember 1998 kann die PONTIS GmbH dieses Gerät unter dem Namen „MPlayer3“ in Serie herstellen. Das Gerät hatte damals keinen internen Speicher, sondern verfügte

über Kartenschächte für Multi-Media-Cards (MMC). Die Wahl, als Kartenformat MMC einzusetzen, war kein Zufall. Die Marktreife der MMC wurde auf 1997 datiert und unter deutscher Beteiligung entwickelt. Bei dem deutschen Unternehmen handelt es sich um Ingentix, einer Tochter des Siemens Konzerns, die die MMC in Kooperation mit dem amerikanischen Unternehmen SanDisk entwickelt hatten. Die PONTIS GmbH hat zu dieser Zeit bereits Kooperationen mit Siemens aufgebaut. Neben den Kartenschächten hatte das Gerät keinen PC-Anschluss. Der Einstiegspreis lag bei knapp 190 US-Dollar. Zusätzliche Karten (32 MB) waren mit einem Preis von 90 US-Dollar recht kostspielig. Das Gerät verfügte über zwei Kartenschächte und wurde mit Speicherkarten von einem Gesamtvolumen von 16 MB (2 x 8 MB) ausgeliefert. Laut der PONTIS GmbH konnte der „MPlayer3“ als einziger Player über Windows, Macintosh oder Linux verwaltet und bespielt werden. Um den Vertrieb des Players zu beschleunigen, hatte die PONTIS GmbH den „MPlayer3“ auch an Hexaglot und Grundig lizenziert. Grundig nahm leichte Designveränderungen vor und verkaufte das Gerät ab 1999 unter dem Namen „MPaxx“.

Der erste weltweit erfolgreiche MP3-Player wird schließlich durch einen bis dato eher für Grafikkarten bekannten amerikanischen Hersteller entwickelt und vermarktet. Das Gerät mit Namen „RIO PMP 300“ verfügte über einen 32-MB-internen Speicher und konnte mittels Smart-Media-Karten auf 64 MB erweitert werden. Neben dem internen Speicher und den Kartenschächten war das Gerät auch mit einem PC-Anschluss ausgestattet. Das Gerät war nahezu zeitgleich ab September 1998 in den USA und in Deutschland verfügbar.

Die positive Resonanz vor allem auf den „RIO PMP 300“ führt schließlich zu schutzrechtsrelevanten Reaktionen anderer Akteure. Im Oktober 1998 wird durch die Recording Industry Association of America eine Unterlassungsklage auf Basis des Homer Recording Act angestrebt. Bei dem Gerichtsverfahren geht RIO als Sieger hervor. Ab September 1998 werden auch die ersten Lizenzgebühren des FhG-Thomson-Patentpools aktiv eingefordert. Diese beziehen sich allerdings nicht auf das Abspielen von MP3-Dateien, sondern das Umwandeln der Audiodaten in MP3. Darüber hinaus kommt es zu diesem Zeitpunkt zu weiteren technischen Entwicklungen, welche für den weiteren Verlauf der Entwicklung von MP3-Playern relevant sein werden. Im September 1998 wird die Universal-Serial-Bus-Technologie (USB) in der Version 1.1 verabschiedet. Ebenfalls nahezu zeitgleich entwickelt Shawn Fenning die Tauschplattform Napster. Die Napster Plattform wird 1999 aktiv.

#### **Entwicklung hin zu den heutigen „MP3-Playern“ (2000 bis 2008)**

Der MP3-Player beginnt sich ab diesem Zeitpunkt in verschiedene Typen auszudifferenzieren. Hierbei werden nur die portablen Geräte betrachtet. Getrieben durch die hohen Weltmarktpreise und die vergleichsweise schlechte Verfügbarkeit von Flashspeichern werden weitere alternative Speichermedien erprobt. Hier werden zwei Wege ge-

wählt. Der eine Weg geht in Richtung der Verwendung von CDs als Speichermedium, der andere Weg über die Verwendung von Festplatten (HDD) als Speichermedium. Beide haben jeweils Vor- und Nachteile. Die Verwendung von Festplatten schafft eine Basis, die auf zukünftige inkrementelle Verbesserungen vorbereitet ist. Das heißt, mit der zunehmenden Kapazität kann dieser Pfad länger verfolgt werden. Dies gilt potenziell auch für die Verwendung von Flashspeichern. Festplatten lagen seit 1993 in einem Formfaktor von 1,8 Zoll vor. Hier konnten vergleichsweise hohe Speicherkapazitäten realisiert werden, die sich gleichzeitig durch ein sehr schnelles Wachstum der möglichen Kapazität auszeichnen. Die CD ist in ihrem Maximalvolumen mit 700 MB in ihrer Aufnahmefähigkeit beschränkt, liegt aber deutlich über der Kapazität, die in dieser Zeit mithilfe von Flashspeichern zu einem wirtschaftlichen Preis realisiert werden kann und basiert zu einem großen Teil auf der dominierenden Vorgängertechnologie des tragbaren CD-Players, welcher – wie bereits erwähnt – seit 1985 vorliegt. Das erste Gerät wird hier von Philips vorgestellt. Dies ist keine Überraschung, wenn man bedenkt, dass Philips die CD-Technologie erfunden und maßgeblich an der Etablierung der CD mitgewirkt hat. Betrachtet man die heutige Situation, so zeigt sich, dass die Verwendung von Festplatten und Flashspeichern klar zu den dominanten Lösungen am Markt zählt, wobei Flashspeicher mittlerweile stärker vertreten sind und der Trend eher in diese Richtung zeigt.

Diese Trajektorien werden im weiteren Verlauf durch inkrementelle Entwicklungen getrieben, welche mehrere Technikbereiche berühren. Hier sind im Wesentlichen drei Faktoren zu nennen.

Erstens gibt es Bestrebungen zur Miniaturisierung der Geräte (siehe hierzu auch die Ausführungen zu „More Moore“ in der Fallstudie zu Nanoelektronik in Kap. IV), die sich vor allem in der Entwicklung hochintegrierter Chips äußert, welche mehrere Funktionen erfüllen. Hier sind vor allem zwei große ausländische Unternehmen zu nennen. Das amerikanische Unternehmen SigmaTel, seit 2008 Teil des Konzerns Freescale Semiconductors, der wiederum ein Spin-off der Halbleitersparte von Motorola aus dem Jahr 2004 ist, bietet eine hochintegrierte „System-on-a-Chip“-Lösung (zu SoC s. a. Kap. IV), den „STMP35xx“ an. Diese Lösung beinhaltet die wesentlichen Funktionen eines MP3-Players inklusive optionalem Speicherbereich und Verstärkereinheit. Im Zeitraum zwischen 2002 und 2006 hat SigmaTel die höchsten Marktanteile an diesen Lösungen und wird sowohl in „No-Name“-Produkten als auch bis 2006 in Prestigeprodukten wie dem „iPod-Shuffle“ der Firma Apple verarbeitet. Das zweite Unternehmen mit wesentlichem Marktanteil ist die in China beheimatete Actions Semiconductor Co. Ltd., welche ebenfalls SoC-Lösungen („SIMP3“) mit ähnlichem Funktionsumfang anbietet. Diese Lösungen werden fast ausschließlich in simplen Niedrigpreisgeräten verbaut und firmieren unter einer enorm großen Zahl von Markennamen.

Zweitens wird der Trend durch Erhöhung der Speicherkapazität getrieben. Sowohl im Bereich der Flashspeicher

als auch Festplatten ist Deutschland im internationalen Vergleich schwach vertreten. Bei Festplatten spielen nahezu ausschließlich amerikanische und asiatische Unternehmen eine Rolle. Bei den durch das japanische Unternehmen Toshiba entwickelten Flashspeichern gilt das Gleiche.

Ein dritter Faktor ist die Schnittstelle zwischen Abspielgerät und „Personal Computer“ (PC), die über die USB-Technologie realisiert wird. Diese kann jedoch wenig Differenzierung herstellen, da sie zum einen in nahezu allen Playern ab der dritten Generation (ca. ab 1999/2000) Verwendung findet und zum anderen lediglich eine Spezifikationsänderung erfahren hat. Zum Teil sind die genannten Faktoren neben Markenprestige und Preis bis heute maßgeblich und ausschlaggebend für die Kaufentscheidung der Nachfrager, d. h. Konsumenten.

Des Weiteren stehen die genannten Trajektorien in wechselseitiger Abhängigkeit. Die Betrachtung der wechselseitigen Beeinflussung von weiterer Miniaturisierung und Erhöhung der Speicherkapazität führen zu einer kurzen Lebenszeit der CD-MP3-Player, obwohl diese damals preislich attraktiv gestaltet werden konnten, da sie auf einer soliden Vorgängertechnologie aufsetzen konnten. Sowohl eine Miniaturisierung als auch eine Verbesserung der Speicherkapazität waren mit diesem Typ der Geräte nicht möglich. Die Interaktion der Faktoren Miniaturisierung und Speicherkapazität favorisiert schließlich die festplatten- und flashbasierten Typen, welche auch heute das dominante Paradigma darstellen. Darüber hinaus werden die flashbasierten Geräte schon früh als sporttauglich beworben, da hier keine beweglichen Teile verwendet werden. Dies gilt bereits ab der ersten Generation, was in den Vermarktungsaktivitäten als ein deutliches Alleinstellungsmerkmal sehr prominent transportiert wird.

Die wechselseitige Beeinflussung des ersten und dritten Faktors (Miniaturisierung und Schnittstelle) führt zu einer Verwendung von Akkumulatoren anstatt der Verwendung der größeren Batterien in nahezu allen modernen MP3-Playern. Hier sind auf der Forschungsseite durchaus Potenziale für deutsche Akteure gegeben. Deutsche Unternehmen und Forscher haben in letzter Zeit große Erfolge in diesem Bereich erzielt. Dieses Potenzial könnte u. U. auch in Bezug auf Kleingeräte der Unterhaltungselektronik angewendet werden. Die zweiten und dritten Faktoren (Speicherkapazitätserhöhung und Schnittstelle) interagieren sehr eng und bedingen sich sehr stark wechselseitig. Die Verbesserung der Laufzeit kann hier zum Teil durch Verbesserungen der Chiptechnologie erreicht werden.

Radikale Innovationen in diesem Segment sind vor allem im Bereich der Funktionserweiterung und dem breitflächigen Einsatz der MP3-Technologie in Geräten mit anderer Hauptfunktion zu suchen. Insgesamt sind diese Entwicklungen Teil der verstärkten Integration mehrerer Funktionen in tragbare Geräte und werden oft auch als Paradebeispiele für Technologiekonvergenz angeführt. Hier wird auch wieder das wesentliche Potenzial der MP3-Technologie als Schlüsseltechnologie deutlich. Während der erste Schritt zur Etablierung von MP3 als

Schlüsseltechnologie in der Herauslösung aus dem Kontext der Radiübertragung bestand liegt hier nun der Fokus auf einer breiten technischen Integrierbarkeit in verschiedene Arten von Geräten.

Der Trend zur Miniaturisierung führt letztlich dazu, dass die Einsatzmöglichkeiten der MP3-Technologie erweitert werden. Ab 2000 erreichen die ersten Mobiltelefone mit MP3 Funktionalität den Markt. Zunächst sind diese Geräte noch modular, d. h. der MP3-Player wird an das Mobiltelefon angesteckt und z. T. auch separat vertrieben. Die Miniaturisierung ist mittlerweile so weit fortgeschritten, dass auch dies nicht mehr nötig ist. Die MP3-Funktionalität findet mittlerweile vollständig in einem modernen Mobiltelefon Platz, was auf die hohe Integration der benötigten Schaltkreise in Spezialchips zurückzuführen ist. Eine weitere radikale Innovation in diesem Bereich wird in den Folgejahren maßgeblich von drei Trends beeinflusst. Die fortschreitende Entwicklung bei der Kompression von audiovisuellen Daten im Rahmen der Forschungsaktivitäten und der Aktivitäten der MPEG-Gruppe, die Verbesserung in der Displaytechnologie und die zunehmende kostengünstig zu realisierende Kapazität im Bereich der Festplatten- und Flashspeichertechnologie führen zu einer neuen Generation von Geräten, welche man gemeinhin als Multimediaplayer, „Personal Media Player“ oder kurz PMP bezeichnet. Mit diesen Geräten ist es möglich, sowohl komprimierte Musik als auch komprimierte Videos auf einem dezidierten tragbaren Gerät abzuspielen. Als erster PMP gilt die festplattenbasierte Archos Jukebox Multimedia aus dem Jahr 2002. Dieser lag in zwei Modellen mit einer Kapazität von 10 GB und 20 GB vor. Dieser Typus basiert zunächst eher auf dem vorherigen Festplattentypus, ist jedoch mittlerweile durch die Erhöhung der möglichen Kapazität und Preisentwicklung auch mittels Flashspeicher möglich. Der Trend zeigt momentan eher in Richtung der Verwendung von Flashspeichern, da diese kleinere und flachere Geräte ermöglichen. Darüber hinaus sind sie schockresistent und damit für den Freizeitgebrauch besser geeignet.

Die deutsche Position in allen diesen Typen ist im internationalen Vergleich aus heutiger Seite eher schwach ausgeprägt. Man kann in jedem Fall mit Sicherheit sagen, dass Deutschland bei keinem der genannten Produkttypen eine Marktführerrolle spielt. Je nach Segment dominieren verschiedene Akteure und die Konstellationen sind sehr dynamisch.

## 1.2 Vergleich von MP3-Player und Mini-Beamer

### Überblick über das Feld der optischen Technologien

Neben der MP3-Technologie soll hier der Vergleich zu einer weiteren Schlüsseltechnologie und konkreten Produktinnovation im Bereich der „optischen Technologien“ gezogen werden, dem Mini-Beamer. Die MP3-Technologie kann als Schnittstellentechnologie zwischen Mikro- und Nanoelektronik (als Querschnittstechnologien) und IuK-Technologien oder vielmehr der Konsumelektronik (als Anwendungstechnologien) verstanden werden, wobei der MP3-Player eine konkrete Produktinnovation darstellt.

Entsprechend kann die Technologie des Mini-Beamers an der Schnittstelle zwischen den optischen Technologien (als Querschnittstechnologien) und IuK-Technologien bzw. Konsumelektronik verstanden werden, wobei der Mini-Beamer ebenso eine Produktinnovation darstellt.

Die optischen Technologien sind als „die Gesamtheit physikalischer, chemischer und biologischer Naturgesetze und Technologien zur Erzeugung, Verstärkung, Formung, Übertragung, Messung und Nutzbarmachung von Licht“ definiert (Lenkungsreis 2000). Damit reichen die optischen Technologien von der traditionellen klassischen Optik bis hin zu jüngeren Formen der Nutzung und vor allem der Erzeugung von Licht, beispielsweise in der nichtlinearen Optik, Quantenoptik etc. In ihrer Anwendung umfassen sie traditionelle Konsumgüter wie Linsen und Fotoapparate oder moderne Produkte wie CD-Player und optische Speicher, aber auch Investitionsgüter wie Messgeräte und Laser für den Einsatz in Produktion und Medizin. Ebenso wie die Nanotechnologie stellen die optischen Technologien kein Produkt dar, sondern ermöglichen neue, spezielle Funktionalitäten, über welche sie als integraler Bestandteil von Produkten Anwendung finden. Heute werden beispielsweise als Ergebnis öffentlicher und industrieller Förderung etwa 40 Prozent der weltweit verkauften Laser bzw. Strahlquellen in deutschen Unternehmen hergestellt. Aufseiten der Forschungsförderung ist vor allem das „Förderprogramm Optische Technologien“ zu nennen. Bis zum Jahr 2012 sollen im Rahmen dieses Programms jährlich Projekte mit bis zu 80 Mio. Euro gefördert werden.

### Vergleich von MP3-Playern und Mini-Beamern

Während der MP3-Player als Produktinnovation eine etwa zehnjährige Historie hinter sich hat und die Entwicklung prinzipiell ausgereift ist, ist der Mini-Beamer eine noch junge Entwicklung. Der Mini-Beamer ist ein Gerät mit niedrigem Formfaktor (d. h. kleinen Abmessungen), welches die Projektion von bewegten Bildern erlaubt. Die zugrundeliegende Leuchtdiodentechnologie (LED-Technologie), die in diesen Geräten Verwendung findet, könnte ähnlich weit zurückverfolgt werden, z. T. bis in die 1960er Jahre. Es soll jedoch nur ein kurzer historische Abriss geliefert werden und sich auf das Gerät als solches beziehen. Hier bietet sich die Möglichkeit, die Ex-post-Betrachtung des MP3-Players mit einer Ex-ante-Sichtweise bezüglich der Blockaden und Erfolgsfaktoren eines auf einer Schlüsseltechnologie basierenden Gerätes abzuschätzen und aktuell zu beleuchten, um sowohl Parallelen als auch Unterschiede herauszuarbeiten. Die Mini-Beamer-Technologie ist noch sehr jung und derzeit in einer Phase, die sich z. T. durch die Erstellung von Prototypen und der Etablierung erster marktreifer Lösungen charakterisieren lässt.

Bei einem Mini-Beamer handelt es sich generell um ein Gerät, das auf der Basis kalter Lichtquellen, also Leuchtdioden oder auch Laserdioden aufsetzt. Im Gegensatz zu der momentan dominanten Lösung bei Projektoren kommen hierbei mehrere technische Vorteile zum Tragen, welche sich auch auf die bereits beim MP3-Player wirk-

samen treibenden Faktoren beziehen lassen oder teilweise identisch sind. Diese für die Entwicklung des Mini-Beamers treibenden Faktoren sind die Miniaturisierung, Laufzeit bzw. Energieeinsparung und Implementierung bzw. Verwendung der Technologie in anderen Geräten, wobei der Nutzen dieser Geräte gesteigert wird. Auch hier stehen die Faktoren wieder in wechselseitiger Beziehung. Einige der Vorteile von Mini-Beamern sind direkt offenkundig und werden auch in der Vermarktung stark betont, auch wenn die zugrundeliegenden technischen Faktoren nur am Rand Erwähnung finden.

Die Verwendung von LEDs in Projektionsgeräten hat zunächst einen wesentlichen Vorteil bei der Nutzung der zugeführten elektrischen Energie. Diese kann wesentlich besser verwendet werden, da LEDs kaum Abwärme produzieren, also die elektrische Energie wesentlich effizienter in Licht und weniger in Wärme umgesetzt werden kann. Bei Quecksilberdampflampen wird zunächst ein helles, weißes Licht erzeugt, welches dann durch Filter in den Farben Rot, Grün und Blau (RGB) geleitet wird. Durch diese Filterung geht ein wesentlicher Teil der Lichtstärke verloren. Bei LEDs hingegen wird das Licht bereits in den zu mischenden Farben erzeugt. Die Lichtstärke kann also wesentlich besser ausgenutzt werden und es ist bei gleicher zu erreichender Lichtstärke der Projektion ebenfalls weniger Energie erforderlich. Durch die Verwendung kalter Lichtquellen entfällt auch die energieaufwendige und vor allem geräuschintensive, aktive Kühlung des Geräts mittels Lüftern. Die technische Herausforderung besteht somit in der Erzeugung von kaltem Licht der Farben Rot, Grün und Blau innerhalb enger Frequenzbänder in miniaturisierter Form sowie in der Konstruktion entsprechender Scannerspiegel, die das Licht dann entsprechend umleiten um das endgültige Bild zu erzeugen.

## 2. Blockaden

Im folgenden Kapitel sollen Blockaden und Erfolgsfaktoren identifiziert und politische Einflussmöglichkeiten abgeleitet werden. Diese basieren auf den Ergebnissen des Workshops in Berlin sowie weiteren Interviews mit Experten zu den Themen MP3-Player und Mini-Beamer.

Zunächst ist zu sagen, dass die MP3-Technologie nicht per se als „beste Lösung“ für das Problem der psychoakustischen Audiokompression gesehen werden kann. Andere Lösungen waren ebenfalls geeignet, diese in adäquater Weise zu erreichen. Was jedoch bei MP3 zum Tragen kommt, war, dass die frühen Vertreter der MP3-Technologie ein kontinuierliches Engagement bei der Etablierung des Formats vorgenommen haben. Dieses Engagement der frühen deutschen Akteure zeigt sich unter anderem auch in der schnellen Entwicklung einer hardwarebasierten Lösung, den erfolgreichen Aktivitäten in der internationalen Normung und den Aktivitäten, die zu einer frühen Entwicklung eines Prototyps für ein MP3-basiertes Abspielgerät geführt haben. Betrachtet man das MP3-Format sowohl aus einer wissenschaftlichen Perspektive als auch aus einer Perspektive, die das Engagement der Initialakteure beleuchtet, so ist das MP3-Format in die-

sem Sinne als erfolgreich anzusehen. Dies beinhaltet auch indirekte volkswirtschaftliche Effekte, wie z. B. den Aufbau der Wissensbasis sowohl in der anwendungsorientierten Forschung als auch bei den frühen Akteuren.

Meist wird das MP3-Format auf seine wohl prominenteste Anwendung, die mittlerweile als MP3-Player bezeichneten Abspielgeräte, verkürzt und lediglich aus dieser Perspektive dem Format MP3 Erfolg oder Misserfolg zugesprochen. Hierbei muss beachtet werden, und dies ist auch eines der Probleme bei der Etablierung dieser Implementierung der MP3-Technologie, dass hierzu weitere Faktoren, welche z. T. außerhalb des Einflussbereichs der Initialakteure lagen, betrachtet werden müssen. Im Folgenden werden sowohl die Hemmnis- als auch die Erfolgsfaktoren der Fallstudie MP3-Player und Mini-Beamer näher beleuchtet, wobei nach den in Kapitel II eingeführten Kosten-, Wissens-, Markt- und institutionellen Faktoren unterschieden werden soll. Gemäß Tabelle 3 sollte diese Untersuchungsweise für die vorliegenden Produktinnovationen passend sein.

## 2.1 Blockaden in der Kostendimension

Sowohl die Dokumentenanalyse des historischen Falls des MP3-Players als auch die Interviews haben gezeigt, dass im Bereich der Kostenfaktoren als zentrales Hemmnis für die Etablierung neuer Schlüsseltechnologien vor allem der fehlende Zugang zu adäquaten Finanzierungsquellen zu nennen ist. Dies trat, auf den Fall der MP3-Technologie bezogen, weniger in der Phase der Grundlagenforschung oder dem Übergang in die anwendungsorientierte Forschung auf. Beim Übergang von Prototyp zu Markteinführung kam es jedoch unter anderem aufgrund des Mangels an Risikokapital zu Verzögerungen und einer suboptimalen Marktdurchdringung. Dies führte schließlich dazu, dass das deutsche Pionierunternehmen PONTIS GmbH aufgrund des starken Konkurrenzdrucks und des Mangels an Kapital im Bereich der Herstellung von MP3-Playern seine Geschäftsaktivitäten nicht aufrechterhalten konnte und Konkurs anmelden musste. Mehrere Interviewpartner haben dies unabhängig voneinander als ein wesentliches Problem dargestellt.

Vor allem im Bereich der Unterhaltungselektronik sind die Kosten der Überführung eines Prototyps in ein marktreifes Produkt wesentlich höher als die Entwicklung des Prototyps selbst. Es wird von nahezu allen Akteuren moniert, dass hier kaum Geld zur Verfügung stand, dass es in Deutschland besonders schwierig war, solche Gelder zu beschaffen, und dass dies auch heute noch der Fall ist. Dies reduziert im Bereich der Unterhaltungselektronik vor allem für kleinere und jüngere Unternehmen den Anreiz, innovative Produkte an den Markt zu bringen, da das Risiko als zu hoch eingeschätzt wird und nicht durch entsprechenden Kapitalzugang Planungssicherheit aufgebaut werden kann. Geräte wie MP3-Player, welche auf eine breite Käuferschicht abzielen, sind allerdings nur unter der Ausnutzung hoher Skalenerträge wettbewerbsfähig realisierbar. Diese sind von kleineren Betrieben nicht in dem Maße langfristig zu leisten, da hier die benötigten Produktionskapazitäten nicht zur Verfügung stehen. Eine

Ausnahme liegt hier in Nischenprodukten und Spezialanwendungen. Die benötigten Produktionskapazitäten, um solche Skalenerträge zu erreichen, liegen konzentriert fast nur noch im asiatischen Raum vor. Hier ist zum einen der Mangel an in geeigneter Stückzahl verfügbaren und kostengünstigen Speicherlösungen zu nennen. Zum anderen handelte es sich bei dem deutschen Unternehmen, das weltweit als erstes MP3-basierte Abspielgeräte als Prototypen entwickelte, um ein kleines Unternehmen, das zuvor im Bereich der Unterhaltungselektronik nicht aktiv gewesen war. Dieses Unternehmen verfügte nicht über ausreichende Produktionskapazitäten und Marketingkanäle, um den MP3-Player am Markt zu etablieren.

Frühe ausländische Akteure, hier ist unter anderem Saehan Technologies zu nennen, ein zu diesem Zeitpunkt ebenfalls vergleichsweise kleines koreanisches Unternehmen, hatten hierbei eine bessere Voraussetzung, da es enge Verbindungen zum Speicherhersteller Samsung aufweisen konnte. Samsung verfügte zu diesem Zeitpunkt über die heute ebenfalls stark am Markt etablierte und verbreitete Flashtechnologie. Hier zeigt sich die Relevanz komplementärer Technologien, also dem Zugriff auf zusätzliche Bauteile, welche in Deutschland oftmals nicht gegeben sind.

Diese Probleme bestehen nicht nur bei der Produktion der MP3-Player, sondern finden sich auch im Vergleichsfall der Mini-Beamer. Auch bei der Weiterentwicklung und vor allem der Produktion von Mini- und Pico-Beamern, also Beamern auf Basis der LED- und Laserdiodentechnologie, sind deutsche Forscher zwar führend bei der Entwicklung der Spiegelsysteme, die zentraler Bestandteil eines Mini-Beamers sind, jedoch liegen auch hier z. T. Probleme dahingehend vor, dass bestimmte Chips nicht zur Verfügung stehen, welche für die Entwicklung von Prototypen und vor allem der Entwicklung erster Produktkleinserien notwendig wären. In beiden Fällen ist somit der Zugriff auf bestimmte Bauteile nicht gegeben, da diese von den produzierenden Akteuren z. T. nicht an eine breite Masse an Unternehmen verkauft werden. Dies kann u. U. strategische Gründe haben, die Mitbewerber aus dem Markt zu drängen und Kontrolle über die eigene Technologie aufrechtzuerhalten. Es handelt sich somit um eine Problematik, welche die Integrität der Wertschöpfungskette betrifft.

Ebenso zeigt sich die Relevanz in Deutschland vorliegender exzellenter und nutzbarer Querschnittstechnologien (z. B. Mikro- und Nanoelektronik oder optische Technologien) sowie Anwendertechnologien (z. B. IuK-Technologien, Konsumelektronik) aus denen konkrete Produktinnovationen schöpfen können. Ein Fehlen dieser Technologien bzw. wichtiger Sektoren kann daher über die Marktpositionierung und -erfolge der hier betrachteten sowie zahlreicher weiterer potenzieller Produktinnovationen maßgeblich entscheiden.

Dabei ist anzumerken, dass auch nahezu alle erfolgreichen Hersteller, dies gilt bei MP3-Playern auch für den Marktführer Apple Inc., nicht im eigenen Land, sondern verstärkt im asiatischen Raum fertigen lassen. Eine Marktführerschaft in diesem Bereich ist somit nur zu ei-

nem gewissen Teil auf das Vorhandensein entsprechender Produktionskapazitäten im Inland zurückzuführen, oder genauer, es ist möglich auch ohne entsprechende Produktionskapazitäten im Inland eine Marktführerrolle einzunehmen. Dies wird unter den Blockaden im Bereich der Marktfaktoren näher ausgeführt werden.

## 2.2 Blockaden in der Wissensdimension

Im Bereich der Wissensfaktoren zeigt sich vor allem die Problematik, Partner für Kooperationen im Bereich der Vermarktung zu finden, als Hemmnis. Nach der Entwicklung des MP3-Decoder-Chips, der ein wesentliches Kernelement des MP3-Players darstellt, kam es zu großen Schwierigkeiten, diesen an große deutsche Unternehmen zu lizenzieren, welche dann entsprechende Abspielgeräte vermarkten und mit ihrem Markenprestige entsprechende Aufmerksamkeit auf der Nachfrageseite aktivieren könnten. Micronas musste somit auf andere Abnehmer ausweichen und fand in dem koreanischen Unternehmen Saehan Technologies einen frühen Lizenznehmer für die Chiplösung. In Deutschland stieß die Chiplösung nur auf relativ geringes Interesse, sodass lediglich die PONTIS GmbH einen Versuch machte, einen Prototyp zu entwickeln. Hier lagen nach eigenen Angaben jedoch die entsprechenden Kapazitäten in der Vermarktung, vor allem in Form einer etablierten Marke, nicht vor. Ähnlich wie bei der bereits besprochenen Problematik Risikokapital einzuwerben, lag auch hier ein Problem vor, das die Etablierung des MP3-Players unter Beteiligung der deutschen Industrie erschwerte.

Ähnliches lässt sich auch momentan im Fall des Mini-Beamers beobachten. In diesem Bereich ist die anwendungsorientierte Forschung an Scannerspiegeln gut aufgestellt. So wurden an die entsprechenden Akteure in der Fraunhofer-Gesellschaft bereits im Jahr 2001 Anfragen aus dem Ausland bezüglich der Lizenzierung dieser Technologie gestellt. Interesse seitens deutscher Unternehmen kam aber erst im Jahr 2006 erstmalig auf.

In beiden Fällen liegt somit wohl eine unterschiedliche Wahrnehmung der wirtschaftlichen Verwertbarkeit deutscher Forschungsergebnisse seitens inländischer und ausländischer Unternehmen vor. Alle Interviewpartner konnten diesen Eindruck unabhängig voneinander bestätigen. Diese Situation wird zum Teil als allgemeingültig und über den spezifischen Fall hinausgehend beschrieben. Es wird jedoch auch darauf hingewiesen, dass sich dies auf den Bereich der Vermarktung bezieht. Das Problem, geeignete Partner für Forschungsvorhaben zu finden, sei relativ gering, zumindest seitens der Fraunhofer-Gesellschaft. Dies wird von den Interviewpartnern meist einem verstärkten Sicherheitsdenken und einer geringen Risikobereitschaft deutscher Unternehmen geschuldet.

Der Mangel an Risikobereitschaft wurde auch als unternehmensinternes Problem thematisiert. So wurde der MP3-Decoder-Chip in der Entwicklung nicht offiziell durch das Unternehmen gefördert, da die Entwicklung einer solchen Lösung nicht zum Kerngeschäft des Unternehmens gehörte. Somit musste die Entwicklung dieses Chips als Nebenprojekt „undercover“ betrieben werden.

## 2.3 Blockaden in der Marktdimension

Bei den Marktfaktoren ist vor allem die Rolle starker Marken und den dahinter stehenden Unternehmen als relevant zu sehen. Hierbei gehört der heutige Marktführer Apple, welcher jedoch nicht unter den frühen Akteuren im MP3-Player-Markt war. Apple konnte erst 2001, also knapp drei Jahre nach der Einführung der ersten MP3-Player mit einem eigenen Produkt an den Markt gehen. Hier ist zu beachten, dass Apple im Gegensatz zu den derzeitigen Ansätzen der Verwendung von Flashspeichern beim Bau von MP3-Playern auf kleinformatige Festplatten setzte, welche Geräte mit vergleichsweise großem Volumen ermöglichten. Dieser Umstand zusammen mit der starken Marke Apple trug maßgeblich zum Erfolg bei. Die erste Generation des „IPods“ war hierbei lediglich mit Geräten des Herstellers Apple kompatibel. Ein Gerät, das sowohl mit Apples Mac-Betriebssystem als auch mit Microsoft Windows kompatibel war, wurde erst Mitte 2002 vorgestellt. Über die Jahre ist es Apple gelungen, das Produktportfolio dieser Unterhaltungsgeräte sehr stark auszudifferenzieren, also Geräte an den Markt zu bringen, die sowohl im unteren als auch im Hochpreissegment erfolgreich sind.

Hier wird vor allem betont, dass diese Marktführerschaft sowohl auf eine entsprechende Vermarktung mittels der starken Marke Apple als auch auf der Etablierung eines neuartigen Geschäftsmodells, der Verschränkung des Geräts „Ipod“ in seinen verschiedenen Varianten zusammen mit entsprechender Software („iTunes“) und vor allem der Möglichkeit auf legalem Weg, Medieninhalte zu erwerben („iTunes Store“), wobei letztere Möglichkeit stark in die Verwaltungssoftware des Geräts selbst integriert wurde. Der Erfolg dieses Geschäftsmodells ist deshalb besonders relevant, da in den frühen Phasen der Vermarktung von MP3-Playern kaum kommerzielle Angebote vorlagen, welche diese Geräte für eine breite Käuferschaft interessant machen könnten. Zwar wurde in Deutschland bereits im Jahr 1997 die Etablierung eines solchen Dienstes durch Rundfunkanbieter geplant, dieser wurde jedoch nicht in Betrieb genommen. Die Möglichkeit, legale Inhalte über den „iTunes Store“ zu erwerben, können jedoch nur teilweise den Erfolg des Marktführers erklären, da dieses Geschäftsmodell erst 2003 mit dem Start des „iTunes Music Store“ umgesetzt wurde. Entscheidend ist allerdings, dass das Geschäftsmodell über die Jahre konstant und gesamtheitlich weiterentwickelt wurde. So wurden einige Modelle des iPods im Jahr 2005 mit Farbdisplays ausgestattet und nahezu zeitgleich der Kauf von Musikvideos über den „iTunes Store“ ermöglicht. Dieses Angebot an Medieninhalten erstreckt sich mittlerweile auch auf TV-Serien und Spielfilme. Hier zeigt sich auch, dass sich die Verwertung der MP3-Technologie nicht in der Herstellung und Vermarktung von Geräten erschöpft, sondern auch andere Formen der Wertschöpfung ermöglichen kann, z. B. über den Vertrieb von Medien. Hier muss jedoch beachtet werden, dass solche Geschäftsmodelle nur begrenzt durch kleine Unternehmen durchgesetzt werden können, da es im konkreten Fall zu wechselseitigen Verhandlungen zwischen Rechteinhaltern und Verwertungsgesellschaften auf der einen Seite

und Unternehmen, welche solche Arten von Geschäftsmodellen etablieren, auf der anderen Seite kommt. Ein Beispiel hierfür waren die zähen Verhandlungen um die Verwertung von Musikstücken über den „iTunes Music Store“ des Unternehmens Apple. Hier war vor allem die Zerteilung und Vermarktung der gesamtheitlichen Künstlerwerke in Form von Musikalben in einzelne Stücke zu einem Preis von 0,99 US-Dollar ein prominenter Streitpunkt. Wie sich historisch u. a. am Beispiel der Klage gegen RIO zeigen lässt, sahen starke Akteure der Musikindustrie in der MP3-Technologie eher eine Bedrohung für bestehende Absatzkanäle als eine Chance auf die Etablierung neuer Formen der Verwertung.

Zusammenfassend hat sich ein branchenübergreifendes und unter Einbezug neuer und z. T. einlizenzierter technischer Neuerungen konstant erweitertes Geschäftsmodell mit starker vertikaler Bindung auf Bauteilbasis bei Produktion in kompetitiv billigen Produktionsländern als dominant herausgestellt, wobei Markenprestige und Vermarktungsaktivitäten eine wesentliche Rolle bei der Durchsetzung und Etablierung dieser Strategie spielten.

Obwohl aus heutiger Perspektive die Vorherrschaft asiatischer Hersteller als gegeben erscheint und sich auch der Marktführer an diese Gegebenheiten angepasst hat, wird von den Interviewpartnern die starke Rolle asiatischer Hersteller als ein Hemmnisfaktor genannt, allen voran koreanische Hersteller, welche über leistungsfähige Produktionsanlagen verfügen. Diese Vorherrschaft war bereits vor der Entwicklung der ersten MP3-Player gesetzt, d. h., in Deutschland lagen solche Kapazitäten bereits während der Entwicklung der MP3-Technologie selbst nicht in adäquater Weise vor.

Betrachtet man die gesamte Wertschöpfungskette und zieht hierbei in Betracht, dass Micronas mit ihren MP3-Decoder-Chips zwei bis drei Jahre den Markt vollständig dominierten, so kann daraus geschlossen werden, dass trotz einer schwach ausgeprägten Industriestruktur im Bereich der Massenherstellung von Chiplösungen für einige Jahre eine Vorherrschaft Deutschlands im vorderen Bereich der Wertschöpfungskette, d. h. als Lieferanten für die genannten Chiplösungen, existiert hat. Dies wurde jedoch im Lauf der Zeit durch die bereits im historischen Teil (Kap. VI.1.2) genannten Hersteller ausgehöhlt, sodass auch hier keine langfristige Vorherrschaft erreicht werden konnte. Dies ist wiederum ursächlich auf die nichtvorhandenen Produktionskapazitäten zurückzuführen, welche die Massenherstellung kostengünstiger Lösungen auf lange Sicht ermöglicht hätten. Hier muss jedoch auch eingeschränkt beachtet werden, dass der Marktführer ebenfalls über Exklusivverträge zu bestimmten Bauteilen mit amerikanischen Unternehmen unterhält, die im Ausland in Serie herstellen. Das Geschäftsmodell der Entwicklung von Spezifikationen bei der gleichzeitigen Produktion im Ausland, vor allem im asiatischen Raum, scheint somit an anderer Stelle ebenfalls ein attraktives Modell zu sein, insofern ein starker Vermarktungspartner für die Endgeräteserien vorliegt.

Im Rahmen des Workshops und der Interviews wird u. a. das Fehlen einer stark ausgeprägten Unterhaltungselek-

tronikindustrie in Deutschland als maßgebliches Hindernis gesehen. Zwar ist Deutschland einer der stärksten europäischen Absatzmärkte für diese Art von Produkten, die wenigsten Produkte werden jedoch von deutschen Unternehmen vermarktet oder hergestellt. Dies hat in der Vergangenheit zu wesentlichen Hemmnissen in der Vermarktung entsprechender Produkte geführt, die sich auch in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit nur schwer lösen lassen werden. Der Mangel an Unternehmen, die diese Vermarktungsfunktion erfüllen, wird auch für zukünftige Entwicklungen als kritisch gesehen. Ähnliches gilt für die Etablierung einer vollständig in Deutschland beheimateten Wertschöpfungskette. Um die Investitionen und Forschungsergebnisse zu vermarkten, muss somit oft auf Partner im Ausland zurückgegriffen werden, wobei hier z. T. aktiv deutsche Technologie nachgefragt wird.

## 2.4 Blockaden in der institutionellen Dimension

Bei den institutionellen Faktoren wird als positives Element für den Erfolg der MP3-Technologie die formelle Normung auf internationaler Ebene genannt. Diese hat nach Einschätzungen der Experten und Beteiligten einen wesentlichen Anteil am Erfolg des MP3-Formats beigetragen.

Als Hemmnisfaktor wird allgemein das hohe Ausmaß an Bürokratie in der Vergabe öffentlicher Fördermittel angemerkt. Dies wird auch von den Akteuren genannt, welche bereits in Berührung mit öffentlicher Förderung gekommen sind. Nach Aussagen eines Interviewpartners wurde bereits vor der betrachteten Periode des MP3-Players die Beantragung öffentlicher Förderung in Angriff genommen. Diese wurde jedoch als sehr zeitraubend und kostenintensiv angesehen, sodass es im konkreten Fall zu keinen weiteren Versuchen einer Beantragung kam. Hierbei ist zu bemerken, dass es sich um eine subjektive Wahrnehmung der Akteure handelt, d. h., dass Maßnahmen, welche bereits vonseiten der Politik ergriffen wurden, z. T. nicht im Bereich der Wahrnehmung sind.

Ein weiterer institutioneller Faktor, welcher teilweise den Bereich der Marktfaktoren berührt, ist die wahrgenommene Schwierigkeit mit deutschen Unternehmen, die Handhabung entsprechender geistiger Eigentumsrechte auszuhandeln. Hier wird bemerkt, dass dies mit ausländischen Unternehmen, allen voran amerikanischen Unternehmen, einfacher gestaltet werden kann, da hier eine andere Sichtweise auf geistige Eigentumsrechte vorliegt, welche stark auf wechselseitiger Lizenzzahlung zwischen den jeweiligen Verhandlungspartnern beruht. In Deutschland hingegen herrsche in der Industrie eher die Perspektive vor, dass die das konkrete Forschungs- und Vermarktungsvorhaben betreffenden geistigen Eigentumsrechte vollständig zur Verfügung gestellt werden sollen. Dies gilt sowohl für den Fall des MP3-Players als auch für den Fall der Mini-Beamer.

Des Weiteren wird besonders von kleinen und innovativen Chipherstellern der Mangel an Infrastrukturen zum Testen der Chipdesigns thematisiert. Der Zugang zu Anlagen, welche diese Tests ermöglichen, ist hierbei schwie-

rig, wobei einige Modellversuche im Ausland als vorteilhaft für einen kontinuierlichen Entwicklungsfluss im Bereich der Mikroelektronik gesehen werden, hier werden z. B. Aktivitäten in der Schweiz genannt. Bei diesen Modellen, welche auf dem Konzept des „shared access“ beruhen, wird kleinen und mittelständischen Unternehmen die Möglichkeit gegeben, kostengünstig neue Spezifikationen und Prototypen von Chip-Lösungen zu testen. Vor allem kleine und mittelständische Unternehmen sind von den Problemen einer unzureichend ausgebauten offenen Testinfrastruktur betroffen. Dieses Problem wirkt sich besonders stark in Bereichen aus, bei denen Schlüsseltechnologien durch kleine Unternehmen zur Entwicklung von Spezial- und Nischenlösungen herangezogen werden.

## 2.5 Blockaden in weiteren Dimensionen

Neben den genannten Faktoren werden auch andere Sachverhalte genannt, welche bei der Etablierung von MP3-Playern und Mini-Beamern eine Rolle spielten. Diese beziehen sich zumeist auf „weiche Faktoren“, wie die Vernetzung von Lehre, Forschung und Industrie. Hierbei wird moniert, dass wenige Studenten der Ingenieurwissenschaften über eine „wirtschaftliche Denke“ verfügen, die es ihnen ermöglicht, die entworfenen Technologien auf ihre gewinnbringende Vermarktung hin zu prüfen. Auf dem Workshop wurden von den Experten weitergehende Barrieren in diesem Bereich diskutiert, wie der Mangel an Enthusiasmus für den Beruf des Ingenieurs und das Verhältnis zu den Naturwissenschaften im Allgemeinen. Es wurde wiederholt die unzureichende Verschränkung von Lehre, hier ist sowohl Schule als auch weiterführende Ausbildung gemeint, mit Bereichen der Forschung und vor allem der Industrie betont. Auch eine gewisse Praxisferne des Studiums und ein zu starker theoretischer Bezug des Studiums werden als Hemmnis genannt.

Des Weiteren wird die tarifliche Ausgestaltung des öffentlichen Dienstes im Hinblick auf die Forschung als ungeeignet angesehen. Speziell die Ausgestaltung des TVöD wird als Hindernis bei der Rekrutierung gut ausgebildeter Nachwuchswissenschaftler gesehen und ist auf der Mikroebene bereits spürbar. Im Vergleich von Mini-Beamer und MP3-Player wird dies vor allem im ersteren Fall als problematisch gesehen.

## 2.6 Blockaden – eine Zusammenfassung

Fasst man die Erkenntnisse aus den gefundenen Hemmnisfaktoren unter einem gesamtheitlichen Ansatz in Form einer Synthese zusammen, so lassen sich folgende Aussagen treffen. Der Erfolg der MP3-Technologie als solcher sowie der Forschungsergebnisse im Bereich der Entwicklung von Mini-Beamern werden maßgeblich durch die frühen Akteure bestimmt. Er äußert sich durch ein breites Engagement dieser Akteure, hochklassige Forschung zu produzieren, diese breit an Unternehmen zu lizenzieren und durch Folgeaktivitäten wie der aktiven Normungsarbeit auf internationaler Ebene den Einfluss der Technologie zu stärken.

Im Bereich der Herstellung von Bauteilen kann man in beiden Fällen ebenfalls eine kompetitive Positionierung Deutschlands in der Anfangszeit feststellen. Diese liegt beim MP3-Player bei der Herstellung integrierter Chip-Lösungen, also der hardwarebasierten Implementierung der MP3-Technologie, und beim Mini-Beamer in der Entwicklung und Lizenzierung von Scannerspiegeln und Entwicklungen im Bereich der LED- und Lasertechnologie. Im Fall des MP3-Players konnte eine Vorherrschaft in diesem Bereich nicht gehalten werden. Eine genuin deutsche Wertschöpfungskette im Bereich der Unterhaltungselektronik aufzubauen, ist somit in der momentanen Situation nur unter großen Anstrengungen zu etablieren, auch wenn im europäischen Vergleich an den Standorten Dresden und Leipzig im Prinzip vorteilhafte Bedingungen vorliegen. Eine genauere Betrachtung der Strukturen der deutschen Halbleiterindustrie wird in der Fallstudie zu Nanoelektronik auf Sektorebene vorgenommen und in eine Bewertung der Hemmnisse bei der Etablierung nanoskaliger Halbleiter als Schlüsseltechnologie und daran gekoppelte Geschäftsmodelle eingehend diskutiert. Eine langfristige Positionierung im Bereich der Halbleiterherstellung konnte zwar in der frühen Phase aufgrund der hohen technologischen Kompetenzen aus der grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung aufgebaut, jedoch nicht langfristig gehalten werden. Der damalige Mangel an Produktionskapazitäten zur Massenherstellung wirkte sich zusätzlich auf die Möglichkeit aus, kompetitiv im unteren Preissegment langfristig als Produktionsland zu agieren. Hier können entsprechende Margen nicht langfristig erzielt werden und sind auch ex post für Unternehmen kaum ökonomisch zu rechtfertigen.

Fehlende Produktionskapazitäten für Massenproduktionen können ex post in diesem Bereich jedoch nicht zwingend eine mögliche Marktführerschaft determinieren. So verfügt der Marktführer im Bereich der MP3-Player ebenfalls nicht über die entsprechenden Produktionskapazitäten im Inland und lässt bewusst aus Kostengründen im asiatischen Raum fertigen. Die verfolgte Erfolgsstrategie ist hierbei auf mindestens zwei Faktoren aufgebaut. Zum einen liegt die Konzentration auf einem kontinuierlichen Fluss an Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten bei der Herstellung von Prototypen, aber auch, und dies ist maßgeblich, bei der Entwicklung marktfähiger Produkte, die daraufhin nach den erarbeiteten Spezifikationen in Serie im Ausland in Lizenz produziert werden. Zum anderen wurden entsprechende umfassende Geschäftsmodelle entwickelt, welche von der reinen Herstellung von Geräten abstrahiert und andere Aspekte integriert haben. Hier sind vor allem Dienstleistungsaspekte zu nennen. Im Fall des MP3-Players wurde dies durch die Verkopplung von Abspielgerät und Medieninhalten gewährleistet, wobei strategisch das Portfolio dieser Inhalte entsprechend der zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten und im Hinblick auf eigene Entwicklungen ausgeweitet wird. Im vorliegenden Fall ist dies nicht nur auf die Herstellung und Bereitstellung von Audiogeräten und Audioinhalten beschränkt, sondern wurde sukzessive um audiovisuelle Inhalte und in jüngster Zeit durch verstärkte Marketingaktivitäten im Bereich einfacher Applikationen für Mo-

bilgeräte und Unterhaltungssoftware erweitert, welche die spezifischen Eigenschaften der Produkte, z. B. die Implementierung von Neigungssensoren zur Steuerung von Spielen aktiv als Vermarktungsmerkmal nutzten. Die Wertschöpfung wurde somit aktiv ausgebaut, wobei dieser Ausbau stark auf vertikale Bindungen zwischen Zulieferern und Inhaltsanbietern geleistet wurde.

Relevant ist hierbei, dass die Rolle der Vermarktung von Akteuren vorgenommen wurde, welche über eine starke Marke und ein entsprechendes Ansehen verfügten. Die Relevanz dieser Tatsache wird dadurch bereits deutlich, dass heute von den frühen Akteuren der ersten und zweiten MP3-Player-Generation keines der Unternehmen über einen hohen Marktanteil verfügt, also gewisses Nachfragepotenzial nach avancierten Geräten vorlag, das in der Pionierphase des MP3-Players nicht erschlossen wurde. Die beschriebene, ex post als Erfolgsstrategie identifizierte Markterschließung wurde in Deutschland nicht aktiv und nachhaltig von deutschen Unternehmen verfolgt, wobei hier die damalige Industriestruktur und die dominante Rolle aufstrebender asiatischer Akteure in Betracht gezogen werden muss. Es kommen in diesem Kontext vor allem Hemmnisse zum Tragen, die sowohl innerhalb von Unternehmen als auch zwischen Akteuren aus der Forschung und den Unternehmen zu suchen sind. Beide Probleme werden auf eine starke Fokussierung auf Kerngeschäftsfelder zurückgeführt, die sowohl die Etablierung branchenübergreifender Geschäftsmodelle als auch die Absorptionsfähigkeit dieser Unternehmen für bestimmte Aspekte deutscher Forschungsaktivitäten reduziert. Beispiele hierfür sind u. a. die Schwierigkeiten, im Fall des MP3-Players als auch im Fall des Mini-Beamers entsprechende Lösungen an Unternehmen heranzutragen, welche diese im Anschluss aktiv vermarkten sollen. Hierbei ist zu beachten, dass diese Anstrengungen gegenüber ausländischen Akteuren wesentlich einfacher verlaufen sind, wodurch zeitliche Vorteile zur Etablierung in diesen Marktsegmenten verpasst wurden. Einschränkend ist zu erwähnen, dass es durchaus zu Versuchen der Vermarktungspartnerschaften kam. So lizenzierte die PONTIS GmbH Geräte an die Grundig GmbH, die diese dann aktiv vermarkteten und im Anschluss daran auch eigene Geräte entwickelten. Jedoch konnte hieraus ebenfalls keine langfristige Marktführerschaft erwachsen. Die Relevanz von Vermarktungspartnerschaften zeigt sich auch in der Tatsache, dass die PONTIS GmbH nicht über ausreichendes Kapital verfügte, um eine dominierende Marktposition über Vermarktungsaktivitäten aufzubauen.

### **3. Akteurspezifische Maßnahmen**

Aus den genannten Hemmnissen auf Basis von Experteninterviews und Einschätzungen der Experten im Workshop lassen sich mehrere Empfehlungen für die zukünftige Ausgestaltung von Maßnahmen treffen. Diese zielen teilweise auf politische Empfehlungen, aber auch auf Empfehlungen an die Wirtschaftsakteure ab. Es muss jedoch hierbei einschränkend beachtet werden, dass es sich um sehr konkrete Fälle handelt, die aufgrund des hohen Detaillierungsgrades und des spezifischen Charakters nur in einigen Aspekten extrapolierbar sind. Einige der Spezi-

fika bieten jedoch die Möglichkeit einer Aggregation auf Zusammenhänge einer höheren Ordnungsstufe. Diese sollen hier als Grundlage dienen. Des Weiteren erlaubt die Detailbetrachtung, auf der Mikroebene einige der abstrakteren sektor- oder pfadspezifischen Betrachtungen an konkreten Beispielen zu spiegeln und mit den in den anderen Fallstudien identifizierten Hemmnisfaktoren abzugleichen. Dies ist vor allem in den Aspekten der Fall, in denen gewisse Hemmnisse eine zeitliche Persistenz aufweisen, d. h., sowohl im Fall des MP3-Players aufgetreten sind als auch im Falle des Mini-Beamers derzeit auftreten. Darüber hinaus sollen die Hemmnisse besprochen werden, welche zeitlich momentan relevant sind, sich also eher aus dem Fall des Mini-Beamers extrahieren lassen.

#### **Förderung von kleinen und mittelständischen Unternehmen in Nischenbereichen**

Eines der zentralen Probleme war und ist der Zugang zu ausreichendem Kapital, um in diesen spezifischen Fällen den Schritt vom Prototypen zum fertigen Produkt zu gehen. Im Fall des MP3-Players lag z. B. früh ein Prototyp vor, welcher allerdings aufgrund des mangelnden Kapitals nur langsam in ein marktfähiges Produkt transformiert werden konnte. Diese Kosten sind nach Aussagen der Experten vergleichsweise hoch und in keinem Fall zu unterschätzen. Hier wäre ein gangbarer Vorschlag, breite Informationskampagnen zu starten, die über entsprechende staatliche Fördermaßnahmen, z. B. Möglichkeiten im Rahmen entsprechender Programme wie PRO INNO, Exist oder des Hightech-Gründerfonds, in breiten Kampagnen informieren und den Bestand an Beratungsstellen für Gründer aktiv ausbauen. Auch wäre eine allgemeine Aufklärung über Vor- und Nachteile verschiedener Quellen von Risikokapital anzustreben. Im konkreten Fall des Mini-Beamers sind in diesem Kontext vor allem die Unternehmen zu fördern, welche bereits über lauffähige Prototypen für Nischenlösungen verfügen und entsprechende Geschäftsmodelle zu deren Vermarktung überzeugend darstellen können. Zudem wäre es sinnvoll, Fördermittel für erste Kleinserien zur Verfügung zu stellen, die jungen Unternehmen den Zugang zu Risikokapital vereinfachen und im weiteren Verlauf die Notwendigkeit der Unterstützung von Fördermitteln für diese Unternehmen reduzieren. Dies bedeutet jedoch eine zusätzliche Betonung der Relevanz einer Transformation von Prototypen in Produkte im Vergleich zur Fokussierung auf Aspekte von Forschung und Entwicklung im engeren Sinne.

#### **Förderung von Vermarktungspartnerschaften und Verwertungskonsortien**

Im Fall des MP3-Players und Mini-Beamers hat es sich als ein zentrales Problem erwiesen, dass attraktive Technologien in Deutschland zu spät durch etablierte Unternehmen aufgegriffen werden und dadurch entscheidende zeitliche Vorteile verloren gehen können. Hier wären Anreize in Bezug auf die Verwertung der Ergebnisse der anwendungsorientierten Forschung zu nutzen. Dies bezieht sich u. a. im Falle des Mini-Beamers auf die Förderung

der Transformation von Prototypen, welche im Rahmen der Forschung an Fraunhofer-Instituten entwickelt werden. Aus dem Fallbeispiel des MP3-Players ist zu entnehmen, dass in diesem Bereich vor allem die Integration von Funktionalitäten in bestehende Produkte eine erfolgversprechende Strategie darstellt. Hier sind konkrete Anwendungsszenarien zu entwickeln und voranzutreiben. Mögliches Beispiel wäre im Fall des Mini-Beamers die Integration von Pico-Beamern in Mobilgeräte. Diese Weiterentwicklung im Bereich der Projektionssysteme hin zur Verwendung von Laserdioden liegt bereits in modularer Form als Prototyp vor und könnte in zukünftige Geräte integriert werden. Hierbei sollten Implementierungsprojekte gestärkt werden, welche traditionell starke deutsche Sektoren, wie z. B. den Automobilbau, als Anwendungsfeld der entsprechenden Technologie in Betracht ziehen. Hier sind jedoch relativ offene Ideenwettbewerbe zu favorisieren, um entsprechende Freiheitsgrade zu gewährleisten. Dies ist vor allem von daher vorzuziehen, weil sich aus den Fallstudien gezeigt hat, dass durch Schlüsseltechnologien ein breites Anwendungsfeld besetzt werden kann.

Solche Vermarktungspartnerschaften können auch durch die aktive Förderung heterogener Verwertungskonsortien substituiert werden. Hier wären Modelle im Rahmen von Public Private Partnerships denkbar, welche zusammen mit einem Zusammenschluss mehrerer großer Unternehmen eine kritische Masse für weitere Verwertungsaktivitäten aufbauen. Hierbei wäre es möglich, eine engere Verzahnung zwischen den bereits thematisch gegliederten Fraunhofer-Verbänden und industriellen Partnern weiter zu stärken, indem vor allem positive Anreize an die Industrie implementiert werden, solche Partnerschaften verstärkt einzugehen, sie also zu einer strategischen Ausrichtung auf Technologiemärkte, also Märkten für Technologien in der Prototypenphase ohne bereits marktfähige Produkte zu bewegen. Auf der Angebotsseite ist dieses Denken bereits stark in der Strategie der Fraunhofer-Gesellschaft verankert und sollte aufseiten der Industrie als Nachfrager solcher Technologien dringend weiter gestärkt werden. Dies bedingt jedoch eine gewisse Öffnung seitens der Industrie, um die Potenziale entsprechend aufzunehmen und weiterzutragen. Es bedarf ferner explizit einer Öffnung jenseits verfestigter Projektkontexte, wobei auch ein gewisses Umdenken bezüglich der in Projekten erarbeiteten Ergebnisse und vor allem der daran gekoppelten Schutzrechte stattfinden muss. Hier ist eine gewisse Freiheit bei der Lizenzvergabe der Einzelakteure beizubehalten. Das MP3-Format ist von der Angebotsseite betrachtet hiermit ein besonders positives Beispiel für ein solches Paradigma. Ziel soll hier u. a. sein, stabile Akteurskonstellationen aufzubauen, welche langfristig auch über die wirtschaftliche Verwertung hinausgehen sollten.

#### **Technologische Früherkennung verstärken**

Neben diesen Maßnahmen sollten positive Anreize für die Vermarktung von anwendungsorientierten Forschungsergebnissen durch die deutsche Industrie gesetzt werden. Denn die Vermarktung sollte bereits in einem

frühen Stadium, also vor der Fertigstellung eines Prototyps mitgedacht werden. Hier hat sich im Falle des Mini-Beamers gezeigt, dass ausländischen Unternehmen schon früh Anfragen an anwendungsorientierte Forschungsinstitute stellen und aktiv technologische Neuerungen nachfragen und bereit sind, diese zu lizenzieren. Es zeigte sich in den beiden Fällen eine gewisse Zurückhaltung deutscher Unternehmen, die nur schwer durch politische Maßnahmen beeinflussbar ist. Hier könnten unterstützende Vorausschauaktivitäten Unternehmen helfen, entsprechende Trends besser zu erkennen und diese in ihre Strategie zu implementieren. Diese Vorausschauaktivitäten sollten sich dabei vor allem auf die international vergleichende Wettbewerbsanalyse stützen und auf einem vergleichsweise niedrigen Aggregationsniveau durchgeführt werden. Hierbei wären auch Phänomene wie Konvergenz von Technologien in Betracht zu ziehen, da diese eine Frühindikation von Schlüsseltechnologien darstellen können.

#### **Steuerliche Anreize für Forschung und Entwicklung implementieren**

Die Absorptionskapazität deutscher Unternehmen im Fall der MP3-Technologie und im Bereich der Mini-Beamer hat sich als eher schwach ausgeprägt dargestellt. Hier wären steuerliche Anreize für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben auf Unternehmensseite vorteilhaft. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass mögliche Mitnahmeeffekte auf ein Mindestmaß reduziert werden, also ein klarer Kriterienkatalog zur Wahrnehmung der Steuererleichterung gesetzt wird. Ein klarer Kriterienkatalog sowie die Tatsache, dass durch solche Maßnahme rechtliche Rahmen geschaffen werden, welche die Planungssicherheit erhöhen, könnten sich positiv auf die Absorptionskapazität von Unternehmen auswirken. Des Weiteren wäre eine Steuererleichterung für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben nicht mit weiteren aufwendig zu implementierenden Beantragungsverfahren gekoppelt. Solche Maßnahmen würden eine breite Wirkung entfachen, die sich nicht zwingend nur auf die Etablierung von Schlüsseltechnologien beziehen. Um eine zusätzliche Hebelwirkung für den Bereich von Schlüsseltechnologien zu erreichen, ist anzuraten, die bereits besprochenen Fördermaßnahmen zusätzlich einzuführen. Von einer technologiespezifischen Steuererleichterung ist aus Perspektive dieses Falles eher abzuraten, da sich zeigt, dass die Durchschlagkraft von Schlüsseltechnologien in ihrem teils generischen Charakter zu suchen ist und sich in verschiedenen Anwendungsfeldern erst realisiert.

#### **Offene Innovationsregime fördern**

Im Fall der MP3-Technologie haben vor allem frühe Normungsaktivitäten auf internationaler Ebene zu einer starken Positionierung geführt, die auch heute noch, trotz bereits bestehender Nachfolge- und Konkurrenztechnologien, eine starke Persistenz aufweisen. Solche langfristigen Stabilitätseffekte sind bei Schlüsseltechnologien zu befürworten und könnten eine breite Anwendung begünstigen, vor allem wenn deutsche Forschungsergebnisse

verstärkt in entsprechende Normen einfließen. Dies ist in Anbetracht der zu erreichenden Breitenwirkung von Schlüsseltechnologien zu befürworten. Eine solche Strategie entfaltet ihre größte Wirkung, wenn sich Akteure in der Wirtschaft früh an die entsprechenden Technologien binden, um eine zeitnahe Verwertung zu gewährleisten. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass Teilaspekte, welche sich auf konkrete Anwendungskontexte beziehen, offen gehalten werden, um die Diffusion und Breitenwirkung der Schlüsseltechnologie nicht zu behindern. Um eine möglichst positive Wirkung zu erzielen, sollten solche Normungsaktivitäten mit einer starken und frühen Vermarktung sowohl durch KMU in Nischenanwendungen als auch durch etablierte Akteure vorangetrieben werden, um die durch die Normung geöffneten Märkte und Anwendungsmöglichkeiten frühzeitig zu erschließen und mit entsprechenden Produkten und Dienstleistungen zu besetzen.

#### **Transnationale Kooperationen innerhalb Europas verstärken**

Sowohl im Fall des MP3-Players als auch im Fall des Mini-Beamers handelt es sich um Implementierungen von Schlüsseltechnologien, die stark von Entwicklungen und der Ausgestaltung in Halbleiterindustrie und der Mikro- und Nanoelektronik im Allgemeinen abhängen. Hier wird von den Workshopteilnehmern angemerkt, dass europäische Kooperationspotenziale in der Halbleiterherstellung nur wenig bis kaum ausgeschöpft werden. Dies bezieht sich nicht nur auf Kooperationen, sondern auch auf die explizite Ausschöpfung europäischer Wertschöpfungsketten, wobei die entsprechende Schlüsseltechnologie als Bindeglied genutzt werden kann. Dies kann durch entsprechende Normungsaktivitäten auf europäischer und internationaler Ebene flankiert werden, um die Reibungsverluste zu minimieren und die Integrität einer transnationalen Wertschöpfungskette zu gewährleisten.

#### **Ausbau von Technologietransferstellen**

Im Rahmen der Fallstudien hat sich gezeigt, dass zum Teil ein erhöhter Beratungsbedarf bei Vermarktungsaktivitäten besteht. Hierbei wäre eine aktive Politik zu verfolgen, die den Ausbau von Technologietransferstellen vorantreibt und das Beratungsangebot auf Marktbeobachtungsaktivitäten ausweitet. Im Kontext des Workshops wurde angesprochen, dass hier explizite Marktdaten, wie sie von kommerziellen Anbietern erhoben und vermarktet werden, vorteilhaft für eine Marktpositionierung und Einordnung der zu erwartenden Nachfrage wären. Im Rahmen der Beratungsleistungen könnten Modelle erdacht werden, welche das Wissen aus solchen Marktstudien aufnehmen und in der Beratungsleistung aktiv verwenden. Hierbei wäre auch ein Ausbau solcher Beratungsstellen für kleine Start-up-Unternehmen voranzutreiben.

#### **Verstärkter Aufbau von Humankapital**

Im Bereich der Ausbildung wurde der „Mangel an Ingenieuren mit wirtschaftlicher Denke“ mit einer gewissen Praxisferne als Hemmnis gesehen. Hier wäre ein breiteres

Engagement der Wirtschaftsakteure wünschenswert. Konkret wird in einigen deutschen Unternehmen bereits praktiziert, dass Unterricht und Lehre in den Naturwissenschaften durch Gastvorlesungen an Schulen und Universitäten angereichert werden. Solche Aktivitäten sind prinzipiell zu unterstützen, wobei es den jeweiligen Bildungsträgern obliegt, diese Aktivitäten an die vorherrschenden Ausrichtungen der Forschung und Lehre anzupassen.

Neben dieser Stärkung der Verzahnung von Forschung, Lehre und Industrie wird die momentane Ausgestaltung des TVöD als wesentliches Hemmnis gesehen. Hier wird der Arbeitsmarkt Wissenschaft zunehmend unattraktiver und es besteht dringender Reformbedarf, diesen vor allem für junge Nachwuchswissenschaftler attraktiver zu gestalten.

### **VII. Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien: eine vergleichende Analyse**

Um zentrale bestehende Blockaden identifizieren sowie akteursspezifische Handlungsoptionen ableiten zu können, sollen die drei Fallstudien zu Querschnittstechnologien, Anwendungstechnologien und spezifischen technologischen Anwendungen der Kapitel IV, V und VI vergleichend analysiert werden. Die Ergebnisse der drei Fallstudien werden daher nun mithilfe des verbindenden Kriterienrasters aus Kapitel II in Bezug gesetzt, um verallgemeinerbare Aussagen zum Zusammenhang zwischen Blockaden hinsichtlich der Diffusion neuer Technologien zu treffen und den Zusammenhang zwischen Blockaden, geeigneten Maßnahmen und zu involvierenden Akteuren genereller darzustellen. Hierzu werden zunächst technologiespezifische sowie -übergreifende Blockaden identifiziert (Kap. VII.1) und anschließend verallgemeinert (Kap. VII.2). Daraufhin werden Maßnahmen zum Abbau von Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien abgeleitet (Kap. VII.3).

#### **1. Technologiespezifische und -übergreifende Blockaden**

Die Tabellen 37, 38 und 39 fassen die Fallstudienresultate zu Blockaden in den Bereichen Nanoelektronik, Windenergie sowie MP3-Player und Mini-Beamer unter Berücksichtigung der Faktoren Kosten, Wissen, Markt und Institutionen zusammen und schlüsseln die Hemmnisfaktoren nach den drei Innovationsphasen FuE, Umsetzung und Diffusion auf.

Hierbei zeigt sich anhand der Nanoelektronik, dass Blockaden je nach Teilfeldern in unterschiedlichen Innovationsphasen an Bedeutung gewinnen. So liegen in dem noch stark durch Grundlagenforschung geprägten Bereich „Beyond CMOS“ (alternative nanoelektronische Konzepte jenseits der heutigen Halbleiterelektronik) vor allem Blockaden in der FuE und Umsetzung vor, wobei der durch großindustrielle Akteure geprägte Bereich „More Moore“ („Top-down“-Miniaturisierung von der Mikroelektronik kommend) in allen Phasen, jedoch besonders



noch Tabelle 37

| Innovationshemmnisse<br>im Bereich   | More Moore |   |   | More than<br>Moore |   |   | Beyond CMOS |   |   |
|--|------------|---|---|--------------------|---|---|-------------|---|---|
|  | 1          | 2 | 3 | 1                  | 2 | 3 | 1           | 2 | 3 |
| <b>nach Phasen:</b>  |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| <b>(1) FuE</b>   |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| <b>(2) Umsetzung</b>   |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| <b>(3) Diffusion</b>   |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| <b>Wissensfaktoren</b>   |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| unzureichendes Innovationspotenzial  |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| Mangel an qualifiziertem Personal  |            |   |   | X                  |   |   | X           |   |   |
| fehlende technische Informationen  | X          |   |   | X                  | X |   |             |   |   |
| fehlende Marktinformationen  |            |   |   |                    |   |   | X           |   |   |
| mangelndes Angebot an externen Dienstleistungen  |            |   |   |                    |   |   | X           |   |   |
| Schwierigkeiten, Kooperationspartner zu finden   | X          | X |   | X                  | X | X |             | X |   |
| Organisationsrigiditäten in der Akteursgruppe  |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| keine Möglichkeit, Beschäftigte für Innovationsaktivitäten freizustellen wegen Produktionserfordernissen |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| <b>Marktfaktoren</b>   |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| unsichere Nachfrage nach innovativen Produkten und Dienstleistungen                                      |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| potenzieller Markt wird durch etablierte Unternehmen dominiert   |            | X | X |                    |   |   |             |   |   |
| fehlende Nachfrage nach Technologie oder Produkt   |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| mangelnde Kunden-, Verbraucherakzeptanz  |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| <b>institutionelle Faktoren</b>  |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| fehlende Infrastruktur   |            |   |   |                    |   |   | X           | X | X |
| mangelhafte Eigentumsrechte, Produktpiraterie  |            | X | X |                    |   |   |             |   |   |
| Bürokratie   | X          | X |   | X                  | X | X | X           |   |   |
| Gesetzgebung, rechtliche Rahmenbedingungen   | X          | X |   | X                  | X | X | X           |   |   |
| Regulierung, Steuerregelungen  | X          | X |   |                    |   |   |             |   |   |
| fehlende Standards, Normen   |            |   |   |                    | X | X | X           | X |   |
| <b>sonstige Faktoren</b>   |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| keine Notwendigkeit, zu innovieren aufgrund früherer Innovationen  |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| keine Notwendigkeit aufgrund fehlender Nachfrage nach Innovationen                                       |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| fehlender Zugang zu komplementären Technologien  |            |   |   |                    |   |   |             |   |   |
| unzureichende Vernetzung der Akteure   |            | X | X | X                  | X | X | X           | X |   |
| Risikoaversion deutscher Unternehmen und fehlende Risikobereitschaft zur Umsetzung                       |            |   |   | X                  | X |   | X           | X |   |
| fehlende Arbeitsteilung der Akteure bzw. fehlende Nutzung von Synergien                                  | X          | X |   | X                  | X | X | X           |   |   |
| fehlende kulturelle Offenheit  | X          |   |   | X                  |   |   | X           |   |   |
| fehlende Strategien, Fokussierung, Industriepolitik  | X          | X | X | X                  | X | X | X           | X | X |

Quelle: eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen der Fallstudien

Tabelle 38

**Blockaden im Bereich Windenergie**

| <b>Innovationshemmnisse im Bereich</b>   | <b>Windenergie</b> |          |          |
|--|--------------------|----------|----------|
|  | <b>1</b>           | <b>2</b> | <b>3</b> |
| <b>nach Phasen:</b>  |                    |          |          |
| <b>(1) FuE</b>   |                    |          |          |
| <b>(2) Umsetzung</b>   |                    |          |          |
| <b>(3) Diffusion</b>   |                    |          |          |
| <b>Kostenfaktoren</b>  |                    |          |          |
| zu hohes Risiko  | X                  | X        | X        |
| zu hohe Kosten   |                    | X        | X        |
| Mangel an unternehmensinternen Finanzquellen   | X                  | X        |          |
| Mangel an privaten Fördermitteln   | X                  | X        |          |
| Mangel an öffentlichen Fördermitteln   | X                  | X        |          |
| fehlende Kosteninformation   |                    | X        |          |
| <b>Wissensfaktoren</b>   |                    |          |          |
| unzureichendes Innovationspotenzial  | X                  | X        | X        |
| Mangel an qualifiziertem Personal  | X                  | X        | X        |
| fehlende technische Informationen  | X                  | X        | X        |
| fehlende Marktinformationen  | X                  | X        | X        |
| mangelndes Angebot an externen Dienstleistungen  |                    |          | X        |
| Schwierigkeiten, Kooperationspartner zu finden   | X                  | X        |          |
| Organisationsrigiditäten in der Akteursgruppe  |                    | X        |          |
| keine Möglichkeit, Beschäftigte für Innovationsaktivitäten freizustellen wegen Produktionserfordernissen |                    |          |          |
| <b>Marktfaktoren</b>   |                    |          |          |
| unsichere Nachfrage nach innovativen Produkten und Dienstleistungen                                      |                    |          | X        |
| potenzieller Markt wird durch etablierte Unternehmen dominiert   |                    | X        | X        |
| fehlende Nachfrage nach Technologie oder Produkt   |                    |          |          |
| mangelnde Kunden-, Verbraucherakzeptanz  |                    | X        | X        |
| <b>institutionelle Faktoren</b>  |                    |          |          |
| fehlende Infrastruktur   | X                  | X        | X        |
| mangelhafte Eigentumsrechte, Produktpiraterie  | X                  |          | X        |
| Bürokratie   | X                  | X        | X        |
| Gesetzgebung, rechtliche Rahmenbedingungen   | X                  | X        | X        |
| Regulierung, Steuerregelungen  | X                  | X        | X        |
| fehlende Standards, Normen   | X                  | X        | X        |
| <b>sonstige Faktoren</b>   |                    |          |          |
| keine Notwendigkeit, zu innovieren aufgrund früherer Innovationen  | X                  | X        |          |
| keine Notwendigkeit aufgrund fehlender Nachfrage nach Innovationen                                       |                    |          | X        |
| fehlender Zugang zu komplementären Technologien  |                    |          |          |
| unzureichende Vernetzung der Akteure   |                    |          |          |
| Risikoaversion deutscher Unternehmen und fehlende Risikobereitschaft zur Umsetzung                       |                    |          |          |
| fehlende Arbeitsteilung der Akteure bzw. fehlende Nutzung von Synergien                                  |                    |          |          |
| fehlende kulturelle Offenheit  |                    |          |          |
| fehlende Strategien, Fokussierung, Industriepolitik  |                    |          |          |

Quelle: eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen der Fallstudien

Tabelle 39

## Blockaden bei MP3-Player und Mini-Beamer

| Innovationshemmnisse im Bereich  | MP3-Player |   |   | Mini-Beamer |   |   |
|--|------------|---|---|-------------|---|---|
|  | 1          | 2 | 3 | 1           | 2 | 3 |
| <b>nach Phasen:</b>  |            |   |   |             |   |   |
| <b>(1) FuE</b>   |            |   |   |             |   |   |
| <b>(2) Umsetzung</b>   |            |   |   |             |   |   |
| <b>(3) Diffusion</b>   |            |   |   |             |   |   |
| <b>Kostenfaktoren</b>  |            |   |   |             |   |   |
| zu hohes Risiko  |            | X |   |             |   |   |
| zu hohe Kosten   |            |   | X |             | X |   |
| Mangel an unternehmensinternen Finanzquellen   |            | X |   |             |   |   |
| Mangel an privaten Fördermitteln   |            |   | X |             | X |   |
| Mangel an öffentlichen Fördermitteln   |            | X |   |             |   |   |
| fehlende Kosteninformation   |            |   |   |             |   |   |
| <b>Wissensfaktoren</b>   |            |   |   |             |   |   |
| unzureichendes Innovationspotenzial  |            |   |   |             |   |   |
| Mangel an qualifiziertem Personal  |            | X |   |             |   |   |
| fehlende technische Informationen  |            |   |   |             |   |   |
| fehlende Marktinformationen  |            |   |   |             |   |   |
| mangelndes Angebot an externen Dienstleistungen  |            |   |   |             |   |   |
| Schwierigkeiten, Kooperationspartner zu finden   |            | X | X | X           | X |   |
| Organisationsrigiditäten in der Akteursgruppe  |            |   |   |             |   |   |
| keine Möglichkeit, Beschäftigte für Innovationsaktivitäten freizustellen wegen Produktionserfordernissen |            |   |   |             |   |   |
| <b>Marktfaktoren</b>   |            |   |   |             |   |   |
| unsichere Nachfrage nach innovativen Produkten und Dienstleistungen                                      |            |   |   |             |   |   |
| potenzieller Markt wird durch etablierte Unternehmen dominiert   |            | X | X |             | X | X |
| fehlende Nachfrage nach Technologie oder Produkt   |            |   | X |             |   |   |
| mangelnde Kunden-, Verbraucherakzeptanz  |            |   | X |             |   |   |
| <b>institutionelle Faktoren</b>  |            |   |   |             |   |   |
| fehlende Infrastruktur   |            |   |   |             |   |   |
| mangelhafte Eigentumsrechte, Produktpiraterie  |            |   |   |             |   |   |
| Bürokratie   |            | X | X |             |   |   |
| Gesetzgebung, rechtliche Rahmenbedingungen   |            |   |   |             |   |   |
| Regulierung, Steuerregelungen  |            |   |   |             |   |   |
| fehlende Standards, Normen   |            |   |   |             |   |   |

noch Tabelle 39

| Innovationshemmnisse im Bereich  | MP3-Player |   |   | Mini-Beamer |   |   |
|--|------------|---|---|-------------|---|---|
|  | 1          | 2 | 3 | 1           | 2 | 3 |
| <b>nach Phasen:</b>  |            |   |   |             |   |   |
| <b>(1) FuE</b>   |            |   |   |             |   |   |
| <b>(2) Umsetzung</b>   |            |   |   |             |   |   |
| <b>(3) Diffusion</b>   |            |   |   |             |   |   |
| <b>sonstige Faktoren</b>   |            |   |   |             |   |   |
| keine Notwendigkeit, zu innovieren aufgrund früherer Innovationen                  |            |   |   |             |   |   |
| keine Notwendigkeit aufgrund fehlender Nachfrage nach Innovationen                 |            |   |   |             |   |   |
| fehlender Zugang zu komplementären Technologien                                    |            | X | X |             |   |   |
| unzureichende Vernetzung der Akteure   |            | X | X |             | X | X |
| Risikoaversion deutscher Unternehmen und fehlende Risikobereitschaft zur Umsetzung |            |   | X |             |   |   |
| fehlende Arbeitsteilung der Akteure bzw. fehlende Nutzung von Synergien            |            |   |   |             |   |   |
| fehlende kulturelle Offenheit  |            |   |   |             |   |   |
| fehlende Strategien, Fokussierung, Industriepolitik                                |            |   |   |             |   |   |

Quelle: eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen der Fallstudien

Kostenprobleme liegen auch im Bereich der Windenergie vor, jedoch im Allgemeinen mit anderen Hintergründen. Innovative Vorhaben (z. B. im Offshorebereich) scheitern öfters an der mangelnden Risikobereitschaft, Akzeptanz und Begeisterungsfähigkeit der Förderer. Hinzu kommen vergleichsweise schwierige teure und riskante Offshorebedingungen in Deutschland (u. a. aufgrund von Naturschutzgebieten oder des Wattenmeers). Hohe Investitionskosten sowie technologische und marktseitige Unsicherheiten bei Umsetzung und Diffusion und damit verbunden hohe Risiken führen zu erheblichen Unsicherheiten bei allen beteiligten Akteuren und erschweren z. B. Risikobewertungen. Da es sich zudem um einen politisch getriebenen Markt handelt, hängt die Sicherheit der Prognosen zusätzlich noch von politischen Faktoren ab, die es zu kalkulieren gilt. Wichtig sind daher Transparenz und stabile Rahmenbedingungen. Für Deutschland wird außerdem eine zu späte und unzureichende Förderung der Offshoreindustrie entlang der gesamten Wertschöpfungskette als Hemmnis identifiziert (u. a. Installation und Logistik).

Somit sind hohe Kosten, mangelnde Finanzierungsquellen und Fördermittel die bedeutendsten Faktoren in allen drei Fallbeispielen. Eine fehlende Kosteninformation hingegen wird lediglich bei der technologischen Umsetzung neuer bzw. noch junger Anwendungen gesehen, z. B. in der Windenergie und Nanoelektronik („Beyond CMOS“).

Wissensfaktoren werden vor allem bei der Nanoelektronik und Windenergie als weitere wichtige Hemmnisse identifiziert. Der sich abzeichnende Fachkräftemangel, insbesondere in den Bereichen Naturwissenschaften und Ingenieurwesen, hemmt die Technologieentwicklung in der Windenergie, vor allem im Offshorebereich. Ähnlich

wird ein Personalmangel auch in der Nanoelektronik vor allem im Bereich „Beyond CMOS“ und z. T. im Bereich „More than Moore“ als hemmend gesehen. Die Großindustrie sieht aus heutiger Sicht noch kein Problem im Personalmangel. Dabei zeigen die Beispiele Nanoelektronik vor allem hinsichtlich der FuE, der MP3-Player bei der Umsetzung und die Windenergie mit zunehmender Diffusion einen Bedarf nach einer systematischen, nachfrageorientierten Ausbildung an Fachkräften. Dabei wird deutlich, dass eine engere Zusammenarbeit bzw. Abstimmung zwischen Ausbildungseinrichtungen und Wirtschaft immer wichtiger wird. Das Festlegen einer genauen Definition des gewünschten Anforderungsprofils seitens der Wirtschaft, die in Ausbildungs- bzw. Lehrplänen aufgenommen wird, könnte die bessere Vorbereitung des Nachwuchses auf heutige und künftige Marktbedingungen unterstützen.

Neben der Bildungsproblematik fehlt z. B. aus Sicht der Windenergie auch bislang eine einheitliche nationale Forschungsstrategie und die Übersetzung der formulierten Globalziele (z. B. zum künftigen Anteil der erneuerbaren Energien) in ein definiertes, stimmiges, die gesamte Wertschöpfungskette umfassendes gesamtes Forschungsprogramm. Die Windenergie wird primär durch das BMU gefördert (derzeit mit Fokus auf Offshore). Indem andere Ministerien stärker einbezogen werden sowie eine koordinierte, landesweite und akteursübergreifende Forschungsstrategie verfolgt wird, könnten Potenziale durch die aktuelle Förderpolitik systematischer ausgeschöpft werden. Ebenso werden neue Themen oftmals auf der Forschungsagenda unzureichend berücksichtigt bzw. zu spät aufgegriffen (u. a. Fragen der Systemintegration, Lebensdauer und Zuverlässigkeit). Auch in der Nanoelek-

tronik wird dieses Problem gesehen, wobei die Bedeutung einer europaweiten Forschungs- und Förderpolitik über Landes- und Bundesgrenzen hinweg als notwendig erachtet wird.

Für konkrete Forschungsvorhaben selbst erweist sich das Problem, geeignete Kooperationspartner zu finden, jedoch meistens als relativ gering. Das Problem zeigt sich vielmehr dann, wenn es sich um Kooperationen mit der Industrie und konkrete Vermarktungschancen handelt. Partner im Bereich der Vermarktung zu finden, ist z. B. das zentrale Hemmnis im Fall der MP3-Technologie gewesen und ähnliches lässt sich aktuell auch im Fall des Mini-Beamers beobachten. Obwohl entsprechende Akteure in der Fraunhofer-Gesellschaft bereits im Jahr 2001 Anfragen aus dem Ausland bezüglich der Lizenzierung dieser Technologie erhielten, kam seitens deutscher Unternehmen erst im Jahr 2006 ein erstmaliges Interesse auf. Beide Fälle weisen auf eine unterschiedliche Wahrnehmung der wirtschaftlichen Verwertbarkeit deutscher Forschungsergebnisse seitens inländischer und ausländischer Unternehmen hin. Der Mangel an Risikobereitschaft wird beispielsweise im Fall des MP3-Players als unternehmensinternes Problem festgestellt, da die damalige Entwicklung nicht zum Kerngeschäft deutscher Unternehmens passte.

Während Marktfaktoren in der Nanoelektronik nur in den Bereichen „More Moore“ und „More than Moore“ relevant werden, nehmen sie bei der Windenergie insgesamt einen höheren Stellenwert ein. Für die Anwendungsbeispiele MP3-Player und Mini-Beamer werden Marktfaktoren schließlich besonders relevant.

Dabei stellt oftmals die Rolle starker Marken und die damit verbundene Dominanz etablierter Unternehmen für die Umsetzung und Diffusion neuer Technologien ein Hemmnis dar, wie im Fall des MP3-Players. Die ausländische Konkurrenz hat es hier zudem geschafft, ihre Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln, sodass sich die Verwertung der MP3-Technologie nicht in der Herstellung und Vermarktung von Geräten erschöpfte, sondern auch andere Formen der Wertschöpfung ermöglichen konnte, z. B. über den Vertrieb von Medien, also im Dienstleistungsbereich. Die Relevanz und Förderung von Vermarktungspartnerschaften bzw. Vermarktungskonsortien wird im Fall des MP3-Players besonders betont.

Die starke Rolle asiatischer Chiphersteller stellt sich sowohl im Fall der Nanoelektronik als auch der MP3-Technologie als ein Hemmnis heraus. Im Bereich „More Moore“ wird z. B. betont, dass selbst die Nachfrageseite immer mehr nach USA und Asien abwandert. Das Fehlen einer stark ausgeprägten Unterhaltungselektronikindustrie in Deutschland wird z. B. insgesamt als maßgebliches Hindernis gesehen.

Das Geschäftsmodell der Entwicklung von Spezifikationen bzw. Nischenprodukten oder der Diversifizierung von Anwendungen für wichtige Nachfragemärkte bei der gleichzeitigen Produktion im Ausland, stellt sich sowohl in der Nanoelektronik als auch beim MP3-Player als ein attraktives Modell dar. Gerade in dem Bereich „More

than Moore“ entstehen potenziell immer neue Produktinnovationen mit Relevanz für immer mehr Anwenderbranchen, wie die Medizintechnik (z. B. Lab-on-Chip-Systeme), Automobilindustrie (z. B. Sensorik), die Sicherheits- und Umwelttechnik (z. B. Überwachungssysteme), die es weiterhin auszuschöpfen gilt. Jedoch fehlen oft durchschlagende Ideen für Produktinnovationen, welche sich durchsetzen lassen und einen Markt nachhaltig besetzen können.

Während in der Windenergie eine Nachfrage durch staatliche Eingriffe mit erzeugt und gefördert wird, stellen sich hier noch ganz andere Blockaden im Zusammenhang mit mangelnder Kunden- und Verbraucherakzeptanz dar. So sind in der Windenergie die „mangelnde Ästhetik“ sowie Lärmbelastigungen oftgenannte Hemmnisse. Weiterhin werden beispielsweise durch fehlende politische Zielvorgaben Unsicherheiten erzeugt. So gibt es z. B. immer noch kein klares „globales Commitment“ zu CO<sub>2</sub>-Zielen. Ein weiteres Hemmnis wird darin gesehen, dass der internationale Bedarf nicht immer bekannt ist. Die zunehmende Entkopplung zwischen FuE- und Produktionsstätten sowie Absatzmärkten, u. a. durch die Verlagerung der Schlüsselabnehmermärkte, bedarf einer zügigeren Internationalisierung, die u. a. mit der Ausrichtung auf internationale Nachfragespezifika verbunden ist.

Der Einfluss der Politik auf Einzelmärkte wird am Beispiel der Windenergie besonders deutlich, da der Erfolg der Windenergie in Deutschland mehr durch die Politik bzw. den politischen Willen (insbesondere in punkto Umweltfragen) als durch den Markt bestimmt wird. Dies kann privatwirtschaftliche FuE-Investitionen behindern oder zu Marktverzerrungen führen. Andererseits hat sich an Großprojekten wie GROWIAN gezeigt, dass ein Wechselspiel zwischen „Staat als intelligenter Nachfrager“ und freier Markt-/Technikentwicklung vorteilhaft ist.

Institutionelle Faktoren spielen bei der Nanoelektronik und der Windenergie eine wichtige Rolle, da politische Weichenstellungen hier noch möglich sind und meist in Form einer ausgewogenen Förderpolitik gewünscht werden, z. B. infrastrukturelle, gesetzliche, finanzielle Maßnahmen. Für die Anwendungsbeispiele MP3-Player und Mini-Beamer haben institutionelle Faktoren weniger Bedeutung und betreffen lediglich das Problem bürokratischer Hürden zumeist für KMU bei der Beantragung öffentlicher Fördermittel. Die Verfahren werden oft als kosten- und zeitintensiv angesehen.

Dennoch wird auch hier wie in der Nanoelektronik beklagt, dass kleinen und innovativen Chipherstellern meist Infrastrukturen zum Testen der Chipdesigns fehlen. Der Zugang zu Anlagen, die diese Tests ermöglichen, könnte daher die KMU unterstützen. Ein Mangel an Großgeräten und Testzentren (u. a. Testzentren für Großkomponenten) ebenso wie ein Mangel an internationaler Sichtbarkeit (u. a. Testfeldstrukturen in potenziellen Partnerländern) wird auch im Bereich der Windenergie als Hemmnis benannt. Infrastrukturelle Herausforderungen in der Windenergie betreffen z. B. den Aufbau einer leistungsfähigen

Logistikkette, auch über die Grenzen Deutschlands hinaus.

Weiterhin stellt die Schwierigkeit mit deutschen Unternehmen, die Handhabung geistiger Eigentumsrechte auszuhandeln (IPR-Verwertung), oftmals ein Problem dar, wie im Fall des MP3-Players. Dies scheint mit ausländischen Unternehmen, allen voran amerikanischen Unternehmen, einfacher möglich zu sein, da hier eine andere Sichtweise auf geistige Eigentumsrechte vorliegt, welche stark auf wechselseitiger Lizenzzahlung zwischen den jeweiligen Verhandlungspartnern beruht. Aber auch der frühzeitige Schutz des geistigen Eigentums (IPR-Schutz), so im Fall der Windenergie-technologien, wird häufig vernachlässigt, was ebenso künftig einer breiten internationalen Verwertung entgegenstehen könnte. Auch eine Abwanderung des geistigen Eigentums sollte verhindert werden. In der Nanoelektronik wird der Patentschutz als wichtige Angelegenheit aus Sicht der Halbleiterindustrie betrachtet. Diese hat mit Patentverletzungen durch Länder wie Taiwan, China, Korea und Nordamerika zu kämpfen, welche u. a. zu Verlusten von Marktanteilen, Marktwerten der Unternehmen und einem Preisverfall führen können und so die Wettbewerbsfähigkeit stark beeinflussen.

Mangelnde Abstimmungsprozesse, welche teilweise zu Überlappungen in den Schwerpunktsetzungen und Zuständigkeiten und häufig zu erheblichen Themen- sowie Ministerienrivalitäten zwischen Fördergebern auf Bundes- und Länderebenen führen, werden bei der Windenergie als Hemmnis genannt. Beispielsweise könnten hierzu Dachorganisationen etabliert werden und die Branche vertreten. So wäre in Deutschland z. B. eine stärkere Zusammenführung der Forscher bzw. der Interessen der Forschung mit den FuE-Interessen der Industrie wünschenswert. Es wird daher vorgeschlagen, in Deutschland eine Art „Forschungsverband Windenergie“ zu etablieren.

Überdies wird bereits für die Phase der FuE sowohl aus Sicht der Nanoelektronik als auch der Windenergie vorgeschlagen, ein Forschungszentrum oder -institut mit „nationaler Bündelungs- und internationaler Ausstrahlungskraft“ zu etablieren und somit eine Netzwerkbildung nachhaltig zu fördern (z. B. ein nationales „Zentrum für Windenergie“ bzw. „Zentrum für Beyond-CMOS-Technologien“).

Die Heterogenität der Förderpolitik und daraus folgende oft fehlende Arbeitsteilung und Nutzung von Synergien werden bei der Windenergie und der Nanoelektronik genannt, wo sie vor allem eine europaweite Dimension einnimmt. In Europa gibt es z. B. nur noch wenige Hersteller im Bereich „More Moore“, die im „leading edge“ auf unterschiedlichen Märkten agieren (z. B. Qimonda bei DRAMs, Numonyx bei Flashspeichern, AMD bei Prozessoren), weshalb man von einem Schutz des innereuropäischen Wettbewerbs kaum mehr sprechen kann. Wenn Festigung und Stärkung der Nanoelektronik in Europa ein industriepolitisches Ziel sind, dann müsse Europa sich insgesamt zu den bestehenden Hauptstandorten Grenoble, Leuven/Nijmegen/Eindhoven und Dresden bekennen und diese stärker als bisher unterstützen. In diesem Zusam-

menhang ergibt sich die Frage nach der Wettbewerbsfähigkeit deutscher und europäischer Unternehmen angesichts der EU-Beihilferegelungen.

Hinsichtlich der internationalen Markterschließung sowie der internationalen Wettbewerbsfähigkeit in der Windenergie wird derzeit als Innovationshemmnis gesehen, dass z. B. noch kein einheitlicher EU-Binnenmarkt vorhanden ist, obgleich ein Bedarf nach Marktgröße und „kritischer Masse“ existiert. Um dies erreichen zu können, sind im Bereich der gesetzlichen Regelungen u. a. eine frühzeitige europäische Standardsetzung für den Netzzugang und eine weltweite Normung der Anschlussbedingungen („grid codes“) erforderlich. Eng hieran gekoppelt ist eine zentrale Kritik, dass deutsche Akteure derzeit noch unzureichend in internationale Standardisierungs- und Normierungsprozesse eingebunden sind bzw. diese Prozesse nicht aktiv genug vorantreiben. Als positiv für den Erfolg der MP3-Technologie werden dabei z. B. die frühen Normungsaktivitäten auf internationaler Ebene genannt.

Unter den weiteren, bisher nicht genannten Blockaden wird die fehlende oder unzureichende Vernetzung von Lehre, Forschung und Industrie in allen Beispielen genannt. Insbesondere werden eine gewisse Praxisferne und ein zu starker theoretischer Bezug des Studiums thematisiert. Die Ausgestaltung des TVöD wird zudem als Hindernis bei der Rekrutierung gut ausgebildeter Nachwuchswissenschaftler gesehen.

Zusammenfassend zeigt der Vergleich der technologie-spezifischen Blockaden über die drei Fallbeispiele hinweg zunächst einen starken thematischen Bezug der Nanoelektronik, des MP3-Players und des Mini-Beamers. Hier lassen sich auch Überlappungen in den identifizierten Blockaden finden, wobei deutlich wird, dass sich Probleme einer Nanoelektronik nachhaltig auf High-End-Anwendungen auswirken und für diese nachgelagerte Probleme darstellen können. Das Beispiel der Windenergie stellt einen stark politisch beeinflussten Sektor dar und unterstreicht, wie bzw. mit welcher Wirkung der Staat als Nachfrager in eine Markt- und Technikentwicklung eingreifen kann.

Aus heutiger Sicht scheint hierbei vielmehr eine nachfragegetriebene bzw. -orientierte Förderpolitik sinnvoll, die mit nationalen und internationalen politischen Zielen vereinbar ist (z. B. Klima-, Energie-, Umweltpolitik, Demografie) als eine technologiegetriebene Förderpolitik, die nur einseitig die technologischen Stärken Deutschlands betrachtet.

Obgleich sich die konkreten Blockaden der Fallbeispiele z. T. sehr unterschiedlich ausgestalten, lassen sie sich dennoch in den vier Dimensionen Kosten, Wissen, Markt und Institutionen miteinander vergleichen. Dabei stehen Kostenfaktoren stets an erster Stelle der genannten Blockaden und auch Wissensfaktoren sind über alle Innovationsphasen hinweg relevant. Institutionelle Faktoren sind vor allem für eine frühe Weichenstellung von Bedeutung und Marktfaktoren gewinnen mit zunehmender Anwendungsnähe an Relevanz.

**2. Zusammenfassung übergreifender Blockaden**

Die Folgerung der Literatur- und Datenanalyse in Kapitel II, dass sich „Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien“ nach vier zentralen Dimensionen Kosten, Wissen, Markt und Institutionen differenzieren lassen, werden im Rahmen der Fallstudien und bisherigen Analyse bestätigt. Jedoch können auch weitere, meist immaterielle oder „weiche“ Blockaden identifiziert werden. Tabelle 40 fasst die zentralen Blockaden der Fallbeispiele für einen Gesamtvergleich zusammen.

Dabei liegen Blockaden im Bereich von Querschnittstechnologien, wie der Mikro- und Nanoelektronik oder den optischen Technologien, zunächst vor allem in den Phasen der FuE und Umsetzung vor. Anwendungstechnologien, wie die Automobil-, Maschinenbau- oder Energiebranche, darunter die Windenergie, weisen über alle Innovationsphasen von FuE über die Umsetzung bis hin zur Diffusion zu überwindende Blockaden auf. Spezifische Anwendungen wie der MP3-Player oder der Mini-Beamer weisen auf eine zunehmende Relevanz der Innovationshemmnisse gegen Ende der Wertschöpfungskette hin, also bei der Umsetzung und Diffusion.

Tabelle 40

**Blockaden der drei Fallbeispiele**

| Innovationshemmnisse im Bereich  | Nano-elektronik | Windenergie | MP3-Player/Mini-Beamer |
|--|-----------------|-------------|------------------------|
| <b>Kostenfaktoren</b>  |                 |             |                        |
| zu hohes Risiko  | X               | X           | X                      |
| zu hohe Kosten   | X               | X           | X                      |
| Mangel an unternehmensinternen Finanzquellen   | X               | X           | X                      |
| Mangel an privaten Fördermitteln   | X               | X           | X                      |
| Mangel an öffentlichen Fördermitteln   | X               | X           | X                      |
| fehlende Kosteninformation   | X               | X           |                        |
| <b>Wissensfaktoren</b>   |                 |             |                        |
| unzureichendes Innovationspotenzial  |                 | X           |                        |
| Mangel an qualifiziertem Personal  | X               | X           | X                      |
| fehlende technische Informationen  | X               | X           |                        |
| fehlende Marktinformationen  | X               | X           |                        |
| mangelndes Angebot an externen Dienstleistungen  | X               | X           |                        |
| Schwierigkeiten, Kooperationspartner zu finden   | X               | X           | X                      |
| Organisationsrigiditäten in der Akteursgruppe  |                 | X           |                        |
| keine Möglichkeit, Beschäftigte für Innovationsaktivitäten freizustellen wegen Produktionserfordernissen |                 |             |                        |
| <b>Marktfaktoren</b>   |                 |             |                        |
| unsichere Nachfrage nach innovativen Produkten und Dienstleistungen                                      |                 | X           |                        |
| potenzieller Markt wird durch etablierte Unternehmen dominiert   | X               | X           | X                      |
| fehlende Nachfrage nach Technologie oder Produkt   |                 |             | X                      |
| mangelnde Kunden-, Verbraucherakzeptanz  |                 | X           | X                      |

noch Tabelle 40

| Innovationshemmnisse im Bereich  | Nano-<br>elektronik | Wind-<br>energie | MP3-Player/<br>Mini-Beamer |
|--|---------------------|------------------|----------------------------|
| <b>institutionelle Faktoren</b>  |                     |                  |                            |
| fehlende Infrastruktur   | X                   | X                |                            |
| mangelhafte Eigentumsrechte, Produktpiraterie                                      | X                   | X                |                            |
| Bürokratie   | X                   | X                | X                          |
| Gesetzgebung, rechtliche Rahmenbedingungen   | X                   | X                |                            |
| Regulierung, Steuerregelungen  | X                   | X                |                            |
| fehlende Standards, Normen   | X                   | X                |                            |
| <b>sonstige Faktoren</b>   |                     |                  |                            |
| keine Notwendigkeit, zu innovieren aufgrund früherer Innovationen                  |                     | X                |                            |
| keine Notwendigkeit aufgrund fehlender Nachfrage nach Innovationen                 |                     | X                |                            |
| fehlender Zugang zu komplementären Technologien                                    |                     |                  | X                          |
| unzureichende Vernetzung der Akteure   | X                   |                  | X                          |
| Risikoaversion deutscher Unternehmen und fehlende Risikobereitschaft zur Umsetzung | X                   |                  | X                          |
| fehlende Arbeitsteilung der Akteure bzw. fehlende Nutzung von Synergien            | X                   |                  |                            |
| fehlende kulturelle Offenheit  | X                   |                  |                            |
| fehlende Strategien, Fokussierung, Industriepolitik                                | X                   |                  |                            |

Quelle: eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen der Fallstudien

Aus Sicht der Dimensionen, in welchen Blockaden auftreten, stellen Kostenfaktoren für alle drei Fallstudien zentrale und dominierende Hemmnisse dar. Hierbei gelten neben hohen wirtschaftlichen Risiken und hohen Innovationskosten vor allem die mangelnden öffentlichen und privaten Finanzierungsquellen als zentrale Blockaden. Während im Fall der Nanoelektronik und Windenergie die Kosten zunächst in dem noch hohen FuE-Aufwand oder bei der Nanoelektronik zudem in immer teurer werdenden Fertigungsstätten begründet liegen, ist das Problem im Fall der MP3-Player und Mini-Beamer bei der kostenintensiven Überführung vom Prototypen zur Markteinführung zu finden. Fehlende Kosteninformationen stellen jedoch umgekehrt gerade bei konkreten Anwendungen weniger ein Hemmnis dar.

Institutionelle Faktoren, wie rechtliche Rahmenbedingungen, Regulierung, Steuerregelungen, aber auch das Etablieren von Normen und Standards sind für Technologieinnovationen im Bereich der Nanoelektronik und Windenergie besonders relevant und betreffen somit vor allem die nachhaltige Vorbereitung einer späteren Marktdiffusion. Bürokratische Hürden hingegen reichen bis hin

zu konkreten Anwendungen, wie im Fall der MP3-Player und Mini-Beamer.

Unter den Wissensfaktoren stellen das Problem des Fachkräftemangels und die Schwierigkeit, Kooperationspartner zu finden, durchweg Blockaden dar. Während Wissensfaktoren im Fall der Nanoelektronik und Windenergie in mehrerer Hinsicht relevant sind, stellen z. B. fehlende technische Informationen oder Marktinformationen bei konkreten Anwendungen, wie dem MP3-Player und Mini-Beamer, keine Hemmnisse mehr dar.

Bei den Marktfaktoren werden insgesamt weniger Hemmnisse gesehen. Einzig das Problem, dass der potenzielle Markt durch etablierte Unternehmen besetzt ist, ist eine technologieübergreifende Blockade. Die unsichere Nachfrage nach innovativen Produkten und Dienstleistungen scheint bei Anwendungen kein Problem mehr darzustellen, wohingegen die fehlende Nachfrage nach der Technologie bzw. dem Produkt als Hemmnis identifiziert wird. Eine mangelnde Kunden- bzw. Verbraucherakzeptanz wird erst mit zunehmendem Anwendungsbezug (z. B. Windkraftanlagen, MP3-Player, Mini-Beamer) als Hemmnis sichtbar.

Unter den sonstigen Faktoren sind meist von einzelnen Fallbeispielen genannte Hemmnisse zu finden, z. B. mangelnde kulturelle Offenheit, unzureichende Nutzung von Synergien in der Nanoelektronik. Interessant ist der im Fall des MP3-Players genannte fehlende Zugang zu komplementären Technologien. Hier stellte der fehlende Zugriff auf Speicherbauteile in der Vergangenheit ein Hindernis bei der Umsetzung von der MP3-Technologie und Etablierung des MP3-Players dar, sodass auf den asiatischen Markt ausgewichen werden musste. Ein Beispiel, das aus Sicht der Nanoelektronik bei einem Wegfallen entsprechender Produktionskapazitäten auch für zukünftige Anwendungen problematisch werden könnte.

**3. Maßnahmen zum Abbau der Blockaden**

In den Fallstudien werden jeweils Maßnahmen und Handlungsoptionen abgeleitet, welche zu einem Abbau der genannten Blockaden beitragen können. Dabei werden auch mögliche Beiträge der Wissenschaft, Wirtschaft und Politik adressiert. Ziel ist es daher, diese Handlungsoptionen in einer verallgemeinerten Gesamtdarstellung zusammenzuführen, wobei zentralen Dimensionen von Blockaden politischen Handlungsoptionen gegenübergestellt werden sollen. Die Tabellen 41 und 42 zeigen dabei eine Differenzierung der vier Blockadedimensionen hinsichtlich der drei Technologietypen bzw. konkreten Fallbeispiele und geben damit indirekt Hinweise darauf, in welchen Phasen bestimmte Maßnahmen ineinandergreifen können. Bei den Querschnittstechnologien sind vor allem Maßnahmen in der frühen Entwicklungsphase zu empfehlen. Bei Anwendungstechnologien und Anwendungen

sind in manchen Fällen Maßnahmen auf spätere Innovationsphasen auszuweiten und können sogar Maßnahmen zur Unterstützung der Diffusion und Vermarktung von Technologien und Produkten mit einschließen. Auch macht die Persistenz bestimmter Probleme in allen Phasen des Innovationsprozesses deutlich, dass insbesondere politische Maßnahmen nicht isoliert und punktuell, sondern vielmehr in Zusammenhang mit weiteren Unterstützungen Erfolg versprechen. Diese wären aufeinander abzustimmen, um nicht positive Entwicklungen durch die eine Maßnahme mit einer weiteren wieder zu unterbinden.

Die Wissenschaft kann dabei ihren Beitrag leisten, indem innovative Anwendungsmöglichkeiten transparenter gemacht werden und potenzielle Anwendungen für die Wirtschaft aufbereitet werden. Die Wirtschaft bzw. Industrie ist gefordert, diese Anwendungspotenziale zu erkennen und sich für die FuE-Ergebnisse stärker zu interessieren. Die Politik schließlich kann das systematische Zusammenwirken der Akteure im Innovationsprozess durch geeignete Fördermittel und vor allem adäquaten Einsatz von Förderinstrumenten unterstützen.

Zusammenfassend ergibt sich das folgende Gesamtbild: Zwar existiert bereits eine Reihe von sinnvollen und positiv bewerteten Förderinstrumenten und -mitteln in Deutschland. Jedoch werden diese meist noch zu einseitig von wenigen Akteursgruppen aktiv angewendet, da sie z. T. noch zu unflexibel hinsichtlich der Beantragung sind und manchen zentralen Akteuren schwer zugänglich oder sogar unbekannt sind.

Tabelle 41

**Maßnahmen für die drei Fallbeispiele**

| Maßnahmen im Bereich   | Nano-elektronik | Wind-energie | MP3-Player/Mini-Beamer |
|--|-----------------|--------------|------------------------|
| <b>Kostenfaktoren</b>  |                 |              |                        |
| Entwicklung von neuen, flexibleren (z. B. PPP-)Modellen, Allianzen, um neue Technologie zu betreiben (Nutzung der Kosteneinsparung, um zusätzliche Investitionskosten zurückzuzahlen, Kosten teilen) | X               | X            | X                      |
| stärkere Förderung von KMU, vor allem in Nischenbereichen und internationale Aufstellung   | X               | X            | X                      |
| Wissenschaftler in KMU, Industrie (Kosten- und Transferaspekte)  | X               |              |                        |
| Entwicklung neuer Finanzinstrumente, private Investoren finden   | X               |              |                        |
| Staatsbeteiligung an strat. Sektoren, branchenspezifische Förderung  | X               |              |                        |
| Steuernachteile ausgleichen (EU-Beihilfe), Währungsausgleich   | X               |              |                        |
| steuerliche Anreize für FuE implementieren   |                 |              | X                      |

noch Tabelle 41

| Maßnahmen im Bereich   | Nano-<br>elektronik | Wind-<br>energie | MP3-Player/<br>Mini-Beamer |
|--|---------------------|------------------|----------------------------|
| <b>Wissensfaktoren</b>   |                     |                  |                            |
| verstärkter Aufbau von Humankapital, Ausbildungsverbünde (zwischen Wissenschaft und Wirtschaft), technologiespezifische Anpassungen in der Ausbildung, nachfrageorientierte Ausbildung   | X                   | X                | X                          |
| Foresight, Roadmaps, technologische Früherkennung verstärken, Themen bewerten, Kriterien, Prioritäten entwickeln (Taskforce)   | X                   | X                | X                          |
| Querverbindungen und Komplementaritäten unterstützen   | X                   | X                | X                          |
| einheitliche nationale Förderstrategie: große/globale Ziele, Großprogramme (z. B. Leuchttürme, Pionierprogramme)   | X                   | X                |                            |
| Förderung von FuE-Vernetzung, Clustern, Wissensinfrastrukturen, Kooperationsnetzwerken (Wissenschaft und Industrie, interdisz.), Kommunikationsplattformen für Industrie, industrielle Forschungszentren   | X                   | X                |                            |
| thematische oder sektorale Profilbildung/Fokussierung/Konzentration öffentlicher Investitionen in Wissenschaft, FuE und Bildung und Kontinuität in der Förderung mit kritischer Masse/Intensität (z. B. auf zentrale Themen, strategische Sektoren und Branchen) | X                   | X                |                            |
| Aufgabenteilung zwischen Akteuren, Synergien besser nutzen (z. B. Laborteilung), Datenaustausch, Wissensaustausch  | X                   | X                |                            |
| transnationale Kooperationen (innerhalb Europas) verstärken  | X                   |                  | X                          |
| Ausbau von Wissens- und Technologietransferaktivitäten, Management von Wissensmonitoring, gezielte Technologieberatung   | X                   |                  | X                          |
| EU-Cluster, Standorte vernetzen, Kooperation auf internationaler Ebene   | X                   |                  |                            |
| Gründerszene (Start-up) unterstützen, fördern; KMU-Vernetzung  | X                   |                  |                            |
| Förderinstrumente verstärkt evaluieren; Transparenz und Veröffentlichung der Ergebnisse  |                     | X                |                            |
| Innovationswettbewerbe, Imageprogramme, um Zielgruppen (z. B. Schüler, Studenten) anzusprechen   |                     | X                |                            |
| neue Technologien definieren   |                     | X                |                            |

Quelle: eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen der Fallstudien

Tabelle 42

**Maßnahmen für die drei Fallbeispiele**

| <b>Maßnahmen im Bereich</b>  | <b>Nano-<br/>elektronik</b> | <b>Wind-<br/>energie</b> | <b>MP3-Player/<br/>Mini-Beamer</b> |
|--|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Marktfaktoren</b>   |                             |                          |                                    |
| auf Weltmarktnischen fokussieren   | X                           | X                        | X                                  |
| eine Stimme, internationale Vermarktung, Sichtbarkeit der wichtigen Branchen (z. B. Dachorganisation)  | X                           | X                        |                                    |
| Rahmenbedingungen schaffen, um bestehende Potenziale in traditionellen Märkten weiter auszuschöpfen  | X                           | X                        |                                    |
| Präsenz deutscher Unternehmen im Ausland   |                             | X                        |                                    |
| Aufbau/Förderung von Vermarktungspartnerschaften/<br>Verwertungskonsortien; Förderspektrum um<br>Vermarktungsaspekte erweitern   |                             |                          | X                                  |
| <b>institutionelle Faktoren</b>  |                             |                          |                                    |
| frühzeitige regulative Rahmenbedingungen für technische Standards und Normen; ethische Regulierung; IPR verstärkt schützen; Bürokratie, insbesondere für KMU, weiter abbauen, Fördermaßnahmen verbessern               | X                           | X                        | X                                  |
| konsistenter, konsequenter, langfristiger Einsatz der Politik, politischer Wille für technischen Fortschritt, Bekennen zu zentralen, strategischen Sektoren und uneingeschränkte Unterstützung dieser Industriepolitik | X                           | X                        |                                    |
| Bündelung und Abstimmung politischer Aktivitäten auf Bundes-, Landes- und EU-Ebene sowie über Fördereinrichtungen hinweg   | X                           | X                        |                                    |
| Infrastrukturentwicklung, Ansiedlungsstrategien, Defragmentierung, regionale Zentralisierung, Standortpolitik (weniger virtuelle, mehr physikalische Cluster)  | X                           | X                        |                                    |
| Schaffung von Testinfrastrukturen, Testzentren   | X                           | X                        |                                    |
| nationale Technologiezentren strategischer Technologien (z. B. „Beyond CMOS“, Windenergie)   | X                           | X                        |                                    |
| <b>sonstige Faktoren</b>   |                             |                          |                                    |
| Betrachtung und Umsetzung der Wertschöpfungskette als Ganzes, zeitliche und inhaltliche Abstimmung FuE-Förderung bis Marktentwicklung, entlang der Kette ausrichten (Akteure, Themen)                                  | X                           | X                        | X                                  |
| Schaffung von Freiräumen und Flexibilität für Neuentwicklungen   | X                           | X                        |                                    |
| Austausch, Transparenz über Fehlschläge  |                             | X                        |                                    |

Quelle: eigene Darstellung basierend auf den Ergebnissen der Fallstudien

Im Kontext der Kostenfaktoren ist relevant, dass FuE und die Herstellung bzw. Fertigung von Produkten auch nach der Prototypentwicklung in fast allen Technologiebereichen immer kostenintensiver werden. Die immer stärker anwachsenden Kosten können nicht mehr von wenigen Akteuren getragen und sollten auch nicht ausschließlich durch staatliche Förderung gedeckt werden. Vielmehr wäre es geeignet, unter Beteiligung aller Akteure entlang der Wertschöpfungskette neue und flexiblere Projekt- und Fördermodelle zu entwickeln, welche eine bessere Ausnutzung von Synergien und daher bessere Arbeitsteilung ermöglichen. Beispielsweise könnte den in der Nanoelektronik thematisierten immer kürzeren Innovationszyklen Rechnung getragen werden (unterschiedliche Zeit- bzw. Lebenszyklen der Industrie und Forschung, typischerweise drei Jahre im Bereich „More Moore“, typischerweise sechs Monate bei Produktinnovationen, z. B. bei Handys). Dabei wäre auch hinsichtlich der Förderpolitik zu beachten, dass Fördergelder nicht mehrfach für dieselben Zwecke in mehreren Projekten und Programmen ausgeben werden.

Mögliche Maßnahmen können spezifische Geschäftsmodelle der Unternehmen (z. B. wichtige High-End-Märkte adressieren, Produktspektrum spezifizieren, Nachfrage- und Nischenmärkte bedienen, Vermarktung um Dienstleistungsaspekte erweitern, Exklusivverträge mit Lieferanten komplementärer Technologien aushandeln), Allianzen vor allem zwischen FuE-Instituten und (Groß-) Unternehmen, um Entwicklungskosten zu teilen (z. B. nach dem Modell der IBM-Allianz im Bereich Nanoelektronik, jedoch mit europäischen Akteuren) oder eine gezieltere Förderung von KMU in Nischenbereichen und Unterstützung dieser bei ihrer internationalen Aufstellung sein. Die Förderpolitik könnte hier entsprechende Anreize für die Unternehmen schaffen. Auch kooperative Maßnahmen, wie die Förderung des wissenschaftlichen Transfers in Unternehmen (z. B. durch Entsenden von Wissenschaftlern zur Mitarbeit in KMU), könnten den Mittelstand unterstützen.

Am Beispiel des Anfang 2009 insolvent gegangenen Speicherchipherstellers Qimonda zeigt sich, dass es für stark im internationalen Wettbewerb stehende Unternehmen zunehmend wichtig ist auch ausländische Investoren zu finden, wobei in diesem Fall auch Kritik hinsichtlich des fehlenden Unternehmensmarketings bzw. der Spezifizierung hin zu nachfrageorientierten High-End-Märkten laut wurde. Staatsbeteiligungen und Subventionen werden in diesem Zusammenhang kontrovers gesehen und stellen sich im Rahmen der aktuellen Finanzkrise auch in weiteren Branchen als zentrales Thema dar.

Im Zusammenhang mit Wissensfaktoren werden die noch stärkere Fokussierung, thematische oder sektorale Profilbildung und Vernetzung der Akteure sowie Konzentration öffentlicher Investitionen in FuE immer wieder betont. Dabei wird der Gedanke der Clusterbildung positiv bewertet, da über diese eine Aufgabenteilung zwischen Akteuren koordiniert und Synergien besser genutzt werden können. Die Förderung nicht noch mehr kleinteiliger Cluster, sondern vielmehr die Zusammenführung bestehender themen-

spezifischer, aber auch themenübergreifender Cluster auf nationaler, transnationaler sowie europaweiter Ebene wird empfohlen (z. B. Nanoelektronikstandorte Dresden, Grenoble, Leuven). Eine Vernetzung der Akteure kann z. B. auch durch übergeordnete Dachorganisationen und Plattformen (z. B. Technologieplattformen) ermöglicht werden, wie am Beispiel der Windenergie geraten wird.

Auf nationaler Ebene werden Zentren z. B. im Bereich der Windenergie und Nanoelektronik (hier für FuE im Bereich „Beyond CMOS“) vorgeschlagen, um Daten- und Wissensaustausch zu verstärken. Dies könnte auch helfen, die als Hemmnis identifizierte fehlende Nutzung von Querverbindungen und Komplementaritäten zu unterstützen und „Kreuzbefruchtungen“ über Akteursgruppen und Fachdisziplinen hinweg zu ermöglichen. Transferstellen, welche zwischen Wissenschaft und Wirtschaft vermitteln, können Wissens- und Technologietransferaktivitäten, Management von Wissensmonitoring sowie gezielte Technologieberatung auf- bzw. ausbauen. Derartige Transferstellen oder FuE-Institutionen, welche sich dieser Aufgaben annehmen können, liegen oftmals bereits vor (z. B. Verbände der Fraunhofer-Gesellschaft), haben aber kein Budget für derartige Tätigkeiten.

Der Ausbau transnationaler Kooperationen bietet für eine Internationalisierung und Sichtbarkeit eine mögliche Maßnahme. Ein positives Beispiel für internationale Zusammenarbeit wird in dem Kooperationsmodell zwischen den französischen Carnot-Instituten und den Fraunhofer-Instituten gesehen. Bisher finden Kooperationen meist nur über Projekte und Forschungsprogramme statt und weniger über eine institutionelle Vernetzung. Kooperationen sind auf dieser „virtuellen“ Ebene meist schnell zu ermöglichen, dabei fehlt es aber zu oft an einem verbindlichen Austausch von Wissen und u. U. auch an Vertrauen zu Kooperationspartnern aufgrund unzureichender Kenntnis dieser oder unzureichender Kontakte zu ihnen. Dies ist ein weiterer Grund dafür, dass eine Defragmentierung der bestehenden Strukturen oftmals ratsam ist und regionale Zentren an bereits etablierten Standorten mit kritischer Masse an Akteuren, Infrastrukturen und Know-how helfen können, europaweit und auch weltweit sichtbare Einrichtungen zu schaffen, auf die sich auch ausländische Wissenschaftler und Unternehmen hin orientieren und für weltweite Nachfragen sorgen können.

Die Notwendigkeit der Erzeugung einer kritischen Masse wird bei der stark in internationalem Wettbewerb stehenden Nanoelektronik in den Vordergrund gestellt und zeigt sich auch bei der Windenergie als wichtiges Thema. Um internationale Sichtbarkeit zu erzeugen, gibt es auch die Möglichkeit, globale gesellschaftspolitische Bedürfnisse wie Klima, Umwelt, Energie, Demografie sowie strategische, politische Ziele und wirtschaftliche Zukunftsmärkte in Form von Pionierprogrammen oder Leuchtturmprojekten zu adressieren, welche mit klaren Zielen (z. B. Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes, energieeffiziente Technologien) verbunden sind. Das ab 2009 durch das BMBF geförderte „Cool Silicon Cluster“ in der Region Dresden zur Entwicklung einer energieeffizienten Elektronik ist ein Beispiel, welches mehrere Forschungs- und Industrieakteure

über eine gemeinsame Fragestellung miteinander vernetzt. Zudem ist durch die Region Dresden eine physikalische Nähe der Akteure für den Wissensaustausch gegeben. Ähnliche Maßnahmen können auch für weitere strategische Hightech-Sektoren sinnvoll sein. Große, einheitliche Förderprogramme mit strategischen Zielen werden empfohlen, um immer wichtiger werdende Allianzen, Verbände und Cluster mit klaren, einfachen Strukturen und Zielen zu etablieren, sowohl unter Gesichtspunkten der Kostenersparnis, des Bürokratieabbaus als auch eines verbesserten Wissenstransfers, sodass innovative Entwicklungen und Technologien mit Markt- und Wachstumspotenzial schneller erkannt werden können.

Für einen nachhaltigen Wissensaufbau und verstärkten Aufbau von Humankapital werden Ausbildungsverbände zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, Praktika in Wissenschaft, FuE-Instituten und Unternehmen oder technologiespezifische bzw. nachfrageorientierte Anpassungen in der Ausbildung empfohlen, welche sowohl technologische Veränderungen als auch industriell nachgefragte Kompetenzen berücksichtigen. Maßnahmen können weiterhin Innovationswettbewerbe, Imageprogramme, um Zielgruppen (z. B. Schüler, Studenten) anzusprechen, oder konkrete technische Ausbildungszentren sein, welche Forschung und Industrie gemeinsam betreiben. Ebenso ließen sich daran angelehnt Konzepte denken, welche die Gründerszene (Start-up) besser fördern. Die Wissenschaftler und Unternehmer von morgen können mit derartigen Maßnahmen frühzeitig ihr persönliches Netzwerk aufbauen. Ähnlich ließe sich überlegen, auch potenziellen Unternehmensgründern eine bessere Plattform zur Vernetzung, Zugang zu Wissen (wie z. B. Marktinformationen) in Form von Informationszentren bzw. „Gründerzentren“ zu bieten. Hierzu können oft bestehende Infrastrukturen und Akteursgruppen genutzt werden (z. B. Transferstellen), deren Aufgabenspektrum lediglich spezifiziert werden müsste.

Im Fall der Marktfaktoren zeigt sich der Aufbau und die Förderung von Vermarktungspartnerschaften oder Verwertungskonsortien durch die Erweiterung des Förderspektrums um nachfrageorientierte Verwertungsaspekte als mögliche Maßnahme zur Unterstützung innovierender junger Unternehmen. Für diese gilt, ebenso wie für heute etablierte Unternehmen auch, auf Weltmarktnischen zu fokussieren. Auch die Präsenz deutscher Unternehmen im

Ausland kann hinsichtlich einer internationalen Sichtbarkeit und Vermarktungsstrategien hilfreich sein und ist insbesondere für Branchen von Bedeutung, welche für Deutschland strategisch wichtig sind. Weiterhin wird empfohlen, bestehende Potenziale in traditionellen Märkten weiter auszuschöpfen und geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, damit dies gelingt.

Neben den bereits genannten z. T. infrastrukturellen Maßnahmen wie Defragmentierung, regionale Zentralisierung, Standortpolitik (z. B. im Rahmen der Clusterbildung) lassen sich unter den institutionellen Faktoren weitere Maßnahmen finden, wie die in allen drei Fallbeispielen vorgeschlagene Schaffung von Testinfrastrukturen bzw. Testzentren. Auch die Schaffung frühzeitiger regulatorischer Rahmenbedingungen für technische Standards und Normen und eine verstärkte IPR-Verwertung sowie ein verstärkter IPR-Schutz werden empfohlen. Beispielsweise stellt sich gerade im Fall des Verlusts von Fertigungsstätten der Halbleiterbranche die Frage, ob zumindest das in diesem Zusammenhang erzeugte Know-how (u. a. in Form von Patenten) geschützt und durch Lizenzen oder neue Geschäftsmodelle gewinnbringend vermarktet werden kann.

Aber auch ein stärkerer politischer Einsatz wäre erforderlich, um die genannten Maßnahmen umzusetzen, was eine Bündelung und Abstimmung der Aktivitäten auf Landes-, Bundes-, transnationaler sowie EU-Ebene erfordern würde. Die Politik könnte bei Entscheidungen, welche die Unterstützung konkreter Technologien betreffen, durch verstärkte wissenschaftlich-technische Vorrasschauaktivitäten, Roadmaps und Instrumente zur technologischen Früherkennung beraten werden. Diese Instrumente wären hinsichtlich wichtiger Untersuchungskriterien zu spezifizieren und Technologien entsprechend zu bewerten (wie z. B. technologische Realisierbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Markt- und Wachstumspotenziale, gesellschaftspolitische Relevanz, Lösung globaler Bedürfnisse und Probleme, Nachhaltigkeit), um für Deutschland wichtige Themen und Sektoren zu identifizieren oder gar neue Technologien zu definieren, wie im Fall der Windenergie vorgeschlagen. Hierüber könnten auch unter Beteiligung der Wissenschaft, Wirtschaft und Politik, Kriterien und Prioritäten für eine angemessene Verteilung von Fördermitteln abgeleitet werden.

## VIII. Literatur

- BCC (2004): Nanomaterials in Nanoelectronics. BCC Report Nr. NAN030A, [www.bccresearch.com/report/NAN030A.html](http://www.bccresearch.com/report/NAN030A.html)
- BCC (2007): Nanostructured Materials: Electronic/Magnetic/Optoelectronic. BCC Report Nr. NAN017F, [www.bccresearch.com/report/NAN017F.html](http://www.bccresearch.com/report/NAN017F.html)
- BCG (Boston Consulting Group) (2006): Innovationsstandort Deutschland – quo vadis? Wie gut wir sind, wo unsere Chancen liegen und wie wir die Zukunft meistern können.
- Beise, M., Cleff, T., Heneric, O., Rammer, C. (2002): Lead Markt Deutschland. Zur Position Deutschlands als führender Absatzmarkt für Innovationen. Thematische Schwerpunktstudie im Rahmen der Berichterstattung zur Technologischen Leistungsfähigkeit im Auftrag des BMBF (Endbericht), Dokumentation Nr. 02-02, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW), Mannheim
- Beise, M., Cleff, T. (2004): Assessing the lead market potential of countries for innovation projects. In: *Journal of International Management* 10, S. 453–477
- Blind, K., Bührlen, B., Kotz, C., Menrad, K., Walz, R. (2004): New Products and Services: Analysis of regulations shaping new markets. European Commission, DG Enterprise (Hg.), Luxemburg
- Blind, K., Goluchowicz, K. (2008): INS-Basisuntersuchung zur Identifikation zukünftiger Standardisierungsthemen – Innovationen mit Normen und Standards (INS). Karlsruhe
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (Hg.) (2002): Förderkonzept Nanoelektronik. Förderprogramm IT Forschung 2006, Bonn
- BMBF (Hg.) (2004): Nanotechnologie erobert Märkte. Deutsche Zukunftsoffensive für Nanotechnologie. Bonn/Berlin
- BMBF (Hg.) (2006): Nano-Initiative – Aktionsplan 2010. Bonn/Berlin
- BMBF (Hg.) (2007a): Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2007. Bonn/Berlin
- BMBF (Hg.) (2007b): IKT 2020. Forschung für Innovationen. Bonn/Berlin
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2007): Gabriel baut Forschungsförderung für erneuerbare Energien aus. [www.erneuerbare-energien.de/inhalt/40633/40727/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/40633/40727/)
- BMU (2008): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung. [www.erneuerbare-energien.de/inhalt/2720/5466/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/2720/5466/)
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (2007): Öffentliches Beschaffungswesen. Gutachten Nr. 2 des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin
- Bradke, H., Cremer, C., Dreher, C., Ebersberger, B., Edler, J., Jochem, E., Krebs, A., Marscheider-Weidemann, F., von Oertzen, J., Radgen, P., Ruhland, S., Sohm, O., Mannsbart, W., Frietsch, R. (2007): Developing an assessment framework to improve the efficiency of R&D and the market diffusion of energy technologies EDuaR&D. Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research (Hg.), Karlsruhe
- Brandenburg, K. (1989): Optimum Coding in the Frequency domain (OCF). Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg
- Cientifica Ltd. (2007): Nanotechnologies for the Electronics Market. London
- Crespi, F. (2004): Notes on Determinants of Innovation: A Mult-Perspective Analysis. Rom
- Dreher, C., Frietsch, R., Hemer, J., Schmoch, U. (2006): Die Beschleunigung von Innovationszyklen und die Rolle der Fraunhofer-Gesellschaft. In: Bullinger, H. J. (Hg.): Fokus Innovation. München, S. 275–306
- EC (European Communities) (2006): European Innovation Progress Report 2006. O.O.
- EC (2008): Think Small First – A „Small Business Act“ for Europe Communication from the Commission. COM(2008) 394, Brüssel
- Electra (2008): Twenty Solutions for growth and investment to 2020 and beyond. [www.orgalime.org/Pdf/Electra-Brochure-Final-LR\\_25Jun08.pdf](http://www.orgalime.org/Pdf/Electra-Brochure-Final-LR_25Jun08.pdf)
- ENIAC (European Nanoelectronics Initiative Advisory Council) (2007): Strategic Research Agenda. <http://cordis.europa.eu/technology-platforms/pdf/eniac.pdf>
- ESIA (European Semiconductor Industry Association) (2008): Mastering Innovation Shaping the Future. Competitiveness Report, Brüssel
- Edquist, C. (Hg.) (1997): Systems of innovation. Technologies, institutions and organizations. London/Washington
- EOS Gallup Europe (2004): Innobarometer 2004. Flash Eurobarometer 164. European Commission (Hg.), Brüssel
- Eurostat (2004): Innovation in Europe. Results for the EU, Iceland and Norway. Data 1998–2001. European Communities, Luxemburg
- EVCA (European Private Equity & Venture Capital Association) (2006): Benchmarking European Tax and Legal Environments. Indicators of Tax and legal Environments Favouring the Development of Private Equity and Venture Capital and Entrepreneurship in Europe. Brüssel
- Festel, G., Boutellier, R. (2008): Start-up zur Steigerung der Innovationsfähigkeit. Bedeutung und Handlungsempfehlungen am Beispiel der Nanotechnologie. In: *Wissenschaftsmanagement* 1, S. 19–25
- Freeman, C. (1987): Technology policy and economic performance; lessons from Japan. London

- Gehrke, B., Krawczyk, O., Legler, H. (2007): Forschungs- und wissensintensive Wirtschaftszweige in Deutschland: Außenhandel, Spezialisierung, Beschäftigung und Qualifikationserfordernisse – Aktualisierung und Überarbeitung unter Berücksichtigung der NIW/ISI-Listen 2006. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 17–2007, Hannover
- Hall, B., van Reenen, J. (2000): How Effective Are Fiscal Incentives for R&D? A Review of the Evidence. In: Research Policy 29, S. 449–469
- Harabi, N. (1997): Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene: ein Überblick. Wirtschaftliches Institut der Universität Zürich
- Held, A. (2007): Politikinstrumente zur Förderung erneuerbarer Energien. Grundlagen, Wirksamkeit und ökonomische Bewertung. Saarbrücken
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S. S. R. E. H. M. (2007): Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. In: Technological Forecasting and Social Change 74, S. 413–432
- Heinrich, L. J. (2005). Informationsmanagement: Planung, Überwachung und Steuerung der Informationsinfrastruktur. München/Wien
- Heymann, M. (1995): Die Geschichte der Windenergienutzung 1890–1990. Frankfurt/New York
- IC Insights (2008): Research Bulletin. IC Insights Ranks Top Foundry Suppliers. O. O.
- IKB (Deutsche Industriebank AG) (2008): Deutschlands Mittelstand – Fit für die Zukunft. Düsseldorf
- ISET (Institut für Solare Energieversorgungstechnik) (2009): ISET becomes IWES. [www.iset.uni-kassel.de/pls/w3isetdad/www\\_iset\\_new.main\\_page?p\\_name=7210024&p\\_lang=eng](http://www.iset.uni-kassel.de/pls/w3isetdad/www_iset_new.main_page?p_name=7210024&p_lang=eng)
- iSuppli Corporation (2008): Annual 2007 Semiconductor Market Share. [www.isuppli.com](http://www.isuppli.com)
- IMD (2007): World Competitiveness Online. [www.worldcompetitiveness.com/online](http://www.worldcompetitiveness.com/online)
- ITRS (2001, 2003, 2005, 2007): International Technology Roadmap for Semiconductors. [www.itrs.net/reports.html](http://www.itrs.net/reports.html)
- IW Consult (Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH) (2006): Forschungsförderung in Deutschland: Stimmen Angebots- und Nachfragebedingungen für den Mittelstand? Köln
- IWR (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien) (2008): Zur Struktur der Windenergieforschung in Deutschland. Eine Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Münster
- Klemisch, H., Bühler, T. (2006): Statusanalyse. Windenergie – Berufsbilder und Ausbildungssituation. Auswertung einer Befragung bei Unternehmen der Windenergiebranche. [www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/Themen\\_A-Z/Arbeitspl%20E4tze/Wila\\_Studie\\_Ausbildung\\_0610.pdf](http://www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/Themen_A-Z/Arbeitspl%20E4tze/Wila_Studie_Ausbildung_0610.pdf)
- Kohaut, S. (2005): Zur Finanzierung von Innovationen, Ergebnisse aus dem Betriebspanel. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Nürnberg
- KPMG (2007): Offshore-Windparks in Europa. [www.kpmg.ch/WasWirTun/4076.htm](http://www.kpmg.ch/WasWirTun/4076.htm)
- Legler, H., Frietsch, R. (2006): Technischer Bericht: Abgrenzung der Wissenswirtschaft (forschung-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen) für die Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands. NIW/ISI-Studie zum deutschen Innovationssystem Nr. 22, Hannover/Karlsruhe
- Lenkungskreis (Lenkungskreis „Optische Technologien für das 21. Jahrhundert“) (2000): Deutsche Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert – Potenziale, Trends und Erfordernisse. O. O.
- Linden, A., Fenn, J. (2007): Emerging Technologies Hype Cycle: Trigger to Peak. Stamford
- Lundvall, B.-A. (ed.) (1992): National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. London
- Meyer-Krahmer, F. (2004): Vorreiter-Märkte und Innovation. Ein neuer Ansatz der Technologie- und Innovationspolitik. In: Steinmeier, F.-W.; Machnig, M. (Hg.): Made in Germany '21. Hamburg, S. 95–110
- Meyer-Krahmer, F., Dreher, C. (2004): Neuere Betrachtungen zu Technikzyklen und Implikationen für die Fraunhofer-Gesellschaft. In: Spath, D. (Hg.): Forschungs- und Technologiemanagement: Potenziale nutzen – Zukunft gestalten. München, S. 27–35
- Meyer-Stamer, J. (1995): Technologie und Innovation – Neue Anforderungen an die Politik. Berichte und Gutachten 5. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, Bonn
- Mohr, H.-W. (1977): Bestimmungsgründe für die Verbreitung von neuen Technologien. Berlin
- Molly, J. P. (2008): Ermittlung der deutschen Wertschöpfung im weltweiten Windenergiemarkt für 2007. [www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/statistiken/WE%20Deutschland/DEWI-Statistik\\_1HJ\\_2008.pdf](http://www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/statistiken/WE%20Deutschland/DEWI-Statistik_1HJ_2008.pdf)
- Morck, R., Yeung, B. (2001): The Economic Determinants of Innovation. Industry Canada Research Publications Program
- NanoMarkets (2004): Emerging Nanoelectronics Markets. The Next Opportunity for the Semiconductor and Advanced Materials Industries. [www.nanomarkets.net](http://www.nanomarkets.net)
- Nelson, R. R. (ed.) (1993): National innovation systems. A comparative analysis. New York/Oxford
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (ed.) (1999): Regulatory reform in the United States. Paris
- OECD, Eurostat (2005): Oslo Manual. Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. Paris

- Oliver Wyman (2008): Studie: Erfolgsmodelle in der Halbleiterindustrie. Chiphersteller müssen sich konsequent fokussieren. [www.oliverwyman.com/de](http://www.oliverwyman.com/de)
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2003): Nanotechnologie (Autoren: Paschen, H., Coenen, C., Fleischer, T., Grünwald R., Oertel, D., Revermann, C.). Endbericht, TAB-Arbeitsbericht Nr. 92, Berlin
- TAB (2006): Nachfrageorientierte Innovationspolitik (Autor: Edler, J.). Politikbenchmarking, TAB-Arbeitsbericht Nr. 99, Berlin
- Pfirschmann, O. (2008): Stand und Perspektiven der Beschäftigung in der Nanotechnologie in Deutschland. Arbeit und Soziales – Eine Expertise auf Grundlage vorhandener Studien und Expertengespräche. Edition der Hans-Böckler-Stiftung 215, Düsseldorf
- Prognos, Fraunhofer ISE, IE Institut für Energetik und Umwelt, IWR, WindGuard (2007): Evaluierung des 4. Energieforschungsprogramms Erneuerbare Energien. Eine Studie im Auftrag des BMU, [www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eval\\_4energieforsch\\_ee.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eval_4energieforsch_ee.pdf)
- Rammer, C. (2006): Innovation in Firms In: Schmoch, U., Rammer, C., Legler, H. (eds.): National Systems of Innovation in Comparison. Dordrecht, S. 107–132
- Rammer, C. (2007a): Unternehmensdynamik in Deutschland 1995–2005 im internationalen Vergleich. Gründungen und Schließungen in forschungs- und wissensintensiven Wirtschaftszweigen im internationalen Vergleich und die Entwicklung des Wagniskapitalmarktes. Studien zum deutschen Innovationssystem 14-2007, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH, Mannheim
- Rammer, C. (2007b): Innovationsverhalten der Unternehmen in Deutschland 2005. Aktuelle Entwicklungen – öffentliche Förderung – Innovationskooperationen – Schutzmaßnahmen für geistiges Eigentum, Studien zum deutschen Innovationssystem 13-2007, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH, Mannheim
- Rammer, C., Weißenfeld, B. (2008): Innovationsverhalten der Unternehmen in Deutschland 2006. Aktuelle Entwicklungen und ein internationaler Vergleich. Studien zum Deutschen Innovationssystem 04-2008, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH, Mannheim
- RNCOS (2007): The World Nanotechnology Market (2006). [www.rncos.com/Report/IM060.htm](http://www.rncos.com/Report/IM060.htm)
- Rogers, E.M. (1995): Diffusion of innovations. 4th edition, New York u.a.O.
- Saunier (2008a): Rapport sur l'évolution du secteur de la micro/nanoélectronique. Documents d'information de l'Assemblée nationale; les Rapports du Sénat<sup>997/417</sup>, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Paris
- Saunier (2008b): Report on The evolution of the micro and nanoelectronics sector. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Paris
- Schmoch, U. (2007): Double-boom cycles and the comeback of science-push and market-pull. In: Research Policy 36, S. 1000–1015
- SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) (2005): Global Nanoelectronics Markets and Opportunities. San Jose
- SEMI (2008a): 6 Recommendations to the European Union and National Governments to Increase Europe's Microelectronic Industry Competitiveness. SEMI White Paper, San Jose
- SEMI (2008b): SEMI/Equipment Suppliers' Productivity. Working Group 450 mm Economic Findings and Conclusions. SEMI Paper, San Jose
- SEMI (2008c): Innovation at Risk – Intellectual Property Challenges and Opportunities. SEMI white paper, San Jose
- Silicon Saxony (2008): Microelectronics and Information Technology in Saxony. [www.silicon-saxony.de/set/1679/MIKRO\\_eng\\_WEB.pdf](http://www.silicon-saxony.de/set/1679/MIKRO_eng_WEB.pdf)
- Spielkamp, A. (1997): Grenzen und Reichweiten nationaler Innovationssysteme und forschungspolitische Implikationen. Diskussionspapier 97, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH, Mannheim
- Steg, H. (2005): Transnationalisierung nationaler Innovationssysteme. Arbeitspapier 11, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, Universität Dortmund, Dortmund
- Suarez, F. F. (2004): Battles for technological dominance: an integrative framework. In: Research Policy 33, S. 271–286
- TrendsConsulting (2008): Entwicklungsstand und Handlungserfordernisse zum weiteren Ausbau des Mikroelektronik-/IKT-Clusters in der Region Dresden. O. O.
- UBA (Hg.) (2007): Entwicklung einer Umweltstrategie für die Windenergienutzung an Land und auf See. Dessau, [www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3241.pdf](http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3241.pdf)
- UBA, BMU (Umweltbundesamt, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (Hg.) (2007): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes Förderkennzeichen 204 14 107, durchgeführt von Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Roland Berger Strategy Consultants, Dessau/Berlin
- Vahs, D., Burmeister, R. (1999): Innovationsmanagement. Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung. Praxisnahes Wirtschaftsstudium, Stuttgart
- VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.) (2006): Verbraucher-Panel 2006 Informationstechnik. Frankfurt a. M.
- VDI Technologiezentrum (Verein Deutscher Ingenieure) (Hg.) (2006): Regionalstudie: Nanotechnologie in Dresden/Sachsen. Zukünftige Technologien 60, Düsseldorf

VDI (2008): Entwicklung von Kompetenzclustern und -netzen zu internationalen Kompetenzknoten. Studie im Auftrag des BMBF

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (2007): Stand und Bewertung der Exportförderung sowie Evaluierung der Exportinitiative Erneuerbare Energien. Berlin, [www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/endbericht-exportf\\_C3\\_B6rdung-teil-2,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf](http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/endbericht-exportf_C3_B6rdung-teil-2,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf)

VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) (2008): Fakten und Zahlen zur Windindustrie. Frankfurt a. M., [www.vdma.org/wps/wcm/resources/file/eb0fa847458c394/2008\\_08\\_28\\_Fakten\\_und\\_Zahlen.pdf](http://www.vdma.org/wps/wcm/resources/file/eb0fa847458c394/2008_08_28_Fakten_und_Zahlen.pdf)

Vestas (2008): Vestas Technology R&D launches a Global University Program. [www.vestas.com/Default.aspx?ID=470&M=News&NewsID=874](http://www.vestas.com/Default.aspx?ID=470&M=News&NewsID=874)

Walz, R. (2007): The role of regulation for sustainable infrastructure innovations: the case of wind energy. In: *International Journal of Public Policy* 2, S. 57–88

WEF (World Economic Forum) (2007): *The Global Competitiveness Report 2006-2007. Creating an Improved Business Environment*. Hampshire

Werwatz, A., Belitz, H., Kirn, T., Schmidt-Ehmke, J., Voßkamp, R. (2005): *Innovationsindikator Deutschland 2005*. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin

Werwatz, A., Belitz, H., Clemens, M., Schmidt-Ehmcke, J., Schneider, S., Zloczysi, P. (2008): *Innovationsindikator Deutschland 2008*. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin

Zweck, A., Bachmann, G., Luther, W., Ploetz, C. (2008): Nanotechnology in Germany: from forecasting to technological assessment to sustainability studies. In: *Journal of Cleaner Production* 16, S. 977–987

**IX. Anhang****1.1 Tabellenverzeichnis**

|            | Seite  |    |
|------------|--|----|
| Tabelle 1  | Nationalspezifische Charakteristika innovationsrelevanter Organisationen und einzelner Akteure . . . . .   | 15 |
| Tabelle 2  | Erfolgsfaktoren und Politikmaßnahmen in einem Innovationssystem . . . . .  | 16 |
| Tabelle 3  | Hemmnisfaktoren nach Innovationsarten . . . . .  | 18 |
| Tabelle 4  | Rangfolge ausgewählter Innovationshemmnisse in Deutschland zwischen 1996 und 2002 (Skala 1–6) . . . . .  | 25 |
| Tabelle 5  | Von innovierenden Unternehmen als hoch eingestufte Hemmnisfaktoren im Ländervergleich . . . . .  | 26 |
| Tabelle 6  | Von innovierenden deutschen Unternehmen als hoch eingestufte Hemmnisfaktoren nach Branchen (2004, Prozent)   | 28 |
| Tabelle 7  | Einsatz von Fremdkapital und Schwierigkeiten nach Betriebsgröße in Deutschland (2004, Prozent) . . . . .   | 30 |
| Tabelle 8  | „Venture Capital ist für die Unternehmensentwicklung leicht verfügbar“ (2007) . . . . .  | 31 |
| Tabelle 9  | Rangfolge der Länder beim Subindikator „Finanzierung von Innovationen“ und seinen Unterindikatoren im Rahmen des Innovationsindikators des DIW, 2008 . . . . .           | 32 |
| Tabelle 10 | Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Ländervergleich (2004, Prozent) . . . . .  | 34 |
| Tabelle 11 | Rangfolge der Länder beim Subindikator „Forschung und Entwicklung“ und seinen Unterindikatoren im Rahmen des Innovationsindikators des DIW, 2008 . . . . .               | 35 |
| Tabelle 12 | Bildungsvariablen im internationalen Vergleich . . . . .   | 37 |
| Tabelle 13 | Rangfolge der Länder beim Subindikator „Bildung“ und seinen Unterindikatoren (2008) . . . . .  | 38 |
| Tabelle 14 | Verschiedene Kooperationspartner innovierender Unternehmen nach Ländern (2004, Prozent) . . . . .  | 39 |
| Tabelle 15 | Rangfolge der Länder beim Subindikator „Vernetzung“ und seinen Unterindikatoren im Rahmen des Innovationsindikators des DIW, 2008  | 40 |
| Tabelle 16 | Vergleich des Global Competiveness Index (GCI) in den Jahren 2005 und 2006 . . . . .   | 41 |
| Tabelle 17 | Rangfolge der Länder beim Subindikator „Innovationsfördernde Regulierung und Wettbewerb“ und seine Unterindikatoren des Innovationsindikators des DIW . . . . .          | 42 |
| Tabelle 18 | Innovative Unternehmen, welche bestimmte Marktquellen als äußerst wichtige Informationsquellen einschätzen, EU-27-Mitgliedstaaten und Norwegen (2004, Prozent) . . . . . | 43 |
| Tabelle 19 | Rangfolge der Länder beim Subindikator „Innovationsfreundliche Nachfrage“ und seinen Unterindikatoren im Rahmen des Innovationsindikators des DIW . . . . .              | 44 |

|            | Seite  |
|------------|--|
| Tabelle 20 | Regulierungstypen und ihr Einfluss auf Innovation . . . . . 46   |
| Tabelle 21 | Mussten Sie aufgrund der Notwendigkeit, bei Ihren neuen Produkten oder Dienstleistungen folgende (nationale) Regulierungen zu beachten, Wettbewerbsnachteile im Vergleich zu Ihren Konkurrenten in Kauf nehmen? . . . . . 47 |
| Tabelle 22 | Rangfolge der Länder beim Subindikator „Staat“ und seinen Unterindikatoren, 2008 . . . . . 49  |
| Tabelle 23 | Rangfolge der Länder beim Subindikator „Staat“ und seinen Unterindikatoren im Rahmen des Innovationsindikators des DIW . . . . . 50  |
| Tabelle 24 | Rangfolge der Länder beim Subindikator „Einstellungen“ und seinen Unterindikatoren im Rahmen des Innovationsindikators des DIW . . . . . 51  |
| Tabelle 25 | Größe und Wachstum von Anwendungs- und Querschnittstechnologien . . . . . 57   |
| Tabelle 26 | Charakterisierung der Fallstudien . . . . . 59   |
| Tabelle 27 | Halbleitermarkt und -wachstum im Herbst 2008 . . . . . 65  |
| Tabelle 28 | Top-20-Halbleiterunternehmen 1998 und 2007 im Vergleich . . . . . 66   |
| Tabelle 29 | Blockaden in der Nanoelektronik . . . . . 72   |
| Tabelle 30 | Akteursspezifische Maßnahmen und Handlungsoptionen . . . . . 84  |
| Tabelle 31 | Gegenüberstellung der Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland und der EU-15 . . . . . 90   |
| Tabelle 32 | Anteil Deutschlands an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien an den EU-15-Ländern (2006) . . . . . 91   |
| Tabelle 33 | Zentrale Kennziffern zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen im Bereich Windenergie (WE) . . . . . 92   |
| Tabelle 34 | Marktanteile der Top-5-Hersteller von Windkraftanlagen weltweit im Vergleich 1996 zu 2005 . . . . . 92   |
| Tabelle 35 | Projektionskonsortium des EUREKA-Projekts EU-147 . . . . . 109   |
| Tabelle 36 | Projektziele und Sektorzugehörigkeit der Partner . . . . . 110   |
| Tabelle 37 | Blockaden in Teilbereichen der Nanoelektronik . . . . . 122  |
| Tabelle 38 | Blockaden im Bereich Windenergie . . . . . 124   |
| Tabelle 39 | Blockaden bei MP3-Player und Mini-Beamer . . . . . 125   |
| Tabelle 40 | Blockaden der drei Fallbeispiele . . . . . 129   |
| Tabelle 41 | Maßnahmen für die drei Fallbeispiele . . . . . 131   |
| Tabelle 42 | Maßnahmen für die drei Fallbeispiele . . . . . 133   |

## 2.2 Abbildungsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| Abbildung 1 Technikzyklusmodell .....   | 19    |
| Abbildung 2 Innovationshemmnisse als hoch einschätzende Unternehmen nach Unternehmensgröße (Prozent, 2004) .....  | 27    |
| Abbildung 3 Bedeutung von Standortbedingungen für Innovationen (Anteil der 178 Experten, welche den Standortfaktor für „sehr wichtig“ halten), 2005 ..... | 29    |
| Abbildung 4 FuE-Ausgaben der Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes nach Technologieintensität, EU-25 und ausgewählte Länder (2003, Prozent) .....       | 33    |
| Abbildung 5 Spezialisierung Deutschlands bei Patenten (RPA) 2002 bis 2004 in den Spitzentechnologien .....  | 54    |
| Abbildung 6 Relative Exportanteile Deutschlands in den Spitzentechnologien im Jahr 2005 .....   | 55    |
| Abbildung 7 Quotient aus Export- und Patentanteilen in den Spitzentechnologien .....  | 56    |
| Abbildung 8 Zentrale Entwicklungsrichtungen der Nanoelektronik: „More Moore“, „More than Moore“ und „Beyond CMOS“ .....                                   | 62    |
| Abbildung 9 Das „Innovationssystem Windkraft“ .....   | 87    |
| Abbildung 10 Anteile erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch in Deutschland im Jahr 2007 .....  | 88    |
| Abbildung 11 Entwicklung der Windenergie anhand der Kennzahlen Diffusion, FuE-Ausgaben und Patente .....  | 93    |



