

Bericht

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

Technikfolgenabschätzung (TA)

Innovationsreport

**Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft im Hinblick
auf die EU-Beihilfepolitik – am Beispiel der Nanoelektronik**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort des Ausschusses	4
Zusammenfassung	5
I. Einleitung: Zielsetzung und Methodik	11
1. Zielsetzung	11
2. Aufbau des Berichts	12
3. Quellen und Methoden	12
II. Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft in Hightechbranchen mit Fokus auf die Nanoelektronik	15
1. Europäische Wettbewerbsfähigkeit in Hightechbranchen	15
1.1 Bedeutung der Hightechbranchen und internationaler Wettbewerbsvergleich	16
1.2 Aktuelle Krisensituation und Ausblick	19
2. Entwicklung in der Nanoelektronik und Vergleich der internationalen Wettbewerbsfähigkeit führender Länder	20
2.1 Nanoelektronik: Definition, Bereiche und Bedeutung	20
2.2 Produktions- und Beschäftigungsentwicklung	24
3. Einflussfaktoren für die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit Europas in der Nanoelektronik	27
3.1 Wissensbasis	28

	Seite
3.2 Wissenstransfer und Vernetzung	30
3.3 Industrielle Akteure und Produktion	34
3.4 Nachfrage und Rahmenbedingungen	40
4. Zwischenfazit	43
III. Politikmaßnahmen in führenden Ländern in der Nanoelektronik	43
1. Förderung der Nanoelektronik in Europa	44
1.1 Ansätze und Strukturen der europäischen Forschungspolitik	44
1.2 Deutschland	47
1.3 Frankreich	51
2. Globale Förderung in der Nanoelektronik	54
2.1 Taiwan	54
2.2 China	57
2.3 Japan	60
2.4 Südkorea	62
2.5 USA	64
3. Zwischenfazit	67
IV. EU-Beihilfenkontrolle: Ziele, Rechtfertigung und Bedeutung für die Nanoelektronik	69
1. Rechtfertigungsgründe für staatliche Beihilfen sowie deren Kontrolle	69
1.1 Rechtfertigungsgründe für staatliche Beihilfen mit Fokus auf die Nanoelektronik	69
1.2 Risiken staatlicher Eingriffe und Gründe für eine strikte EU-Beihilfenkontrolle	77
2. Charakterisierung der EU-Beihilfenkontrolle	79
2.1 Intention der Beihilfenkontrolle und Bedeutung für die europäische Integration	79
2.2 Darstellung der Beihilfenkontrolle	80
2.3 Verfahren der Beihilfenkontrolle und Verteilung der Kompetenzen ..	83
2.4 Weitere Internationale Regelungen	83
3. Empirische Analyse der staatlichen Beihilfen in der Europäischen Union	85
3.1 Entwicklung der allgemeinen staatlichen Beihilfen	85
3.2 Bedeutung der Beihilfenkontrolle für die Nanoelektronik	87
4. Zwischenfazit	92
V. Schlussfolgerungen und Handlungsoptionen	93
1. Einleitende Bemerkungen	93
2. Allgemeine Handlungsoptionen	95

	Seite
3. Rahmensetzende Politik	97
4. Aktive sektorale Technologie-/Industriepolitik	101
5. Zusammenfassung der Handlungsoptionen	106
VI. Literatur	109
VII. Anhang	117
1. Tabellenverzeichnis	117
2. Abbildungsverzeichnis	118
3. Übersichten	119

Vorwort des Ausschusses

Die Nanoelektronik ist eine Querschnittstechnologie mit hoher Dynamik und großen wirtschaftlichen Potenzialen. Ihre Komponenten werden in zahlreichen Anwenderbranchen, wie beispielsweise der Medizintechnik, der Konsumelektronik und der Automobilindustrie, eingesetzt. Diese Branchen repräsentieren einen globalen, dynamischen Markt, der heftig umkämpft ist. Aufgrund der damit verbundenen Wachstums- und Beschäftigungspotenziale erfährt die Nanoelektronik weltweit staatliche Förderung. Mittels eines breiten Spektrums von Instrumenten wird in zahlreichen Ländern die FuE-Basis gestützt, und es werden teils hohe Beihilfen beim Aufbau von Produktionsstätten sowie Steuervergünstigungen gewährt, um die nationalen Industrien wettbewerbsfähig zu machen. Angesichts des scharfen Wettbewerbs auf den globalen Märkten verdient dieser Umstand besondere Berücksichtigung.

Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung hat vor diesem Hintergrund das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag beauftragt, die Rolle und die Auswirkungen der EU-Beihilfenkontrolle auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft im Bereich der Nanoelektronik zu analysieren. Gewünscht wurde eine vergleichende Bestandsaufnahme aktueller politischer Maßnahmen in Deutschland, den EU-Staaten, den USA sowie ausgewählten asiatischen Ländern. Diese sollten Basis sein für die Prüfung der Frage, wie die EU-Beihilfenkontrolle die Marktchancen und Wettbewerbsfähigkeit der Mitgliedstaaten beeinflusst und welche Maßnahmen ggf. ergriffen werden sollten, um hier Verbesserungen herbeizuführen.

Auftragsgemäß hat das TAB eine ausführliche Analyse der Standortfaktoren und Herausforderungen für Deutschland und Europa im Vergleich mit den USA und einigen asiatischen Ländern durchgeführt, die Gründe für und gegen staatliche Eingriffe unter besonderer Berücksichtigung der EU-Beihilfenpolitik erörtert sowie Handlungsbedarf und Handlungsoptionen identifiziert.

Der vom TAB vorgelegte Arbeitsbericht „Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft im internationalen Umfeld im Hinblick auf die EU-Beihilfenpolitik am Beispiel der Nanoelektronik“ dokumentiert die Ergebnisse dieser Analysen. Es wird gezeigt, dass es neben der Beihilfenpolitik zahlreiche weitere Faktoren sind, die im „Innovationssystem Nanoelektronik“ zusammenspielen (wie Nachfrage, Standortbedingungen, Wissensbasis) und die öffentliche Förderung nur einer von vielen ist. Deutlich wurde ferner, dass es zwar durchaus gute Gründe gegen zu intensive unterstützende Maßnahmen gibt (wie Wettbewerbsverzerrung oder Subventionswettläufe). Dennoch müssen die offensichtlichen Indizien für z. T. massive staatliche Unterstützung in einigen Ländern (z. B. USA, China, Taiwan) bei der Abwägung von Pro und Kontra mit bedacht werden.

Die im TAB-Bericht erarbeiteten Handlungsoptionen geben Hinweise dafür, wie mit Augenmaß – und ohne weitgehende Änderungen der EU-Beihilfenkontrolle – national, im Rahmen der EU und auf globaler Ebene Maßnahmen in die Wege geleitet werden könnten, um faire Wettbewerbschancen für deutsche und europäische Unternehmen zu ermöglichen.

Da die Analysen sowie die zur Diskussion gestellten Handlungsoptionen auch Relevanz haben für andere Hochtechnologiebranchen, wird der TAB-Bericht für die zukünftige politische Gestaltung fördernden Rahmenbedingungen eine nützliche Informationsbasis sein.

Berlin, den 10. September 2010

Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung

Ulla Burchardt, MdB

Vorsitzende

Dr. Thomas Feist, MdB

Berichterstatter

René Röspel, MdB

Berichterstatter

Prof. Dr. Martin Neumann (Lausitz), MdB

Berichterstatter

Dr. Petra Sitte, MdB

Berichterstatterin

Hans-Josef Fell, MdB

Berichterstatter

Zusammenfassung

Ausgangssituation, Zielsetzung und Vorgehen

Viele Länder sehen das inländische Wachstum von High-Techbranchen als zentral für die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung an und engagieren sich in einem starken internationalen Wettbewerb. Um Wachstum und Beschäftigung in diesen zukunftsträchtigen Sektoren oder Technikfeldern zu fördern, werden Unternehmen häufig hohe staatliche Unterstützungen (z. B. durch Subventionierung oder Steuervergünstigungen) gewährt.

In der Europäischen Union jedoch werden die staatlichen Unterstützungsmöglichkeiten der Mitgliedsländer durch die EU-Beihilfenkontrolle reguliert. Ziel ist es, staatliche Beihilfen der Mitgliedstaaten zu reduzieren, um die europäische Integration und den freien Wettbewerb innerhalb Europas voranzutreiben. Nur unter bestimmten Voraussetzungen werden staatliche Beihilfen von EU-Mitgliedstaaten durch die Europäische Kommission gewährt. Die Auswirkungen der EU-Beihilfenkontrolle auf die nationale Politiksteuerung werden besonders intensiv im Bereich der Nanoelektronik diskutiert. Denn die Nanoelektronik gilt als wichtige Querschnittstechnologie mit einer Vielzahl von Anwendungsfeldern (z. B. Konsum-, Automobil-, Industrieelektronik) und hohen wirtschaftlichen Potenzialen. Im internationalen Wettbewerb werden vor allem der Bau von neuen Produktionsstätten sowie der Ausbau entsprechender Infrastruktur von einigen außereuropäischen Staaten massiv unterstützt und die Produktionsstätten zunehmend in jenen Ländern aufgebaut.

In dem vorliegenden Innovationsreport des TAB im Auftrag des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung geht es daher um die Frage, wie die Auswirkungen der EU-Beihilfenkontrolle auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit in der Nanoelektronik einzuschätzen sind und welche Optionen sich für eine geeignete Förderung der Nanoelektronik ergeben. Die Auswirkungen der EU-Beihilfenkontrolle auf die Wettbewerbsfähigkeit der EU-Mitgliedsländer sind allerdings vor allem indirekter Natur und abhängig vom Zusammenspiel mehrerer Faktoren im Innovationssystem (z. B. Nachfrage, inländische Ansiedlungen von Anwenderbranchen), der Nutzung komplementärer politischer Instrumente sowie dem Ausmaß öffentlicher Unterstützung in außereuropäischen Staaten.

Um diese Zusammenhänge zu berücksichtigen, wird in diesem Innovationsreport ein mehrstufiges Vorgehen gewählt: Zunächst erfolgt auf Basis von Literatur und Expertengesprächen eine Innovationssystemanalyse zur Identifizierung der wichtigen Standortfaktoren und der Herausforderungen für Deutschland und Europa. Daraus kann möglicher politischer Unterstützungsbedarf abgeleitet werden. Danach werden die aktuellen politischen Maßnahmen in Deutschland im globalen Vergleich mit den USA und einigen asiatischen Ländern näher dargestellt. Der Fokus liegt dabei auf den Fragen, welche öffentlichen Maßnahmen in Deutschland und Europa bislang ergriffen wurden und ob außereuropäische Länder die Entwicklung der Nanoelektronik stärker unterstützen.

Schließlich werden mögliche Gründe für und gegen staatliche Eingriffe sowie die Auswirkungen der aktuellen EU-Beihilfenkontrolle in der Nanoelektronik erörtert. Darauf aufbauend werden Handlungsoptionen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft abgeleitet.

Wettbewerbsfähigkeit Europas in der Nanoelektronik

Der globale Wettbewerb und die internationale Arbeitsteilung sind in der Nanoelektronik noch stärker als in anderen Branchen fortgeschritten. Häufig sind die einzelnen Aktivitäten (Chipdesign, Produktion, „packaging“, Weiterverarbeitung) in der Nanoelektronikwertschöpfungskette global verteilt. Folgende zentrale Entwicklungen lassen sich für die jüngere Vergangenheit feststellen:

- Beim FuE-intensiven Chipdesign ist der amerikanische Standort bislang deutlich führend, einzelne asiatische Länder (v. a. Taiwan) holen aber auf. Am Standort Europa sind Designunternehmen vorrangig in der Automobil- und Industrieelektronik tätig.
- Die Anteile einzelner Standorte bei den Produktionskapazitäten haben sich in den vergangenen Jahren deutlich verschoben. In Europa hat der Anteil an der weltweiten Produktion zwischen den Jahren 2000 und 2009 von 15 auf gut 10 Prozent abgenommen. Deutschland ist dabei der bedeutendste Produktionsstandort in Europa, verliert aber ebenfalls an Boden. Auch Japan und die USA haben erhebliche Produktionsanteile zugunsten anderer asiatischer Länder (z. B. Taiwan, China) verloren.
- Das Zusammensetzen der Halbleiterprodukte („packaging“) findet bereits seit längerer Zeit vorrangig in Asien statt. Der Beschäftigungsanteil Europas liegt hier aktuell unter 2 Prozent.
- Die größten Nachfrager bzw. Anwender von Halbleiterprodukten sind asiatische Länder mit einem gemeinsamen Marktanteil von ca. 70 Prozent. In Europa werden nur noch 13 Prozent der Weltproduktion nachgefragt.

Diese Hinweise zeigen, dass die Unternehmen in Europa in der Nanoelektronik unter erheblichem Wettbewerbsdruck stehen.

Relevante Standortfaktoren und Position von Deutschland und Europa

Bedeutung einzelner Standortfaktoren

Die Gründe für die beschriebenen Entwicklungen in der Nanoelektronik sind vielschichtig. Eine Vielzahl von angebots- und nachfrageseitigen Standortfaktoren (z. B. Wissensbasis, Infrastruktur, Nähe zu Absatzmärkten) sowie politischen Maßnahmen sind für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in der Nanoelektronik von Bedeutung. Dabei ergibt sich als eine zentrale Frage, wie bedeutend inländische Produktionsstätten für die langfristig erfolgreiche Entwicklung Deutschlands und Europas als Nanoelektronikstandort sind. Bei dieser Frage besteht

weder innerhalb der Literatur noch unter den befragten Experten Einigkeit.

Für die hohe Bedeutung der räumlichen Nähe zwischen Halbleiterproduktion und anderen Wertschöpfungsstufen (u. a. Zulieferer, FuE, Anwender) sprechen vor allem Agglomerationsvorteile (u. a. gemeinsame FuE-Infrastruktur, Größenvorteile) und räumliche Wissens-Spill-over-Effekte: Beispielsweise ist es für die Ausrüstungshersteller oder FuE-Dienstleister von Vorteil, schnellen und leichten Zugang zu den Reinräumen in den Produktionsstätten sowie Informationsaustauschmöglichkeiten vor Ort zu haben, um passfähige Lösungen zu entwickeln. Anwenderindustrien können in strategische Abhängigkeit von ausländischen Halbleiterunternehmen geraten (z. B. Verlust von Einfluss auf die Richtung der FuE, Wechselkursrisiko, Marktmacht anderer Länder). Infolgedessen würden der Produktionsverlagerung von Europa in Drittländer immer stärker Standortverlagerungen der inländischen Zulieferer und Designunternehmen folgen oder die im Ausland ansässigen Unternehmen in diesen Bereichen besonders stark wachsen.

Einige der Experten vertreten jedoch die Position, dass ein Verlust an deutschen bzw. europäischen Produktionsstätten – ähnlich wie in den USA – nicht zwangsläufig negative Konsequenzen nach sich ziehen muss. Sie betonen die hohe Bedeutung anderer Standortfaktoren (z. B. technologisches Wissen für Chipdesign) und empfehlen, sich auf die Entwicklung innovativer Produkte und Prozesse für den Weltmarkt zu konzentrieren. Daneben seien die nachgelagerten Anwenderunternehmen nicht erheblich geschwächt, da diese in der Regel bereits global in anderen Regionen (v. a. Asien, USA) tätig sind und damit weiterhin einen guten Zugang zu nanoelektronischen Vorleistungsgütern und entsprechendem neuen technologischen Wissen haben.

Zusammenfassend lässt sich somit schwer beurteilen, wie zentral der Erhalt der inländischen Produktion und eine entsprechende staatliche Unterstützung sind.

Stärken und Schwächen Deutschlands und Europas

Bei der Betrachtung von Stärken und Schwächen Europas im globalen Vergleich zeigt sich folgendes Bild: Aktuelle Stärken am Standort Deutschland (und z. T. in Europa) bestehen in der technologischen Wissensbasis. Die breite Systemkompetenz von qualifizierten Fachkräften (z. B. in der Leistungselektronik) und die Forschungsstärke im sogenannten „More-than-Moore“-Bereich führen zu einer hohen internationalen Wettbewerbsfähigkeit. Ebenso hat sich die Zusammenarbeit in den jeweiligen Clustern in Deutschland und Europa zwischen den verschiedenen Akteuren (Wissenschaft, Industrie) gut etabliert. Bei der Nachfrage bestehen Vorteile in der Automobil- und Industrieelektronik durch einen großen inländischen Markt.

Als Schwäche Deutschlands und Europas in der Nanoelektronik gelten, wie auch in anderen Technikfeldern, die kommerzielle Umsetzung: Die Investitionen von Großunternehmen sind gering, der Internationalisierungs- und Diversifizierungsdruck bei KMU hoch und die Ge-

schaftsmodelle der Unternehmen in Europa weisen nur geringe Komplementaritäten zueinander auf.

Insgesamt ist aber zu beachten, dass bei vielen Standortfaktoren in der Ausprägung keine großen Unterschiede zwischen den führenden Nanoelektronikstandorten der Welt bestehen. Deshalb werden staatliche Politikmaßnahmen, v. a. beim Bau von Produktionsstätten, als ausschlaggebend für Standortentscheidungen angesehen.

Aktuelle Politikmaßnahmen in der Nanoelektronik

Bei den aktuellen Politikmaßnahmen zeigen sich in Deutschland vielfältige Ansätze zur Förderung der Wissensbasis sowie der Wissensanwendung und Vernetzung. Dazu gehören besonders die institutionelle FuE-Förderung, der Aufbau von Public-Private-Partnership-Modellen (z. B. Namlab) sowie regionale und nationale Förderprogramme (z. B. IKT 2020 des BMBF). Während diese Vielfalt und die Durchführung der Förderung durch die Institutionen von den befragten Experten als durchaus positiv eingeschätzt werden, bestehen auch einige Kritikpunkte. Diese betreffen

- die eher stagnierenden staatlichen FuE-Ausgaben in der Nanoelektronik, die nicht mit den steigenden FuE-Kosten (u. a. aufgrund der teureren Ausstattung durch komplexere FuE-Herausforderungen) mithalten können;
- die Einschränkung wichtiger Förderprogramme auf die Unterstützung von Projekten, bei denen Prozesse bzw. Produkte entwickelt werden, die national genutzt, produziert oder verarbeitet werden. Projekte mit reiner internationaler Verwertungsabsicht werden kaum gefördert;
- Abstimmungsprobleme bei den europäischen Forschungsförderungsprogrammen: Diese Programme besitzen insgesamt eine sehr hohe Bedeutung für die anwendungsorientierte, internationale Kooperationsforschung in der Nanoelektronik. Allerdings zeigen sich bei den stark nationalstaatlich mitbestimmten Programmen (z. B. ENIAC, CATRENE) sowohl erhebliche inhaltliche Überschneidungen und eine fehlende kritische Masse für Förderthemen als auch erhebliche Abstimmungsprobleme zwischen den Nationalstaaten (z. B. bei der Förderhöhe oder der inhaltlichen Abstimmung);
- die geringe Investitionsförderung: Während Deutschland vor allem im Zuge der Wiedervereinigung unter Nutzung der regionalpolitischen Fördermöglichkeiten den Aufbau der Halbleiterindustrieproduktion stark unterstützt hat, zeigt sich nicht zuletzt aufgrund der aktuellen Regelungen zur EU-Beihilfenkontrolle eine weiter zurückgehende Investitionsförderung.

Bei dem Vergleich der deutschen und französischen Förderpolitik zeigen sich erhebliche Unterschiede. Obwohl auch Frankreich der EU-Beihilfenkontrolle unterliegt, weist seine Politik in der Nanoelektronik einen deutlich höheren industriepolitischen Charakter auf. Verschiedene Maßnahmen (z. B. hohe nationale Förderung innerhalb

europäischer FuE-Programme, FuE-Programm Nano 2012) führen zu einer deutlichen Unterstützung der Akteure am Standort Grenoble.

Im globalen Vergleich bieten einige Länder (z. B. Taiwan, China, USA) noch größere staatliche Unterstützung in der Nanoelektronik an. Wenngleich die Informationen über öffentliche Maßnahmen unvollständig sind, zeigen sich Indizien für umfangreiche staatliche Eingriffe. Die Staaten und Regionen haben dabei eine große Zahl unterschiedlicher Fördermaßnahmen und Anreizinstrumente entwickelt. Diese beinhalten

- eine intensive FuE-Förderung (z. B. Taiwan, Japan, USA),
- zumindest in einzelnen Fällen sehr hohe Beihilfen beim Aufbau von Produktionsstätten (z. B. China, USA),
- verschiedene Steuervergünstigungen, u. a. Steuerbefreiungen bei Neuinvestitionen oder Grundsteuerermäßigungen (z. B. China, Taiwan, Südkorea, Japan),
- interventionistische Eingriffe zur Unterstützung der Speicherchiphersteller im Zuge der aktuellen Wirtschaftskrise (z. B. Taiwan, Japan).

Im globalen Vergleich zeigen sich tendenziell Ähnlichkeiten bei der Vielfalt der FuE-Förderung. Die Förderung der Produktion in der Nanoelektronik scheint in einigen Ländern (z. B. China, USA, Taiwan) jedoch deutlich höher als in Deutschland oder Frankreich zu sein.

Rechtfertigung und Auswirkungen der EU-Beihilfenkontrolle

Als zentrales Hemmnis für eine großzügigere staatliche Unterstützung der Industrie in europäischen Staaten wird von vielen befragten Experten die europäische Beihilfenkontrolle genannt.

Gründe für und gegen staatliche Beihilfen

Grundsätzlich werden staatliche Beihilfen häufig auch kritisch gesehen: Nach Ansicht vieler Ökonomen führt die Koordination wirtschaftlicher Entscheidungen durch private Märkte zu einer effizienten Verwendung von knappen Ressourcen. Staatliche Eingriffe wie Steuervergünstigungen oder Subventionen sind aus dieser Sicht nur bei Vorliegen wichtiger Gründe zu legitimieren, z. B. aus Marktversagensgründen (u. a. externe Effekte, Informationsasymmetrien, Fehlallokation im globalen Wettbewerb), aus verteilungspolitischen Gründen oder aus evolutionsökonomischer Sicht im Falle von Innovationssystemversagen (z. B. bei Koordinationsproblemen).

Eine vertiefende Analyse verschiedener Arten von Marktversagen im Hinblick auf die Nanoelektronik zeigt, dass einige dieser Gründe für diesen Technologiebereich zutreffen. Es gibt beispielsweise Anzeichen für erhebliche externe Effekte (u. a. Wissens-Spill-over-Effekte auf andere Industrien, Kostensenkungen bei Anwendern) und Fehlallokationen im globalen Wettbewerb aufgrund der

hohen staatlichen Förderungen außereuropäischer Länder. Ob dieses Marktversagen umfassend genug ist, erhebliche staatliche Investitionsbeihilfen für Produktionsstätten rechtfertigen zu können, lässt sich generell kaum klären. Zudem sind auch bei Vorliegen dieser Gründe nicht immer zwangsläufig staatliche Eingriffe gerechtfertigt, da unerwünschte Wirkungen auftreten können. Dazu zählen Wettbewerbsverzerrungen, Staatsversagen (z. B. Problematik des „winner picking“) Steuer- oder Subventionswettlauf zwischen Ländern oder geeignetere Ressourcenverwendung an anderen Stellen.

Ausgestaltung und Auswirkungen der EU-Beihilfenkontrolle

Es gibt demnach einige Gründe, welche eine europäische Beihilfenkontrolle rechtfertigen. Das aktuelle EU-Beihilferecht verbietet grundsätzlich staatliche Beihilfen, sieht aber verschiedene Ausnahmen (z. B. für KMU, FuE) vor. In den vergangenen Jahren wurde das EU-Beihilferecht im Rahmen des „Aktionsplans staatliche Beihilfen“ verschärft („weniger und zielgerichteter“ staatliche Beihilfen). Es wurden besonders regionale und sektorale Beihilfen für die Mitgliedsländer erschwert und infolgedessen auch abgebaut. Damit gehen die Einschränkungen des EU-Beihilferechts immer stärker über globale Subventionsregelungen wie die WTO-Richtlinien hinaus, welche zur Verhinderung eines Subventionswettkampfs bei Großinvestitionen kaum beitragen können.

Die Genehmigungen von Ausnahmen in den verschiedenen EU-Beihilferahmen orientieren sich an den genannten Gründen für staatliche Eingriffe (z. B. externe Effekte). Sie nehmen diese als positive Kriterien in Einzelfalluntersuchungen bei großen Förderungen mit auf. Nach bisherigen Streitfällen wurden sie für die Nanoelektronik in der Regel auch als zutreffend beurteilt. Allerdings stehen diese Genehmigungskriterien nicht im Zusammenhang mit den Beihilfemaximalintensitäten. Für den für die Nanoelektronik relevanten „Multisektoralen Beihilferahmen für Investitionen“ sind selbst im Fall des intensiven Standortwettbewerbs mit Ländern außerhalb Europas keine höheren Beihilfesätze möglich.

Dadurch sind die aktuellen Regelungen zu Beihilfemaximalintensitäten sowohl im Vergleich zu früheren europäischen Regelungen vor dem Jahr 2002 als auch zu den aktuellen Investitionsbeihilfen in außereuropäischen Ländern deutlich restriktiver. Daraus kann aber nicht unmittelbar auf eine Änderungsnotwendigkeit des europäischen Beihilferechts geschlossen werden, z. B. aufgrund von Risiken eines zunehmenden Subventionswettkampfs, steigender Staatsverschuldung etc. Zudem zeigt sich, dass sich das Beispiel der Nanoelektronik nur begrenzt auf andere Sektoren übertragen lässt und eine gewisse Sonderposition einnimmt. Besonders aufgrund der sehr hohen Kapitalintensität in der Nanoelektronik und der sehr starken Konkurrenzsituation mit Aufholländern sind die einschränkenden Wirkungen der EU-Beihilferegelung hier deutlich höher einzuschätzen als in anderen Sektoren.

Handlungsoptionen

Hinsichtlich der Ansatzpunkte für Verbesserungen lassen sich einige allgemeine Handlungsoptionen ableiten, die sowohl in der Literatur als auch von den befragten Experten übereinstimmend befürwortet werden. Darüber hinaus gibt es weiterführende Optionen, bei denen jedoch klare Meinungsverschiedenheiten sowohl zwischen den befragten Experten als auch innerhalb der Literatur bestehen: Einige Experten halten die Unterstützung von Produktionsstätten für die langfristige erfolgreiche Entwicklung Deutschlands als Nanoelektronikstandort für notwendig. Entsprechende Maßnahmen würden aber ein sehr spezifisches Eingreifen in das Nanoelektronikinnovationssystem bedeuten. Andere Experten hingegen sehen die Nähe von Produktionsstandorten als weniger relevant an und raten vor allem aufgrund der möglichen Risiken (z. B. Subventionswettbewerb) davon ab. Sie empfehlen eher eine stärkere Fokussierung der staatlichen Unterstützung auf FuE und Zulieferer der Nanoelektronik.

Sowohl die vom TAB durchgeführte Analyse zur Beihilfenkontrolle als auch diejenige zur Wettbewerbsfähigkeit Europas in der Nanoelektronik haben gezeigt, dass es für beide Sichtweisen plausible Argumente gibt. Deshalb wird auf Basis dieser unterschiedlichen Sichtweisen bei den weiterführenden Optionen zwischen zwei verschiedenen Handlungsszenarien unterschieden:

- Erstens das Szenario „Rahmensetzende Politik“, welches sich auf die Bedürfnisse von Akteuren früher Wertschöpfungsstufen (FuE, Design, Equipmenthersteller) konzentriert. Gerade hier ist ein Marktversagen (z. B. externe Effekte von FuE) sehr wahrscheinlich, und politischer Handlungsbedarf ist daraus ableitbar. Dabei werden vorrangig horizontale Maßnahmen eingesetzt (z. B. KMU-Förderung).
- Zweitens das Szenario „Aktive sektorale Technologie-/Industriepolitik“, welches versucht, die gesamte Nanoelektronikwertschöpfungskette zu stärken. Es umfasst dabei auch spezifische, sektorale Politikinstrumente (z. B. Investitionsbeihilfen) für die Förderung von Produktionsstätten.

Die Optionen erfordern dabei nur zu einem begrenzten Teil direkte Eingriffe bei der EU-Beihilfenkontrolle. Vielmehr ergeben sie sich zumeist indirekt durch die Grenzen der Kontrolle oder als komplementäre Fördermaßnahmen zur Beihilfenkontrolle. Im Folgenden werden zunächst die allgemeinen Handlungsoptionen und anschließend die Optionen in den Handlungsszenarien kurz zusammengefasst.

Allgemeine Handlungsoptionen

Die allgemeinen Handlungsoptionen stellen vorrangig eine Optimierung der bisherigen Handlungsstrategien Deutschlands dar und beinhalten folgende Gestaltungsmöglichkeiten:

Erhöhung der FuE-Ausgaben: Die im Zeitablauf steigenden FuE-Kosten für Design und Produktion von Halbleitern

sowie zunehmende FuE-Aktivitäten asiatischer Länder erhöhen den Druck auf den Forschungsstandort Deutschland bzw. Europa. Vor diesem Hintergrund wäre eine Steigerung der privaten und öffentlichen FuE-Ausgaben anzustreben. Inhaltlich könnte nach Einschätzungen der Experten dabei ein Teil der öffentlichen Förderung thematisch stärker festgelegt werden (z. B. auf den „More-than-Moore“-Bereich) als bisher.

Förderung der Aus- und Weiterbildung: Bislang wird die Wissensbasis für Deutschland aufgrund des breiten System-Know-hows der Fachkräfte als positiv eingeschätzt. Bei den befragten Experten bestehen aber Sorgen, ob zukünftig ausreichend gut ausgebildete Fachkräfte verfügbar sein werden. Ein wichtiger Ansatzpunkt ist deshalb die Verstärkung der Aus- und Weiterbildung qualifizierter Fachkräfte. Die bisherige Kombination der Lehre von breitem Basiswissen (u. a. in Elektrotechnik) und praktischer nanoelektronikspezifischer Anwendungsorientierung erscheint dabei auch zukünftig als geeignet, da entsprechendes Know-how in zukunftsträchtigen Bereichen (v. a. im „More-than-Moore“-Bereich) von hoher Relevanz ist.

Verbesserung von Abstimmungs- und Koordinationsprozessen auf europäischer Ebene: Die europäischen Förderprogramme CATRENE und ENIAC weisen starke Überschneidungen auf und besitzen vor allem aufgrund von Abstimmungsproblemen der direkt beteiligten Nationalstaaten komplexe Förderverfahren. Eine intensivere Abstimmung zwischen den Staaten oder eine stärkere Übertragung von Entscheidungskompetenzen auf die Förderinstitutionen selbst könnte die Ausrichtung der Programme an aktuellen Themen erhöhen und Doppelförderungen vermeiden. Zudem wäre eine stärkere Profilbildung der Forschungsprogramme mit einer kritischen Masse an Projekten für bestimmte Förderthemen (z. B. organische Elektronik, 3-D-Chipintegration) eher möglich.

Bemühungen um eine globale Beihilferegulierung: Viele Staaten profitieren durch den beobachtbaren Subventionswettbewerb nur begrenzt von der wirtschaftlichen Entwicklung in der Nanoelektronik (u. a. Fehlallokation von Ressourcen, hohe Ausgaben für die Förderung). Daher sollten die Bemühungen um eine Einigung auf einheitliche Regelungen von staatlichen Eingriffen fortgesetzt werden. Denkbare, vorbereitende Schritte sind Maßnahmen zur Erhöhung der Transparenz staatlicher Beihilfen (z. B. Observatorium zur Begutachtung von Staatsbeihilfen, WTO-Studien).

Förderung des Wissenstransfers zwischen Wissenschaft und Industrie: Einige der befragten Experten halten den bisherigen Wissens-/Technologietransfer für verbesserungswürdig. Dabei wäre eine stärkere Orientierung der Wissenschaft an den Bedürfnissen der Industrie anzustreben. Entsprechende Anreize für die wissenschaftlichen Akteure, mit den Unternehmen zu kooperieren, z. B. durch verstärkte Verankerung des Technologietransfers als strategisches Ziel von FuE-Einrichtungen oder Universitäten, sollten aber die Freiheitsgrade in der For-

schung nicht zu sehr beschränken. Auch wäre ein stärkerer Informationsaustausch zwischen den Akteuren (u. a. durch temporären Personalwechsel) in der Nanoelektronik hilfreich, um die Ergebnisse der Forschungsarbeiten zu verbessern und ihre Nutzbarkeit aus Sicht der Industrie zu erhöhen.

Unterstützung von Kooperationen industrieller Akteure: Bislang werden die Kooperationen zwischen den industriellen Akteuren in der Nanoelektronik in Deutschland und Europa als erfolgreich eingeschätzt. Die steigenden FuE-Kosten, die zunehmende Spezialisierung von Unternehmen und die Erschließung neuer Anwendungsfelder (z. B. Medizintechnik, molekulare Elektronik), mit deren Akteuren bislang keine Vernetzung besteht, erhöhen aber künftig den Kooperationsbedarf. Ein Ausbau der bisherigen Unterstützung der Vernetzung der industriellen Akteure wäre deshalb sinnvoll, u. a. durch die Förderung von interdisziplinären Projekten und eine Unterstützung bei der Initiierung von Kooperationen (u. a. Industrietage, Wissenschaftliche Räte).

Handlungsszenario „Rahmensetzende Politik“

In diesem Handlungsszenario werden vor allem horizontale Politikmaßnahmen vorgeschlagen, um den Problemen des Marktversagens zu begegnen und die Ziele der Beihilfenkontrolle (z. B. Abbau von Wettbewerbsverzerrungen) zu erreichen. Der Fokus der Förderung liegt dabei tendenziell auf frühen Wertschöpfungsstufen in der Nanoelektronik (z. B. Ausrüstung, Chipdesign, Dienstleistung). Auf selektive Eingriffe zur Förderung von Investitionen in Produktionsstätten wird in diesem Szenario weitgehend verzichtet. Damit werden Probleme gezielter Steuerungsversuche eher vermieden. Aufgrund geringer spezifischer Unterstützungen ist die Wahrscheinlichkeit eines zunehmenden Bedeutungsverlustes von Deutschland als Produktionsstandort allerdings hoch und der Druck auf eine starke internationale Ausrichtung der verbleibenden Unternehmen steigt. Das Handlungsszenario „Rahmensetzende Politik“ umfasst dabei folgende Optionen:

Steuerliche FuE-Förderung: Eine steuerliche FuE-Förderung könnte durch ihre in der Regel hohe Breitenwirkung die FuE-Aktivitäten der Halbleiterunternehmen erhöhen. Vor dem Hintergrund der Bedeutung der KMU in der Nanoelektronik im vorliegenden Szenario wäre eine starke Ausrichtung der steuerlichen Förderung auf KMU wünschenswert (z. B. durch höhere Fördersätze für KMU).

Stärkere Ausrichtung der FuE-Förderung an KMU-Bedürfnissen: Auf die Bedürfnisse von KMU in der Nanoelektronik (v. a. Unterstützung bei inkrementellen Innovationen, wie z. B. Effizienz-, Prozess- oder Qualitätsverbesserung) gehen nach Aussagen vieler Experten die existierenden Forschungsprogramme nur begrenzt ein. Deshalb wäre eine stärkere KMU-Ausrichtung der FuE-Förderung anzustreben. Diese sollte auch eine stärkere Integration von externem Know-how in FuE-Strategien der KMU beinhalten. Ergänzend bietet sich eine spezifi-

sche direkte FuE-Förderung für FuE-Designunternehmen und Zulieferer an, wie die Bereitstellung von Infrastrukturen für Designunternehmen durch „Open-Innovation“-Programme oder Programme zur Nutzung bereits existierender Produktionsstätten früherer Generationen (z. B. neben 200-mm- auch 150-mm-Fertigungslinien) für die Entwicklung neuer Anwendungen im „More-than-Moore“-Bereich.

Stärkere internationale Ausrichtung der FuE-Förderung: Durch die – besonders in diesem Szenario – zunehmende globale Arbeitsteilung in der Nanoelektronik ergibt sich ein Konflikt dahingehend, dass aktuell nur diejenigen FuE-Aktivitäten förderungsfähig sind, welche Prozesse/Produkte entwickeln, die national genutzt, produziert oder verarbeitet werden. Die Zulieferer oder Designunternehmen werden durch die Verlagerung von Produktionsstätten und folglich ihrer Absatzmärkte ins Ausland künftig geringe Chancen auf eine FuE-Förderung haben. Um die Internationalisierungsbemühungen dieser Unternehmen zu stützen, wäre zu prüfen, ob die Förderrichtlinien geändert werden sollten und auch bei einer internationalen Verwertung eine Förderung erfolgen kann.

Unterstützung der Internationalisierung von KMU: In diesem Szenario wird es durch die wahrscheinlich zunehmende Produktionsverlagerung immer schwieriger, die dauerhafte Passfähigkeit der Know-how-Entwicklung von Zulieferern einerseits und Anwendern andererseits zu bewahren. Hierfür muss die ständige Aktualisierung der Kenntnisse über Technologietrends und die Kundenbedarfsstrukturen in den jeweiligen internationalen Absatzmärkten in einem globalen Kontext erfolgen. Als mögliche staatliche Unterstützungen kommen u. a. in Frage: Exportkredite, Unterstützung von Internationalisierungsplänen durch Non-Profit-Dienstleister oder Weiterbildungsmaßnahmen, welche die Fähigkeiten der KMU stärken, Informationen über internationale Technologietrends und Märkte besser aufnehmen und unternehmensspezifisch weiterverarbeiten zu können.

Sicherung einzelner Produktionsstätten in Europa: Zur Vermeidung von Risiken durch eine strategische Abhängigkeit von anderen Ländern (z. B. Lieferengpässe, Kostenschwankungen, Verlust von technologischem Know-how) wäre die Sicherung von mindestens ein bis zwei Produktionsstätten mit einem hohen aktuellen technologischen Stand innerhalb Europas denkbar. In einem entsprechenden Abstimmungsprozess sollten möglichst alle Akteure (Nationalstaaten, Industrie) integriert und eine klare Regelung bei der Vorgehensweise bei zentralen Fragen, wie der technologischen Ausrichtung oder Aufrüstung der Anlage, festgelegt werden (z. B. Mitspracherecht von einzelnen Nationalstaaten).

Handlungsszenario „Aktive sektorale Technologie-/Industriepolitik“

In diesem Handlungsszenario werden Maßnahmen vorgeschlagen, die gezielt die Entwicklung der inländischen Nanoelektronik unterstützen. Der Fokus der Förderung

liegt auf der gesamten Wertschöpfungskette (FuE, Produktion, Nachfrage) und beinhaltet eine aktive Förderung der Ansiedlung und Standortsicherung von Produktionsstätten. Damit kann auf einige potenzielle Marktversagensgründe (u. a. externe Effekte, mögliche Abhängigkeit von Monopolisten) zum Teil zielgenauer als mit horizontalen Maßnahmen reagiert werden.

Um die mit einer solchen Politik verbundenen Risiken (u. a. Subventionswettbewerb) zu minimieren, sollte ein hohes Augenmerk auf ein geeignetes Programmdesign gelegt werden. Daneben ist zu beachten, dass die in diesem Szenario wichtige Option der Erhöhung der Investitionsförderung nur bei gleichzeitiger Anpassung des EU-Beihilferechts und den damit verbundenen Risiken (u. a. Wettbewerbsverzerrungen) stattfinden kann. Das Handlungsszenario „Aktive sektorale Technologie-/Industriepolitik“ umfasst dabei folgende Optionen:

Entwicklung einer einheitlichen Strategie: Bislang fehlt es an einer einheitlichen und klaren Strategie für den deutschen und europäischen Nanoelektronikstandort, an der sich die Akteure des Innovationssystems orientieren können. In diesem Szenario wäre eine gemeinsame Strategie für ein abgestimmtes Handeln der Akteure wichtig. Deutschland sollte dabei nach Ansicht der Experten ein stärkeres „commitment“ zur Nanoelektronik als strategisch wichtige Querschnittstechnologie abgeben und sich dafür sowohl durch Förderung als auch Engagement auf internationaler Ebene langfristig stark einsetzen. Dabei sollte den Akteuren signalisiert werden, welche Ziele in der Nanoelektronik verfolgt und welche Themenbereiche mittel- bis langfristig unterstützt werden und welche nicht. Die Gesamt- und Teilstrategien sollten auf Basis transparenter, methodisch unterstützter (z. B. durch eine Deutschland-/Europa-Roadmap für Nanoelektronik), integrativer und partizipativer Prozesse entwickelt werden, damit sie möglichst von allen Innovationsakteuren in der Nanoelektronik getragen werden.

Stärkere Schwerpunktsetzung bei der FuE-Förderung: Im Einklang mit einer klaren Strategie wären in diesem Szenario die Forschungsprogramme zu bündeln und die Forschungsgelder stärker strategisch einzusetzen. Die nationale Schwerpunktsetzung der Forschungsförderung sollte dabei unter Einbindung vieler Akteure (u. a. KMU, Großunternehmen, FuE-Institute) erfolgen und mehr als bisher in den Kontext der Europäischen Forschungszusammenarbeit integriert werden. Die Forschungskapazitäten würden Themen- und Technologiebereiche adressieren, in denen Deutschland zum einen komparative Stärken besitzt (z. B. Leistungselektronik) und zum anderen große Markt- und Wachstumspotenziale gesehen werden. Die Förderung sollte dabei in Verbindung mit privater Finanzierung stärker auch die FuE-Infrastruktur beinhalten. Hier sind mögliche Konflikte mit dem EU-Beihilferecht zu beachten, welche die Förderung der FuE-Infrastruktur einschränken. Gegebenenfalls wären Anpassungsmaßnahmen notwendig (z. B. Abänderung des Beihilferechts, gemeinsame europäische Finanzierung aus EU-Mitteln).

Entwicklung strategischer Geschäftsmodelle und Stärkung einer komplementären europäischen Vernetzung: Die zunehmende Fokussierung vieler Unternehmen bei ihren Tätigkeiten oder Spezialisierung auf konkrete Produktbereiche (z. B. Automobilelektronik) führen tendenziell zu einer zunehmenden Zersplitterung der europäischen Unternehmenslandschaft. Eine stärkere gemeinsame europäische Vernetzung der Unternehmen und der FuE-Akteure kann es ermöglichen, Synergiepotenziale besser auszuschöpfen, die steigenden Kosten für die Entwicklung nächster Technologiegenerationen zu teilen, eine kritische Masse in Marktsegmenten zu erreichen sowie zum Teil übergreifend verschiedene Anwendungsbranchen bedienen zu können. Bislang stehen einer solchen Entwicklung erhebliche Hürden entgegen. Dazu zählen beispielsweise das Risiko des Verlustes von strategischem Wissen oder die fehlende soziale Nähe, die von den Akteuren gemeinsam zu überwinden wären. Die Politik hat auf diese Entwicklungen zwar nur einen begrenzten Einfluss. Sie kann aber unterstützend tätig werden, z. B. in Form einer intensiveren Verständigung auf gemeinsame Förderbedingungen oder einer stärkeren Förderung von vorwettbewerblichen Verbundprojekten in europäischen Förderprogrammen.

Stärkere Investitionsförderung und Prüfung einer Änderung des EU-Beihilferechts: Um im internationalen Standortwettbewerb bei Halbleiter-Produktionsstätten mithalten zu können, wäre in diesem Szenario eine Erhöhung der Investitionsförderung geeignet. Dabei wären die Vereinbarungen bei Zuschüssen zu Großinvestitionen möglichst so auszugestalten, dass sie die Standortbindung erhöhen (u. a. Kooperationsverträge mit einheimischen Unternehmen, Standortgarantien) und den Staatshaushalt möglichst gering belasten (z. B. durch Verteilung der Zuschüsse auf einen längeren Zeitraum). Eine deutliche Erhöhung der Investitionsförderung kann aber nur bei gleichzeitiger Anpassung des EU-Beihilferechts und den damit verbundenen Risiken stattfinden. Dabei sind verschiedene Alternativen zur Änderung des EU-Beihilferechts grundsätzlich denkbar. Diese würden die Beihilfemöglichkeiten entweder spezifisch in der Nanoelektronik (z. B. über Einführung eines sektoralen Beihilferahmens, Ergänzungsklauseln im Multisektoralen Regionalbeihilferahmen) oder generell für verschiedene Wirtschaftszweige erhöhen (z. B. Erhöhung der Beihilfeintensitäten für Großinvestitionen; Entsprechungsklausel für höhere Beihilfeintensitäten bei Drittlandwettbewerb). Jeder Eingriff sollte hierbei behutsam erfolgen, um die Ziele und Bestimmungen der EU-Beihilfenkontrolle nicht zu stark auszuhebeln.

Stärkung innovationsfördernder Nachfrage: Eine staatliche Unterstützung der Nachfrage nach innovativen Halbleitern kann dazu beitragen, verschiedene Hemmnisse für die Akteure (z. B. hohe Einstiegskosten, Marktunsicherheiten, fehlende Infrastruktur) zu überwinden. Denkbare Beispiele wären Regelungen zur Energieeffizienz von Elektronikprodukten oder eine direkte staatliche Nachfrage, z. B. bei der Elektronik in der Medizintechnik. Da-

bei wäre zu prüfen, wie die mit solchen Maßnahmen verbundenen Nachteile (z. B. hohe Belastung von Staatshaushalt, Konsumenten, Anwenderbranchen) minimiert werden können und wie eine geeignete Ausgestaltung (langfristige Planbarkeit vs. Flexibilität, Orientierung an zukunftssträchtigen Märkten) aussehen kann. Eine wichtige Maßnahme wäre dabei die Kombination der Nachfrageförderung mit angebotsseitigen Politikinstrumenten, wie z. B. eine hohe FuE-Förderung in den entsprechenden Märkten.

I. Einleitung

1. Zielsetzung

Der Entwicklung von Hightechbranchen wird häufig eine zentrale Bedeutung für Wachstum, Beschäftigung und somit Wohlstand einer Volkswirtschaft zugeschrieben. Viele Staaten möchten deshalb die inländische Entwicklung von Hightechbranchen vorantreiben und haben dort einen starken internationalen Wettbewerb. Dabei erhalten Unternehmen häufig hohe staatliche Unterstützungen (z. B. durch Subventionierung oder Steuervergünstigungen) bei der Förderung dieser zukunftssträchtigen Sektoren oder Technikfelder.

In Europa werden die staatlichen Unterstützungsmöglichkeiten durch die EU-Beihilfenkontrolle reguliert. Die Europäische Kommission hat dabei die Möglichkeit, Beihilfen (z. B. Investitionszuschüsse, Steuererleichterungen) von EU-Mitgliedstaaten zuzustimmen oder abzulehnen. Das Ziel dieser Kontrolle ist die Reduzierung staatlicher Beihilfen der Mitgliedstaaten, um die europäische Integration und den freien Wettbewerb innerhalb Europas voranzutreiben. Schließlich ist einer der zentralen Grundsätze des Vertrags zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft (EG-Vertrag) die Unvereinbarkeit staatlicher Beihilfen mit dem gemeinsamen Markt. Staatliche Beihilfen können durch Diskriminierung der nichtgeförderten Unternehmen und Subventionswettkämpfe zwischen Staaten den Wettbewerb verzerren sowie das Funktionieren des Binnenmarktes beeinträchtigen. Zwar werden im Gemeinschaftsvertrag Sonderfälle für die Gewährung von Beihilfen durch die Mitgliedstaaten eingeräumt (Grundregeln in Artikel 87 und 88), jedoch strebt die Europäische Kommission den kontinuierlichen Abbau staatlicher Begünstigungen an („State Aid Action Plan“). Durch die Genehmigungspflicht vieler Formen der Beihilfen durch die Europäische Kommission geht von diesem Regulierungsrahmen ein erheblicher Einfluss auf die Gestaltung der nationalen und regionalen Förder- und Industriepolitik aus. Diese Einschränkungen werden allerdings häufig, besonders im Wettbewerb mit außereuropäischen Wettbewerbern, als problematisch eingeschätzt.

Besonders intensiv werden die Auswirkungen dieser Einschränkungen der EU-Beihilfenkontrolle auf die nationale Politiksteuerung für die Nanoelektronik diskutiert (z. B. Grundig et al. 2008; Saunier 2008). Bei dieser Querschnittstechnologie, deren Komponenten in zahlrei-

chen Anwenderbranchen der Konsumelektronik, Automobilindustrie und Medizintechnik nachgefragt und eingesetzt werden, existiert zwischen Europa, USA und Asien ein starker Wettbewerb. Dabei wird der entsprechende Halbleitersektor sowohl durch Forschungsförderprogramme als auch durch staatliche Beihilfen stark unterstützt. In Europa wird vor allem befürchtet, dass die Einschränkungen der Beihilfemöglichkeiten zu einem Verlust der Standortattraktivität bei den kapitalintensiven Produktionsstätten beitragen. Der mögliche Verlust dieser wichtigen Stufe der Wertschöpfungskette könnte erhebliche Folgen für die Nanoelektronikindustrie und -anwender haben. Neben einem direkten Nachfrageausfall bei Ausstattern und Zulieferern können der Verlust eines Teils der technologischen Wissensbasis und die fehlende räumliche Nähe zwischen Anbietern und inländischen Anwenderbranchen zu einer Gefahr für das „Innovationssystem Nanoelektronik“ werden. Diesen Befürchtungen stehen unter anderem die Risiken der ineffizienten Ressourcenallokationen durch Subventionen sowie die möglichen positiven Wirkungen einer internationalen Arbeitsteilung (z. B. komplementäre Entwicklung inländischer FuE- und Offshoreproduktionsstätten) entgegen.

Diese Debatte steht im Mittelpunkt des vorliegenden Innovationsreports „Internationale Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft im Hinblick auf die EU-Beihilfepolitik am Beispiel der Nanoelektronik“. Es wird analysiert, welche Bedeutung die EU-Beihilfenkontrolle für Deutschland und Europa in der Nanoelektronik hat und wie eine geeignete Förderpolitik zum Erhalt und der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit aussehen kann.

Bisherige Erkenntnisse zu den Auswirkungen des EU-Beihilferechts auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit Europas bzw. ihrer Mitgliedsländer wie Deutschland zeigen, dass die Wirkungen sehr vielschichtig und vor allem indirekter Natur sind (Grundig et al. 2008; Technopolis 2008): Sie hängen neben der direkten Einschränkung bei der Nutzung einiger politischer Maßnahmen (z. B. Investitionsbeihilfen) zentral von der Ausprägung anderer Faktoren im Innovationssystem (z. B. Nachfrage, inländische Ansiedlungen von Anwenderbranchen), dem systemischen Zusammenspiel dieser Faktoren (z. B. wechselseitige Rückkopplungseffekte von Angebot und Nachfrage), der bisherigen Unterstützung durch andere Politikinstrumente im Inland sowie dem Ausmaß öffentlicher Unterstützung in außereuropäischen Staaten ab.

Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge ergeben sich für diese Studie folgende zentrale Forschungsfragen:

- Welche Faktoren beeinflussen die Standortattraktivität einzelner Länder in der Nanoelektronik?
- Wie ist die aktuelle Wettbewerbsfähigkeit am Standort Deutschland und in Europa zu beurteilen?
- Welche Folgen hätte ein Verlust der Produktionskapazitäten für das gesamte „Innovationssystem Nanoelektronik“?

- Inwieweit besteht im Bereich der Nanoelektronik eine Situation, die staatliche Beihilfe rechtfertigt?
- Wie kann eine nachhaltige Förderpolitik in Deutschland gerade unter den gegebenen Bedingungen der eingeschränkten staatlichen Beihilfemöglichkeiten erfolgen?
- Inwieweit lässt sich das Beispiel der Nanoelektronik auf andere Technologien und Branchen übertragen?

2. Aufbau des Berichts

Vor dem Hintergrund dieser Forschungsfragen ist der Aufbau des Berichts wie folgt angelegt:

Nach der Darstellung der verwendeten Quellen und Methodik in Kapitel I.3 wird in Kapitel II zunächst die Wettbewerbsfähigkeit Europas in Hightechbranchen skizziert. Dabei wird anhand verschiedener Indikatoren untersucht, inwiefern sich die Position Europas im globalen Wettbewerb insgesamt verändert hat. Vertiefend wird betrachtet, ob sich die Wettbewerbssituation im Halbleitersektor von anderen Hightechbranchen unterscheidet und deshalb Untersuchungsergebnisse für die Nanoelektronik nur begrenzt übertragbar sind. Im Anschluss daran erfolgt eine Charakterisierung der Nanoelektronik und der globalen Produktions- und Beschäftigungsentwicklung in dieser Technologie. Diese Indikatoren geben erste Hinweise auf die Wettbewerbsfähigkeit und Standortattraktivität Europas. Anschließend werden die Einflussfaktoren auf die Wettbewerbsfähigkeit der in Europa ansässigen Unternehmen untersucht. Hierfür werden anhand des Innovationssystemansatzes wichtige Standortfaktoren und Innovationshemmnisse herausgearbeitet sowie die Situation in Deutschland und Europa im globalen Vergleich eingeordnet.

In Kapitel III erfolgt eine Betrachtung der Politikmaßnahmen in der Nanoelektronik im globalen Vergleich. Es werden die relevanten Politikmaßnahmen und Förderprogramme der wichtigsten Staaten in der Nanoelektronik (Deutschland, Frankreich, USA, Japan, Südkorea, China und Taiwan) dargestellt und abschließend miteinander verglichen. Im Mittelpunkt stehen zum einen die Fragen, welche öffentlichen Maßnahmen in Deutschland und Europa bislang ergriffen wurden und wie ihre Ausgestaltung und Wirkung in der Literatur und von Experten beurteilt wird. Zum anderen stellt sich die Frage, ob und in welcher Weise andere nichteuropäische Länder die Entwicklung der Nanoelektronik stärker unterstützen.

In Kapitel IV werden Rechtfertigungsgründe für solche staatlichen Beihilfen bzw. für ihre Kontrolle dargestellt und die jeweilige Relevanz für die Nanoelektronik untersucht. Im Anschluss erfolgt eine Beschreibung der Ziele, Ausgestaltung und historischen Entwicklung der europäischen Beihilfenkontrolle sowie ein Vergleich mit anderen internationalen Beihilferegelungen. Die bisherige Wirkung der Beihilfenkontrolle für die europäische Wirtschaft wird anhand einiger Indikatoren diskutiert. Vertiefend werden die Auswirkungen ihrer bisherigen

Ausgestaltung auf die Gestaltungsspielräume und Förderpraxis der europäischen Mitgliedstaaten in der Nanoelektronik erörtert.

In Kapitel V werden auf Grundlage der Ergebnisse der vorangegangenen Kapitel Handlungsoptionen für den Erhalt und Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und Europas im Bereich der Nanoelektronik formuliert. Dabei werden zunächst allgemeine Handlungsoptionen entwickelt. Darauf aufbauend werden zwei Handlungsszenarien mit Optionen für Politik und Wirtschaft entworfen, die bei einem deutlichen Strategiewechsel der öffentlichen Unterstützung in der Nanoelektronik geeignete Ansätze bieten können.

3. Quellen und Methoden

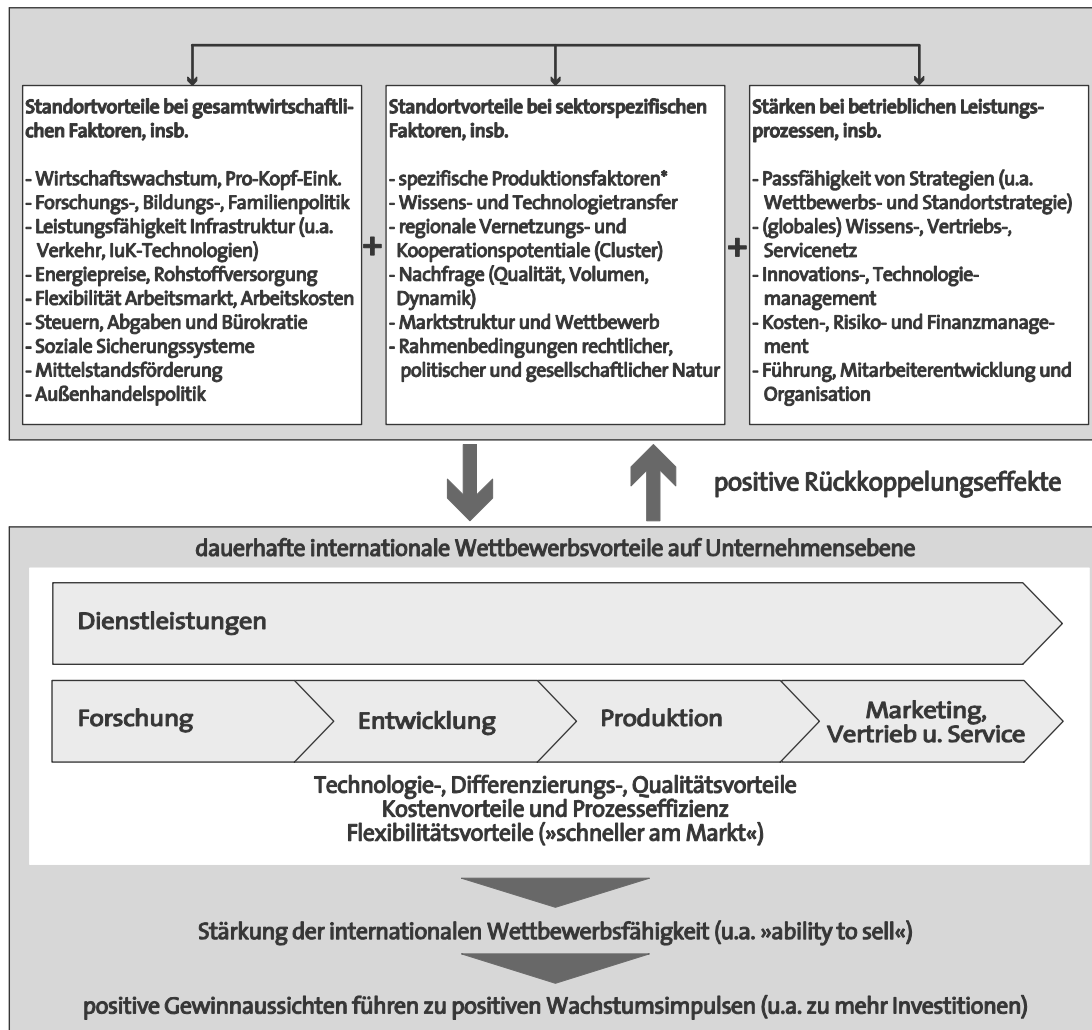
Eine wichtige Basis für die vorliegende Studie bildet die Analyse der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Europas in der Nanoelektronik. Hierfür erfolgen eine Beurteilung der aktuellen Wettbewerbsfähigkeit Europas und eine Untersuchung der zentralen Standortfaktoren. Im Folgenden werden das dabei genutzte Konzept und die verwendeten Quellen näher erläutert.

Bei Analysen der Einflussfaktoren zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit ist zu beachten, dass es die Unternehmen sind, die auf den in- und ausländischen Märkten miteinander konkurrieren, und nicht Staaten bzw. Volkswirtschaften (SVR 2004). Die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen hängt aber von einer Vielzahl von Standortfaktoren im unternehmerischen (regionalen, nationalen und internationalen) Umfeld ab, die nicht bzw. kaum durch das Unternehmen selbst, sondern hauptsächlich durch öffentliche bzw. staatliche Akteure beeinflusst werden (z. B. Bildungspolitik). Während einige Faktoren auf einer gesamtwirtschaftlichen Ebene bestimmt werden (z. B. makroökonomische Stabilität, Körperschaftsteuer), unterscheiden sich andere Faktoren (z. B. verwendete Technologien, Wissensbasis, Profitmöglichkeiten, Nachfrage) zwischen einzelnen Sektoren. Das TAB (2007) entwickelte deshalb zur Bewertung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit ein „3-Säulen-Konzept“ (Abb. 1), um die Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen erfolgskritischen Standortfaktoren und der dauerhaften internationalen Wettbewerbsfähigkeit der inländischen Unternehmen zu analysieren. Das Bewertungskonzept enthält in einem ausgewogenen Verhältnis gesamtwirtschaftliche Standortfaktoren, branchen- bzw. sektorspezifische Standortfaktoren und betriebliche Leistungsfaktoren.

Dieses „3-Säulen-Konzept“ (Abb. 1) ist zunächst allgemein gefasst. Es lässt sich aber für spezifische Technologien und Sektoren präzisieren. Die in der vorliegenden Studie erfolgende Konkretisierung der relevanten Wettbewerbsfaktoren für die Nanoelektronik umfasst vorrangig sektorspezifische Standortfaktoren. An relevanten Stellen werden aber auch Faktoren der anderen beiden Ebenen (z. B. Mittelstandsförderung, Passfähigkeit von Strategien) mit einbezogen.

Abbildung 1

„3-Säulen-Konzept“ zur Bewertung der Wettbewerbsfähigkeit



* »weiterentwickelte« sektorenspezifische Faktoren: u.a. Verfügbarkeit, Personal (z.B. Ingenieure, Naturwissenschaftler), (technologisches) Wissen, (Risiko)Kapital

Quelle: TAB 2007

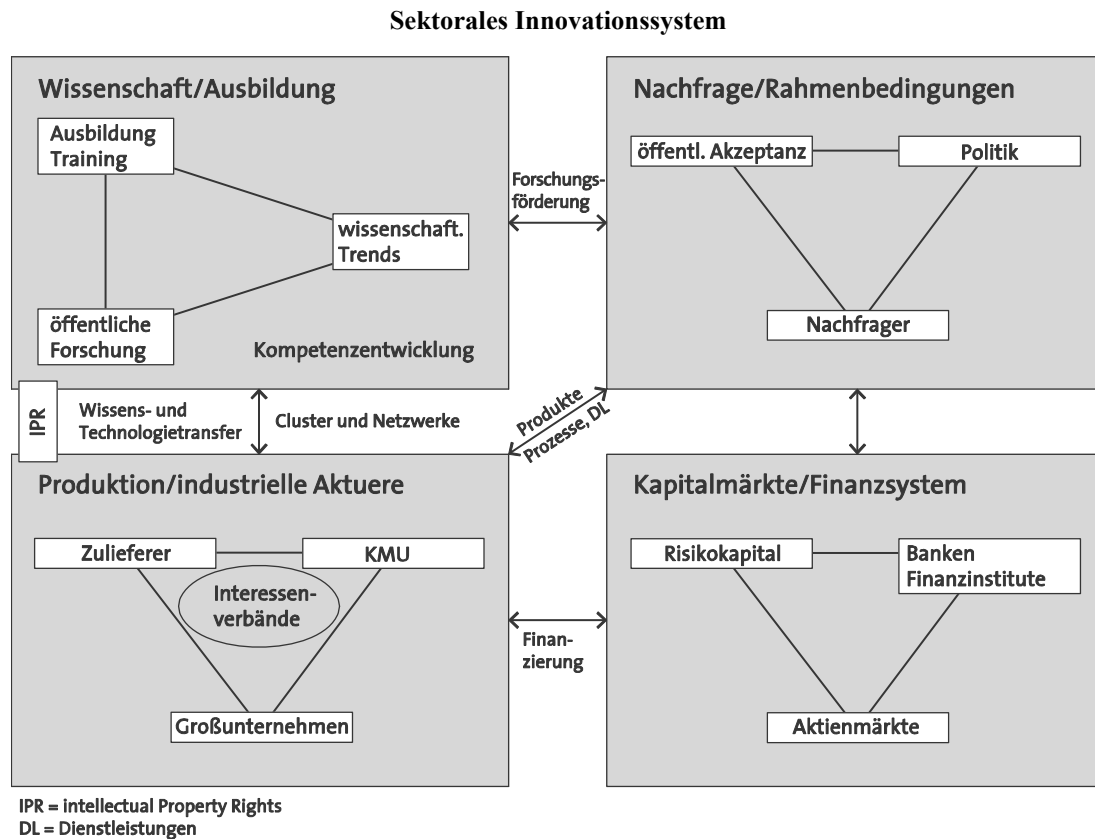
Um insgesamt zu entscheiden, welche Faktoren für die Nanoelektronik zu betrachten sind, kommt unterstützend der Innovationsforschungsforschungsansatz zur Anwendung. Schließlich sind Innovationen meist der Schlüssel zur Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit forschungs- und wissensintensiver Branchen wie der Nanoelektronik. Zentraler Ausgangspunkt des Innovationssystem-Ansatzes ist die Annahme, dass Innovationen das Ergebnis interaktiver und interdependenter Prozesse unter der Beteiligung von unterschiedlichen Akteuren aus unterschiedlichen Teilsystemen sind (Edquist 1997; Freeman 1987; Lundvall 1992; Nelson 1993). Innovation ist in dieser systemischen Perspektive also kein isolierter Vorgang, der innerhalb eines Unternehmens abläuft, sondern ein kollektiver Prozess unter der Mitwirkung vieler Akteure (Firmen, Hochschulen, Forschungseinrichtun-

gen, staatliche Institutionen usw.). Das Verhalten der Akteure wird von Institutionen und Strukturen – also Gesetzen, Regulierungen, Normen und Verhaltensroutinen – beeinflusst, die sich wiederum fördernd oder hemmend auf das Innovationsgeschehen auswirken können.

Zur besseren Veranschaulichung lassen sich die Schlüsselkomponenten des sektoralen Innovationssystems überblicksartig wie folgt charakterisieren (Abb. 2):

- Wissenschaft und Ausbildung/Qualifikation: umfasst die Qualität der öffentlich finanzierten (Grundlagen-)Forschung und der Wissensbasis, den Grad der Interdisziplinarität von FuE, Bildungs- und Ausbildungsniveau, Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitnehmern, den Wissenstransfer innerhalb und zwischen unterschiedlichen Sektoren;

Abbildung 2



Quelle: Anlehnung an Senker et al. 2001 und Nusser 2009

- Nachfrage und Rahmenbedingungen: beinhaltet die Marktbedingungen (Marktzugang, Regulierung), Diffusionsraten neuer Produkte und Dienstleistungen, Akzeptanz auf der Nachfrageseite, politische Rahmenbedingungen (z. B. Koordination, Fragmentierung), Kaufkraft, soziale Bedingungen und Wertehaushalt (z. B. Technologieaffinität), öffentliches Beschaffungswesen;
- Produktion und industrielle Akteure: umfasst den Grad der Anwendung neuer Technologien und Methoden, die Fähigkeit und Kapazität von Unternehmen zur Kooperation, Effektivität regionaler Cluster, Internationalisierungsgrad, Transparenz und Verfügbarkeit relevanter Marktinformationen;
- Kapitalmärkte und Finanzsystem: beinhaltet die Verfügbarkeit von (Wagnis-) Kapital, Unterstützungs- und Beratungsangebote für Unternehmensgründung und -entwicklung.

Dieser Ansatz bildet den Ausgangspunkt für die Untersuchung der Nanoelektronik. Dabei stehen für die vorliegende Fragestellung v. a. sektorspezifische Standortfaktoren im Mittelpunkt. Für alle Systembereiche (z. B. Nachfrage und Rahmenbedingungen) werden folgende Aspekte untersucht:

- Darstellung relevanter Wirkungszusammenhänge und Diskussion der Bedeutung für die Nanoelektronik;
- Ausprägung der Einflussfaktoren in Deutschland und Europa im internationalen Vergleich;
- Einflussmöglichkeiten der Politik sowie Darstellung der bereits durchgeführten politischen Maßnahmen im internationalen Raum.

Angesichts der hohen Komplexität dieser Fragestellungen kam ein umfassender Quellen- und Methodenmix zur Anwendung.

Quantitative Ansätze: Die Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und Europas wurde primär anhand wirtschaftlicher „Impact“-Kennzahlen durchgeführt, z. B. Anteile an Umsätzen oder an der Produktion. Während die Analyse für die Hightechbranche vorrangig anhand amtlicher Statistiken erfolgte, wurde der internationale Vergleich in der Nanoelektronik durch die eingeschränkte Datenlage erschwert. Amtliche Daten liegen nur auf einem sehr hohen Aggregationsniveau vor. Deshalb wurden in diesem Bericht v. a. Marktstudien verwendet, die aber vorab systematisch miteinander verglichen wurden.

Qualitative Ansätze: Es erfolgte zunächst eine umfangreiche Analyse der relevanten nationalen und internationalen Literatur. Darauf aufbauend wurden insgesamt 21 Experteninterviews durchgeführt (Anhang, Tab. 14). Ziel dieser Interviews war die kritische Überprüfung der aus der Literatur gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der Rolle verschiedener hemmender und fördernder Standortfaktoren, der aktuellen Standortattraktivität Deutschlands und Europas im internationalen Vergleich, der Rolle und Ausprägung der öffentlichen Förderung im internationalen Vergleich sowie der Einschätzungen der Auswirkungen der EU-Beihilfenkontrolle. Dabei wurde Wert auf eine ausgewogene Akteursstruktur gelegt und nationale und internationale Interviewpartner aus verschiedenen Akteursgruppen (Großunternehmen, KMU, Förderinstitutionen, Verbände, Forschung, Politik) befragt.

II. Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft in Hightechbranchen mit Fokus auf die Nanoelektronik

1. Europäische Wettbewerbsfähigkeit in Hightechbranchen

Forschungsintensive Branchen¹ (z. B. Pharmaindustrie, Nachrichten- und Medizintechnik, Fahrzeugbau) und die dort verwendeten neuen Technologien (u. a. Bio-, Nano-, Informationstechnologien) bieten ein großes Potenzial zur Entwicklung neuer oder verbesserter Prozesse, Produkte und Dienstleistungen (EFI 2010; TAB 2007). Sie tragen dabei nicht nur direkt zur inländischen Wertschöpfung und Beschäftigung bei, sondern nehmen eine zentrale Rolle für die Generierung und Verbreitung der technologischen Wissensbasis in der gesamten Volkswirtschaft ein. Viele Branchen profitieren von Innovationen in Hightechbranchen und erzielen ihr Wachstum erst im Zusammenspiel mit technologischen Innovationen der forschungsintensiven Industrien. Beispielsweise können viele produktbegleitende Dienstleistungen nur in Kombination mit einem innovativen Produkt angeboten werden. Deshalb ist eine leistungsstarke, inländische Hightechindustrie auch für reife Volkswirtschaften von hoher Bedeutung.

Zudem werden gerade in diesen Branchen den etablierten Industrieländern wie Deutschland oder USA komparative Vorteile im internationalen Wettbewerb zugesprochen, da sie annahmegemäß über die zentralen Ressourcen des technologischen Know-hows und eine ausgeprägte Innovationsfähigkeit verfügen. Allerdings holen in jüngerer Vergangenheit Entwicklungs- und Schwellenländer auch in diesen Branchen immer stärker auf (Krawczyk et al. 2007). Sie haben nicht nur aufgrund ihrer niedrigeren Einkommens- und Kostenposition Vorteile gegenüber den etablierten Industrieländern, sondern erweisen sich zunehmend im Technologie- und Qualitätswettbewerb auf den Märkten forschungsintensiver Produkte als konkurrenzfähig. Die Aufspaltung und globale Verlagerung von Wertschöpfungsketten führen zu einem Technologietrans-

fer, bei dem besonders diejenigen Länder (z. B. Taiwan, Südkorea, Singapur) aufholen, die gleichzeitig hohe Anstrengungen in Bildung, Forschung und Entwicklung unternommen haben (Jungnickel/Schüller 2008). Grundsätzlich profitieren auch die hochentwickelten Länder durch die globale Integration von Schwellenländern: Mit zunehmendem Entwicklungsstand eröffnen sich neue und wachstumsträchtige Marktpotenziale (Krawczyk et al. 2007). Allerdings wird auch häufig befürchtet, dass das Wachstum in Asien auf Kosten der Produktion und entsprechender Arbeitsplätze in westlichen Ländern erfolgt (Jungnickel/Schüller 2008). Deshalb wird im Folgenden die internationale Wettbewerbsfähigkeit auch unter dem Aspekt einer möglichen Verdrängung westlicher Unternehmen und Arbeitsplätze analysiert. Dabei stehen folgende Fragen im Fokus:

- Welche Bedeutung haben forschungsintensive Industrien in Europa und anderen Volkswirtschaften (z. B. USA, Japan)?
- Welche Entwicklungen zeigen sich in der internationalen Wettbewerbssituation Europas gegenüber anderen Industrie- sowie Schwellen-/Aufholändern?
- Wie ist die (Nano-)Elektronikbranche einzuordnen? Handelt es sich dabei um ein Feld, in dem die internationale Konkurrenz stärker als in anderen Hightechbranchen ausgeprägt ist?

Die forschungsintensiven Industrien in Summe und die spezifische Halbleiterbranche befinden sich statistisch auf einem unterschiedlichen Aggregationsniveau. Es ist keine ausreichende Datenbasis für einen direkten Vergleich vorhanden. Deshalb werden im folgenden Kapitel stellvertretend für die Nanoelektronik je nach statistischer Verfügbarkeit die Branche für „Kommunikations- und Halbleiterprodukte“ bzw. die Branche für „elektronische Bauelemente“ als Ganzes betrachtet. Zwar unterscheiden sich diese Kategorien z. B. dadurch, dass elektronische Bauelemente neben den Nanoelektronikkomponenten auch viele ihrer Anwendungen (z. B. Unterhaltungselektronik, Automobil- und Medizintechnik etc.) beinhalten. Die Nanoelektronik ist daher in der amtlichen Statistik nicht klar als Branche abgrenzbar. Die Grundaussagen bezüglich der internationalen Wettbewerbssituation (z. B. hoher Marktanteil Asiens) sind aber sehr ähnlich.

Zunächst werden die aktuelle Wettbewerbssituation auf dem Weltmarkt und die Innovationsfähigkeit von Europa und den USA im Vergleich zu den Aufholändern erörtert. Hierfür werden mehrere Indikatoren betrachtet (Wertschöpfung, Außenhandel, Patente etc.), um die verschiedenen Dimensionen der Wettbewerbsfähigkeit zu beschreiben. Sie stellen dabei nur eine begrenzte Auswahl möglicher Indikatoren dar. Die folgenden Kernaussagen ändern sich bei einer tieferen Betrachtung aber nicht (siehe ausführlicher u. a. Europäische Kommission 2007a; GIS 2008; Jungnickel/Schüller 2008; Krawczyk et al. 2007). Im Anschluss an diese Analyse werden mögliche Implikationen der aktuellen Krisensituation für die zukünftige Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit forschungsintensiver Industrien in Europa diskutiert.

¹ Die Begriffe „forschungsintensive Branchen“ und „Hightechbranchen“ werden synonym verwendet. Eine Liste der forschungsintensiven Branchen findet sich im Anhang in Tabelle 15.

1.1 Bedeutung der Hightechbranchen und internationaler Wettbewerbsvergleich

Internationale Wettbewerbssituation in forschungsintensiven Industrien

Der Anteil der forschungsintensiven Industriebranchen an der gesamten Wertschöpfung in wichtigen OECD-Ländern (Deutschland, USA etc.) lag im Jahr 2006 zwischen 5 und gut 16 Prozent (Abb. 3). Die Entwicklung im Zeitablauf ist seit Ende der 1990er Jahre relativ stabil. Über einen längeren Zeitraum betrachtet, zeigt sich in vielen Industrieländern aber ein Rückgang mit einem langfristigen Strukturmuster in Richtung wissensintensive Dienstleistungsgesellschaft (Gehrke/Legler 2009).

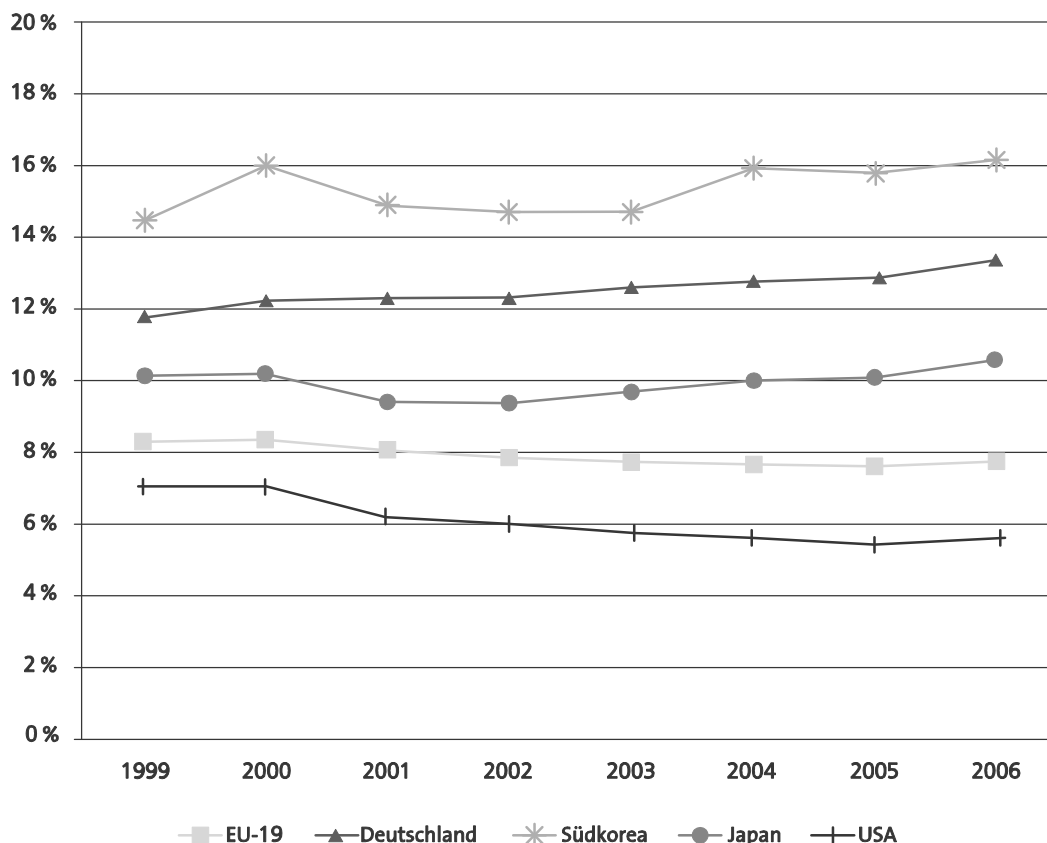
Die einzelnen Länder und Regionen sind in einem unterschiedlichen Grad auf forschungsintensive Güter spezialisiert. In Südkorea, Japan oder Deutschland liegt der Anteil zum Teil deutlich über 10 Prozent. In den USA oder in der Gruppe von 19 EU-Ländern beträgt der Anteil aber nur zwischen 5 und 8 Prozent. Diese Unterschiede zwischen den Ländern haben sich im Zeitablauf erhöht. Während in den USA und EU-19 die Anteile rückläufig sind, nehmen in Deutschland, Südkorea und Japan besonders im Zuge des konjunkturellen Aufschwungs die Anteile in den Jahren 2005 und 2006 leicht zu. In Deutschland sind fast 80 Prozent des realen Produktionszuwachses der Industrie zwischen 1995 und 2007 den forschungsintensiven Industrien zuzuschreiben (EFI 2009).

Ein Indikator für die Position Europas in forschungsintensiven Industrien im internationalen Wettbewerb ist der Anteil an der weltweiten Wertschöpfung in diesen Branchen. Nach Angaben des National Science Boards (NSF 2010) vereinen die asiatischen Länder ca. 35 Prozent der Wertschöpfung im Jahr 2005 auf sich. Knapp dahinter liegen die USA mit 31 Prozent, Europa hat lediglich einen Anteil von 25 Prozent. Im Zeitraum zwischen 1997 und 2007 zeigen sich nur minimale Veränderungen, die Anteile blieben sehr konstant. Allerdings treten innerhalb der Hochtechnologiebranchen Unterschiede auf. Bei Kommunikations- und Halbleiterprodukten liegt der Anteil der Wertschöpfung in den USA bei ca. 29 Prozent im Jahr 2007 (1997: 31 Prozent). Der Anteil Europas beträgt 15 Prozent (1997: 16 Prozent). Asien kann seinen Anteil von 47 Prozent im Jahr 1997 auf 50 Prozent im Jahr 2007 steigern. Dabei zeigen sich im Zeitablauf sehr hohe Verluste in Japan; die übrigen asiatischen Länder (z. B. Südkorea, Taiwan) legen stark zu. Allerdings ist dabei zu beachten, dass vor allem die asiatischen Länder zugleich über eine deutlich größere Bevölkerung und damit über ein größeres Nachfragepotenzial als die europäischen Länder verfügen. Daher ist die Aussagekraft dieses Indikators zur Wettbewerbsfähigkeit eingeschränkt.²

² Gemäß TAB (2007) ist zum Beispiel Deutschland das führende Industrieland bei Wertschöpfung pro Kopf in forschungsintensiven Industrien.

Abbildung 3

Anteil von forschungsintensiven Branchen an der gesamten Wertschöpfung in Prozent (1995 bis 2006)



Quelle: OECD STAN

Einen wichtigen Indikator zur Ergänzung bildet dabei der Erfolg der Länder im Welthandel. Der Welthandel mit forschungsintensiven Gütern hat vor dem Konjunkturerinbruch zwischen den Jahren 2002 und 2007 beträchtlich zugenommen. Die deutsche Industrie ist seit Langem auf den Außenhandel in diesen Produktbereichen fokussiert und hat am generellen Wachstum des Welthandels partizipiert. Der Außenhandelsaldo (Exporte minus Importe) mit forschungsintensiven Gütern ist weiter gewachsen. Der Anteil Deutschlands an den Weltexporten FuE-intensiver Waren stagniert hingegen bei ca. 12 Prozent zwischen den Jahren 1993 und 2007. Viele Industrieländer haben sogar deutliche Rückgänge aufzuweisen, z. B. sank der Anteil Japans von 17 Prozent im Jahr 1993 auf 8,3 Prozent im Jahr 2007 (Tab. 1). Angesichts des Hinzukommens neuer Anbieter aus den Schwellenländern (v. a. China) sind diese Rückgänge bei den Welthandelsanteilen aber wenig verwunderlich (EFI 2009).

Besonders die asiatischen Länder konnten ihre Anteile an den Weltexporten seit dem Jahr 2000 in allen Industriebranchen beachtlich steigern (Jungnickel/Schüller 2008). Mit der Ansiedlung exportorientierter ausländischer Unternehmen hat sich die Güterstruktur schnell gewandelt und ist durch einen steigenden Produktionsanteil von kapital- und forschungsintensiven Gütern geprägt. Allerdings ist trotz dieser branchenübergreifenden Anteilsgewinne die Wettbewerbsstärke asiatischer Anbieter immer noch auf einige Produktbereiche konzentriert (Jungnickel/Schüller 2008). Insbesondere gilt dies für die Elek-

tronikindustrie im weiteren Sinne (EDV-Geräte, Büromaschinen, Telekommunikationsausrüstung, integrierte Schaltkreise, elektronische Komponenten), deren Weltexportanteile zum Teil deutlich über 50 Prozent liegen und damit höher als die Werte für Textilien und Bekleidung (Jungnickel/Schüller 2008).³ Besonders die USA und Japan haben dafür einen erheblichen Anteilsrückgang von jeweils ca. 10 Prozent-Punkten zwischen den Jahren 1993 und 2007 zu verzeichnen. Insgesamt ist ein sehr bedeutender Teil der Zugewinne bei den forschungsintensiven Waren Asiens rein auf die zunehmende Dominanz in der Elektronik zurückzuführen (Belitz et al. 2009).

Internationaler Vergleich der Innovationsfähigkeit

Ob zukünftig auch in anderen Hochtechnologiebranchen die internationale Wettbewerbsfähigkeit Asiens deutlich steigen wird, hängt entscheidend von der Innovationsfähigkeit dieser Länder ab (Krawczyk et al. 2007). Im Folgenden werden kurz die klassischen Innovationsindikatoren der FuE-Aufwendungen und Patente im internationalen Vergleich dargestellt.

³ Bei Einbeziehung der Importe und Ausklammerung des intraregionalen Handels wird die asiatische Dominanz in den zentralen Elektronikbranchen teilweise relativiert, allerdings nicht generell infrage gestellt. Bei integrierten Schaltkreisen und elektronischen Komponenten ist der regionenübergreifende Handel sogar annähernd ausgeglichen. Dies hängt wesentlich mit der in diesem Teilssektor besonders intensiven grenzüberschreitenden Arbeitsteilung zusammen.

Tabelle 1

Weltexportanteile mit forschungsintensiven Gütern nach Ländern in den Jahren 1993 bis 2007 (in Prozent)

	1993	1998	2002	2007
<i>forschungsintensive Erzeugnisse insgesamt</i>				
USA	17,2	16,6	14,2	11,7
Japan	17,0	11,2	10,2	8,3
Deutschland	12,6	12,2	12,0	12,5
andere Industrieländer	28,5	28,7	25,2	22,5
Entwicklungs- und Schwellenländer	24,7	31,3	38,3	45,0
<i>elektronische Bauelemente</i>				
USA	22,2	20,2	17,7	11,4
Japan	20,5	13,1	12,2	10,1
Deutschland	4,2	4,3	4,4	4,5
andere Industrieländer	14,9	12,9	9,0	6,8
Entwicklungs- und Schwellenländer	38,3	49,5	56,7	67,1

Quelle: Döhrn et al. 2009

FuE-Aktivitäten sind eine wichtige Determinante für Innovationserfolge in Hightechbranchen und für das Wirtschaftswachstum (EFI 2009). Bereits im Jahr 2000 hatte die EU-Kommission für Europa einen FuE-Anteil am BIP von 3 Prozent als Ziel für das Jahr 2010 ausgegeben, um den Rückstand gegenüber den USA und Japan aufzuholen. In Deutschland zeigt sich im Vergleich zu Mitte der 1990er Jahre zumindest eine kleine Steigerung auf gut 2,5 Prozent im Jahr 2007. Allerdings weisen die EU-15-Länder als Ganzes betrachtet bei FuE unverändert nur eine geringe Dynamik auf und brachten 2007 insgesamt knapp 1,9 Prozent ihres Bruttoinlandsproduktes für FuE auf (EU-27: knapp 1,8 Prozent) (OECD STAN Datenbasis). Der Rückstand der EU-15 zu den USA beträgt nach wie vor 0,75 Prozent-Punkte, der zu Japan 1,5 Prozent-Punkte am BIP (Abb. 4). Zudem holen viele weitere asiatische Länder auf (z. B. China, Singapur, Taiwan, Indien). Wenn man die Dynamik in den beiden etablierten Ländern Südkorea und Japan mitzählt, haben sich die weltwirtschaftlichen FuE-Gewichte klar in Richtung Asien verlagert (Gehrke et al. 2009). Neben einheimischen Unternehmen treiben nicht zuletzt multinationale Unternehmen aus Industrieländern durch FuE-Outsourcing, neue strategische Allianzen oder länderübergreifende Gründungen und Fusionen die FuE-Aktivitäten der Wirtschaft in den Aufholländern nach oben und stärken somit die FuE-Kapazitäten dieser Länder. Eine rasch expandie-

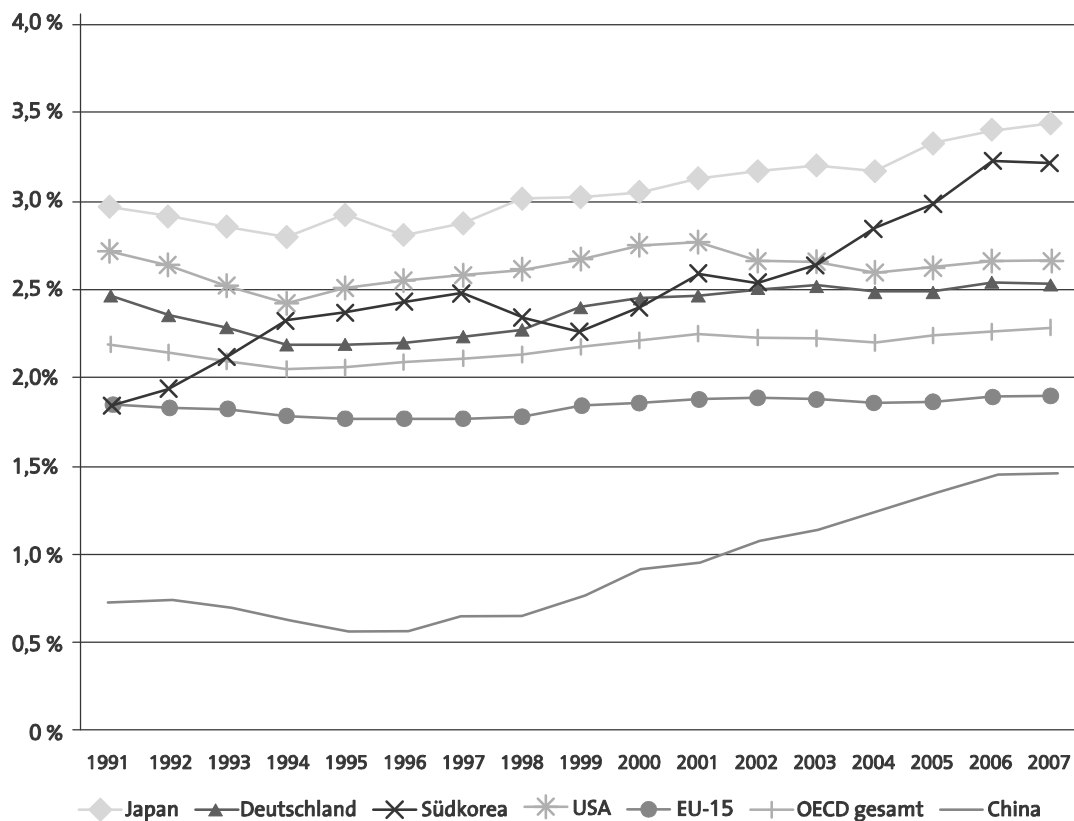
rende Binnennachfrage, ausreichend wissenschaftliches Personal und Kompetenzen sowie niedrige FuE-Kosten machen diese Regionen zunehmend auch für ausländische Unternehmen attraktiv.

Ein häufig verwendeter Outputindikator für die Ergebnisse der FuE sowie der Innovationstätigkeit sind Patente. Da besonders Patente, die auf mehrere Märkte im Ausland zielen und dem internationalen Wettbewerb ausgesetzt sind, eine hohe Aussagekraft besitzen, werden im Folgenden „transnationale Patente“⁴ betrachtet (Frietsch/Jung 2009). Die EU-27 weist in der Hochtechnologie eine niedrigere Patentintensität (Patente pro Mio. Beschäftigte) mit einem Wert von 192 gegenüber den USA (262) im Jahr 2006 auf; das Wachstum zwischen 2000 und 2006 ist allerdings etwas höher (Tab. 2). Deutschland nimmt bei der Intensität hinter der Schweiz, Finnland und Schweden den vierten Rang in der EU-27 ein. Deutschland profitiert dabei von seiner Spezialisierung auf Teilbereiche der Hochtechnologie (u. a. Automobilbau), in denen sich die Patentierungsaktivitäten positiver als im Bereich der Spitzentechnologien entwickelt haben.

⁴ Transnationale Patentanmeldungen beinhalten internationale Anmeldungen nach der PCT-Konvention (Patent Cooperation Treaty) sowie Anmeldungen am Europäischen Patentamt unter Ausschluss von Doppelzählungen. In beiden Fällen sind transnationale Ämter verantwortlich.

Abbildung 4

FuE-Intensität (Anteil der FuE-Aufwendungen am BIP in Prozent) in ausgewählten Ländern 1991 bis 2007



Quelle: OECD STAN

Eine bemerkenswerte Strukturveränderung im internationalen Patentsystem ist die hohe Dynamik beim Patentaufkommen von Südkorea und China. Diese beiden Länder sind in vielen Bereichen, die von Japan lange dominiert wurden, vorgedrungen, wie z. B. Büromaschinen, Elektronik, Optik oder Unterhaltungselektronik. Bezogen auf die Intensitäten liegt China aktuell zwar noch weit zurück. Es ist aber aufgrund der enormen Dynamik in den nächsten Jahren ein erhebliches Wachstum zu erwarten (EFI 2009).

Diese Grundaussagen ergeben sich auch bei der Analyse anderer Innovationsindikatoren, die über die direkte Messung von FuE-Aktivitäten und Patenten hinausgehen. Zum Beispiel betrachtet der Global Competitiveness Report (GIS 2008) sieben zusätzliche Indikatoren (z. B. Bildung, IKT-Investitionen) für die nationale Innovationsfähigkeit. Auch hier liegen die EU-Länder im Durchschnitt hinter den USA und Japan, aber noch vor aufstrebenden Ländern wie z. B. China. Eine Betrachtung der Entwicklung zwischen 1995 und 2005 zeigt aber, dass gerade Länder wie China und Singapur mit am stärksten im Ranking zulegen konnten. Zu einer ähnlichen Einschätzung

kommen auch weitere Studien (z. B. Jungnickel/Schüller 2008; Schüller 2008).

Insgesamt zeigt sich damit, dass die (aufstrebenden) asiatischen Länder im Vergleich zu den etablierten Industrieländern sowohl als Produktionsstandorte als auch als FuE-Standorte deutlich an Bedeutung hinzugewinnen.

1.2 Aktuelle Krisensituation und Ausblick

Ob sich die dargestellten Entwicklungen bis zu den Jahren 2006 und 2007 auch zukünftig fortsetzen, ist gerade angesichts der 2008 begonnenen Wirtschaftskrise fraglich. Die Krise zeigt beispielsweise Probleme auf, die sich durch eine starke Exportabhängigkeit, eine Konzentration der Aktivitäten auf wenige Branchen und die Nutzung von Finanzinstrumenten, die als innovationsförderlich galten, ergeben können. Bislang lässt sich nicht eindeutig klären, inwiefern sich die Krise auf die Entwicklung der forschungsintensiven Branchen und der internationalen Wettbewerbsfähigkeit einzelner Länder in diesen Branchen auswirkt. Im Folgenden werden die Kernargumente der aktuellen Diskussion wiedergegeben.

Tabelle 2

Transnationale Patentanmeldungen in der Hochtechnologie 2006

	absolute Zahl der Patent- anmeldungen	Wachstum 2000 bis 2006 (in %)	Intensität (Patente pro 1 Mio. Beschäftigte)
total	120.742	19	–
EU-27	42.340	9	192
USA	38.327	2	261
Japan	20.034	14	312
Deutschland	17.516	7	448
Frankreich	6.687	20	265
Südkorea	6.277	236	271
Großbritannien	5.442	-7	173
China	4.377	524	6
Italien	2.973	26	119
Kanada	2.847	27	170
Niederlande	2.618	-3	312
Schweiz	2.472	18	576
Schweden	2.408	6	544
Finnland	1.367	-1	560

Quelle: EFI 2009

Während sich in der konjunkturellen Schwächeperiode zwischen 2000 und 2003 in Deutschland die forschungsintensiven Industrien im Vergleich zu den nicht forschungsintensiven Industrien relativ stabil entwickelten und ein positives Produktionswachstum hatten, sind die forschungsintensiven Industrien durch die aktuelle Krise womöglich härter betroffen. Aufgrund der deutlich höheren Exportabhängigkeit der Hightechbranchen⁵ hat der Einbruch der Auslandsnachfrage besonders gravierende Auswirkungen. Eine Erholung des Welthandels wäre demnach eine zentrale Bedingung für die Entwicklung dieser Branchen. Analysen der OECD zu früheren Banken Krisen zeigen zudem allgemein die zentrale Bedeutung der Exporte für den Aufschwung einer Volkswirtschaft auf (Haugh et al. 2009). So erstreckt sich das Exportwachstum häufig über eine längere Phase als das Inlandswachstum. Außerdem wird der Exportsektor stärker von großen Unternehmen dominiert, die in der Regel weniger vom inländischen Bankensystem abhängig sind. Ob sich der Welthandel allerdings in Kürze erholt, ist unsicher. Denkbar wären auch eine geringere Investitionsbereitschaft, insbesondere in Schwellenländern, und eine geringere internationale Arbeitsteilung durch einen zunehmenden Protektionismus (GD 2009). Offen ist auch die langfristige Wirkung der nationalen Konjunkturprogramme, die in den meisten Fällen auch Maßnahmen zur Förderung von FuE, Aufbau von Infrastrukturen, Bildung und „Green Technology“ enthalten (OECD 2009a). Wenn sich protektionistische Tendenzen zeigen und die Konjunkturprogramme geringe Wirkungen auf die Innovationstätigkeit entfalten, könnten sich die aktuellen Probleme der exportorientierten deutschen Hightechbranchen fortsetzen (GD 2009).

Falls es aber zu einer baldigen Erholung im Welthandel kommt, wird die Situation der forschungsintensiven Industrien in Deutschland meist positiv beurteilt (z. B. Belitz et al. 2009; EFI 2009). Deutsche Unternehmen gelten aufgrund der Produktivitätsfortschritte und finanziellen Erfolge der letzten Jahre als besser für die Krise gewappnet als viele ihrer ausländischen Wettbewerber (EFI 2009). Zudem könnte die technologische Ausrichtung Deutschlands bei einem Aufschwung von Vorteil sein (Belitz et al. 2009). Deutschlands Produktportfolio ist nicht auf einige wenige Branchen beschränkt, sondern umfasst eine Vielzahl von Hochtechnologieindustrien. Diese beinhalten insbesondere wettbewerbsfähige Industriegüter, die bei einem weiteren Modernisierungsprozess und technischen Fortschritt in Osteuropa und Asien einer großen Nachfrage gegenüberstehen dürften (Belitz et al. 2009). Allerdings bezieht sich dieses Argument nur auf die Ausgangsposition Deutschlands, ungeachtet der künftigen Entwicklung der internationalen Wettbewerbsposition in diesem Bereich. Für die europäischen Länder in Summe ist eine solche technologische Spezialisierung zudem nicht zu erkennen.

⁵ Analysen anhand der OECD-STAN-Datenbank zeigen für fast alle Länder deutlich höhere Exportquoten in forschungsintensiven Branchen als in den nichtforschungsintensiven Branchen.

Daneben argumentieren einige Beobachter, dass sich der Aufholprozess zumindest von China und Indien beschleunigt. Diese Länder konnten auch im Jahr 2009 ein deutliches BIP-Wachstum verzeichnen, während in vielen etablierten Industrienationen deutliche Rückgänge im BIP stattfanden (GD 2009). Diese positivere gesamtwirtschaftliche Dynamik in den asiatischen Ländern kann auch deren Wettbewerbsfähigkeit in Hightechbranchen nachhaltig unterstützen.

Zwischenfazit

Die Analysen über vergangene und mögliche zukünftige Entwicklungen von Hightechbranchen zeigen, dass Europa in den forschungsintensiven Industrien vor großen Herausforderungen steht. Noch zeigen Indikatoren für die Innovationsfähigkeit Rückstände von Entwicklungs- und Schwellenländern auf, diese wurden aber in jüngerer Vergangenheit tendenziell kleiner. Beispielsweise unternimmt China große private und öffentliche Anstrengungen im Bereich der Forschung und Entwicklung. In der Elektronik dominieren die asiatischen Länder bereits heute. Nach Projektionen der Europäischen Kommission (2007) werden diese Länder ihre Position voraussichtlich weiter ausbauen können. Die Auswirkungen der Wirtschaftskrise scheint diese Tendenz zu verstärken.

Für die Einordnung der (Nano-)Elektronik im Vergleich zu anderen Hightechbranchen kann deshalb festgehalten werden, dass es sich hier um einen Bereich handelt, in welchem ein hoher Spezialisierungsgrad Asiens vorliegt, der in anderen Branchen bislang nicht erreicht wird. Die Situation Europas im internationalen Wettbewerb unterscheidet sich daher zumindest aktuell in der (Nano-)Elektronik von vielen anderen Hightechbranchen. Zukünftig sind aber durchaus auch in den anderen Technologiefeldern ähnliche Entwicklungen wie in der (Nano-)Elektronik denkbar.

2. Entwicklung in der Nanoelektronik und Vergleich der internationalen Wettbewerbsfähigkeit führender Länder

2.1 Nanoelektronik: Definition, Bereiche und Bedeutung

Der Begriff der Nanoelektronik unterliegt, wie auch die Nanotechnologie allgemein, keiner strengen und einheitlichen Definition, da der Übergang von der Mikro- zur Nanoelektronik fließend verläuft. Häufig wird Nanoelektronik als die auf Silizium basierende Halbleiterelektronik bzw. integrierte Schaltkreise („Chips“) bezeichnet, deren Strukturbreiten (kleinste, durch Strukturierungsverfahren realisierbare Abmessungen) unter 100 nm liegen. Auch alternative auf der Nanotechnologie beruhende Ansätze sowie die zur Herstellung solcher Komponenten erforderliche verfahrenstechnische Ausrüstung und Materialien zählen hierzu (BMBF 2002; BMBF 2004). Die Halbleiter-Nanoelektronik stellt hinsichtlich der weiteren Miniaturisierung der konventionellen CMOS-Technologie⁶ von

⁶ CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) steht für eine aus komplementären n-Kanal- bzw. p-Kanal-MOS-Feld-Effekt-Transistoren (MOSFET) aufgebaute Logik.

der Mikroelektronik kommend (Top-down-Nanoelektronik) bereits heute einen breiten und etablierten Markt dar. Bei der Nanoelektronik jenseits der CMOS-Technologie („Beyond CMOS“, Bottom-up-Nanoelektronik) handelt es sich um radikal neue Ansätze, die einen Paradigmenwechsel in der Computerindustrie darstellen und mit heutigen Computern und Computerarchitekturen nur noch sehr wenig gemeinsam haben. Diese Art der Nanoelektronik befindet sich jedoch noch in der Grundlagenforschung.

Ein internationales Industriekonsortium erstellt seit 1999 in einem Zweijahreszyklus die unter dem Namen „International Technology Roadmap for Semiconductors“ (ITRS) bekannte Roadmap. Seit der 2005 erschienenen Edition der ITRS-Roadmap (ITRS 2005, 2007 u. 2009) 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 siebten Rahmenprogramm und Großprogrammen wie ENIAC oder CATRENE (Kap. III.1) aufgegriffen und auch allgemein von Wissenschaft und Industrie verwendet werden (Abb. 5).

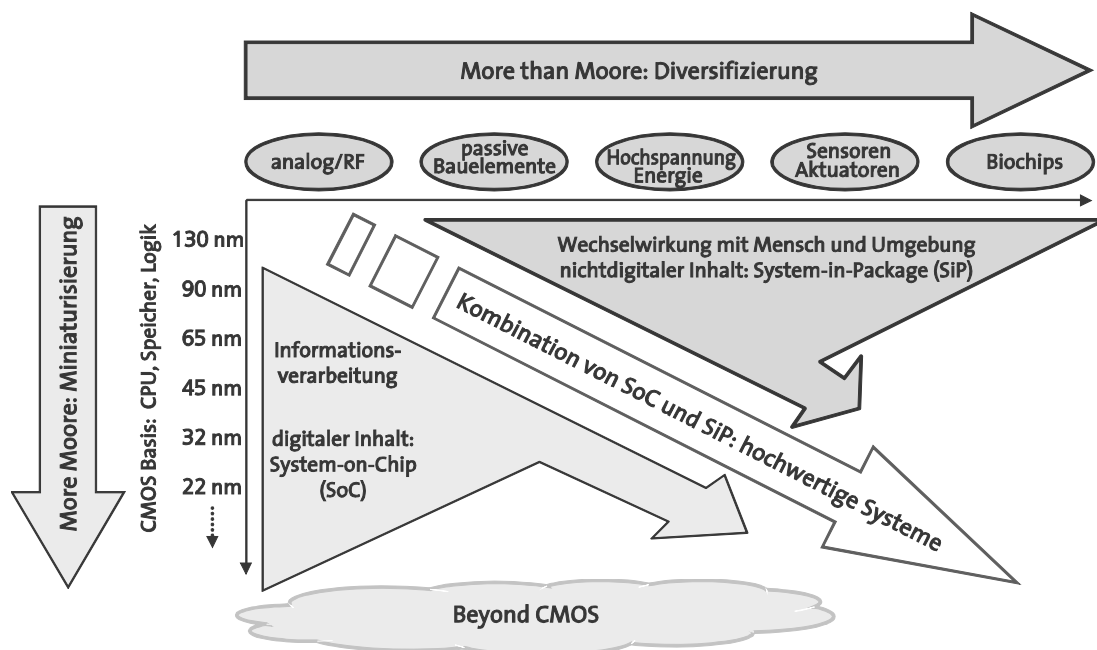
Gordon Moore, einer der Mitbegründer von Intel, formulierte 1965 ein Gesetz, das bis in die heutige Zeit als gültig angesehen wird: Die Anzahl der Transistoren pro Flächeneinheit verdoppelt sich alle 18 Monate (erstes Moore'sches Gesetz). Diese Dynamik des Chipbereichs

hat es vielen anderen Technologiebereichen überhaupt erst ermöglicht, ein hohes Innovationstempo beizubehalten, da viele neue Technologien eine hohe Rechenkapazität erfordern. Beispielsweise wären ohne die Fortschritte in der Chiptechnik moderne Handys nicht denkbar.

Im Jahr 2009 haben die kleinsten Strukturbreiten in integrierten Schaltkreisen bereits 32 nm erreicht (Atomgröße etwa 0,1 nm, Molekülgröße etwa 1 nm). Das Bestreben, die Strukturbreiten noch weiter zu reduzieren, wird als „More Moore“ bezeichnet. Ebenso zählt zu den Entwicklungen die Bestrebung, einen Teil oder alle Systemfunktionen auf einem Chip zu integrieren; dies wird auch monolithische Integration genannt. Es entstehen somit komplexe Ein-Chip-Systeme, die man als „System-on-Chip“ (SoC) bezeichnet. Die technologischen Herausforderungen liegen dabei unter anderem in der Entwicklung von immer komplexeren Materialsystemen (z. B. mit High-k-Materialien) zur Verhinderung von Verlustströmen durch quantenmechanische Effekte, welche in der Größenordnung weniger Nanometer zunehmend zum Tragen kommen. Weitere Herausforderungen sind die Entwicklung kostengünstiger Lithografieverfahren mit höherer Auflösung, verbesserte Maskentechnologien, komplexere Schaltungsentwürfe oder die Vergrößerung der Chipfläche durch neue Fertigungsverfahren für größere Wafer. Ein Wafer ist eine kreisförmige Scheibe, meist aus einem Silizium-Einkristall, und Ausgangspunkt der Chipproduktion. Dabei könnte das zweite Moore'sche Gesetz, welches besagt, dass die Kosten für die Ferti-

Abbildung 5

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



Quelle: ITRS 2005

gungsanlagen proportional zur Zahl der Transistoren auf einem Schaltkreis wachsen, der Fortschreibung des Trends des ersten Moor'schen Gesetzes aufgrund ständig wachsender Innovationskosten aus wirtschaftlichen Gründen ein Ende bereiten, bevor die physikalischen Grenzen erreicht sind. Von den drei Entwicklungsrichtungen der Nanoelektronik ist „More Moore“ die kapitalintensivste. Hier bewegen sich die Hersteller ständig nahe an der Grenze des technisch Machbaren, was die hohen Investitionskosten bedingt.

Nur durch kleinere Strukturbreiten in der CMOS-Technologie – welche die Rechenleistung erhöhen – lässt sich der Erfolg der Mikro- und Nanoelektronik jedoch nicht erklären. Eine entscheidende Rolle hat auch die Integration nichtdigitaler Funktionen gespielt, wie z. B. die Möglichkeit, Radiowellen zu verarbeiten. Diese erweiterten Funktionalitäten werden als „More than Moore“ bezeichnet. Ein gutes Beispiel hierfür sind die Funktionalitäten von modernen Handys. Sie können nicht nur über Radiowellen kommunizieren, Programme und Spiele ausführen, sondern auch Fotos machen oder Videos abspielen. Wichtig hierbei ist, dass diese Art der Elektronik zwar von immer kleineren Strukturbreiten profitiert, jedoch ihre Leistungsfähigkeit nicht primär davon abhängt. Einige Studien (u. a. Saunier 2008) kommen zu dem Ergebnis, dass gerade der Bereich „More than Moore“ großes Potenzial hat (z. B. für organische Elektronik). Insbesondere für kleine Firmen ergeben sich hier neue Möglichkeiten, da die Investitionskosten für die Entwicklung von „More-than-Moore“-Produkten viel geringer sind als im „More-Moore“-Bereich.

Um den oben erwähnten physikalischen und wirtschaftlichen Grenzen zu begegnen, haben Hersteller und Wissenschaftler schon seit einigen Jahren mehr und mehr ihren Fokus auch auf alternative Technologien gelegt, die zu radikal neuen Komponenten führen könnten, die nicht mehr auf der klassischen CMOS-Technologie basieren. Man spricht dabei von „Beyond CMOS“. Diese sind zwar meist noch im Stadium der Grundlagenforschung, sollten sich aber auf lange Sicht, so die Hoffnung, als kostengünstiger und leistungsfähiger erweisen bzw. völlig neue Anwendungen ermöglichen. 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 aus dem „Beyond-CMOS“-Bereich gerade zum Ziel, solche Effekte in neuartigen Bauteilen und Architekturen auszunutzen. Beispielhafte Forschungsfelder sind die Spinelektronik, die Nanophotonik oder die Molekularelektronik.

Zusammenfassend spricht man im Allgemeinen bereits von Nanoelektronik, sobald strukturelle Größen in elektronischen Bauteilen von weniger als 100 nm vorliegen. Nach dieser Definition zählen praktisch jeder moderne Halbleiterchip sowie Produkte, in welchen Halbleiterchips verwendet werden, zur Nanoelektronik. Unter kommerziellen Gesichtspunkten sind vor allem die Bereiche „More Moore“ und „More than Moore“ für diese Studie

relevant. Der Begriff „Halbleiterelektronik“ wird daher aus kommerzieller Sicht betrachtet und beinhaltet Mikro- und Nanoelektronik. Mikro- und Nanoelektronik gehen fließend ineinander über, wobei Nanoelektronik auch künftige Technologien beinhaltet, welche noch in der Grundlagenforschung stecken und nicht zwingend auf Halbleitern basieren. Wenn im Folgenden von Nanoelektronik gesprochen wird, sind alle Entwicklungen der Halbleiterelektronik und der nanoelektronischen Konzepte gemeint.

Im Folgenden wird zur Einordnung der Halbleiterbranche eine Darstellung ihrer Größe und Funktion innerhalb der Wertschöpfungskette der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) vorgenommen.

Einordnung der Nanoelektronik

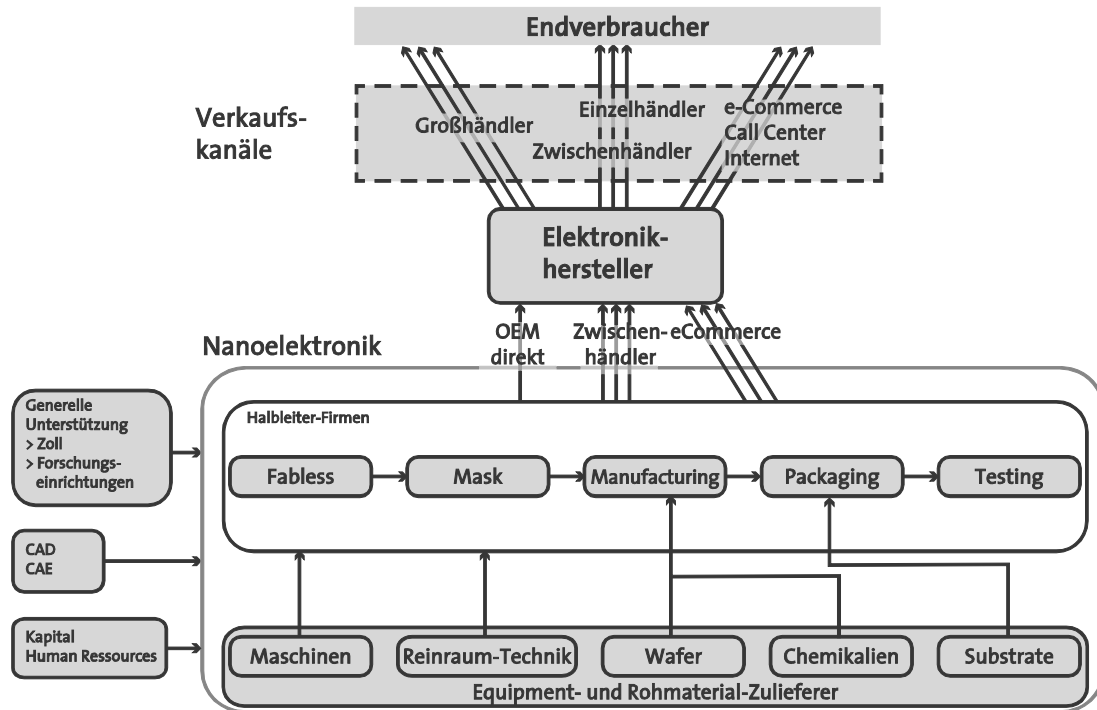
Die Halbleiterbranchendient als wichtiger Zulieferer von Grundkomponenten für die IKT-Industrie. Die Nanoelektronik hat dabei eine „Enabler“-Funktion, da ihre Innovationskraft es den nachgelagerten Industrien ermöglicht, ein hohes Innovationstempo beizubehalten. Abb. 6 verdeutlicht den Aufbau der IKT-Wertschöpfungskette.

Die Equipmenthersteller (Ausrüstungshersteller) und Rohmaterialunternehmen sind Zulieferer für die Halbleiterfirmen. Da der Prozess der Halbleiterherstellung aus verschiedenen Wertschöpfungsstufen (Chipdesign, Maskenentwicklung, Chipproduktion, „packaging“, „testing“) besteht, die unterschiedliche ökonomische Charakteristika und erfolgskritische Standortfaktoren aufweisen, gibt es sehr verschiedene Arten von Halbleiterfirmen (Kap. II.3.3). Sie können entweder auf eine Wertschöpfungsstufe spezialisiert sein, wie z. B. sogenannte „Fabless“-Unternehmen, die sich nur um Chipentwicklung kümmern, oder können die ganze Wertschöpfungsbandbreite abbilden, wie z. B. die sogenannten „Integrated Device Manufacturers“ (IDMs).

Die Halbleiterfirmen wiederum liefern an Elektronikhersteller, die ihre Produkte mit oder ohne Zwischenhändler an den Endverbraucher verkaufen. Elektronikhersteller verwenden elektronische Bauteile wie z. B. CPUs oder Netzteile, um daraus ein System zu bauen, das eine oder mehrere komplexe Aufgaben erfüllen kann. Die Produktbandbreite ist dabei weit und erstreckt sich von Computerherstellern über Energieversorgungsausrüster bis hin zu Rüstungskonzernen. Allerdings ist es schwer zu quantifizieren, welchen Anteil die Nanoelektronikkomponenten an den gesamten Materialkosten haben. Die Größe des Marktes steigt innerhalb der IKT-Wertschöpfungskette von Stufe zu Stufe stark an, je näher man an den Endverbraucher kommt (Abb. 7). Die Material- und Equipmentzulieferer hatten 2007 einen weltweiten Umsatz von 85 Mrd. US-Dollar. Die Chiphersteller hatten dagegen schon Erlöse von 256 Mrd. US-Dollar. Auf der Ebene von Elektronikprodukten ergab sich ein Marktvolumen von 1 500 Mrd. US-Dollar und auf der IKT-Service-Ebene wurden über 6 300 Mrd. US-Dollar umgesetzt.

Abbildung 6

Die Nanoelektronik in der IKT-Wertschöpfungskette



Quelle: eigene Darstellung, angelehnt an MESEA+ Whitebook2 und IEK/ITRI (März 2002)

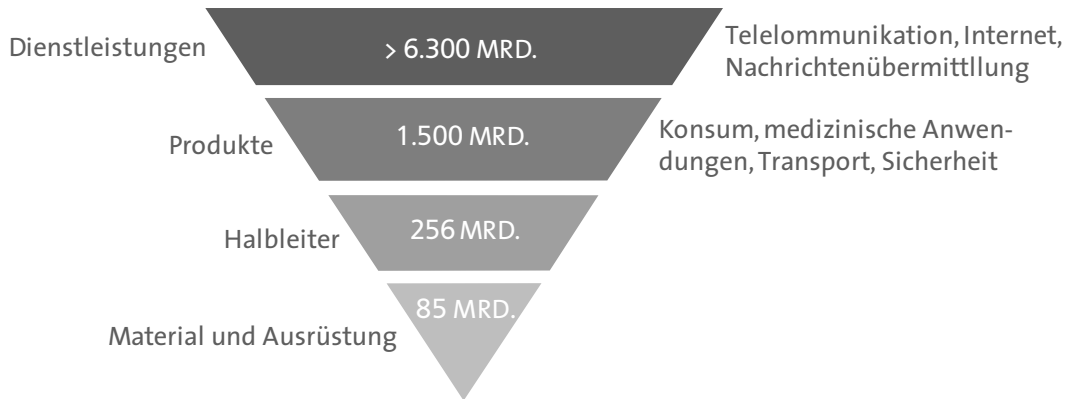
Auch für Europa zeigt sich ein ähnliches Bild. Die europäischen Halbleiterfirmen haben im Jahr 2007 41 Mrd. US-Dollar umgesetzt, Elektronikunternehmen 315 Mrd. US-Dollar und Serviceanbieter 1 600 Mrd. US-Dollar (ESIA 2008).

Halbleiterfirmen befinden sich dabei entweder auf der untersten oder der zweituntersten Ebene der IKT-Wertschöpfungskette als Ausrüster/Rohmaterialzulieferer oder als Hersteller von Halbleitern. Dabei haben sie die Funktion einer Triebfeder, welche das hohe Innovationstempo und das Wachstum auf den höheren Ebenen erst möglich macht, worin die große Bedeutung der Nanoelektronikfirmen für die gesamte IKT-Branche liegt. Als Lieferanten von innovativen Prozessen und Produkten geben sie über Spill-over-Effekte wichtige Impulse für die Innovationsaktivitäten in den nachgelagerten Wirtschaftsbranchen (u. a. Rammer et al. 2005; Kap. IV.1).

- Der ständige Zuwachs an Speicher und Kapazitäten bei gleichzeitig hohem Wettbewerb führt zu sinkenden Preisen bei den Endprodukten und Entlastung der Konsumenten. Beispielsweise ermittelten Aizcorbe et al. (2006) einen Preisrückgang für Halbleiter von durchschnittlich ca. 25 Prozent pro Jahr in den USA zwischen 1975 und 2004.
- Innovationsaktivitäten der Nanoelektronik- und Halbleiterlieferanten ermöglichen neue Produkteigenschaften und Funktionen der Anwenderprodukte und sind von großer Bedeutung für die technologische Wettbewerbsfähigkeit der Anwenderbranchen. Beispielsweise sind die elektronischen Bestandteile eines Autos wichtige Differenzierungskriterien (z. B. adaptive Geschwindigkeitsregelungssysteme, Kollisionsschutz, Antiblockiersysteme sowie Unterhaltungselektronik, Telematik, Instrumentierung). Der Anteil von Halbleitern am Gesamtwert eines Wagens hat sich in den vergangenen Jahren erheblich erhöht (ZVEI 2008).

Abbildung 7

Wertschöpfungspyramide der IKT-Branche und weltweiter Umsatz im Jahr 2007 (Angaben in US-Dollar)



Quelle: ESIA 2008

2.2 Produktions- und Beschäftigungsentwicklung

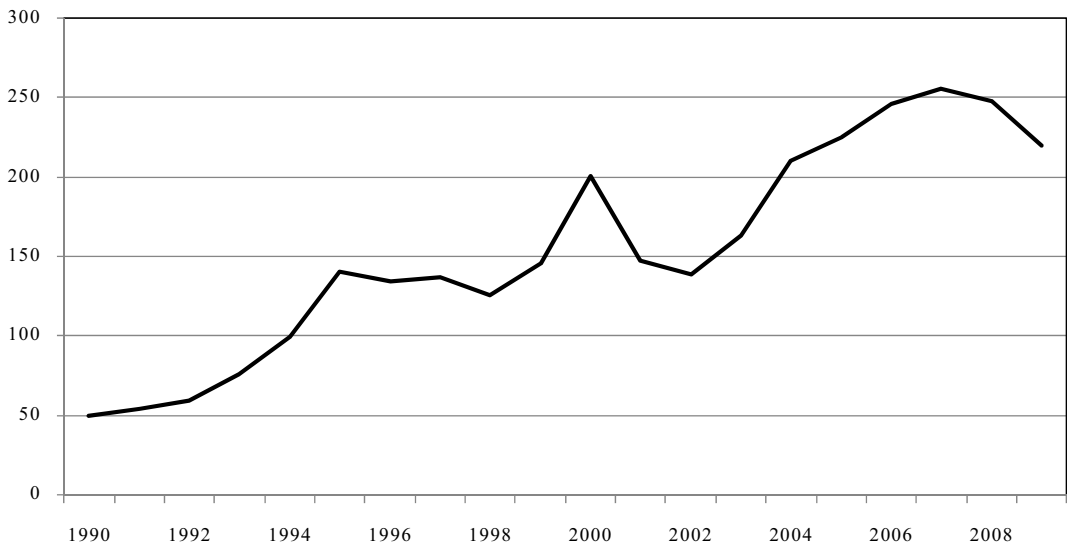
Beim Halbleitermarkt handelt es sich noch um einen relativ jungen Markt. 1965 verzeichnete die Halbleiterindustrie noch einen Umsatz von etwa 1,5 Mrd. US-Dollar, bis weit in die 1970er Jahre lag der weltweite Umsatz noch unter 10 Mrd. US-Dollar. Doch 1994 wurde bereits die 100 Mrd. US-Dollar-Grenze überschritten und im Jahr 2007 mit rund 256 Mrd. US-Dollar der bisherige Höhepunkt vor Beginn der Wirtschaftskrise erreicht (Abb. 8).

Seit Anfang 2000 haben sich die Wachstumsraten etwas verringert. In den 1980er Jahren lag das durchschnittliche jährliche Wachstum bei ca. 16 Prozent und in den 1990er Jahren bei 14 Prozent (ZVEI 2008). Zwischen den Jahren

2000 und 2008 wurde lediglich ein Durchschnittswachstum von 8,5 Prozent erreicht. Dies wird in der Regel mit dem Eintritt in eine reifere Marktphase begründet (ESIA 2008; ZVEI 2008). Zugleich wirkte sich der wirtschaftliche Einbruch zwischen 2000 und 2002 nach einem hohen Wachstum zwischen 1998 und 2000 stark auf die genannten Wachstumsraten aus. Besonders das Geschäft mit Massenspeichern unterliegt einer sehr hohen Volatilität. Häufig wird von einem „Schweinezyklus“ gesprochen (u. a. TAB 2010a). Hinkt das Angebot an Halbleitern der Nachfrage hinterher, so steigen die Preise und große Fertigungskapazitäten werden ausgebaut. Dadurch kommt es zu einem Überangebot, da eine direkte Einschränkung des Angebots aufgrund des sehr hohen Fixkostenanteils der Produktionsstätten nicht rentabel ist. Folglich fallen die Preise. Umsatz sowie Gewinn verringern sich deutlich.

Abbildung 8

Weltweiter Umsatz in der Halbleiterindustrie in Mrd. US-Dollar (1990 bis 2009)



Quelle: OECD 2008a; WSTS 2010

Da die Produkte der Halbleiterindustrie mittlerweile in einer Vielzahl von Anwenderbranchen verwendet werden, wird die Nachfrageseite des Halbleiterelektronikmarktes stark von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung beeinflusst. Der Zusammenhang zwischen Weltwirtschaftswachstum und Wachstum des Halbleiterelektronikmarktes hat sich dabei in jüngerer Zeit verstärkt (ZVEI 2008). Folglich zeigt sich aufgrund des Nachfrageausfalls im Sog der Wirtschaftskrise eine Schrumpfung des Halbleiterelektronik-Weltmarktes (WSTS 2010). Aufgrund eines schwachen 4. Quartals war bereits im Jahr 2008 die Marktentwicklung mit 2,8 Prozent rückläufig. Im Jahr 2009 zeigte sich ein weltweiter Marktrückgang um 11,3 Prozent auf 220,8 Mrd. US-Dollar. In Europa lagen die Rückgänge mit 24,2 Prozent weit über dem globalen Durchschnitt. Für das Jahr 2010 wird wieder mit einem deutlichen Anstieg der Nachfrage gerechnet und ein ungefähres Erreichen des Niveaus von 2008 prognostiziert (ca. 249 Mrd. US-Dollar) (WSTS 2010).

Internationaler Vergleich in der Nanoelektronik

Die Nanoelektronikbranche zeichnet sich durch eine sehr starke globale Ausrichtung aus. Die großen Halbleiterunternehmen operieren und bieten weltweit ihre Produkte und Dienstleistungen an. Dabei unterscheidet sich zunehmend die geografische Verteilung einzelner Wertschöpfungsstufen. Die Bedeutung einzelner Standort- und betrieblicher Leistungsfaktoren kann entlang der Wertschöpfungskette variieren (u. a. Reger et al. 1999). Für die Analysen werden häufig vereinfacht drei Wertschöpfungsstufen unterschieden (z. B. Arita/McCann 2006; Brown/Linden 2005):

- Chipdesign: Das Chipdesign ist sehr wissensintensiv, ein Großteil der Ingenieurfachkräfte ist in dieser Wertschöpfungsstufe beschäftigt. Daneben wird für das Erstellen des Designs teure Spezialsoftware benötigt, die normalerweise pro Arbeitsplatz gekauft wird.
- Produktion: Die Investitionskosten für eine Produktionsstätte oder Chipfabrik („Fab“) sind mit zum Teil über 3 Mrd. Euro sehr hoch (Economist 2009; ESIA 2008). In einer „Fab“ kommt teures Equipment zum Einsatz, das unter extremen Reinheitsbedingungen betrieben wird. Die Arbeitskosten sind hingegen relativ gering, da ein hoher Automatisierungsgrad erreicht wird (Macher 2005).
- „packaging“: Das Zusammensetzen des Chips benötigt auch teures Equipment; jedoch sind die Gesamtkosten deutlich niedriger als die einer „Fab“. Auch der durchschnittliche Ausbildungsgrad ist im „packaging“ niedriger.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Anforderungen an den Ausbildungsgrad der Ingenieure entlang der Wertschöpfungskette abnehmen, also die Ingenieure im Chipdesign am besten ausgebildet sein sollten (Brown/Linden 2009).

Viele Unternehmen in der Nanoelektronik sind weltweit tätig und entscheiden oft für jede Wertschöpfungsstufe einzeln, an welchem Standort die entsprechende Tätigkeit durchgeführt wird. Insbesondere in international vernetzten (Groß-)Unternehmen besteht die Tendenz, Forschungs-, Entwicklungs- und Produktionsprozesse dort durchzuführen, wo die jeweils erforderlichen Rahmenbedingungen optimal sind (Gerybadze et al. 1997). Somit kann eine Firma ihre Produktionsstätten je nach Wertschöpfungsstufe in ganz unterschiedlichen Regionen der Welt haben, da diese dort die jeweils beste Umgebung vorfinden.⁷

Eine geeignete Datenbasis zur Darstellung der globalen Verteilung aller einzelnen Wertschöpfungsstufen liegt nicht vor. Der globale Charakter der Wertschöpfungskette spiegelt sich aber in Unterschieden bei wichtigen einzelnen Indikatoren zum Halbleitersektor wider (Abbildung 9). Dabei werden hier die folgenden Indikatoren unterschieden:

- die Nachfrage in der jeweiligen Region (absolut und relativ),
- der gesamte Umsatz der in der Region ansässigen Firmen,
- der Besitz der Produktionskapazitäten der in der Region ansässigen Firmen und
- der Standort der Produktionskapazitäten.

Im Anschluss an ihre Darstellung werden diese Indikatoren durch Schätzungen zu den Wertschöpfungsstufen des „packaging“ sowie Chipdesign ergänzt.

Um alle Indikatoren vergleichen zu können, werden die Werte für das Jahr 2007 analysiert, mit Ausnahme des Besitzes der Produktionskapazitäten mit Werten für das Jahr 2005. Für die Nachfrage und den Standort der Produktionskapazitäten existieren aktuellere Zahlen, die in späteren Kapiteln verwendet werden.

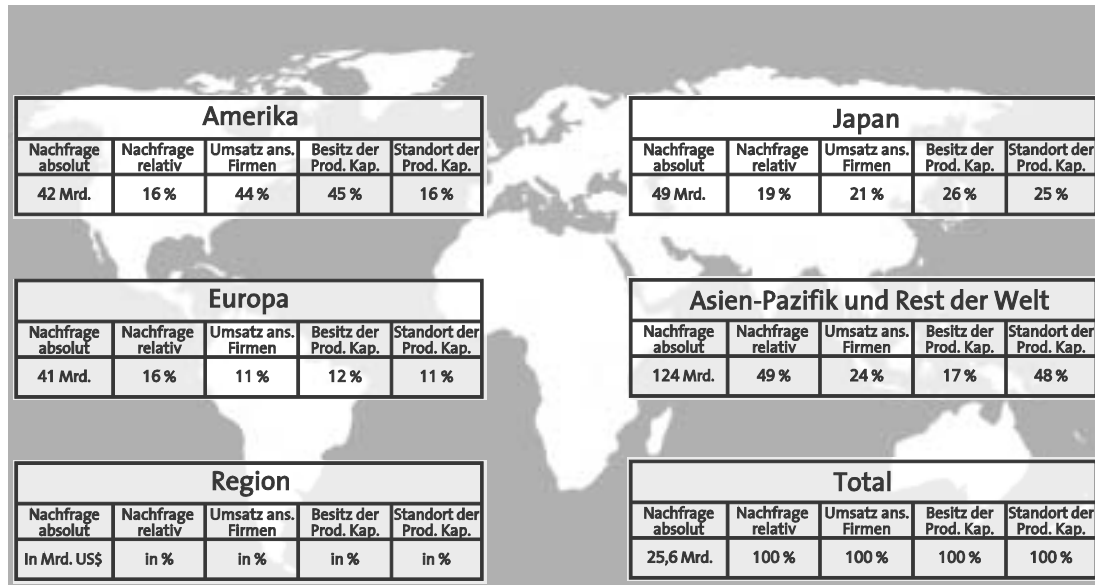
Japan, Asien-Pazifik und die restliche Welt⁸ sind die größten Nachfrager nach Halbleitern mit einem gemeinsamen Marktanteil von 68 Prozent. Europa und die USA fragen jeweils nur 16 Prozent der Weltproduktion nach. Das Bild verschiebt sich, wenn man die Umsätze nach dem Heimatsitz der Unternehmen betrachtet. Amerikanische Firmen erreichen zusammen 44 Prozent des globalen Halbleiterumsatzes, sie sind in vielen ausländischen Märkten erfolgreich. Umgekehrt sind Firmen im Asien-Pazifik-Raum bei den Umsätzen von geringerer Bedeutung.

⁷ Diese Argumentation ist nicht zwingend gleichbedeutend damit, dass räumliche Nähe keine Rolle für die Nanoelektronik spielt (Kapitel II.3.3).

⁸ Die Länder unter „Rest der Welt“ (z. B. Australien) haben einen sehr kleinen Anteil bei den Indikatoren.

Abbildung 9

Regionale Aufteilung des Halbleiterweltmarktes im Jahr 2007



Amerika				
Nachfrage absolut	Nachfrage relativ	Umsatz ans. Firmen	Besitz der Prod. Kap.	Standort der Prod. Kap.
42 Mrd.	16 %	44 %	45 %	16 %

Japan				
Nachfrage absolut	Nachfrage relativ	Umsatz ans. Firmen	Besitz der Prod. Kap.	Standort der Prod. Kap.
49 Mrd.	19 %	21 %	26 %	25 %

Europa				
Nachfrage absolut	Nachfrage relativ	Umsatz ans. Firmen	Besitz der Prod. Kap.	Standort der Prod. Kap.
41 Mrd.	16 %	11 %	12 %	11 %

Asien-Pazifik und Rest der Welt				
Nachfrage absolut	Nachfrage relativ	Umsatz ans. Firmen	Besitz der Prod. Kap.	Standort der Prod. Kap.
124 Mrd.	49 %	24 %	17 %	48 %

Region				
Nachfrage absolut	Nachfrage relativ	Umsatz ans. Firmen	Besitz der Prod. Kap.	Standort der Prod. Kap.
In Mrd. US\$	in %	in %	in %	in %

Total				
Nachfrage absolut	Nachfrage relativ	Umsatz ans. Firmen	Besitz der Prod. Kap.	Standort der Prod. Kap.
25,6 Mrd.	100 %	100 %	100 %	100 %

Quelle: Collet 2007; ESIA 2008; ZVEI 2008. Angaben für Besitz der Produktionskapazitäten beziehen sich auf das Jahr 2005.

Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Besitz der Produktionskapazitäten. Amerikanische Firmen besitzen 45 Prozent der weltweiten Kapazitäten, obwohl nur 16 Prozent der weltweiten Kapazitäten in den USA angesiedelt sind. Dies lässt sich hauptsächlich dadurch erklären, dass US-Firmen oft in Asien Produktionsstandorte betreiben und auch dort hohe Umsätze am dortigen Markt erreichen. Auch europäische Hersteller produzierten im Jahr 2007 nur zwei Drittel ihrer Wafer in Europa. In Asien und Japan liegt der inländisch produzierte Anteil hingegen bei über 95 Prozent (ZVEI 2008). Durch den niedrigen Anteil Europas an der Chipproduktion bei einem gleichzeitig höheren Anteil an der Gesamtnachfrage (Kap. II.3.4.1) ist Europa Nettoimporteur von Halbleitern. Vergleichbare Zahlen über die inländische Produktion und den Außenhandel liegen allerdings nicht vor. Grundig et al. (2008) schätzen aber den Importüberschuss für das Jahr 2005 auf ein Drittel der Nachfrage.

Die Anteile einzelner Standorte bei den Produktionskapazitäten haben sich in den vergangenen Jahren deutlich verschoben. Bereits in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre haben Japan und die USA als Produktionsstandort an Bedeutung verloren, während Taiwan einen deutlichen Anteilszuwachs erreichen konnte. Dieser Trend setzte sich auch im Zeitraum 2000 bis 2009 fort (Abb. 10). Japan und die USA haben weiter an Bedeutung verloren: Der Produktionsanteil Japans schrumpfte von ca. 35 Prozent im Jahr 2000 auf ca. 23 Prozent in 2009 und der Produktionsanteil der USA von ca. 20 Prozent im Jahr 2000 auf 15 Prozent in 2009. Auch in Europa ist die Tendenz in

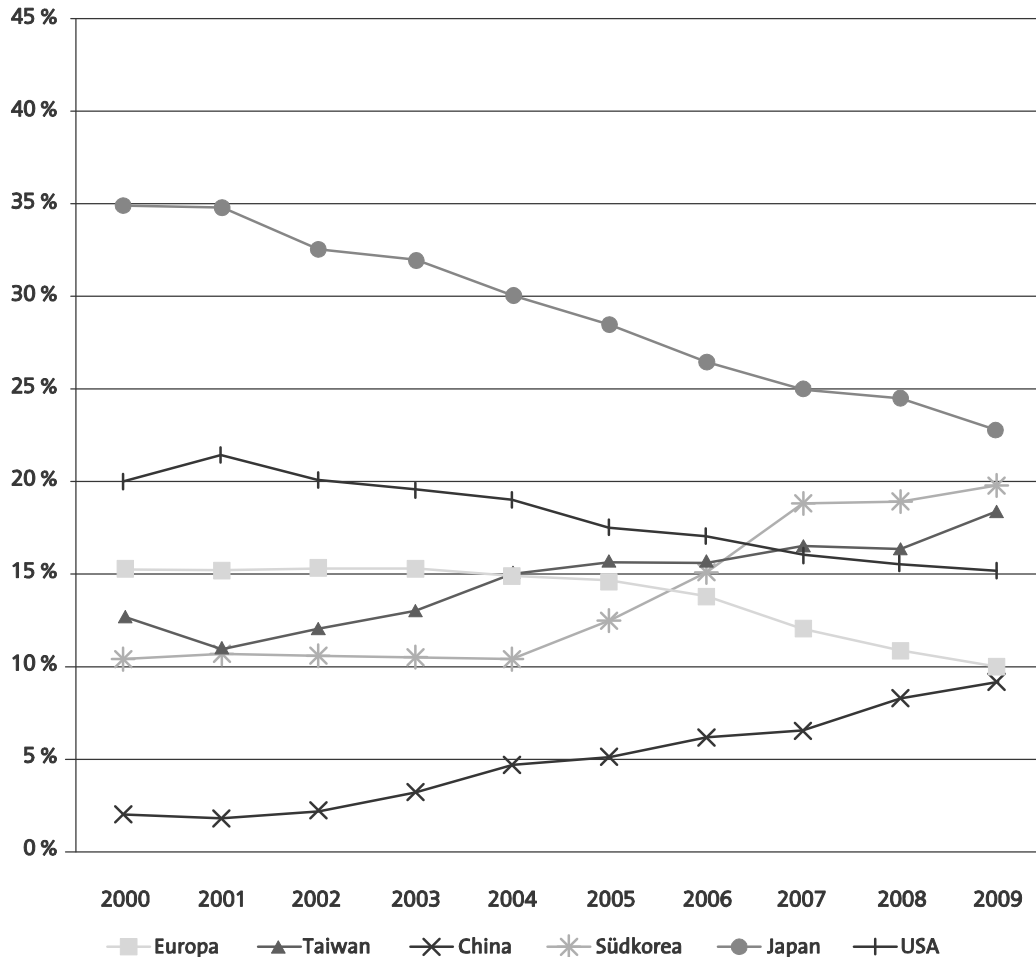
diesem Zeitraum negativ mit einem Rückgang von 15 auf gut 10 Prozent. Dabei ist zu beachten, dass USA, Japan und Europa nur relativ gesehen an Bedeutung verloren haben. Absolut hat auch in diesen Ländern die Produktionskapazität zugenommen (Dewey & LeBoeuf 2009). Vor allem in China, Singapur, Südkorea und Taiwan waren die Steigerungen der Produktionskapazitäten erheblich höher. Diese Länder konnten ihren Anteil an der weltweiten Produktion steigern. Bemerkenswert ist der Aufstieg Chinas ab dem Jahr 2000. Alleine zwischen 2006 und 2008 wurden zehn größere Fabriken eröffnet (SEMI Wafer Fab Watch 2008). Durch diesen Schritt hat China seine Produktionskapazität deutlich gesteigert. Insgesamt hält China im Jahr 2009 knapp 10 Prozent der weltweiten Waferproduktionskapazitäten.

Ein ähnliches internationales Bild wie bei der Chipproduktion zeigt sich im nachgelagerten „packaging“ und Testen der Halbleiter. Hier dominieren Standorte in Asien schon seit längerer Zeit. Asiens Weltmarktanteil ist in diesem Bereich erheblich höher als bei der Chipproduktion (Brown/Linden 2006). Nach Schätzungen von ESIA (2008) befinden sich über 80 Prozent der Beschäftigten in diesem Bereich in Asien und weniger als 2 Prozent in Europa.

Ein anderes Bild zeigt sich im Bereich des Chipdesigns. Nach Saunier (2008) besitzen amerikanische Unternehmen einen Anteil von ca. 34 Prozent am Weltmarkt, verglichen mit 26 Prozent in Japan, 22 Prozent in Südostasien und 18 Prozent in Europa. Direkte Vergleichsdaten

Abbildung 10

Anteile einzelner Standortregionen an den Produktionskapazitäten in der Halbleiterbranche in Prozent (2000 bis 2009)*



Quelle: Dewey & LeBoeuf 2009; SEMI. *Die Werte für 2009 sind Vorabschätzungen von Dewey & LeBoeuf.

liegen nicht vor, die führende Stellung der USA wird in der Literatur aber bestätigt (Brown/Linden 2008; Macher et al. 2007; Dewey & LeBoeuf 2009; Saunier 2008). Europäische Designunternehmen finden sich vorrangig in der Automobil- und Industrieelektronik (www.com petitiveness.com).

Beschäftigung in der Nanoelektronik

Vergleichbare Daten über die Beschäftigung für verschiedene Länder liegen in der amtlichen Statistik ebenfalls nicht vor. Lediglich in den USA wird die Beschäftigtenzahl für den Sektor „semiconductor and related devices“ ausgewiesen und liegt im Jahr 2008 bei ca. 200 000 Beschäftigten (Dewey & LeBoeuf 2009).

Für Europa schätzt der Verband „European Semiconductor Industry Association“ (ESIA) die Beschäftigtenzahl im Jahr 2007 auf ca. 115 000. Die Entwicklung der Be-

schäftigtenzahl der direkten Verbandsmitglieder bleibt zwischen den Jahren 2004 bis 2007 recht konstant bei 85 000.

In der aktuellen Krise wurde eine erhebliche Zahl von Arbeitsplätzen in der Nanoelektronik in den verschiedenen Weltregionen abgebaut. Die OECD (2009b) schätzt den weltweiten Rückgang der Beschäftigung zwischen 2007 und 2009 auf ca. 10 Prozent.

3. Einflussfaktoren für die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit Europas in der Nanoelektronik

Die für die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit fördernden und hemmenden Faktoren sowie Ansatzpunkte für Maßnahmen lassen sich in verschiedene Systembereiche entlang der Wertschöpfung untergliedern (Kap. I.2,

Abb. 2). Für das Nanoelektronikinnovationssystem bietet sich auf Basis der Erkenntnisse aus Literatur und Expertengesprächen eine Unterscheidung in folgende Bereiche an:

- Wissensbasis,
- nationaler und grenzüberschreitender Wissenstransfer und Vernetzung,
- industrielle Akteure und Produktion,
- Nachfrage und Rahmenbedingungen.

Im Folgenden werden für diese Systembereiche die bedeutenden Faktoren (z. B. qualifiziertes Personal) ermittelt, die entsprechende Position Deutschlands und Europas im internationalen Vergleich untersucht sowie deren wichtigste Probleme aus Sicht der befragten Experten und der Literatur skizziert. Dabei wird auch diskutiert, inwiefern diese Systembereiche und Wertschöpfungsstufen geografisch miteinander verknüpft sind. So wird beispielsweise die Bedeutung der räumlichen Nähe zur Produktion für die Zulieferer oder Chipdesignunternehmen erörtert.

3.1 Wissensbasis

3.1.1 Internationale FuE-Aktivitäten

Höhe der FuE-Aufwendungen

Die (technologische) Wissensbasis ist nach Erkenntnissen der Innovationsforschung ein entscheidender Faktor für die Stärke eines Innovationssystems (Malerba 2002). Neue Produkte und Prozesse sind dabei häufig Ergebnis eines intendierten Wissensgewinnungsprozesses, der mit Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten verbunden ist (TAB 2007; Werwatz et al. 2008). Dies gilt besonders für die forschungsintensive Halbleiterbranche: Durch immer kürzere Innovationszyklen stehen die Akteure unter enormem Druck (Oliver Wyman 2008; Saunier 2008). Die technologischen Herausforderungen in der Nanoelektronik (z. B. Miniaturisierung, neue Funktionalitäten) sind häufig mit einer deutlichen Zunahme der notwendigen FuE-Aufwendungen verbunden. Nach Schätzungen von Saunier (2008) liegen die Kosten für die technologischen Entwicklungen zur Produktion eines Chips in 32-nm-Ausführung bei rund 1 Mrd. US-Dollar, während für die 90-nm-Produktionsweise die Kosten noch bei ca. 500 Mio. US-Dollar lagen (Tuomi 2009). Darüber hinaus nehmen die Kosten für das funktionelle Design der Chips deutlich zu (ESIA 2008; Saunier 2008; Anhang, Tabelle 16). Die immer höhere Komplexität der Chips mit Millionen von Transistoren steigert z. B. den Bedarf an automatisierten Arbeitsgeräten und Softwareentwicklungen.

Folglich ist der Halbleiterinnovationsprozess mit hohen FuE-Aufwendungen verbunden. Nach Angaben des European Industrial Scoreboard (JRC 2008) zu den 1 000 forschungsintensivsten Unternehmen in Europa gehört die Halbleiterbranche zu den forschungsintensivsten Industrien, gemessen am Anteil der FuE-Ausgaben am

Umsatz, welcher im Jahr 2007 13,7 Prozent betrug.⁹ Damit ist die Halbleiterbranche nach den Branchen Internet, Software und Biotechnologie die am viertforschungintensivste Branche. Dabei handelt es sich allerdings um forschungsstarke Großunternehmen bei Halbleitern und nicht um den Branchendurchschnitt. Angaben zur durchschnittlichen FuE-Intensität sowie ein Vergleich zu anderen Ländern sind aufgrund der eingeschränkten Datenlage nicht möglich.

Internationalisierung privater FuE-Aktivitäten

Analog lässt sich nur begrenzt klären, inwieweit eine Internationalisierung der FuE-Aktivitäten in der Nanoelektronik stattgefunden hat. Dieser Aspekt wird für die Nanoelektronik und andere Branchen zunehmend, zum Teil kontrovers, diskutiert (OECD 2008b). Gemäß Macher et al. (2007) zeigen sich hier folgende Trends:

- Der Anteil der FuE-Ausgaben der amerikanischen Elektronikunternehmen im Ausland hat im Zeitraum zwischen 1985 und 2001 nicht zugenommen und variiert zwischen 3 und 7 Prozent. Dieser Indikator umfasst auch einige Aktivitäten außerhalb des Halbleiterbereichs und bezieht sich auf einen älteren Zeitraum. Es gibt aber gemäß Macher et al. (2007) keine signifikanten Hinweise auf aktuelle Veränderungen.
- Der Anteil an internationalen Kooperationen bei der Technologieentwicklung hat zwischen 1990 und 1999 nur moderat von etwas über 55 Prozent auf knapp 65 Prozent aller Kooperationen zugenommen.
- Der Anteil der Patentanmeldungen von inländischen Unternehmen liegt in allen Weltregionen über 50 Prozent und ist im Zeitraum 2000 bis 2003 gegenüber 1996 bis 1999 in einigen Regionen (z. B. Europa) sogar gestiegen.

Aus diesen Beobachtungen leiten Macher et al. (2007) ab, dass die Internationalisierung der FuE in der Halbleitertechnologieentwicklung kaum zugenommen hat und nicht den Offshoringaktivitäten in der Produktion gefolgt ist.

Einige andere Beobachter sehen Tendenzen, dass zumindest amerikanische Unternehmen das FuE-intensive Chipdesign ins Ausland verlagern (Brown/Linden 2006, 2008; Dewey & LeBoeuf 2009; Ernst 2005). Beispielsweise beobachten Brown/Linden (2008) zunehmend Chipdesign-Niederlassungen amerikanischer Unternehmen in Indien (Brown/Linden 2008). Auch Umfragen in den USA über die geografische Verteilung der FuE-Investitionen sprechen für eine zunehmende Internationalisierung (Dewey & LeBoeuf 2009).

Relevante Standortfaktoren und Position von Deutschland/Europa

Zur Beurteilung der Standortfaktoren wird häufig zwischen FuE-Aktivitäten für die Verbesserung/Umstellung

⁹ Dabei wurden die Wirtschaftszweige auf eine 4-stellige Ebene der NACE-Wirtschaftszweigklassifikation aggregiert.

von Produktionsprozessen (Prozess-FuE) und FuE im Zusammenhang mit dem Halbleiterdesign (Design-FuE) unterschieden (Dewey & LeBoeuf 2009; Macher et al. 2007). Bei Prozess-FuE sehen die Unternehmen für die Standortentscheidung der FuE-Aktivitäten die Nähe zum Produktionsstandort aufgrund von Wissens-Spill-over-Effekten und Agglomerationsvorteilen als wichtigsten Faktor an (Kap. II.3.3.1). Für Design-FuE ist die Nähe zur Produktionsstätte kein relevanter Standortfaktor. In den vergangenen 20 Jahren hat sich in vielen Halbleitersegmenten der direkte Zusammenhang zwischen Produktdesign und Prozessentwicklung abgeschwächt und es haben sich zunehmend spezialisierte Designunternehmen („Fabless“-Unternehmen) ohne eigene Produktionsstätten entwickelt (Macher et al. 2007; Kap. II.3.3). Hierfür werden u. a. die Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften und der geeignete Schutz von geistigen Eigentumsrechten als entscheidende Standortfaktoren angesehen (Dewey & LeBoeuf 2009).

Diese Standortfaktoren gelten auch in der Nanoelektronik eher als Stärke Europas (ESIA 2005; TAB 2010a). Nach Umfragen von Dewey & LeBoeuf (2009) finden ca. 40 Prozent der aktuellen internationalen FuE-Investitionen amerikanischer Unternehmen in Europa statt; für die nächsten fünf Jahre wird zudem ein erheblicher Zuwachs erwartet. Insgesamt betrachtet liegt Europa allerdings bei den spezialisierten Chipdesignunternehmen deutlich hinter den USA (Kap. II.2; Macher et al. 2007; Saunier 2008).

Die befragten Experten stufen insgesamt den Forschungsstandort Deutschland und zumeist auch Europa in der Nanoelektronik bislang als sehr positiv ein. Dies gilt vor allem im Bereich „More than Moore“. Die breite Systemkompetenz der Fachkräfte (Kap. II.3.1.2) kommt hier besonders zum Tragen. Denn bei der Erweiterung der Halbleiterfunktionalitäten kommt der Systemgestaltung eine besonders wichtige Rolle zu. Die Optimierung einzelner Arbeitsschritte, in denen die USA oder Asien große Stärken besitzen, spielt hier eine geringere Rolle.

Trotz der insgesamt positiven Einschätzungen bestehen bei einigen der befragten Experten Bedenken, ob die starke Wissensbasis in Deutschland und Europa langfristig erhalten werden kann. Dies betrifft zum einen den Bereich „More Moore“. Die führenden asiatischen Länder in der Nanoelektronik und die USA verfügen hier über spezifisch ausgebildete Fachkräfte sowie über die notwendige, sehr kapitalintensive FuE-Infrastruktur. Daneben können Länder mit vielen Produktionsstätten (z. B. Taiwan) Wissens-Spill-over-Effekte für die wichtige Prozess-FuE im Bereich „More Moore“ erzielen (Kap. III.3.3.1). Dies kann auch Auswirkungen auf den Bereich „More than Moore“ haben: Wenn keine Fortschritte und Erfahrungen in der weiteren Miniaturisierung erzielt werden, kann später notwendiges Wissen im „More-than-Moore“-Bereich (z. B. in der Materialentwicklung, Lithografiertechniken, Maskenherstellung) fehlen.

Zum anderen wird eine mangelnde Fokussierung der FuE-Förderung von einigen der befragten Experten kritisiert. Die bisherigen Förderbedingungen begünstigen eine starke Diversifizierung der Forschungsarbeiten. Eine Förderung von Themen in Form von großen Programmen (z. B. zur Energieeffizienz von Halbleiterprodukten) mit kritischer Masse an Akteuren und Fördergeldern findet hingegen kaum statt (SEMI 2008a; TAB 2010a; Experteninterviews). In Kapitel III.1 wird die FuE-Förderung in Deutschland und Europa näher untersucht.

3.1.2 Ausbildung und Verfügbarkeit qualifizierter Arbeitskräfte

Qualifizierte Arbeitskräfte gelten als wichtiger Schlüssel zum Erfolg in forschungs- und wissensintensiven Branchen (TAB 2007). Zur Generierung und Umsetzung von FuE-Erkenntnissen in international wettbewerbsfähige Produktionsprozesse, Produkte und Dienstleistungen müssen ausreichend hochqualifizierte Arbeitskräfte verfügbar sein (u. a. Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker). Dieser große Bedarf an hochqualifizierten Ingenieuren und Wissenschaftlern besteht auch in der Nanoelektronik (Brown/Linden 2008; ESIA 2005). Qualifiziertes Personal gilt dabei als zentraler Standortfaktor für Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten, besonders beim Prozess des Chipdesigns (Brown/Linden 2008; Dewey & LeBoeuf 2009; ESIA 2005; Henisz/Macher 2004). Im internationalen Vergleich sind dabei die Verfügbarkeit, Qualität (Ausbildung und Fähigkeiten) sowie die Kosten der Ingenieure als Standortfaktoren entscheidend (Brown/Linden 2008).

Allerdings fällt ein systematischer, internationaler Vergleich hinsichtlich dieser Kriterien schwer: Die Qualifikationsgruppen von Europa oder den USA sind mit denen der asiatischen Länder kaum vergleichbar, da z. B. die Ingenieure in China und Indien häufig jünger sind, über weniger Erfahrung und häufig schlechtere Ausbildung verfügen. So stellen Brown/Linden (2009) in ihren internationalen Vergleichen über Ingenieure in der Halbleiterbranche zwar deutlich höhere Kosten für die USA und Europa gegenüber den südostasiatischen Ländern fest. Allerdings wird die inländische Ausbildungsqualität und Erfahrung dieser Arbeitskräfte für die südostasiatischen Länder deutlich geringer eingeschätzt.

Insgesamt gelten in der Nanoelektronik die Standortbedingungen hinsichtlich Bildung und Qualifikation in Europa als gut und ausschlaggebend für eine hohe Attraktivität als FuE-Standort (Brown/Linden 2008). Die Stärken Deutschlands und Europas liegen nach Einschätzung der Experten in einem breiten Systemwissen der Fachkräfte, während gerade in asiatischen Ländern die Ausbildung häufig sehr viel spezifischer ist. Ingenieure werden dort beispielsweise zum Teil nur für den Bereich Entwurfsautomatisierung ausgebildet, während dies in Deutschland nur ein Teil des Elektrotechnikstudiums ist.

Allerdings zeigten sich in der konjunkturellen Hochphase in den Jahren 2006 und 2007 deutliche Anzeichen von Engpässen bei den Fachkräften (SEMI 2008a). Eine solche Situation könnte sich bei einer Verbesserung der Konjunktur erneut ergeben, zumal u. a. die zukünftige demografische Entwicklung Engpässe bei qualifizierten Ingenieuren und Wissenschaftlern zur Folge haben dürfte (Leszczensky et al. 2009). Als wichtige Stellhebel für die ausreichende Verfügbarkeit von Fachkräften gelten in der globalen Nanoelektronikindustrie zum einen die Gewinnung von ausländischem Fachpersonal und zugleich die Vermeidung eines Verlustes („brain drain“) inländischer Wissenschaftler (Brown/Linden 2008; SEMI 2008a). In der Halbleiterbranche ist der Anteil ausländischer, insbesondere asiatischer Fachkräfte in den USA, aber auch in Europa besonders hoch und die Tendenz zur Rückkehr dieser talentierten Arbeitskräfte bei guten Standortbedingungen im Heimatland groß (Brown/Linden 2008). Zum anderen wäre der Ausbau der inländischen Ausbildungskapazitäten erforderlich. Hier gibt es bereits auch vonseiten der Industrie gute Beispiele, wie die von Infineon mitgegründete „Dresden Chip Akademie“ (TAB 2010a; Prognos/VDI 2008).

3.2 Wissenstransfer und Vernetzung

Im Folgenden wird vorrangig der Wissenstransfer und die Vernetzung zwischen FuE-Akteuren und der Industrie betrachtet. Der Wissenstransfer und die Vernetzung innerhalb der Wissenschaft (z. B. zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung) funktioniert nach Ansicht der befragten Experten gut und es besteht kein direkter Handlungsbedarf.

3.2.1 Wissens- und Technologietransfer zwischen öffentlicher FuE und industriellen Akteuren

Damit die erworbene technologische Wissensbasis schnell in neue Prozesse, Produkte und Dienstleistungen umgesetzt werden kann, ist ein effizienter Wissens- und Technologietransfer notwendig. Dafür sind u. a. enge Kooperationen und Interaktionen (z. B. Konferenzen, spezifische Netzwerke, Verbundprojekte) zwischen öffentlichen FuE-Einrichtungen und Unternehmen für einen effizienten Wissens- und Technologietransfer wichtig (Malerba 2002). Das Ausmaß und die Effizienz des Wissens- und Technologietransfers hängt dabei nicht nur von exzellenten Forschungsergebnissen und der Transferbereitschaft und -fähigkeit öffentlicher FuE-Einrichtungen ab, sondern auch maßgeblich von der Transferbereitschaft und -fähigkeit der Unternehmen, externes Wissen zu integrieren („Absorptionskapazität“). Wissen aus der öffentlichen Forschung lässt sich nicht „kostenlos“ integrieren, sondern verursacht Firmen erhebliche Kosten durch internen Lernaufwand (Cohen/Levinthal 1989).

Ein Indikator für den Wissenstransfer zwischen Forschung und Industrie sind die zitierten wissenschaftlichen Publikationen in Patenten. Schließlich werden hochqualitative Publikationen häufig in Patenten zitiert und finden

ihren Weg in die technologische Umsetzung. Allerdings spiegelt dieser Indikator längst nicht alle Wege des Wissenstransfers zwischen FuE-Instituten und Unternehmen wider, z. B. können Kooperationen zwischen diesen Akteuren zur direkten Entwicklung erfolgreicher Produkte führen, für die bereits ein Patent existiert, oder es können Patente ohne Zitierung wissenschaftlicher Publikationen eingereicht werden. Daneben werden in Patenten häufig einige Publikationen standardmäßig zitiert, ohne dass ein konkreter Wissenstransfer stattgefunden hat.

Breschi et al. (2006) haben für die Bildung dieses Indikators Patentanmeldungen in fünf verschiedenen Technologiefeldern am Europäischen Patentamt (EPO) sowie am amerikanischen Patentamt (USPTO) miteinander verglichen (Tab. 3). Die untersuchten Technologiefelder sind „Übertragung digitaler Information“, „Sprachanalyse oder -synthese“, „Halbleiter“ und „Lasertechnologie“ und „Biotechnologie“. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass der Wissensfluss von der Wissenschaft in die Technologieumsetzung/-entwicklung zugenommen hat (Breschi et al. 2006). Allerdings liegt Europa fast durchgängig deutlich hinter den USA, besonders im Bereich der Halbleiter. Nur 20 Prozent der in EPO-Patenten zitierten Publikationen stammen aus den 25 Mitgliedstaaten der EU, in den anderen Bereichen liegt Europas Anteil etwas höher. Der Anteil der EU-25 bei den in Patenten viel zitierten Publikationen¹⁰ liegt mit ca. 10 Prozent jedoch noch deutlich niedriger. Noch ausgeprägter zeigt sich die amerikanische Dominanz bei den in US-Patenten zitierten Publikationen. Europäische Akteure haben bei allen zitierten Patenten lediglich einen Anteil von knapp 13 Prozent, bei viel zitierten Publikationen sogar nur knapp 10 Prozent.

Eine mögliche Erklärung für diese Ergebnisse liegt in dem deutlich höheren Anteil an Publikationen von Privatunternehmen in den USA und Japan, deren Forschung und Entwicklung näher auf den konkreten Anwendungsfall zugeschnitten sind und deshalb häufiger Eingang in Patentzitiierungen finden (Europäische Kommission 2008). Gerade in der Halbleiterbranche hat die angewandte Forschung eine sehr hohe Bedeutung für Patentierungen (Lim 2004). Die geringe Einbindung privater Unternehmen in Europa bei der Generierung patentrelevanter Publikationen weist daher auf ein Hemmnis hin.

Die Expertengespräche bestätigen Hinweise auf Probleme beim Wissenstransfer in Deutschland und Europa nur teilweise; die Einschätzungen sind sehr gemischt. Einigen Experten zufolge sind die Kooperationsstrukturen zwischen Unternehmen und der Wissenschaft in Europa sehr gut etabliert. Gerade Deutschland weist nach ihrer Ansicht hier Vorteile im innereuropäischen Vergleich auf, u. a. durch die hohe Anwendungsorientierung einiger FuE-Akteure (z. B. Fraunhofer-Institute) und eine große Zahl von Verbundprojekten zwischen öffentlichen FuE- und industriellen Akteuren.

¹⁰ Als viel zitiert gelten Publikationen, die von mindestens vier Patenten innerhalb von fünf Jahren zitiert wurden (Breschi et al. 2006).

Tabelle 3

Anteil von zitierten Publikationen bei EPO- und USPTO-Patenten in Prozent (1990 bis 2003)

Technologiebereiche	Übertragung digitaler Information	Sprachanalyse oder -synthese	Halbleiter	Laser	Biotechnologie
<i>alle zitierten Publikationen bei Patenten (EPO)</i>					
EU-25	26,9	32,1	19,6	23,9	29,8
Japan	12,4	11,1	24,7	21,3	6,3
sonstige Länder	14,7	17,1	9,6	9,4	10,9
USA	45,9	39,7	46,1	45,5	53,4
<i>vielzitierte Publikationen bei Patenten (EPO)</i>					
EU-25	28,3	55,7	10,1	11,4	24,9
Japan	10,2	7,7	36,6	22,1	2,7
sonstige Länder	9,4	10,3	3,8	5,2	8,8
USA	52,1	26,4	49,6	61,3	63,6
<i>alle zitierten Publikationen bei Patenten (USPTO)</i>					
EU-25	15,8	19,9	12,7	20,7	22,3
Japan	8,1	7,2	18,0	18,0	4,8
sonstige Länder	16,0	11,7	8,6	7,6	8,8
USA	60,1	61,2	60,7	53,6	64,2
<i>vielzitierte Publikationen bei Patenten (USPTO)</i>					
EU-25	11,0	18,7	9,7	14,7	19,7
Japan	2,9	3,3	19,2	22,9	3,6
sonstige Länder	9,1	9,8	6,6	6,7	7,8
USA	76,9	68,3	64,5	55,7	68,9

Quelle: Breschi et al. 2006

Anderen Einschätzungen zufolge besteht ein erheblicher Verbesserungsbedarf bei der Interaktion und Kommunikation zwischen öffentlicher Forschung und Industrie (u. a. Experteninterviews; Saunier 2008). Gemäß TAB (2010a) erfolgt kein ausreichender Abgleich zwischen der Angebots- und Nachfrageseite, d. h. der FuE-Institute und der Industrie. Dabei wird bei Universitäten eine starke Konzentration auf die reine Technologieentwicklung und eine zu geringe Orientierung an den Bedürfnissen der Industrie beobachtet. Die industriellen Akteure in der Nanoelektronik hegen wiederum häufig die Erwartung, sich mit einer Finanzierung von FuE an öffentlichen Einrichtungen direkt fertige Forschungsergebnisse erkaufen zu können (Experteninterviews). Eine gemeinsame enge Zusammenarbeit über die gesamte Projektlaufzeit, z. B. inklusive eines Personalaustauschs, findet meist nicht statt. Einige der befragten Experten schätzen deshalb die sehr enge Zusammenarbeit zwischen Universitäten und Industrie in den USA (Kap. III.2.5) als tendenziell vorteilhafter ein. Sie geben aber auch zu bedenken, dass die Universi-

täten dadurch in eine hohe finanzielle Abhängigkeit von der Industrie geraten und daher die Grundlagenforschung vernachlässigen könnten.

3.2.2 Clusteraktivitäten und Netzwerke

Clusterbildung in der Nanoelektronik

Räumliche Konzentrationen von Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Unternehmen einer Branche oder verwandter Branchen und Intermediären (z. B. Finanzintermediäre), die in der Regel durch eine (vertikale) Wertschöpfungskette verbunden sind, werden als „Cluster“ bezeichnet. In vielen Branchen zeigen sich räumliche Konzentrationen der genannten Akteure (TAB 2007), in der Nanoelektronik ist dieses Phänomen aber besonders signifikant (Robinson et al. 2007; VDI 2006). Das „Silicon Valley“ ist das berühmteste Beispiel, doch auch in anderen Regionen der Welt haben sich vergleichbare Cluster herausgebildet. Insgesamt besitzen nur sehr

wenige Regionen eine kritische Masse an Akteuren und Aktivitäten. Mögliche Erklärungen für diese regionale Clusterbildung in der Nanoelektronik basieren auf den Vorteilen räumlicher Nähe, z. B. beim Finden geeigneter Kooperationspartner, der Nähe zu Konkurrenten („spürbarer Wettbewerbsdruck“) und Kunden, der Vermittlung des in der Nanoelektronik zentralen „tacit knowledge“, dem gemeinsamen Bedarf an Vorleistungen, Zugang zu spezialisiertem Human- und Finanzkapital oder gemeinsamer Infrastruktur (Macher et al. 2007; Storper 1997).

Allerdings wird diese hohe Bedeutung von räumlicher Nähe und Clusterbildung in der Nanoelektronik von einigen Beobachtern auch angezweifelt, vor allem bezüglich Cluster rund um Produktionsstätten (Arita/McCann 2006; Leachman/Leachman 2004). Sie sehen andere Faktoren für die geografische Verteilung der Halbleiterindustrie als wichtiger an (z. B. technologisches Know-how) und verweisen auf die zunehmende geografische Trennung der einzelnen Wertschöpfungsstufen (z. B. zwischen Chipdesign und Waferproduktion).

Diese beiden unterschiedlichen Ansichten über die Bedeutung räumlicher Nähe gegenüber anderen Standortfaktoren spiegeln sich in verschiedenen Ansichten in der Frage wider, wie bedeutend regional/national angesiedelte Produktionsstätten für die Entwicklung der Nanoelektronikindustrie in einer Region/Nation sind. In anderen Worten, wie eng sind die verschiedenen Systembereiche des Innovationssystems (bzw. die verschiedenen Wertschöpfungsstufen) in der Nanoelektronik räumlich miteinander verknüpft? Im Folgenden werden die beiden Argumentationslinien näher dargestellt.

Einige Experten betonen die großen Vorteile von räumlicher Nähe zwischen FuE, Zulieferern und den Produktionsstätten in der Nanoelektronik (Dewey & LeBoeuf 2009; SEMI 2008a; Saunier 2008; Experteninterviews). So seien z. B. für einen effizienten Wissens- und Technologietransfer die Kopplung zwischen der Grundlagen- und Anwendungsforschung einerseits und die räumliche Nähe zwischen FuE und Produktion andererseits dringend erforderlich. Denn die Produktentwicklung und Forschung benötigt eine Erprobung im Produktionsprozess. Auch für Equipmenthersteller ist es von Vorteil, nahen Zutritt zu den Reinräumen in den Produktionsstätten zu haben, um passfähige Lösungen zu entwickeln. Wenn sich die Produktionsstätten in Drittländer außerhalb Europas verlagern, werden dortige FuE-Unternehmen oder -Niederlassungen im Laufe der Zeit die Vorteile einer geografischen Nähe von FuE und Produktion (z. B. durch Rückkopplung des Wissens aus der Produktion in die FuE-Prozesse) immer mehr nutzen können.

Dies kann dazu führen, dass die dort ansässigen Unternehmen besonders stark wachsen oder der Produktionsverlagerung eine immer stärkere Verlagerung der FuE-Unternehmen von Europa in Drittländer folgt. Als Folge befürchten die befragten Experten nur noch geringe wirtschaftliche Potenziale in einzelnen Nischenmärkten bzw. Wertschöpfungsstufen (z. B. Chipdesign) in Europa mit entsprechend geringen Beschäftigungseffekten. Diese würden nur einige sehr hochqualifizierte Arbeitskräfte beinhalten (z. B. Fachkräfte in der Leistungselektronik).

Dagegen fallen vor allem Low-End-Zulieferunternehmen und Dienstleistungsunternehmen für Wartungsarbeiten weg. Zudem werden sich künftig auch weniger Studierende für Berufsbilder mit Nanoelektronikbezug entscheiden, wenn die Jobperspektiven in der Region, Deutschland oder Europa unklar sind. Dies würde dauerhaft die Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal gefährden.

Neben vorgelagerten Industrien können auch Anwenderindustrien wie der Fall Großbritannien zeigt zunehmend ihre Fähigkeiten zur (Weiter-)Entwicklung von Endprodukten verlieren, wenn Produktionsstätten ins Ausland verlagert werden. Falls die Produktion dennoch ins Ausland verlagert wird, ist es laut Expertenmeinungen wichtig, dass die Hersteller weiterhin in Konsortien und Netzwerken mitarbeiten, um so das existierende Know-how aufrechtzuerhalten, um auch künftig Produkt- und/oder Prozessinnovationen generieren zu können. Ein Beispiel ist die Teilnahme von Infineon im Kooperationsnetzwerk East Fish Kill zur Erhaltung des Know-hows in der Produktion, obwohl das Unternehmen selbst keine eigenen Produktionsstätten mehr aufbaut.

Andere Experten wiederum betonen, dass ein Verlust an deutschen bzw. europäischen Produktionsstätten, ähnlich wie in den USA, auch für Europa nicht zwangsläufig negative Konsequenzen nach sich ziehen muss. Die deutschen Zulieferunternehmen seien hinsichtlich der regionalen Ausrichtung sowie der Produktpalette und Geschäftsfelder gut diversifiziert aufgestellt (u. a. breit aufgestellte „Foundries“ mit Highendprodukten und kundenspezifischen Lösungen) und könnten daher einen Verlust an deutschen oder europäischen Produktionsstätten gut verkraften. Die Nähe zum Markt (u. a. zu den Anwenderindustrien) müsse allerdings durch Präsenz vor Ort in den jeweiligen Ländern sichergestellt werden. Wichtig sei daneben der Erhalt der Applikationen und der Systemkompetenz in Deutschland bzw. Europa. So verfügen laut Experten z. B. die Elektronikanwender in den Bereichen Auto, Leistungselektronik und Energieeffizienz über Systemkompetenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Die nachgelagerten Anwenderunternehmen seien nicht erheblich geschwächt, da diese in der Regel bereits global in anderen Regionen (insb. Asien, USA) tätig sind und damit weiterhin einen guten Zugang zu nanoelektronischen Vorleistungsgütern und entsprechendem neuem technologischen Wissen haben. Darüber hinaus seien die Margen nicht in der Produktion zu erzielen, sondern wichtig sei die FuE in Deutschland und Europa sowie die Entwicklung innovativer Produkte und Dienstleistungen, weil dort hohe Wertschöpfungspotenziale vorhanden seien, wie das Beispiel iPhone zeige.

Zusammenfassend können sich beide Argumentationslinien zur Bedeutung der räumlichen Nähe auf verschiedene Gründe und Beobachtungen stützen. Auch die Beobachtungen der befragten Experten zu den bisherigen Folgen der Insolvenz von Qimonda Anfang des Jahres 2009 führen zu keinem eindeutigen Ergebnis zugunsten einer Meinungslinie: Durch den Wegfall von Produktionsstätten wie auch FuE-Aufträgen ist zwar ein wichtiger Absatzmarkt für viele einheimische Unternehmen weggebrochen. Aufgrund der fortgeschrittenen Internationalisierung vieler dieser Unternehmen und der Exis-

tenz weiterer Großunternehmen in der Region Dresden (Infineon, Globalfoundries) waren kaum Insolvenzen oder Entlassungen vieler Arbeitskräfte bei den Zulieferern die Folge.¹¹

Führende Nanoelektronikcluster in Europa

Aktuell zeigt sich eine deutliche räumliche Konzentration in der Nanoelektronik in Form von regionalen Clustern. Im Folgenden werden die existierenden Cluster in Europa sowie deren Herausforderungen und Probleme im internationalen Wettbewerb beschrieben.

Derzeit bestehen in Europa drei zentrale Cluster, die in starkem Wettbewerb mit den Regionen USA und Japan sowie zunehmend asiatischen Regionen (u. a. Taiwan, Südkorea, China und Singapur) stehen. Die Region Dresden bzw. das Cluster „Silicon Saxony“ gilt heute als stärkster europäischer Standort für die Halbleitertechnologie (TAB 2010a).¹² Jeder zweite in Europa produzierte Chip kam bislang aus Dresden. Die Firmen sind auf allen Stufen der Wertschöpfungskette aktiv. Etwa 200 Unternehmen entwickeln, fertigen und vermarkten integrierte Schaltkreise oder dienen der Chipindustrie als Material- und Equipmentlieferanten. Diese sind nicht nur in der Halbleiterindustrie, sondern auch in der Optoelektronik, der Materialforschung und der Laserherstellung aktiv, wodurch sich die technologische Struktur des Standorts zunehmend stärker auffächert. Zusammen beschäftigen diese Unternehmen rund 20 000 Menschen. Rechnet man auch die nachgelagerte Elektronikindustrie und Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) hinzu, so

¹¹ Bezüglich des Verbleibs der freigesetzten Arbeitskräfte von Qimonda berichten die befragten Experten von einer weitgehenden Übernahme dieser Fachkräfte durch Unternehmen der einheimischen Solarindustrie.

¹² Ein weiteres Zentrum der Nanoelektronik bildet der Raum München und Oberbayern, wo die deutschen Zentralen von großen Halbleiterherstellern, wie z. B. Freescale oder INTEL, ansässig sind. Darüber hinaus haben sich bedeutende Equipmenthersteller, wie z. B. SUSS Microtec, in der Region entwickelt. Der Münchner Standort zeichnet sich neben der Anwesenheit großer Industrieunternehmen durch eine breit aufgestellte Forschungsinfrastruktur aus und ist insgesamt stärker auf FuE ausgerichtet.

hängen rund 1 500 Unternehmen mit mehr als 43 000 Beschäftigten mit dem Halbleiterstandort Dresden indirekt zusammen (Silicon Saxony 2008).

Eine Auswertung des Unternehmensdatensatzes für die im „Silicon Saxony“ ansässigen Nanoelektronikfirmen ergibt ein genaueres Bild.¹³ Demnach können 69 Firmen im „Silicon Saxony“ der Nanoelektronik zugeschrieben werden, die auf verschiedenen Wertschöpfungsstufen tätig sind. Dabei ist zu erkennen, dass sich in „Silicon Saxony“ eine Halbleiterinfrastruktur gebildet hat, die sämtliche Bedürfnisse dieser Industrie vor Ort abdecken kann (Tab. 4.). Die Bandbreite erstreckt sich von Reinraumtechnikern über Waferhersteller bis hin zu Firmen, die sich auf das Testen von Chips spezialisiert haben. Auf der anderen Seite ist die Spezialisierung der großen Firmen Anfang 2009 noch nicht weit fortgeschritten. So gibt es z. B. geringe Kapazitäten von reinen Produktionsherstellern („Foundries“) im „Silicon Saxony“. Dies änderte sich zum Teil durch die Abspaltung von Globalfoundries von AMD Anfang des Jahres 2009. Dieses reine „Foundry“-Unternehmen besitzt eine 300-mm-Waferproduktionsanlage in Dresden.

Bezogen auf die Umsätze haben die Hersteller ein höheres Gewicht als die Zulieferer, da sie im Durchschnitt größer sind. Die drei großen Halbleiterhersteller waren zum Auswertungszeitpunkt (April 2009) das mittlerweile insolvente Unternehmen Qimonda sowie Infineon und Globalfoundries. Firmen, die sich auf „packaging“ oder Testen spezialisiert haben, spielen gemessen am Umsatz eine untergeordnete Rolle. Insgesamt sind viele Firmen in diesem Cluster der Kategorie KMU zuzuordnen (Umsatz bis 50 Mio. Euro). Nur 11 Firmen erwirtschaften Umsätze von mehr als 50 Mio. Euro.

¹³ www.silicon-saxony.de/de/Service/links/Firmensuche_Mikro/142743.html, Filter: „Mikroelektronik“. Nicht berücksichtigt wurden staatliche Forschungsinstitute, Universitäten, Stiftungen sowie Unternehmen, die nicht direkt mit Nanoelektronik zu tun haben oder erst in einer nachgelagerten Wertschöpfungsstufe Komponenten aus der Nanoelektronik verwenden, wie z. B. Elektroniksystemanbieter.

Tabelle 4

Anzahl der im „Silicon Saxony“ ansässigen Nanoelektronikfirmen nach Wertschöpfungsstufe

Typ Wertschöpfungsstufe	Anzahl in Kategorie
Halbleiterherstellung alles (IDM)	6
Halbleiterherstellung Entwicklung	5
Halbleiterherstellung Produktion	3
Halbleiterherstellung Testen	2
Halbleiterherstellung „packaging“	2
Zulieferung Equipment	35
Zulieferung Material	6
Forschung und Bildung	10
Summe	69

Quelle: eigene Auswertung im April 2009

Neben den großen Chipherstellern spielen im „Silicon Saxony“, analog zu den meisten anderen Clustern, vor allem die Forschungsinstitute eine wichtige Rolle. So gibt es alleine zehn Fraunhofer-Institute, fünf Max-Planck-Institute, drei Leibniz-Institute und sechs Technische Universitäten und Fachhochschulen.

Die regionalen Netzwerk- und Clusteraktivitäten für den Raum Dresden werden als gut etabliert eingeschätzt (Experteninterviews; TAB 2010a). Die industrielle Forschung ist eng mit den bestehenden Einrichtungen der Universität und den zahlreichen außeruniversitären Instituten (z. B. Max-Planck-Institute, Fraunhofer-Institute) verknüpft. Allerdings ist der Standort Dresden vergleichsweise stark auf produktionsnahe Forschung (Prozess-FuE) und die Produktion selbst konzentriert. Problematisch wird das Fehlen der großen Anwenderindustrien, wie z. B. Automobilbau oder Medizintechnik, am Standort betrachtet. Darüber hinaus fehlen einige strategisch bedeutsame Forschungszweige an der Technischen Universität Dresden, die internationale Spitzenkräfte anlocken könnten (task force Mikroelektronik 2009). Da der Verlust von Qimonda eine zusätzliche Lücke hinterlässt, wird nun nach alternativen Entwicklungsmöglichkeiten gesucht. Auf Landesebene wurde deshalb u. a. eine „task force Mikroelektronik“ und im Anschluss ein Beratungsgremium zur Nanoelektronik eingesetzt (task force Mikroelektronik 2009; Kap. III.1.2).

Europaweit sind neben Dresden mit Grenoble und Leuven/Nijmegen/Eindhoven 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 sowie 13 Universitäten und Forschungszentren im Bereich der Halbleiter- und Informationstechnologien. Hier sind 20 000 Menschen direkt im Mikroelektroniksektor beschäftigt, außerdem gibt es 2 500 Arbeitsplätze in der Forschung (ESIA 2008). Die Hauptaktivitäten liegen in den Bereichen Mikro- und Nanoelektronik sowie eingebetteten SoC-Systemen. Das Forschungszentrum LETI und das Exzellenzzentrum „Pol für Mikro- und Nanotechnologien“ MINATEC sind von zentraler Bedeutung. Aus MINATEC sind bislang über 30 Start-up-Unternehmen hervorgegangen. STMicroelectronics, ein großer Schweizer Halbleiterhersteller, hat hier eine Niederlassung. Außerdem ist auch das Halbleitermaterialunternehmen SOITEC vertreten.

Die Region Leuven/Nijmegen/Eindhoven stellt das dritte große Cluster in Europa dar, welches sich im Jahr 2006 als „Pôle de compétitivité“ mit dem Fokus auf Nanoelektronik und eingebettete Systeme ausgerichtet hat. Hier wurden 4 500 direkte Arbeitsplätze geschaffen. Rechnet man die Zulieferer mit ein, sind es sogar mehr als 10 000 (ESIA 2008). Halbleiterequipmentunternehmen wie ASML, der weltweit größte Anbieter von Lithographiesystemen, oder Advanced Semiconductor Materials International (ASM International) und der niederländische Halbleiterhersteller NXP sind zentrale industrielle Akteure. In Leuven, Belgien, ist das weltweit hoch angesehene IMEC ansässig, welches sich auf Forschung und Entwicklung in der Mikro- und Nanoelektronik konzentriert. Weiterhin sind die niederländische Forschungsorganisation TNO sowie viele kleine und mittlere Unternehmen in diesem Cluster aktiv.

Um im globalen Wettbewerb bestehen zu können, wird häufig eine Intensivierung der Zusammenarbeit dieser bestehenden Cluster in Europa gefordert (SEMI 2008a; TAB 2010a). Nur so könne in einigen Bereichen eine kritische Masse an Akteuren entstehen, die im gemeinsamen Wissensaustausch die vielseitigen technologischen Herausforderungen bewältigen können. Zudem sind geeignete Kooperationspartner nicht immer direkt in den jeweiligen einzelnen Clustern vorhanden (CATRENE White Book 2007).

Allerdings erweist sich die Vernetzung dieser europäischen Cluster nach Aussagen der Befragten als schwierig. Zwar wurden bereits in der Vergangenheit Kooperationsvereinbarungen getroffen (z. B. zwischen Fraunhofer-Instituten, LETI und IMEC) und einige gemeinsame Projekte durchgeführt. Eine dauerhafte, enge Zusammenarbeit zeigt sich nach Aussage der Experten aber nicht. Folgende Gründe werden als Ursache dafür gesehen (TAB 2010a; Experteninterviews):

- Die Konkurrenz zwischen den wenigen Großunternehmen (u. a. STMicroelectronics, Infineon) in den verschiedenen europäischen Clustern dominieren die Interessen. Die Unternehmen sind teilweise in ähnlichen Marktsegmenten tätig und verfügen über ähnliche Kernkompetenzen bzw. ähnliches Know-how. Eine Zusammenarbeit birgt das Risiko, strategisches Wissen zu verlieren.
- Die konkurrierenden regionalen/nationalen Interessen bzgl. des jeweiligen Aufbaus der eigenen Nanoelektronikindustrie erschweren die gemeinsame Zusammenarbeit und die Entwicklung abgestimmter europäischer Förderprogramme zur Unterstützung der Kooperationsforschung (Kap. III.1.1).
- Wichtige Clustervorteile (Verständigungsmöglichkeit, soziale und räumliche Nähe) bestehen zwischen den Clustern weniger als innerhalb der Regionen.

Diese Aspekte könnten sogar grundsätzlich gegen eine stärkere Vernetzung der Cluster sprechen. Beispielsweise kann sich ein enger regionaler Wettbewerb zwischen den Clustern auch positiv auf die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit auswirken (u. a. Porter 1990). Allerdings schätzen die meisten befragten Experten die möglichen Vorteile für die europäische Nanoelektronik als großer und Bemühungen zur Unterstützung von Kooperationen zwischen den europäischen Clustern (z. B. durch Verbundprogramme) als wünschenswert ein.

3.3 Industrielle Akteure und Produktion

3.3.1 Umsetzung von neuem Wissen in Prozesse und Produkte

Der Innovationsprozess erreicht sein Ziel erst, wenn Unternehmen die neuen Produkte, Prozesse, Dienstleistungen und Organisationslösungen auf den Markt bringen oder in den Produktionsprozess einführen. Neben der Fähigkeit der Unternehmen, internes Wissen aufzubauen und externes Wissen zu integrieren („Absorptionskapazität“) sind in der Nanoelektronik spezifische Standortfaktoren für den Aufbau neuer Produktionslinien und die

geografische Ansiedlung der Produktionsstätten von erheblicher Bedeutung (Leachman/Leachman 2004).

Wie bereits in Kapitel II.2.2 dargestellt, haben sich die weltweiten Produktionskapazitäten in hohem Maß Richtung Asien verlagert. Dieser Trend wird sich vermutlich auch zumindest in der nahen Zukunft fortsetzen. Während in Asien im Jahr 2007 über 70 Fabriken in Planung waren, waren es in den USA gerade mal vier und in Europa sechs, wovon zwei auf Deutschland entfielen (World Fab Report 2008). Auch wenn aufgrund starker Einbrüche bei den tatsächlichen Investitionen in Produktionsstätten im Jahr 2009 die absoluten Unterschiede geringer ausfallen dürften (WSTS 2009), ist dieser Trend beachtlich. Dies lässt sich weniger auf eine größere Investitionsbereitschaft ostasiatischer Akteure, sondern besonders auf große Offshoreaktivitäten westlicher Akteure zurückführen. Nach Angaben des ZVEI (2008) planen nur etwa ein Drittel der amerikanischen und europäischen Firmen die Erweiterung ihrer Produktion in den jeweiligen Heimatregionen. Die restlichen Kapazitäten werden nahezu ausschließlich in Asien erstellt, und hier insbesondere in Singapur, Taiwan und zunehmend in China. Im Gegensatz dazu sind weder die Japaner noch die anderen asiatischen Länder bereit, einen nennenswerten Anteil außerhalb ihrer jeweiligen Heimatländer zu investieren.

Bei der Analyse der Verschiebung der Produktionsstätten sind die durch den technologischen Fortschritt entstandenen veränderten Produktionsbedingungen und -kosten von hoher Bedeutung. Der Produktlebenszyklus einzelner Halbleiterprodukte ist in der Regel sehr kurz. Heute fertigen 200-mm-Waferfabrikenstrukturen in dem sogenannten 90-nm-Technologiestandard und 300-mm-Waferfabriken in bis zu 65 nm, 45 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 geometrische Verschnitt kleiner wird (Flächenfaktor), können die integrierten Schaltkreise kostengünstiger produziert werden. Allerdings ist die Umstellung auf eine neue Wafergeneration dabei mit immensen Kosten verbunden (Grundig et al. 2008). Jede neue Generation von Wafern macht frühere Generationen und deren Produktionsstätten obsolet. So müssen u. a. Verfahren und Ausrüstung neu entworfen und im Rahmen der nächsten Generation von Fertigungslinien integriert werden.

Mit jeder Fabrikgeneration und größeren Wafern steigen die Investitionskosten (Abb. 11). Betragen die Kosten für eine Chipfabrik im Jahr 1970 noch ca. 6 Mio. US-Dollar, so werden sie im Jahr 2008 auf über 3 Mrd. Euro beziffert (Economist 2009; ESIA 2008; Anhang, Tab. 16). Dies entspricht einer mittleren jährlichen Steigerungsrate von über 15 Prozent (nominal). Diese Entwicklung hat weitreichende Konsequenzen für die gesamte Industrie, da immer weniger Firmen überhaupt noch in der Lage sind, die Kosten für eine neue Fabrik alleine zu stemmen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass auch Konsolidierung statt technische Notwendigkeit ein Grund dafür sein könnte, dass immer größere Fabriken gebaut werden. 1960 entsprachen die Kosten einer Fabrik 0,125 Prozent des Branchenumsatzes, während sie im Jahr 2000 schon

1,28 Prozent des Branchenumsatzes betragen.¹⁴ Das Erreichen von Skaleneffekten durch die deutlich höheren Stückzahlen in größeren Fabriken führt zu einem deutlichen Rückgang der normierten Kapitalkosten. Durch die höhere Produktivität sinken deshalb die Kosten pro Chip (Abb. 11).

Durch die häufig notwendigen Reinvestitionen stehen auch die Standorte in kurzen Zeitabständen auf dem Prüfstand. Dabei ist aber zu beachten, dass insbesondere die genannten Faktoren für die Clusterbildung (Entwicklung von Vertrauen, komplementäre Infrastruktur etc.) zu einer gewissen Dauerhaftigkeit getroffener Standortentscheidungen führen. Die hohen Kapitalkosten haben trotz eines Anteils von ca. 50 Prozent an den Gesamtkosten eine begrenzte Bedeutung für die Standortentscheidung, da die internationalen Unterschiede bei diesen Kosten als eher gering eingeschätzt werden (Dewey & LeBoeuf 2009). Die Materialkosten sind ebenfalls ähnlich, und auch den Lohnkosten wird aufgrund der hohen Kapitalintensität eine vergleichsweise geringere Bedeutung zugesprochen (Experteninterviews). Die günstigeren Lohnkosten in ostasiatischen Ländern fallen aufgrund eines geringen Anteils an den Gesamtkosten verhältnismäßig wenig ins Gewicht.¹⁵ Folglich spricht keine der Kostenarten für große grundsätzliche Kostenunterschiede im internationalen Vergleich.

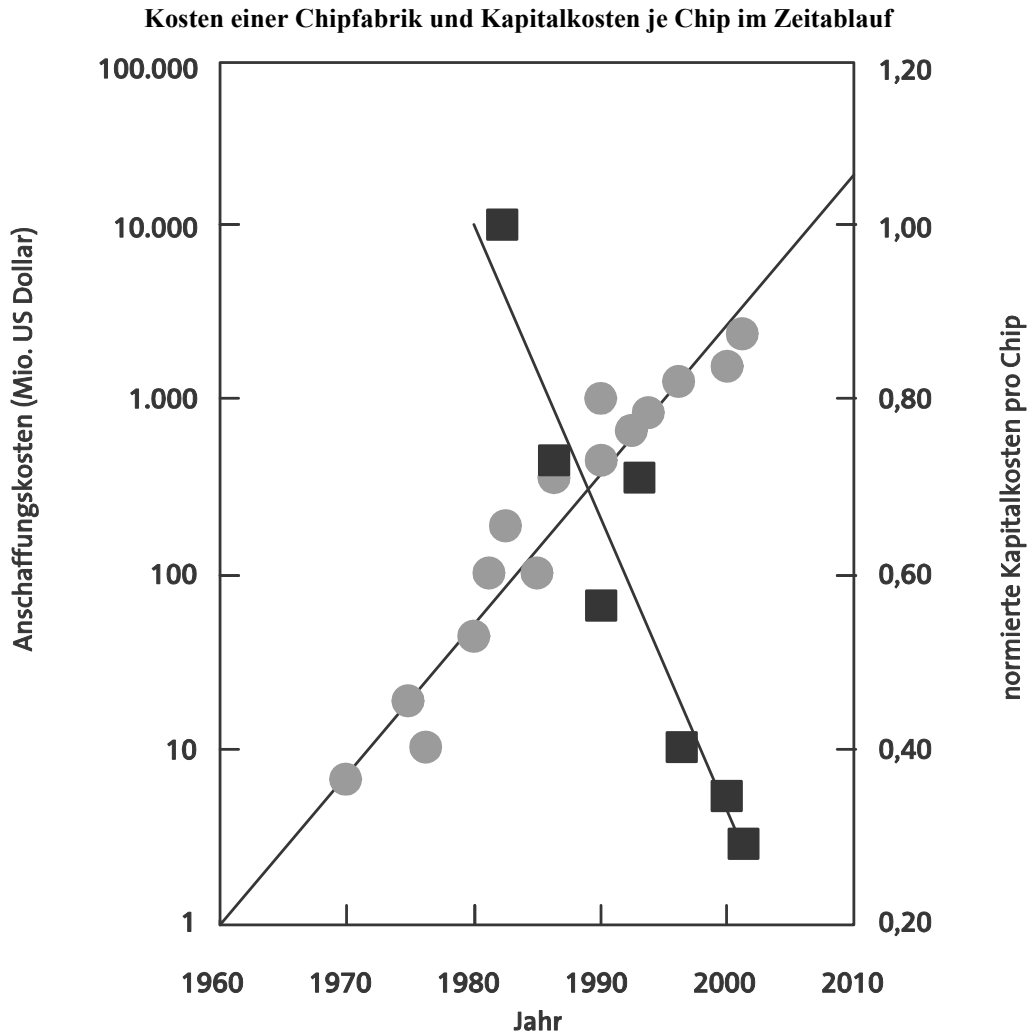
Neben Kostenvorteilen müssen geeignete Standorte aber auch einige weitere Bedingungen erfüllen. Leachman und Leachman (2004) identifizieren in einer Umfrage neben Steuererleichterungen, die Qualität des Wasserangebots und Zuverlässigkeit von Versorgungseinrichtungen, die Nähe zu existierenden Produktionsstätten sowie Umweltauflagen und andere Regulierungen als sehr wichtige Standortfaktoren für Produktionsstätten.

Die befragten Experten bestätigen die Bedeutung dieser Standortfaktoren für die Nanoelektronik. Sie sind sich dabei einig, dass dadurch viele mögliche Standorte für Produktionsstätten nicht infrage kommen. Die führenden Produktionsstandorte in der Nanoelektronik (u. a. in Taiwan, Dresden in Deutschland oder Albany in den USA) unterscheiden sich aber in vielen dieser Faktoren kaum. Deshalb wird in der Literatur (z. B. Dewey & LeBoeuf 2009; Leachman/Leachman 2004) und von fast allen Experten staatlichen Anreizen durch Steuervorteile oder Zuschüsse eine sehr hohe Bedeutung für die internationale Entscheidung zugesprochen. Beispielsweise können nach Schätzungen von Doering (2006) bei einer Chipfabrik in Asien im Vergleich zu den USA im Laufe der Betriebslebensdauer ca. 600 Mio. bis 1 Mrd. US-Dollar durch Steuervorteile, staatliche Zuschüsse und zum Teil durch niedrigere Lohnkosten eingespart werden. Die befragten Experten nennen ähnliche Größenordnungen. Wie in Kapitel III und IV. 3.1. ausführlicher erörtert wird, sind die staatlichen Investitionsbeihilfen (Zuschüsse, Steuervorteile etc.) in Europa sowohl im Vergleich zu Asien als auch zu den USA deutlich geringer.

¹⁴ www.icknowledge.com/economics/fab_costs.html.

¹⁵ Einschränkung bemerken einige wenige Experten, dass nach kompletter Abschreibung der Produktionsanlage (ca. fünf Jahre nach Inbetriebnahme), die deutlich vor dem Ende der Gesamtbetriebslaufzeit erfolgt (ca. 20 Jahre), sich die Bedeutung von Lohn- und Materialausgaben für die laufenden Betriebskosten erhöht.

Abbildung 11



Quelle: www.icknowledge.com/economics/fab_costs.html

3.3.2 Industriestruktur und Geschäftsmodelle

Markttrends und technologische Entwicklungen können einen erheblichen Druck auf die Veränderungen von Industriestrukturen ausüben. Wenn die inländischen Akteure nicht flexibel genug sind und ihre Organisation und Vernetzung passfähig an die veränderten Rahmenbedingungen ausrichten, werden sie langfristig Wettbewerbsnachteile haben. Tatsächlich zeigen sich in der Halbleiterindustrie erhebliche Veränderungen bei den Geschäftsmodellen

und deren Standorten. Dabei wird zwischen folgenden aktuell weitverbreiteten Geschäftsmodellen der Halbleiterfirmen unterschieden (Tab. 5).

Das klassische Geschäftsmodell stellen „Integrated Device Manufacturers“ (IDMs) dar, welche als Vollhersteller die gesamte Palette von Produktdesign, Entwicklung der Fertigungstechnologie bis hin zu (75 Prozent oder mehr) der Produktion und Vermarktung ihrer Halbleiter abdecken.

Tabelle 5

Geschäftsmodelle der Halbleiterindustrie

Typ	„Fabless“	„Fablite“	IDM	„Foundry“
Anteil eigener Fertigung	bis 25 %	25 bis 75 %	über 75 %	100 %
eigenes Produktdesign	ja	ja	ja	nein

Quelle: GSA

Sie besetzen mehrere Geschäftsfelder, wie z. B. DRAMs für PCs, Flashspeicher für Digitalkameras oder MP3-Player, Chipsätze für Handys oder anwendungsspezifische Chips 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 reinen Auftragsfertigern behaupten. Der aktuelle Trend liegt daher in der Fokussierung oder Spezialisierung auf konkrete Produktbereiche, sogenannte „Focused IDMs“ (Oliver Wyman 2008). „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 Kundenschnittstelle, insbesondere für „Fabless“-Unternehmen. Das Geschäftsmodell der „Foundry“ ermöglicht damit auch kleineren „Fabless“-Unternehmen, hochspezialisierte und konkurrenzfähige Schaltungen zu entwickeln und zu verkaufen. Das Modell der „Silicon Foundries“ verbreitet sich insbesondere in Asien zunehmend. Die größte „Foundry“ ist das taiwanische Unternehmen TSMC mit 50 Prozent weltweitem Marktanteil unter den Auftragsfertigern. TSMC erzielte 2007 einen Umsatz von fast 10 Mrd. US-Dollar. Gemessen am Umsatz liegt TSMC 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 hin zu dem Modell des „Fablite“-Unternehmens, wie z. B. bei NXP und Infineon zu beobachten ist.

„Fabless“- und „Fablite“-Unternehmen haben das gegenteilige Geschäftsmodell der „Foundries“. Sie sind Halbleiterhersteller, welche nicht bzw. bis zu 25 Prozent („Fabless“) oder bis zu 75 Prozent („Fablite“) selbst fertigen und in jedem Fall 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 kümmern muss, sondern sich voll und ganz auf das Produktdesign konzentrieren kann. „Fabless“-Unternehmen bedienen eine große Bandbreite von schnell wachsenden Industrien, besonders im Bereich IKT, indem sie ihren Kunden innovative Entwicklungen und kürzere Entwick-

lungszyklen bieten können (Macher et al. 2007). Das Marktwachstum für Halbleiter ermöglicht es vertikal integrierten Design- und Produktionsunternehmen, die Skaleneffekte auszunutzen und somit billiger zu produzieren und gleichzeitig eine breitere Produktpalette anzubieten. Die Umsatzanteile von „Fabless“-Firmen stiegen von 4 Prozent im Jahr 1994 auf über 15 Prozent in 2004 (Macher et al. 2007).

Die Bedeutung der Geschäftsmodelle in der Nanoelektronik hat sich im Zeitablauf geändert. 1998 waren noch alle der 20 größten Halbleiterunternehmen IDMs, im Jahr 2007 sind nur noch 14 der Top 20 IDMs (Tab. 6). Gemäß der GSA (www.gsaglobal.org) bestand die Halbleiterindustrie 2008 aus 200 IDMs, etwa 1 300 „Fabless“-Unternehmen und mehr als 125 „Silicon Foundries“. Die Gründe für die Veränderung der Bedeutung einzelner Geschäftsmodelle sind vielschichtig:

- Erstens wird die Produktion von Halbleiterchips immer teurer (zweites Moor'sches Gesetz) und nur noch wenige Firmen sind überhaupt finanziell in der Lage, eigene Fabriken zu betreiben (Leachman/Leachman 2004). Somit war der logische Schritt für kleinere Firmen, die Produktion auszulagern oder sich zu Produktionsallianzen zusammenschließen. Die hohe Volatilität des Marktes, bei gleichzeitig immer höheren Investitionsvolumina, erhöht das Risiko der Firmen. Fehlritte können die Insolvenz des Unternehmens bedeuten. Somit sind häufig Firmen erfolgreicher, die sich auf eine Wertschöpfungsstufe spezialisiert haben, da es hier für die Firmen einfacher ist, richtige Entscheidungen zu treffen (Oliver Wyman 2008).
- Zweitens hat sich der Produktlebenszyklus in der Halbleiterbranche sehr verkürzt (Saunier 2008). In manchen Bereichen gilt ein Produkt bereits nach sechs Monaten als veraltet (z. B. Handys). Dies hat zur Folge, dass Innovationen schnellstmöglich (vor der Konkurrenz) in großen Stückzahlen vermarktet werden müssen, bevor eine Sättigung des Marktes erreicht ist. Spezialisierte Firmen haben hier einen Vorteil gegenüber Firmen, die versuchen, alle Bereiche abzudecken.
- Drittens ermöglicht die Entwicklung geeigneter Kommunikations- und Softwaretools (z. B. Designautomatisierungssoftware, Supply-Chain-Management-Systeme) gut funktionierende Partnerschaften zwischen „Fabless“-Unternehmen und „Foundries“. Diese Möglichkeiten der Zusammenarbeit senken gleichzeitig die Investitionskosten bei den „Fabless“-Unternehmen und damit Markteintrittsbarrieren für neue Start-ups.

Tabelle 6

TOP-20-Halbleiterunternehmen 1998 und 2007 im Vergleich

Rang	Unternehmen	1998			2007			Umsatz Mio. US-Dollar
		Land	Typ	Umsatz Mio. US-Dollar	Unternehmen	Land	Typ	
1	Intel	USA	IDM	22.675	Intel	USA	IDM	33.995
2	NEC	Japan	IDM	8.271	Samsung	Südkorea	IDM	19.691
3	Motorola	USA	IDM	6.918	Texas Instruments	USA	IDM	12.275
4	Toshiba	Japan	IDM	6.055	Toshiba	Japan	IDM	12.186
5	Texas Instruments	USA	IDM	6.000	STMicroelectronics	Schweiz	IDM	10.000
6	Samsung	Südkorea	IDM	4.752	TSMC	Taiwan	Foundry	9.813*
7	Hitachi	Japan	IDM	4.649	Hynix	Südkorea	IDM	9.047
8	Philips	Niederlande	IDM	4.502	Renesas	Japan	IDM	8.001
9	STMicroelectronics	Schweiz	IDM	4.300	Sony	Japan	IDM	7.974
10	Siemens	Deutschland	IDM	3.866	Infineon	Deutschland	Fablite	6.201
11	Fujitsu	Japan	IDM	3.866	AMD	USA	IDM	5.918
12	Mitsubishi	Japan	IDM	3.733	NXP	Niederlande	Fablite	5.746
13	IBM	USA	IDM	3.245	NEC	Japan	IDM	5.742
14	Lucent Technologies	USA	IDM	3.100	Qualcomm	USA	Fabless	5.619**
15	Matsushita	Japan	IDM	2.645	Freescale	USA	IDM	5.264
16	AMD	USA	IDM	2.364	Micron	USA	IDM	4.869
17	National Semiconductor	USA	IDM	2.226	Nvidia	USA	Fabless	4.098**
18	SANYO	Japan	IDM	2.225	Qimonda	Deutschland	IDM	4.005***
19	Rohm	Japan	IDM	1.967	SanDisc	USA	Fabless	3.896**
20	Sony	Japan	IDM	1.829	Elpida	USA	IDM	3.838

* IC Insights 2008

** GSA

*** inzwischen insolvent

Quelle: http://findarticles.com/p/articles/mi_m0EIN/is_1999_Jan_12/ai_53555712; iSuppli 2008

Globale Verbreitung einzelner Geschäftsmodelle

Diese Ausdifferenzierung der Geschäftsmodelle und die Etablierung der „Fables“-„Foundry“-Partnerschaften haben die Offshoring-Aktivitäten bei einzelnen Wertschöpfungsstufen erheblich verstärkt (Brown/Linden 2005; Macher 2005). Die einzelnen Weltregionen weisen für einzelne Geschäftsmodelle unterschiedliche Standortbedingungen auf.

In den USA fand beispielsweise seit den 1990er Jahren zunehmend eine Konzentration auf „Fables“-Unternehmen statt. Dabei bauten diese „Fables“-Unternehmen häufig komplementär Allianzen mit „Foundries“ in Asien zur Produktion ihrer Wafer auf (Brown/Linden 2008). Die Einsparung von Kosten durch Verlagerungen der Produktionsstätten ermöglichte die Ausweitung von Märkten für ihre Produkte und die Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen gegenüber ausländischen Unternehmen mit niedrigen Kosten oder Staatsbeihilfen. Besonders in Taiwan (z. T. auch in China) haben sich komplementär starke „Foundries“ entwickelt (z. B. TSMC), die mittlerweile umfangreiche Technologienetzwerke mit Designunternehmen, Maskenherstellern oder Produktionsanlagenherstellern unterhalten und eine führende Stellung in der Nanoelektronik einnehmen (Kapitel III.2.1; Leachman/Leachman 2004).

Zugleich hat Japan im internationalen Wettbewerb erheblich an Marktanteil und Standortbedeutung verloren. Diese Verluste werden neben Managementfehlern auch fehlenden Offshoringaktivitäten zugeschrieben (Yunogami 2006; Experteninterviews). Als Grund für geringe Offshoringaktivitäten wird ein fehlendes Kostenbewusstsein japanischer Unternehmen vermutet (Yunogami 2006). Weiterhin herrscht die Organisationsform des IDM vor.

In Europa ist die Konzentration vieler Unternehmen auf eine bestimmte Wertschöpfungsstufe (z. B. „Foundry“) in vergleichsweise geringem Maße ausgeprägt. Die einzelnen Unternehmen haben sich aber zumeist auf bestimmte Aktivitäten (z. B. „Fables“- oder „Fablite“-Modelle) oder konkrete Produktbereiche (z. B. Automobilelektronik) spezialisiert. Beispielsweise hatte NXP (früher Phillips) im Jahr 2008 seine Mobilfunksparte ausgelagert (Lüthjen/Pawlicki 2009). Schließlich haben viele europäische Unternehmen Schwierigkeiten, in jedem der Marktsegmente wettbewerbsfähig zu bleiben, da die Breite an Produkten sowie gleichzeitig die FuE- und Produktionskosten in der Nanoelektronik zunehmen. Allerdings ist die Anzahl der „Foundries“ mit Wafertechnologien im hohen mm-Bereich (z. B. 300 mm-) in Europa gering. Große Hoffnungen werden in das von AMD abgespaltene „Foundry“-Unternehmen Globalfoundries mit Produktionsstandorten in Dresden gesetzt (Kap. III.3.2). Insgesamt ist aber offen, ob diese Entwicklungen auf Unternehmensebene zu einer zukunftsfähigen Industriestruktur in Europa führen (Experteninterviews).

Entwicklung von KMU

Die bisher betrachteten Geschäftsmodelle betreffen primär Großunternehmen. Die Ausnahme bilden „Fables“-

Unternehmen, zu denen auch viele KMU gehören. Zudem findet sich eine große Anzahl von KMU im Zulieferbereich (Equipment, Dienstleister). Diese werden im Folgenden näher betrachtet.

Nach Aussagen einiger Experten liegen gerade im Mittelstand (z. B. Equipmenthersteller) die Stärken Deutschlands in der Nanoelektronik. Deren Rolle wird durch die Abnahme der Anzahl und Aktivitäten der Großunternehmen in Deutschland (z. B. Insolvenz von Qimonda) zunehmend wichtiger. Einige der KMU haben dabei ein diversifiziertes Produktportfolio sowie Vertriebs- und Servicestrukturen in den dynamischen Auslandsmärkten aufgebaut (TAB 2010a; Experteninterviews). Denn bereits in der Vergangenheit haben sich diese KMU international aufstellen und vernetzen müssen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Sie sind mittlerweile in globalen Märkten aktiv, bedienen einen Weltmarkt und haben bereits eine gewisse Unabhängigkeit von regionalen Standortbedingungen und der regional ansässigen Großindustrie erreicht.

Allerdings trifft dies nach Aussagen der befragten Experten nicht für alle KMU zu. Zudem sind durch die Insolvenz von Qimonda weitere inländische Absatzmärkte verlorengegangen. Der Druck, eine hohe Internationalisierung zu erreichen und neue Anwendungsfelder (z. B. organische Elektronik, Photovoltaik) zu erschließen, steigt folglich weiter. Dabei besteht auf existierenden Märkten eine große globale Konkurrenzsituation und die Entstehung neuer Märkte, z. B. im „More-than-Moore“-Bereich (z. B. Medizintechnik, Sicherheitstechnik und Umwelttechnik), unterliegt großen Unsicherheiten. Gründe für die hohen Unsicherheiten bezüglich rentabler Geschäftsideen liegen unter anderem im hohen Zeit- und Kostenaufwand für FuE oder in fehlenden Ideen für erfolgreiche Produktinnovationen, die auf eine breite Nachfrage treffen können (TAB 2010a). Für den Erhalt und Ausbau des Know-hows für global wichtige Produkte und Dienstleistungen und der Erweiterung der Kompetenzen auf andere Anwendungsfelder sprechen viele Experten der öffentlichen Unterstützung durch FuE- und Wirtschaftsförderung eine hohe Bedeutung zu. Die KMU können dabei von bereits existierenden Fördermöglichkeiten nicht ausreichend profitieren (Experteninterviews; Kap. III.1.2). KMU in der Nanoelektronik haben, wie in anderen FuE- und wissensintensiven Wirtschaftssektoren auch (u. a. TAB 2007), häufig sehr kurzfristige Bedürfnisse. Es handelt sich hier weniger um Probleme der Spitzentechnologieforschung (z. B. Entwicklung neuer technologischer Anwendungen), sondern eher um Aspekte wie z. B. Effizienz- oder Prozessverbesserung oder Qualitätsverbesserung der Produkte aus Kundensicht. Diese Bedarfe werden nach Aussagen vieler Experten in den existierenden Forschungsprogrammen nur begrenzt berücksichtigt. Vor allem Kleinunternehmen in der Nanoelektronik gelingt es kaum, von den Fördermöglichkeiten zu profitieren, da ihnen die geeigneten Ressourcen und das Know-how zur Antragsstellung und Durchführung von Förderprojekten weitgehend fehlen (Experteninterviews).

3.4 Nachfrage und Rahmenbedingungen

3.4.1 Nachfrage

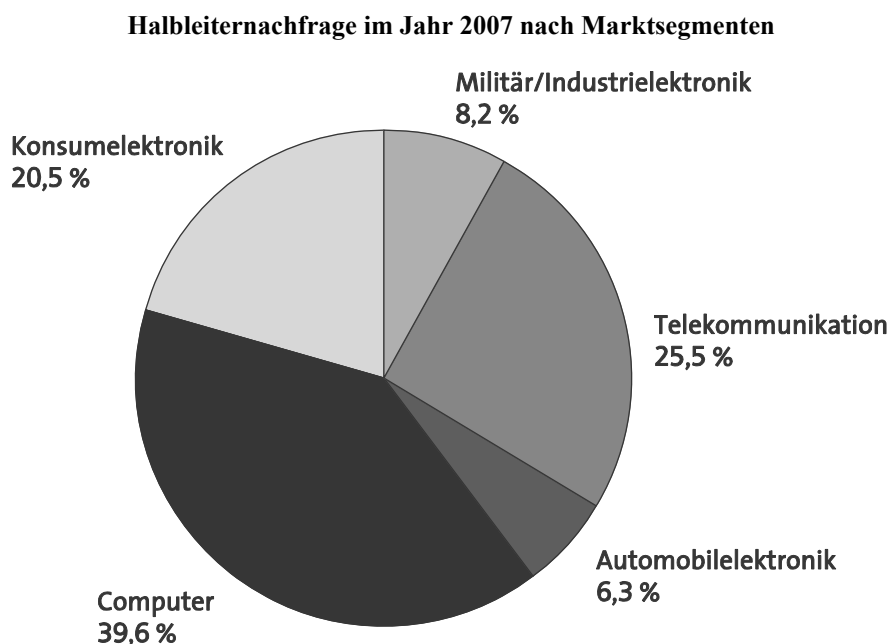
Neben Angebotsfaktoren wird zunehmend auch der Nachfrage eine hohe Bedeutung für die internationale Wettbewerbsfähigkeit inländischer Branchen eingeräumt (z. B. Beise 2001; Fagerberg 1995). Ein großes inländisches Nachfragevolumen bzw. eine hohe Marktdynamik ermöglicht häufig ein frühzeitiges Erreichen von Lernkurven- und/oder Skaleneffekten. Zugleich ist die Nachfragequalität entscheidend. Existiert in einem Land eine Nachfrage mit hohen Qualitätsansprüchen und großer Bereitschaft, Innovationen aufzunehmen, so geben anspruchsvolle, kritisch fordernde und qualitätsbewusste Kunden bzw. Nutzer („lead user“) Informationen über ihre spezifischen Bedürfnisse an innovierende Unternehmen weiter und koppeln die Passfähigkeit neuer Lösungen zurück (u. a. TAB 2007).

Da die Nanoelektronik eine frühe Stufe der gesamten IKT-Wertschöpfungskette darstellt, ist hier weniger der Ort der Endnachfrage als vielmehr der Standort der direkten Anwenderunternehmen zentral für Nachfrageimpulse. Sowohl für Chipdesign als auch für Produktionsentscheidungen geben Rückkopplungsprozesse zwischen Nachfrager und Anbieter von Halbleiterprodukten wichtige Anregungen für Innovationen und das Sortiment der Chiphersteller (Linden et al. 2004; Macher et al. 2007). Die Anwendungsfelder von Halbleiterprodukten haben sich dabei, aufgrund von Veränderungen in der Endnachfrage und technologischen Fortschritten, erheblich gewandelt. Während lange Zeit Computeranwendungen den wichtigsten Einsatzbereich der Halbleiter darstellten, hat sich während der 1990er Jahre ein fragmentierter Markt entwickelt, in dem beispielsweise drahtlose Kommunika-

tionssysteme und andere Konsumprodukte eine immer stärkere Rolle einnehmen. Durch diese zunehmende Verwendung von mikro- und nanoelektronischen Bauelementen in einer Vielzahl von Anwendungsbereichen ist die Nachfrage nach Produkten der Mikro- und Nanoelektronik insgesamt in den vergangenen zehn Jahren stark gewachsen. Dabei bilden Computer immer noch den wichtigsten Anwendungsbereich mit knapp 40 Prozent im Jahr 2007; dahinter liegt der Telekommunikationsbereich mit ca. 25 Prozent und die Elektronik für Konsumprodukte mit gut 20 Prozent (Abb. 12).

Die Veränderungen in der Bedeutung der verschiedenen Anwendungsbereiche haben erhebliche Implikationen für die Aktivitäten der Hersteller und ihre Standortwahl. So unterscheidet sich der lange Zeit dominante PC-Markt signifikant von anderen Anwendungsgebieten beim Einsatz von Halbleitern (Macher et al. 2007): Während sich der PC-Markt als Anwendungsfeld für Halbleiter hauptsächlich durch eine einzige Produktanwendung auszeichnet, werden die Halbleiter in anderen Anwendungsfeldern in einer Vielzahl von Produkten eingesetzt. Aufgrund der spezifischen Designanforderungen sind die Produktionsvolumina an Chips deutlich geringer. Diese geringeren Produktionsvolumen implizieren niedrigere mögliche Kosteneinsparungen durch Skalen- und Lerneffekte. Die Produktionsanlagen müssen flexibler werden und in der Lage sein, eine größere Varietät von Designkomponenten zu produzieren, ohne dass neue Geräteausstattungen oder Produktionsanlagen notwendig werden. Zugleich erfordert die Kombination von Miniaturisierung und erweiterter Funktionalität in hochintegrierten und immer komplexeren Systemen eine immer intensivere Interaktion zwischen Chipdesigner und Systemanbieter.

Abbildung 12



Quelle: OECD 2008a; www.wsts.org

Insgesamt zeigen sich durch die Veränderung der Bedeutung einzelner Anwendungsfelder, aber besonders durch Standortverlagerungen in den Anwenderindustrien, erhebliche Verschiebungen in der weltweiten Verteilung der Nachfrage. Seit dem Jahr 2001 hat sich ein erheblicher Teil der Nachfrage von Amerika nach Südostasien verlagert. Ein wichtiger Grund hierfür liegt v. a. in Produktionsverlagerungen der Hersteller von Computern und Telekommunikationsgeräten in der Region (Grundig et al. 2008; Macher et al. 2007). Während sich der Anteil der USA am Weltmarkt von einem Drittel auf nur noch 17 Prozent verringerte und auch der Anteil Japans von 23 auf 17 Prozent zurückging, konnte der übrige Asien-Pazifik-Raum einen Anstieg seines Anteils am Weltmarkt von 25 auf 53 Prozent verzeichnen (Abb. 13). Europa ist von dieser Nachfrageverschiebung trotz der stärker diversifizierten Abnehmerstruktur ebenfalls betroffen; der Anteil sank von 21 auf 13 Prozent.

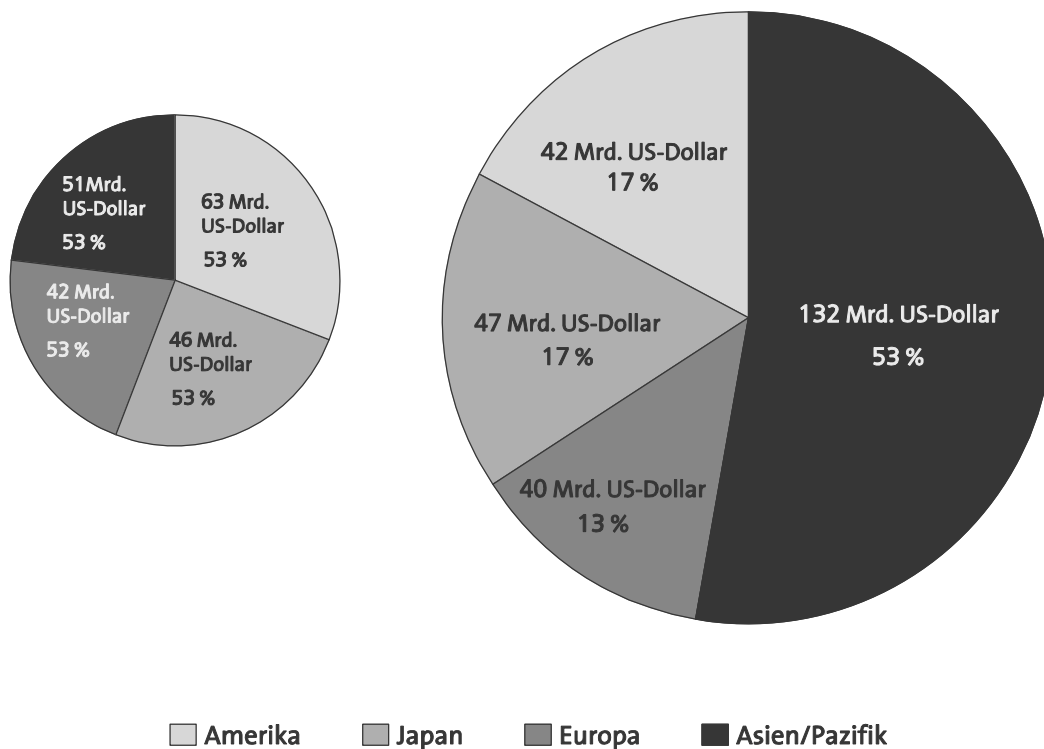
In Europa und speziell in Deutschland liegt der Anteil der Automobil- und Industrieelektronik (inklusive Leistungselektronik) an der Marktnachfrage deutlich über dem Weltdurchschnitt. Deshalb nimmt Europa im Automobilbereich mit einem Anteil am weltweiten Absatzmarkt von 40 Prozent und im Industriebereich mit einem Anteil von 27 Prozent eine führende Stellung ein (ESIA 2008).

Die zukünftige inländische Marktnachfrage hängt zum einen davon ab, wie dynamisch sich einzelne Anwendungsfelder entwickeln. Zum anderen stellt sich die Frage, ob die Anwenderbranchen ihren Standort im Inland behalten. Szenarienberechnungen der Europäischen Kommission (2007) für die kommenden 15 Jahre deuten auf weitere Standortverlagerungen in einigen wichtigen Abnehmerbranchen von Nanoelektronikprodukten (z. B. Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten, -einrichtungen sowie Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik) von Europa nach Asien hin. Folglich würde sich der Anteil des inländischen Marktes für Halbleiterprodukte weiter verringern.

Fraglich ist, inwieweit Veränderungen der Anwendungsgebiete und deren geografische Verteilung Implikationen für die Standortwahl der Nanoelektronikunternehmen haben. Brown und Linden (2006, 2008, 2009) wie auch Ernst (2005) stellen in ihren verschiedenen Analysen fest, dass „Market-pull“-Theorien alleine die Entwicklung bei der internationalen Arbeitsteilung der gesamten Halbleiterindustrie nicht ausreichend erklären können. Ein Beispiel hierfür ist die starke Entwicklung von Unternehmen in den USA im Chipdesign, obwohl sich die Absatzmärkte zumeist im Ausland befinden. Ein weiteres Beispiel ist die zunehmende Nettoimporteurstellung Chinas bei Halbleitern (Kap. III.2.2).

Abbildung 13

Nachfrage bei Halbleiterprodukten für einzelne Weltregionen in den Jahren 2000 und 2009



Quelle: OECD 2008a; www.wsts.org

Allerdings kann die geringere Dynamik der Absatzmärkte in Europa für die Entwicklung und zukünftige Standortwahl deutscher und europäischer Unternehmen zumindest langfristig bedenklich sein. Die schnelle Identifikation und Besetzung neuer Anwendungen und Marktsegmente wird erschwert, wenn sich die Abnehmer im Ausland befinden. Rückkopplungsprozesse finden in diesem Fall häufig nur eingeschränkt statt. Diese Problematik kann besonders in den Entwicklungsbereichen „More than Moore“ und „Beyond CMOS“ auftreten, bei denen geeignete Anwendungsmöglichkeiten zum Großteil erst noch entwickelt werden müssen (TAB 2010a).

Die befragten Experten weichen von beiden beschriebenen Positionen leicht ab. Sie machen ihre Einschätzungen von den jeweiligen Anwendungsgebieten abhängig. In Nischen- und/oder Spitzentechnologiemärkten (z. B. Märkte der Leistungselektronik) sind sie optimistisch, die FuE und Teile der Produktion im Inland halten zu können. Hier sind das erforderliche Know-how und technologische Vorsprünge Deutschlands/Europas ausreichend groß. Dies betrifft laut Experten auch die Automobilelektronik, deren Märkte aktuell zunehmend von Europa nach Asien abwandern (ZVEI 2008). In Massenmärkten (z. B. Chips für PCs, Telekommunikation) sehen sie aber geringe Chancen für ähnliche Entwicklungen. Dort fällt es anderen Staaten (z. B. China) leichter, technologisch mitzuhalten und von der räumlichen Marktnähe zu profitieren.

3.4.2 Rahmenbedingungen

Die Aktivitäten der Akteure innerhalb eines Innovationsystems werden häufig von einer Vielzahl an nationalen und internationalen Rahmenbedingungen beeinflusst. Diese gelten zum Teil allgemein für die Gesamtwirtschaft (z. B. Arbeitsmarktregulierungen), zum Teil sind sie sehr anwendungsspezifisch (z. B. Standards).

Im Rahmen dieses Projekts sind besonders spezifische Rahmenbedingungen für die Nanoelektronik von Interesse.¹⁶ Nach Aussagen der Experten sind die nationalen Rahmenbedingungen für die Nanoelektronik als gut einzuschätzen. Gleichzeitig halten sie es auch für unwahrscheinlich, durch Veränderungen der nationalen Rahmenbedingungen die Standortattraktivität und Wettbewerbsfähigkeit Europas deutlich erhöhen zu können, da sie nur eine begrenzte Rolle spielen. Im Hinblick auf die Wirkungen von Normen und Standards kann dieses Bild für spezifische Anwendungsfelder anders aussehen (Linden et al. 2004). Während im PC-Markt die Standardisierung stark ausgeprägt ist, ist dies z. B. bei Produkten für den Internetzugang weniger der Fall. Allgemein können positive Wirkungen für inländische Unternehmen, z. B. in einer temporären Monopolstellung gegenüber Wettbewerbern, durch die Setzung von Standards entste-

hen. Zudem können national und international abgestimmte Standards und Normen die Informationskosten und das Risiko für die Anbieter und Nachfrager reduzieren und damit Vertrauen schaffen (TAB 2007).

Als Positivbeispiel in der Elektronik gilt die frühe Durchsetzung europaweiter Standards bei der mobilen Kommunikation. Neben den direkten Ausrüstungsherstellern können davon zumindest teilweise die inländischen Halbleiterproduzenten profitieren (Linden et al. 2004). Allerdings ermöglicht gerade die Standardisierung häufig die weltweite Nutzung und Umsetzung von Produktionsstandards, wie z. B. in der 300-mm-Fertigung im Bereich „More Moore“ (TAB 2010a).

Eine hohe Bedeutung für die Entwicklung der europäischen Nanoelektronikindustrie werden internationalen Rahmenbedingungen eingeräumt (ESIA 2008; Experteninterviews). Dazu gehören vor allem internationale Regelungen zu staatlichen Beihilfen, welche den Spielraum nationaler Politikmaßnahmen beeinflussen (z. B. Verbot von Investitionszuschüssen). Diese Rahmenbedingungen werden in Kapitel IV.2 näher untersucht. Darüber hinaus werden in der Literatur und den Expertengesprächen zwei weitere wichtige Faktoren genannt, welche die Standortattraktivität Europas in der Nanoelektronik beeinflussen.

Wechselkurse: Für Nanoelektronikunternehmen, die einen großen Teil der Wertschöpfung in Europa und Zulieferverträge in der europäischen Währung haben, stellt der starke Eurokurs gegenüber dem US-Dollar oder Yen ein erhebliches Problem dar und schränkt die preisliche Wettbewerbsfähigkeit ein. Der Wechselkurs zwischen dem Euro und dem US-Dollar hat sich beispielsweise zwischen den Jahren 2002 und 2007 nahezu verdoppelt (Saunier 2008). Nach Expertenmeinungen werden auch zukünftig weitere Verlagerungen von Teilen der Herstellung in andere Weltregionen stattfinden, wenn keine Veränderungen bei den Wechselkursen oder eine weitere Aufwertung des Euros eintritt.

Geistige Eigentumsrechte: In einigen Bereichen der Nanoelektronik kommen Eigentumschutzrechten eine hohe Bedeutung zu. So stellt sich im Rahmen von FuE-Kooperationen, z. B. zwischen Forschungseinrichtungen selbst oder FuE-Instituten und Unternehmen, zunehmend die Frage nach dem Umgang mit intellektuellem Eigentum (IPR-Verwertung). Ein anderer Aspekt der IPR-Verwertung zeigt sich mit Blick auf die weltweite Konkurrenz. Besonders Großunternehmen haben mit Patentverletzungen durch Länder wie Taiwan, China oder Korea zu kämpfen, welche zu Verlusten von Marktanteilen der Unternehmen oder Preisverfall bzw. -druck führen können und somit die Wettbewerbsfähigkeit beeinflussen (SEMI 2008b; TAB 2010a). Von den befragten Akteuren sehen allerdings nur sehr wenige einen zentralen Handlungsbedarf bzw. -möglichkeiten. Die Unternehmen haben sich nach ihren Aussagen vielmehr auf diese Wettbewerbsprobleme eingestellt, v. a. über andere Schutzmöglichkeiten geistigen Eigentums (z. B. Erschwerung der Nachahmbarkeit der Produkte).

¹⁶ Für Untersuchungen zu den allgemeinen Rahmenbedingungen für die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland siehe DIW (2009) und TAB (2007).

4. Zwischenfazit

Zusammenfassend zeigt sich, dass eine Vielzahl von Standortfaktoren für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in der Nanoelektronik von Bedeutung ist. Dabei wird sowohl angebots- und nachfrageseitigen Faktoren, als auch politischen Maßnahmen eine hohe Bedeutung zugemessen (Brown/Linden 2008; Dewey & LeBoeuf 2009; Ernst 2005; Leachman/Leachman 2004). Stärken bei einzelnen Faktoren (z. B. Qualifikation) reichen nicht aus, um dauerhaft im Standortwettbewerb bestehen zu können. Vielmehr muss die Gesamtbilanz aller Faktoren, welche die Leistungsfähigkeit des Innovationssystems bestimmen, positiv sein. Dabei können sich die Intensität des Wettbewerbs und die Bedeutung von Standortfaktoren entlang der Wertschöpfungskette im Zeitablauf ändern, denn die Branche sieht sich weiterhin erheblichen Veränderungen gegenüber, wie z. B. den steigenden Kosten in FuE und Produktion, der Konkurrenz verschiedener Geschäftsmodelle, der Bedeutungsveränderung einzelner Marktsegmente sowie neuen technologischen Möglichkeiten.

Stärken in Deutschland bestehen besonders in der technologischen Wissensbasis, durch die breite Systemkompetenz von qualifizierten Fachkräften. Ebenso hat sich die Zusammenarbeit in den Clustern in Deutschland und Europa zwischen den verschiedenen Akteuren (Wissenschaft, Industrie) gut etabliert; es besteht nur partieller Verbesserungsbedarf. Bei der Nachfrage bestehen Vorteile in der Automobil- und Industrieelektronik durch einen großen inländischen Markt.

Allerdings stehen besonders die Unternehmen mit Produktionsstätten in Europa unter hohem Druck, wie z. B. die Insolvenz von Qimonda deutlich zeigt. Die aktuelle Krise verschärft die Situation durch den Absatzrückgang in vielen Unternehmen und erhöht die Wahrscheinlichkeit einer weiteren Konsolidierung der Branche (Economist 2009). Insgesamt wird besonders die kommerzielle Umsetzung in Deutschland und Europa kritisch eingeschätzt: Die Investitionen von Großunternehmen sind gering, der Internationalisierungs- und Diversifizierungsdruck bei KMU hoch und die Geschäftsmodelle der Unternehmen in Europa weisen nur geringe Komplementaritäten zueinander auf.

Insgesamt sind viele Standortfaktoren an den führenden Nanoelektronikstandorten der Welt aber ähnlich ausgeprägt. Deshalb werden gerade bei der Standortentscheidung für Produktionsstätten staatliche Beihilfen häufig als ausschlaggebend angesehen. Vor diesem Hintergrund fordern einige der befragten Experten eine stärkere staatliche Unterstützung und verweisen dabei auf die politische Unterstützung anderer, zumeist außereuropäischer Länder. Deshalb werden im Folgenden die bisherigen politischen Instrumente im internationalen Vergleich näher untersucht.¹⁷

¹⁷ Dabei sind allerdings die Risiken staatlicher Eingriffe zu beachten (Kap. IV).

III. Politikmaßnahmen in führenden Ländern in der Nanoelektronik

Im Folgenden werden die relevanten Politikmaßnahmen auf europäischer, nationaler und teilweise auf regionaler Ebene für die Akteure am Standort Deutschland und vergleichend für Frankreich erörtert. Dabei werden auf Basis der Expertengespräche und Literatur auch mögliche Probleme der aktuellen Förderung diskutiert.

Im Vergleich dazu werden die politischen Instrumente führender außereuropäischer Staaten in der Nanoelektronik dargestellt. Hierfür eignen sich nach der Betrachtung in Kapitel II.2 die Staaten Taiwan, China, Japan, Südkorea, China und USA. Dieser Ländervergleich soll es ermöglichen, die politischen Maßnahmen in Deutschland im globalen Wettbewerb einzuordnen.¹⁸ Daneben können die gewählten Politikinstrumente anderer Länder interessante Anregungen für die Ausgestaltung von Handlungsoptionen in Deutschland geben. Für alle Länder werden dabei nach einer kurzen Einführung zu den Hauptcharakteristika der Innovationspolitik und der Position in der Halbleiterbranche Politikmaßnahmen dargestellt, die von hoher Bedeutung für das jeweilige Nanoelektronikinnovationssystem sind. Dabei wird zwischen den vier Systembereichen (Wissensbasis, Wissenstransfer und Vernetzung, Industrielle Akteure und Produktion, Nachfrage und Rahmenbedingungen) aus Kapitel II.3 unterschieden.

Beim Vergleich und der Prüfung von Übertragungsmöglichkeiten der Politikmaßnahmen dieser Länder auf Deutschland und Europa sind allerdings mehrere Aspekte zu beachten:

- Erstens haben die meisten dieser ausgewählten Länder die Förderung der Halbleiterbranche zu einem zentralen Bestandteil ihrer nationalen Innovationspolitik gemacht. Sie stellen eine Auswahl der aktivsten Staaten in der Halbleiterbranche dar. Bei der Einordnung der Politik Deutschlands ist zu beachten, dass viele andere Länder der Welt (u. a. Großbritannien, Kanada) deutlich geringere sektorale staatliche Eingriffe in der Nanoelektronik vornehmen.
- Zweitens haben in einigen Fällen zeitlich weit zurückliegende politische Maßnahmen zum Aufbau eines erfolgreichen Entwicklungspfades in der Nanoelektronik beigetragen. Durch die Stärkung der Akteure (z. B. Großunternehmen) und Netzwerke konnte diese Entwicklung weiter fortgesetzt werden. Einige der damals eingesetzten Politikinstrumente (z. B. Importzölle) werden nicht mehr angewendet. In der folgenden Analyse liegt der Schwerpunkt bei den aktuellen Maßnahmen. Bei den historischen Prozessen werden nur die wichtigsten (z. B. Entwicklung des europäischen Förderprogramms) skizziert.

¹⁸ Die Angaben zu der Höhe einzelner Förderungen sind für diese Länder meist nur in der heimischen Währung oder in US-Dollar verfügbar. Um einen möglichst einheitlichen Vergleich zu ermöglichen, werden alle Angaben in heimischen Währungen zusätzlich in US-Dollar anhand der Wechselkurse des Jahres 2009 (Datenbasis: OECD STATS) umgerechnet.

- Drittens wird die Innovationspolitik innerhalb der nationalen Innovationssysteme im Rahmen der jeweiligen Gegebenheiten konzipiert und umgesetzt. Eine direkte Vergleichbarkeit und Strategieübernahme ist aufgrund der verschiedenen Strukturen, auftretenden Systemmängel und unterschiedlichen Strategien auf bestimmte Teile der Wertschöpfungskette („Fables“, „Foundries“ etc.) nur begrenzt möglich. Produkte und Technologien können kopiert werden, die dazugehörigen Institutionen hingegen weniger (GIGA 2009). Eine unangepasste Übernahme von Institutionen könnte durchaus zu einer Erodierung der kompetitiven Vorteile führen, während sich die erhofften Erfolge nicht einstellen würden.

1. Förderung der Nanoelektronik in Europa

In diesem Kapitel werden zunächst sowohl die aktuelle europäische Förderpolitik als auch ihre historische Entwicklung dargestellt. Denn einige der befragten Experten sehen eine Verschlechterung der EU-Förderpolitik im Zeitablauf und Nachteile bei ihrer aktuellen Ausgestaltung gegenüber früheren Programmen. Im Anschluss werden die nationalen Maßnahmen von Deutschland und Frankreich dargestellt.

1.1 Ansätze und Strukturen der europäischen Forschungspolitik

Die Programme und Ansätze der Europäischen Union zur Stärkung der Nanoelektronik zielen auf eine Entwicklung und Bündelung transnationaler Kompetenzen ab. Dies ist notwendig, um aufgrund der hohen Forschungs- und Kapitalintensität dieses Industriezweigs, Kosten zu teilen und technologisches Know-how zu bündeln. Ein besonderes Problem der europäischen Politik ist die zersplitterte Forschungslandschaft und die weitverstreuten, unterschiedlichen nationalen Interessen, die ein gemeinsames Vorgehen in der europäischen Nanoelektronikförderung oft behindern (Experteninterviews; SEMI 2008a). Diesen Herausforderungen wird auf europäischer Ebene durch verschiedene Programmtypen begegnet: europäische Technologieprogramme mit nationalstaatlicher Beteiligung (z. B. CATRENE); Public Private Partnerships in der Form von Technologieplattformen (z. B. ENIAC); die Förderung der Nanoelektronik innerhalb des EU-Forschungsrahmenprogramms. Im Folgenden werden diese unterschiedlichen Programmtypen genauer dargestellt.

1.1.1 Technologiepolitische Instrumente: zwischenstaatliche Initiativen

Die Ziele und Maßnahmen im Bereich der Nanoelektronik innerhalb der Europäischen Union reichen in die 1980er Jahre zurück und waren durch den Technologiewettbewerb mit den USA und Japan geprägt. Eine Steigerung der Industrieforschung war das Ziel und Ausgangspunkt für die Gründung der Pan-Europäischen Initiative EUREKA, welche Forschungsprojekte zwischen Partnern aus Industrie und Forschern in öffentlichen Einrichtungen anstoßen sollte. Diese zwischenstaatliche Initiative wurde

1985 gegründet und umfasste Partner aus 17 Ländern. Sie ging damit deutlich über die zu diesem Zeitpunkt nur zehn Staaten umfassende Europäische Wirtschaftsunion hinaus. Damit sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, eine kritische Masse in der Förderung zu erreichen und das wissenschaftliche Know-how der Anrainerstaaten, wie z. B. der Schweiz, zu integrieren. Seither ist die Mitgliedschaft in der EUREKA Initiative ständig gewachsen und umfasst gegenwärtig 37 Staaten, zu denen neben den europäischen Teilnehmern auch Israel gehört.

Mit dem Erfolg dieser zwischenstaatlichen Lösung wurde allerdings auch eine Struktur geschaffen, die in bestimmten Feldern in Konkurrenz zur Forschungspolitik der EU-Kommission in einem erweiterten Europa tritt. EUREKA hat aufgrund seines zwischenstaatlichen Status nicht den Charakter einer Förderorganisation, sondern wird von einem interministeriellen Gremium mit wechselnder staatlicher Führung gesteuert: Im jährlichen Wechsel übernimmt ein Mitgliedsland den Vorsitz und koordiniert die politische und strategische Fortentwicklung der Initiative. EUREKA-Initiativen weisen daher starke verfahrenstechnische Unterschiede zu den Forschungsrahmenprogramm-Initiativen auf.

EUREKA-Projektanträge werden „bottom up“ entwickelt und resultieren nicht aus Vorgaben und Prioritätensetzungen strategischer Gremien. Sie sind international ausgerichtet, das heißt, es sind mindestens zwei bzw. fünf Mitglieder aus EU-Mitgliedstaaten erforderlich. Dabei werden sie national finanziert, das heißt, das konkrete Projekt ist auf nationaler Ebene bei einem entsprechenden Fördergeber einzureichen. In Deutschland ist das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die zuständige Behörde. Diese diskutiert auch alternative Möglichkeiten der Projektfinanzierung mit den Projektteilnehmern (EUREKA 2010). Darüber hinaus wird ein hoher Eigenbeitrag der Teilnehmer erwartet. Ein weiteres Kriterium für die Zulassung ist darüber hinaus der zu erwartende Anwendungsbezug. An der Spitze stehen „High Level Expert Groups“, welche die Ausrichtung der Initiative bestimmen. Dabei ist die Arbeit in thematischen Netzwerken organisiert, die sich die Förderung spezieller Technologiegebiete zur Aufgabe gemacht haben (Papon 2009). Ein auf europäischer Ebene besonders wichtiges Gebiet war die Entwicklung moderner IKT, zu deren Aufbau eine starke Halbleiterindustrie und ein vertieftes Wissen in der Mikroelektronik notwendig waren.

Das bedeutendste Programm innerhalb dieser Initiative in den 1980er Jahren war daher die „Joint European Submicron Silicon Initiative“ (JESSI). In ihrer Art und Ausrichtung bildete JESSI das Modell für die nachfolgenden Programme (MEDEA und CATRENE). JESSI wurde 1989 mit einer Dauer von acht Jahren gegründet und ging auf Initiativen von 14 Industriepartnern und Forschungseinrichtungen zurück. Ziel der Initiative war der Aufbau von Forschungs- und Produktionskapazitäten sowie die Errichtung einer europäischen Plattform für Kooperationsprojekte. JESSI war eines der zentralen Projekte, um mit gemeinsamen Anstrengungen die damals festgestellte europäisch-amerikanische Technologielücke zu schlie-

ßen. Wie die nachfolgenden Programme auch, waren die geförderten Projekte im Bereich der vorwettbewerblichen Forschung anzusiedeln. Nach übereinstimmender Ansicht der befragten Experten gilt JESSI als erfolgreiches Programm zur Restrukturierung der europäischen Halbleiterindustrie. Das Ziel, ein europäisches System zur Kollaboration von Forschungsprojekten aufzubauen, wurde zum damaligen Zeitpunkt erreicht. Wichtige strategische Allianzen, die notwendig sind, um Kosten zu sparen, konnten im Rahmen des Programms abgeschlossen werden. Dies war insbesondere wichtig, um der damaligen Importabhängigkeit von elektronischem Equipment zu begegnen. Am Programm haben insgesamt mehr als 3 000 Wissenschaftler teilgenommen, unter anderem waren die Großunternehmen Bosch, Siemens und STMicroelectronics stark involviert. Im Verlauf der Jahre ist die Aufbruchstimmung, die durch dieses Programm hervorgerufen wurde, allerdings wieder zurückgegangen (Borrus 1997; Papon 2009). Im Jahr 1996 endete dieses Programm.

Die Nachfolgeaktivität auf europäischer Ebene war MEDEA (1997 bis 2000). Die Probleme beim Aufbau der Kooperationsprojekte waren gravierender, da die Großunternehmen inzwischen starke unternehmensinterne Kompetenzen aufgebaut hatten und nationale Eigeninteressen wieder stärker zum Tragen kamen (Borrus 1997). Während JESSI mehr auf die Entwicklung von Prozesstechnologien ausgerichtet war, spezialisierte sich MEDEA stärker auf Anwendungen, um die Produktentwicklung voranzutreiben (Borrus 2001). Innerhalb des Programms wurde das Erreichen bestimmter Kernkompetenzen zum Maßstab für den Erfolg des Programms. Diese lassen sich in technologische Kompetenzen (Designtechniken, Technologieplattformen, Produktionstechnologien) und Kompetenzen in Anwendungen (u. a. Multimedia, Kommunikationstechnik, Automobilelektronik) unterscheiden. Ein Instrumentarium zur Bewertung der Zielerreichung wurde jedoch nicht entwickelt. Insgesamt wurden im Rahmen des Programms ca. 2 Mrd. Euro für 45 Projekte aufgewendet. Ein wichtiges Ergebnis war nach Aussagen der befragten Experten die Vertiefung des Wissens über das Zusammenspiel zwischen Chipdesign und Zulieferern.

In MEDEA Plus (2001 bis 2008) konzentrierten sich die Anstrengungen auf die Entwicklung von Systemkompetenzen bei der Entwicklung von Chips. Im Vordergrund stand dabei die Entwicklung der „System-on-a-Chip“-Technologien (SoC-Technologien). Weitere Herausforderungen bestanden darin, die enormen Kosten sowohl bei der Entwicklung als auch in der Fertigung von Prozesstechnologien bei Strukturbreiten unter 100 nm in den Griff zu bekommen. Die Projekte waren dabei eng abgestimmt mit den Vorgaben der „International Technology Roadmap for Semiconductors“ (ITRS). Die Projekte waren ausgesprochen vielfältig und sind im Schnitt von 2.500 Mitarbeitern pro Jahr bei mehr als 280 Partnern bearbeitet worden.

Im Jahr 2009 wurde CATRENE (Cluster for Application and Technology Research in Europe on NanoElectronics)

als Mitglied innerhalb der Programmfamilie der EU-REKA-Initiative aufgenommen. Das Programm ist zunächst auf vier Jahre angelegt und kann anschließend um weitere vier Jahre verlängert werden, um die Förderung auf die Entwicklung neuer Technologiegenerationen abstimmen zu können.

Inhaltlich baut CATRENE stark auf den Vorgängerprogrammen MEDEA und MEDEA Plus auf. Die zentralen Ziele sind in einem sogenannten White Paper zusammengefasst. Darin werden u. a. Kommunikationssysteme, Smartcardssysteme, Umweltschutz, Gesundheitsapplikationen und Energiekontrollsysteme als Anwendungsgebiete dargestellt. Technologiegebiete sind CMOS-Technologien, „Electronic Design Automation“ und Produktionsforschung mit neuen Materialien sowie Smartsensor- und Aktuatorssysteme als technologische Zielgebiete (CATRENE 2007).

Somit unterscheidet sich CATRENE vor allem in seiner Ausrichtung auf die Bedürfnisse der europäischen Wirtschaft, wie z. B. Energieeffizienz, Gesundheit und Ökologie, von seinen Vorgängern. Als problematisch wird von beteiligten Akteuren und Verantwortlichen die breite inhaltliche Ausdifferenzierung des Programms angesehen. Da die jeweiligen nationalen Ministerien über die Vergabe von Förderanträgen entscheiden, ist die Auswahl an Themen nicht eingeschränkt. Damit wird auch die eigentliche Bedeutung des Programmkomitees deutlich: Die Kompetenzen gegenüber der nationalen Behörde sind stark eingeschränkt. Die gegenwärtigen Calls 1 und 2 der derzeitigen Förderlinie haben ein großes Volumen an Forschungsprojekten ausgelöst: Insgesamt 289 Partner aus 14 Ländern beteiligen sich an aktuellen CATRENE-Projekten und verteilen sich über alle Felder, die bei CATRENE aufgelistet werden. Nach Angaben von CATRENE zeigte sich im gegenwärtigen Programm eine Zunahme der Beteiligung von KMU im Vergleich zu den bisherigen Programmen MEDEA und MEDEA Plus. Allerdings sind KMU nur als Unterauftragnehmer in Konsortien beteiligt. Sie sind derzeit nach Aussagen der Experten nicht in der Lage, federführend einen EU-Antrag zu stellen.

Gründe hierfür liegen vor allem im komplexen Antragsverfahren. Die zwischenstaatliche Form der Auftragsvergabe, die zu Beginn der EUREKA-Initiative eingeführt wurde, ist immer noch gültig: Projektanträge werden beim jeweiligen nationalen Koordinator eingereicht, der Antrag auf die tatsächliche Förderung erfolgt später separat. Aufgrund dieser Struktur gestaltet sich das Antragsverfahren sehr komplex, weil sich nationale Fördermittelgeber in sehr unterschiedlichem Ausmaß beteiligen und die Akteure nicht in gleicher Form Eigenmittel aufbringen können. Der förderpolitische Vorteil dieser Initiative besteht in der leichteren Steuerbarkeit der Ergebnisse aus der Sicht der beteiligten Nationalstaaten. Vor allem Frankreich und die Niederlande sind nach Aussage von Experten sehr aktiv in diesem Programm. Die Beteiligung Deutschlands wird im Vergleich zu seinem industriellen Gewicht als nicht angemessen betrachtet (Papon 2009; Experteninterviews). Dies spiegelt sich in den Beiträgen

für das gesamte EUREKA-Programm wider. Während Frankreich mehr als 500 Mio. Euro in die Initiative einbringt, sind es in Deutschland lediglich 124 Mio. Euro pro Jahr (Papon 2009). Aus den Experteninterviews ist deutlich geworden, dass es unterschiedliche Erfahrungen mit diesem Programm gibt. Durchaus positive Erfahrungen werden mit beteiligten Unternehmen aus Frankreich berichtet; die Unterstützung der Projekte durch den französischen Staat sei schnell. Auf der anderen Seite wird es als problematisch angesehen, dass Projekte zu scheitern drohen, weil einige Teilnehmer keine staatliche Unterstützung erhalten.

1.1.2 „Joint Technology Initiatives“ als technologiepolitisches Instrument

Seit den 1990er Jahren ist mit den „Joint Technology Initiatives“ (JTI) ein weiteres wichtiges technologiepolitisches Instrument auf europäischer Ebene hinzugekommen. Es nimmt eine Zwischenstellung zwischen den koordinierten zwischenstaatlichen Programmen wie EUREKA und dem Europäischen Forschungsrahmenprogramm ein. In ihrem Ziel, industrielle, vorwettbewerbliche Forschung zu unterstützen, zeigen sich jedoch starke Ähnlichkeiten zu EUREKA-Programmen.

Das wichtigste Programm innerhalb der JTI im Rahmen der Nanoelektronik ist ENIAC. Es ist auf zehn Jahre bis 2017 angelegt, endgültige Förderzusagen reichen jedoch zunächst nur bis 2013. Das Programm hat in Call 1 ein Volumen von 207 Mio. Euro mit einem Anteil von 96 Mio. Euro an öffentlichen Geldern. In der zweiten Förderlinie sind 244,5 Mio. Euro anvisiert mit einem Beitrag von 102,7 Mio. Euro durch staatliche Einrichtungen (European Conference on Nanoelectronics 2009).

ENIAC zielt auf die Verbesserung der technologischen Situation der Unternehmen ab und hat in den vergangenen Jahren einen strategischen Forschungsplan entwickelt, der Zielbereiche festlegt. Diese sind allerdings sehr breit; es werden Ähnlichkeiten mit den technologischen Zielen zu CATRENE deutlich. Ziel ist es, die vorwettbewerbliche Forschung in der Nanoelektronik voranzubringen. ENIAC hat die Form eines „Joint Undertaking“ (JU) der EU, der zugehörigen Mitgliedstaaten und assoziierten Länder. Vertreter dieser Einrichtungen sitzen im Verwaltungsrat, während Industrie und öffentliche Einrichtungen in „Subcommittees“ eingeordnet sind. Der Finanzierungsmechanismus stellt eine Kombination aus Elementen der EU-Forschungsrahmenprogrammförderung und den EUREKA-Programmen (u. a. CATRENE) dar. Das Finanzierungsmodell der Projekte sieht vor, dass etwa 50 Prozent der Mittel aus der Industrie kommen, 35 Prozent von den jeweiligen Mitgliedstaaten und 15 Prozent aus EU-Mitteln. Aus Sicht der Teilnehmer gelingt somit eine Integration zwischen dem Forschungsrahmenprogramm und national geförderten Projekten (Experteninterviews). Neben der inhaltlichen Ausrichtung und der Initiierung von Public-Private-Partnership-Projekten auf dem Gebiet der Nanoelektronik sind die Unterschiede zu CATRENE vor allem im Verfahrensbereich zu sehen.

Im Gegensatz zu CATRENE sind für den erforderlichen Antrag bei ENIAC nicht nur zwei, sondern mindestens drei Projektpartner aus unterschiedlichen Ländern notwendig. Bei ENIAC ist der Auswahlprozess eng an das Verfahren der EU-Forschungsrahmenprogramme angelehnt. Allerdings verpflichten sich die Nationalstaaten bereits mit Beginn der Initiative auf einen Beitrag zum Gesamtbudget, der in der Regel für Unternehmen des Mitgliedstaates reserviert ist. Die Abstimmungsprozesse stellen sich als kompliziert heraus, weil grundsätzlich 19 Länder von den Ergebnissen der Kooperationen profitieren. Diese umfangreiche Integration aller Mitgliedsländer kann zwar die Legitimation des Programms erhöhen. Die Interessenfindung wird jedoch faktisch erschwert, da sich die Zahl der in der Nanoelektronik investierenden Länder auf einen kleineren Kreis beschränkt: Zu ihnen gehören Deutschland, Frankreich, die Niederlande, Italien und Großbritannien unter den Mitgliedstaaten sowie Österreich und die Schweiz unter den assoziierten Mitgliedern.

Zusammenfassend zeigen sich bei diesen europäischen Förderprogrammen bzw. Initiativen einige Probleme. Ein besonderes Problem in der Forschungs- und Technologiepolitik ist, dass das Ziel der Herausbildung eines Europäischen Forschungsraums mit nationalen Eigeninteressen zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit konkurriert. Erschwerend weisen im Fall der Nanoelektronik auf europäischer Ebene nur wenige Staaten eine Industrie auf und können direkt von ihrer Entwicklung profitieren. Die Entwicklung und Ausgestaltung dieser beiden Programme spiegelt die Koordinationsschwierigkeiten der Forschungspolitik zwischen Nationalstaaten und Europäischer Kommission wider. Dies zeigt sich auch in der inhaltlichen Ausrichtung der beiden Programme ENIAC und CATRENE, die sehr ähnlich gelagert ist (ENIAC 2007; CATRENE 2007). Die technologischen Ziele sind nahezu deckungsgleich, die strategische Ausrichtung ist in beiden Fällen sehr breitgefächert. Dies ist nicht zuletzt auf die nahezu gleiche Zusammensetzung der Adressaten, nämlich die beteiligten Industrieunternehmen zurückzuführen.

Deshalb wird häufig angemahnt, die Programme stärker zu fokussieren und auf bestimmte Ziele festzulegen (European Conference on Nanoelectronics 2009; Experteninterviews).¹⁹ Ziel sollte sein, die beiden Programme trennschärfer zu gestalten. Auch die Abschaffung zumindest eines der beiden Programme wurde diskutiert: Da in einigen EU-Mitgliedstaaten die Mittel für die Beteiligung an europäischen koordinierten Programmen gedeckelt sind, führte die Einführung des zweiten Programms zur Halbierung der Ressourcen. Einige Projekte erreichen da-

¹⁹ Zuletzt kam dies auch in den Statements einer Nanoelektronikkonferenz in Holland zum Ausdruck: „ENIAC and CATRENE operate in different settings, but both share the same goal: strengthening the competitive position of the European electronics industry in the global playing field. Our ambition should be to develop a common overall strategy, taking into account the qualities of each instrument“ (European Conference on Nanoelectronics 2009).

mit nicht mehr die kritische Masse, die nötig wäre, um wichtige Entwicklungen anzustoßen.

1.1.3 EU-Forschungsrahmenprogramm

Ein dritter Baustein in der Nanoelektronikförderung auf der europäischen Ebene sind die EU-Forschungsrahmenprogramme. Sie werden direkt von der Europäischen Kommission ausgeschrieben und verursachen keine Koordinationsprobleme mit den Mitgliedstaaten. Seit den 1980er Jahren sind die Forschungsrahmenprogramme der Union kontinuierlich gewachsen. Die Ausgaben für Forschung und Innovation stehen nun stärker im Vordergrund als noch vor 20 Jahren.

Das gegenwärtig gültige 7. Forschungsrahmenprogramm (FP 7) der Europäischen Union hat mit 50,5 Mrd. Euro ein 40 Prozent höheres Volumen als das vorherige Programm. Im Unterschied zu den vorangegangenen Jahren ist das aktuelle FP 7 sieben Jahre gültig und erlaubt den Unternehmen und Forschungseinrichtungen damit mehr Planungssicherheit.

Den Kern bildet das „Programm Cooperation“, in welchem Einrichtungen aus den verschiedenen Mitgliedsländern der Europäischen Union zu priorisierten Themen gemeinsam forschen. Für dieses Teilprogramm sind derzeit 32 Mrd. Euro veranschlagt. Die Nanoelektronik wird dabei vor allem in zwei Bereichen gefördert. Zum einen im Teilbereich Informations- und Kommunikationstechnik, der insgesamt ein Volumen von mehr als 9 Mrd. Euro hat. Und zum anderen im Bereich Nanowissenschaften, Nanotechnologien, Werkstoffe und neue Produktionstechnologien, der mit 3,5 Mrd. Euro gefördert wird. Ein großer Teil davon fließt in die Verbundforschung.

Von den befragten Experten werden die Themen und Auswahlverfahren des Europäischen Forschungsrahmenprogramms sehr geschätzt. Gerade im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik ist ein steter Austausch durch gemeinsame Forschungsprojekte besonders wichtig. Allerdings werden die EU-Rahmenprogramme auch teilweise als ineffizient und bürokratisch eingeschätzt. Der enorme zeitliche und organisatorische Aufwand halte dabei besonders kleinere und mittlere Unternehmen davon ab, sich zu beteiligen. Auch die Zeitspanne, bis neue Forschungsprogramme in Kraft gesetzt werden, wird als zu groß eingeschätzt. Die Ausschreibungshintergründe werden bereits vom Marktgeschehen überholt. Während der aktuellen Krise hat sich das Volumen der Projektbewerber deutlich erhöht. Nach Aussage der befragten Experten reichen die vorgesehenen Mittel nicht aus, um den Bedarf an krisenbedingten Ausfällen im Forschungsbudget zu decken.

1.2 Deutschland

Überblick und Rahmenbedingungen des Innovationsystems

Deutschland hat eine gut entwickelte Wissenschafts- und Forschungslandschaft. Mit Forschungsausgaben in Höhe von etwa 2,5 Prozent des Bruttoinlandsprodukts im Jahr

2006 liegt Deutschland oberhalb des OECD-Durchschnitts, wenn auch deutlich hinter Ländern wie Schweden, Finnland, Japan oder den USA (Legler/Krawczyk 2009). In den vergangenen Jahren ist es allerdings gelungen, die FuE-Ausgaben leicht zu steigern. Dies ist in erster Linie auf die stärkeren Investitionen der Privatwirtschaft zurückzuführen.²⁰

Bereits seit Mitte der 1990er Jahre verfügt die Bundesrepublik über eine „moderne Innovationspolitik“, die zum Beispiel technologieorientierte Initiativen mit regionalem Fokus im Rahmen von Wettbewerben auswählt (Eickelpasch/Fritsch 2005). Mit der Hightech-Strategie im Jahr 2006 wurde ein an der gesamten Wertschöpfungskette orientiertes Instrument entwickelt, in welchem zentrale Technologiebereiche priorisiert und Maßnahmen für die Unterstützung der einzelnen Elemente (z. B. Wissenstransfer, Finanzierungsmodelle, Forschungsprogramme) vorgeschlagen werden. Aktuell wird eine Fortsetzung der Hightech-Strategie ausgearbeitet.

Stand und Entwicklung der Halbleiterindustrie in Deutschland

Die Position und Herausforderungen Deutschlands als Nanoelektronikstandort wurden allgemein in Kapitel II näher beschrieben. Dabei wurde unter anderem die Stärke Deutschlands bei der Wissensbasis hervorgehoben. Für die Einordnung der Politikmaßnahmen sind im Folgenden aber besonders die Herausforderungen für die Produktion von hoher Bedeutung: Deutschland ist mit 88 Produktionsstätten im Bereich der Halbleiterelektronik aktuell der größte europäische Hersteller (JRC 2008). Die Produktion ist dabei in den vergangenen Jahrzehnten stärker gestiegen als in anderen europäischen Ländern (z. B. Großbritannien oder Frankreich). Mit der Entwicklung der Solartechnologie ist es zudem gelungen, eine weitere siliziumbasierte Technologie im eigenen Land zu entwickeln, die jedoch nur einen indirekten Bezug zur Nanoelektronik (z. B. ähnliches Know-how der Fachkräfte) hat (JRC 2008). Allerdings zeigen sich erhebliche Schwächen. Insbesondere die Fabriken der nächsten Technologiegenerationen werden nicht mehr in Deutschland gebaut. Vor allem im Hinblick auf die globale Produktion von Halbleiterelementen wird der deutsche Standort damit zunehmend bedeutungsloser.

Bedeutende Fördermaßnahmen

Wissensbasis

Die Forschungspolitik in der Nanoelektronik zeichnet sich durch einen Mix von nationalen Maßnahmen (z. B.

²⁰ Auch während der Wirtschaftskrise konnten diese Ausgaben konstant gehalten werden. Trotz des starken Einbruchs der Nachfrage haben die Unternehmen in Deutschland ihre Ausgaben für FuE kaum zurückgefahren, wodurch sich ein Anteil der Wirtschaft auf nunmehr 1,9 Prozent des BIP in 2009 ergibt (Stifterverband der deutschen Wirtschaft 2009). Da die staatlichen Ausgaben in der Forschung im Gegensatz zur Gesamtwirtschaft gewachsen sind, ist der Anteil der öffentlichen Ausgaben auf 0,77 Prozent gestiegen. Somit ergibt sich eine FuE-Intensität von knapp 2,7 Prozent für 2009.

institutionelle Förderung, Förderprogramme), durch eine Beteiligung an EU-Programmen sowie durch die Aktivitäten der Länder aus. Die stärksten Impulse kommen in Deutschland durch das BMBF sowie durch die Forschungspolitik der Länder.

Ein wichtiger Teil der Forschungsförderung in der Nanoelektronik erfolgt institutionell. Diese Institutionen sind nach Aussagen der befragten Experten international konkurrenzfähig. Dazu zählen besonders die großen Technischen Universitäten, wie z. B. Darmstadt, Braunschweig, Karlsruhe, München und Dresden. Darüber hinaus weisen auch die außeruniversitären Forschungsorganisationen umfangreiche Forschungsaktivitäten in der Nanoelektronik auf: die Max-Planck-Gesellschaft (MPG), die Fraunhofer-Gesellschaft (FhG), die Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) und die Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL). Daneben werden Sonderforschungsbereiche durch die DFG finanziert.

Ein wichtiges Instrument zum Aufbau von branchenspezifischem Wissen und Vernetzung ist das Förderprogramm IKT 2020 des BMBF, welches bis zum Jahresende 2011 läuft. Das Programm zählt zur Hightech-Strategie und enthält einige halbleiterspezifische Programmelemente, die sich insbesondere an KMU richten. Schwerpunkte des Programms sind:

- Kompetenzzentren im Bereich Bauelemente und Geräte für die Elektronikfertigung,
- organische Elektronik,
- magnetische Mikrosysteme,
- neuartige Elektronik für die Erschließung neuer Anwendungen.

Eine Fördermaßnahme innerhalb des Programms IKT 2020, von der KMU in der Halbleitertechnologie stark profitieren, ist die „KMU-Innovationsoffensive Informations- und Kommunikationstechnologie“. Ziel dieses Förderbereichs ist es, die Antragstellung für KMU zu vereinfachen und risikoreiche Forschung zu ermöglichen (Prognos/VDI 2008).

Dabei sind die Vorhaben der FuE-treibenden Unternehmen eng an den Leitbranchen der wichtigsten Elektronik-anwendungsfelder wie Mobilität, Automobilbau und Logistik auszurichten. Darin wird die enge Ausrichtung der Forschungsförderung des BMBF an den wichtigen Leitbranchen deutlich. Unternehmen können bis zu 50 Prozent, öffentliche Forschungseinrichtungen mit bis zu 100 Prozent gefördert werden.

Im Zuge des Förderprogramms IKT 2020 fokussierte das BMBF seine Aktivitäten in der Mikro- und Nanoelektronik stärker auf den Aufbau von Kompetenzzentren. Die geförderten Kompetenzzentren und Cluster sollten dabei wichtige Kriterien erfüllen: Der Ertrag für möglichst viele Anwendungsfelder soll sichtbar sein, die Integration der gesamten Wertschöpfungskette muss gegeben sein und die Verfahren und Ansätze müssen hoch innovativ sein (Prognos/VDI 2008). Außerdem sollen die Projektergeb-

nisse nicht nur der Industrie, sondern auch den Forschungseinrichtungen zugute kommen.

Seit dem Jahr 2007 werden innerhalb dieser Programme verschiedene Projekte zur Nanoelektronik gefördert, die vor allem am Halbleiterstandort Dresden angesiedelt sind:

- Im Projekt SIMKOM standen eine frühzeitige physikalische Modellierung und Simulation von Materialkombinationen, Architekturen und technologischen Prozessen im Vordergrund, durch welche insbesondere Zeit- und Kostenvorteile erzielt werden können. Wichtigste industrielle Partner waren AMD und Qimonda. Das Fördervolumen betrug 9 Mio. Euro.
- Im Projekt KONDOR geht es um die Erkundung der Möglichkeiten von neuartigen Materialien und Prozessen für die Datenspeicherung bei geringem Energieverbrauch. Das Projekt wurde in Kooperation von Qimonda und dem neu gegründeten NamLaboratory durchgeführt, welches an der Technischen Universität Dresden angesiedelt ist. Mögliche Anwendungsfelder sind die Medizintechnik sowie die mobile Diagnostik (Prognos/VDI 2008).
- Das Projekt Nanoanalytik des BMBF zielt auf die Charakterisierung neuer Analysemethoden kommender Chipgenerationen ab. Das Projekt wurde als Joint Venture von Qimonda, AMD und Carl Zeiss vom BMBF mit 12 Mio. Euro gefördert.

Ebenfalls zur Hightech-Strategie gehört die im Jahr 2007 gestartete Innovationsallianz „Automobilelektronik“. Durch die Bündelung öffentlicher und privater Mittel sollen strategische Ziele bei der Entwicklung neuer innovativer Systeme in der Automobilelektronik verwirklicht werden. Das Programm soll flexibel bei der inhaltlichen Ausgestaltung auf die benötigten Ressourcen reagieren können. Partner innerhalb der Initiative sind Bosch, Daimler, Audi, BMW, Continental, Elmos und Infineon. Bei einem Volumen von insgesamt 500 Mio. Euro wird der Beitrag des BMBF etwa 100 Mio. Euro betragen.

Neben der Förderung des Bundes sind regionale Initiativen der Länder bedeutsam. Besonders die befragten Unternehmen in Sachsen gaben an, dass die regionalen Initiativen weitaus stärker genutzt werden als die Bundesprogramme. Zu den individuellen Maßnahmen des Landes gehört die einzelbetriebliche FuE-Förderung. Hier können bis zu 65 Prozent der Kosten von Unternehmen gefördert werden. Das Programm wird gefördert aus den Mitteln des Europäischen Regionalfonds (EFRE). Die besonderen Fördermittel werden in dieser Form allerdings nur noch bis Ende 2013 zur Verfügung stehen, da ab diesem Zeitpunkt z. B. die Regionen Dresden und Chemnitz nicht mehr Bestandteil des Zielgebiets 1 sind und neu bewertet werden.

Die befragten Experten bewerten die deutschen FuE-Förderprogramme wie folgt:

- Die Antragstellung und Durchführung der Förderung durch nationale und regionale Institutionen in Deutschland wird sehr positiv beurteilt. Die Antrags-

bearbeitung erfolgt zeitnah und unbürokratisch. Nur bei Anträgen auf EFRE-Fördermittel beklagen die befragten KMU einen hohen Aufwand (u. a. aufgrund der Vielzahl von eingebundenen Institutionen bei der Förderung).

- Nahezu alle der befragten Experten sehen die Verwertungsregeln bei der nationalen Fördermittelvergabe kritisch. Nach diesen Regeln sind nur die Projekte förderungsfähig, bei denen Prozesse/Produkte entwickelt werden, die national genutzt, produziert oder verarbeitet werden.²¹ Diese Regelung zielt auf die Förderung solcher Aktivitäten ab, bei denen sich große Teile der Wertschöpfungskette im Inland befinden und dort beschäftigungswirksam werden. Sie ist daher grundsätzlich gut nachvollziehbar. Allerdings ist der Förderausschluss von FuE für Aktivitäten, die auf Produkte und Prozesse für Auslandsmärkte abzielen, nach Ansicht der befragten Experten folgenreich. Es fallen einige Marktsegmente (z. B. Mobilkommunikation) aus der nationalen Förderung komplett raus, da sich der Absatzmarkt der Halbleiterprodukte fast ausschließlich im Ausland befindet. Darüber hinaus haben die inländischen KMU-Akteure in vorgelagerten Wertschöpfungsstufen (Equipmenthersteller, Designunternehmen, Dienstleister) in der Regel nur Förderungschancen, wenn sie einen inländischen Anwender finden. Da diese Unternehmen zunehmend international ausgerichtet sind und eine gewisse Unabhängigkeit besonders von inländischen Anwenderunternehmen erreichen möchten – was sich z. B. im Fall von Qimonda als sinnvolle Strategie erwiesen hat –, können sie diese Auflage oft nicht erfüllen. Zukünftig ist eine Verschärfung dieser Problematik zu befürchten, da die Internationalisierung der Absatzmärkte voraussichtlich weiter zunehmen wird.

Wissenstransfer und Vernetzung

Bei der Stärkung der angewandten Forschung ist es immer wichtiger geworden, die Verbesserung der Technologien direkt in die Produktion zu integrieren. Aus diesem Grund sind die Public Private Partnerships in der Nanoelektronik auch in Deutschland zu einem wichtigen Instrument geworden. Als eine institutionelle Innovation ist hier das Advanced Mask Technology Center (AMTC) zu nennen: Mit Unterstützung des BMBF ist es gelungen, industrielle Entwicklung, Produktion und Forschung mit der Einrichtung des AMTC im Jahr 2003 enger zu verzahnen. Das AMTC wurde 2002 als Gemeinschaftsunternehmen von AMD (später Globalfoundries), Infineon (später Qimonda) und DuPont Photomasks (später Toppan) gegründet. Auch das Fraunhofer Center Nanoelektronik-

sche Technologien (CNT) ist ein Beispiel der Integration von industrieller und öffentlicher Forschung. Das Institut war mit der maßgeblichen Beteiligung von AMD (später Globalfoundries) und Qimonda gegründet worden. Nach der Insolvenz von Qimonda ist nun Globalfoundries noch stärker institutionell eingebunden. Von den Reinraumkapazitäten und Forschungsleistungen des Instituts konnten die in Dresden ansässigen Technologieunternehmen profitieren. Ein weiteres Public-Private-Partnership-Projekt in Dresden ist das Namlab, das ebenfalls einen Reinraum betreibt. Auch hier musste nach der Insolvenz von Qimonda ein Ersatz gefunden werden.

Seit dem Erfolg der Bio-Regio-Initiative des BMBF Mitte der 1990er Jahre hat die wettbewerbsorientierte Clusterpolitik auch in Deutschland starken Auftrieb erhalten. Im Jahr 2008 hat das BMBF sogenannte Spitzencluster ausgeschrieben, an denen sich Unternehmen und Forschungseinrichtungen beteiligen konnten, die sich zu einem Netzwerk zusammengeschlossen haben. Es ist ein wichtiger Baustein innerhalb der Hightech-Strategie, die den strategischen Ausbau des Hochtechnologiesektors zum Ziel hat. Das Programm hat ein Volumen von insgesamt 200 Mio. Euro. In Sachsen ist das Netzwerk „Cool Silicon“ erfolgreich, an welchem die Fraunhofer Institute, Infineon sowie AMD und weitere klein- und mittelständische Unternehmen beteiligt sind. Ziel des Netzwerks ist die Entwicklung energieeffizienter IT-Systeme, in die elektronische Bauelemente integriert sind, die den CO₂-Ausstoß maßgeblich verringern (www.cool-silicon.de). Dabei sollen die Erkenntnisse zur Energieeffizienzsteigerung in der Mikro- und Nanoelektronik Eingang in nachgelagerte Bereiche wie die Breitbandfunksysteme und vernetzte Sensorik finden und umgekehrt Anforderungen der Anwenderbranchen den Halbleiterfirmen zugänglich gemacht werden. Potenzielle Anwendungen sind energiesparende „Computing“-Plattformen, energiesparende „E-Reader“ oder auch kabellose Sensornetze.

Einen wichtigen Anteil an der Steigerung der Forschungsintensität und des Wissenstransfers haben auch hier die Aktivitäten der Landesregierung Sachsens. Die Forschungs- und Entwicklungsverbundförderung des Freistaates ermöglicht eine Kostenübernahme von bis zu 70 Prozent. Gefördert werden können Projekte, die die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren anstreben und zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen durchgeführt werden. Die Mittel werden aus dem oben genannten Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

Industrielle Akteure und Produktion

Im Zuge der wirtschaftlichen Neuordnung der Neuen Bundesländer nach 1990 eröffnete sich die Möglichkeit, den Produktionsstandort Deutschland durch die Ansiedlung von Siemens in Dresden zu stärken. Vor dem Hintergrund damals bestehender Beihilferegelungen galten die umfangreichen Subventionen der Bundesregierung als vereinbar mit dem Gemeinsamen Europäischen Markt, insbesondere aufgrund der strukturpolitischen Zielsetzungen der Europäischen Union (Kap. IV.2). Gleiches galt

²¹ Falls die Verwertung nach Fördermittelerteilung doch im Ausland stattfindet, müssen die Fördermittel rückerstattet werden. Der Fördermittelgeber kann im Fall global agierender Unternehmen unter bestimmten Umständen auch ein sogenanntes Reziprozitätsprinzip anwenden. Dann können Ergebnisse teilweise auch an anderen Standorten außerhalb Deutschlands verwendet werden, wenn im Gegenzug Know-how und Resultate anderer Forschungsprojekte wieder nach Deutschland zurückfließen (VDI/Prognos 2008).

für die Ansiedlung von AMD am selben Standort. Die Unterstützung der Großinvestitionen wurde dabei von allen Gebietskörperschaften (Bund, Land und Kommunen) unterstützt. Besonders der Freistaat Sachsen verfolgte mit seiner Konzentration auf aussichtsreiche Wirtschaftsbeiriche eine Leuchtturmpolitik, in welcher der staatlichen Subvention von Hochtechnologien eine wichtige Rolle zukam.

Nach Auswertungen von Prognos/VDI (2008) des EU-Beihilfenregisters beliefen sich die genehmigten Beihilfen zwischen 2002 und 2007 für Investitionen am Standort Dresden in der Halbleiterindustrie auf insgesamt 1,555 Mrd. Euro. Diese Summe setzt sich aus Investitionsbeihilfen des Bundes und des Landes Sachsen als regionaler Gebietskörperschaft zusammen. Bei einer Investitionssumme von etwa 8 Mrd. Euro (Prognos/VDI 2008) zeigt dies die erheblichen Anstrengungen des Bundes und des Landes am Standort Sachsen.

Mit Ausnahme von Qimonda sind viele in diesem Rahmen geförderten Unternehmen (Infineon, Globalfoundries) auch heute noch am Standort Dresden sehr aktiv. Als Gründe hierfür gelten neben den hohen Investitionen z. B. auch die oben genannten Bemühungen des Landes Sachsen, die Forschungseinrichtungen stärker mit den Unternehmen zu verzahnen.

Allerdings hat es in den vergangenen Jahren kaum große Neu- oder Erweiterungsinvestitionen in Deutschland gegeben. Der Standort Dresden scheiterte beim Versuch beim Bau von Fertigungsstätten zum Zuge zu kommen, z. B. im Fall einer Produktionsanlage von AMD im Jahre 2006, die schließlich in Albany (USA) aufgebaut wurde. Als Hauptgrund werden von vielen Beobachtern die eingeschränkten Fördermittelmöglichkeiten durch die Neuregelungen der EU-Beihilfenkontrolle gesehen (ESIA 2008; Prognos/VDI 2008; SEMI 2008a; Experteninterviews). Wie in Kapitel IV.3.2 näher dargestellt wird, sind Investitionsförderungen nach dem seit dem Jahr 2002 geltenden Beihilferahmen für Großinvestitionen nicht mehr in dem Ausmaß möglich wie zuvor.

Wichtige Instrumente zur Investitionsförderung in Deutschland sind die Mittel aus dem Programm „Gemeinschaftsaufgabe“ (GA) und das nur in Ostdeutschland gültige Investitionszulagengesetz. Beim Investitionszulagengesetz werden Investitionsvorhaben des Verarbeitenden Gewerbes, bestimmter produktionsnaher Dienstleistungen sowie das Beherbergungsgewerbe unterstützt. Der Fördersatz variiert nach Unternehmensgröße, Gebiet und Größe der Investition. Nach dem Investitionszulagengesetz 2010 werden die Fördersätze schrittweise bis 2013 herabgesetzt. Beispielsweise wird der Fördersatz bei Investitionen unter 50 Mio. Euro in Nichttrandgebieten bei KMU von 25 auf 5 Prozent, bei Großunternehmen von 12,5 auf 2,5 Prozent, reduziert. Bei Großinvestitionen kommen reduzierte Fördersätze gemäß des EU-Beihilferechts zum Tragen (Kap. IV.3.2).

Die Höhe der Förderung aus dem Programm GA richtet sich nach den insgesamt zulässigen Beihilfen gemäß dem europäischen Beihilferahmen (Kap. IV.2). Mittel aus dem

Programm Gemeinschaftsinitiative werden nur in denjenigen Regionen gewährt, welche die Kriterien für die regionalen Beihilfen erfüllen. Dies sind neben den ostdeutschen Bundesländern einige Bundesländer im ehemaligen Zonenrandgebiet sowie andere strukturschwache westdeutsche Regionen. Da die Mittel aus dem Investitionszulagengesetz in den neuen Bundesländern ohne Antrag gewährt werden, können weitere Mittel aus dem GA nur bis zu dem zulässigen Förderhöchstbetrag beantragt werden. Zusammengekommen dürfen die gewährten Beihilfen aus dem GA und dem Investitionszulagengesetz die Höchstgrenze also nicht überschreiten. Beispielfhaft würden bei einer maximalen Beihilfeintensität von 30 Prozent für die Investition eines Großunternehmens 17,5 Prozent nach dem Investitionszulagengesetz sofort gewährt, die übrigen 12,5 Prozent aus der GA-Initiative müssen beantragt werden.

Diese genannten Fördermöglichkeiten sind eine wichtige Grundlage für die Wirtschaftsförderung in Sachsen im Bereich der Nanoelektronik. In vielen Bundesländern findet dagegen nur eine geringfügige oder gar keine Investitionsförderung in der Nanoelektronik statt. Beispielsweise plant Bosch am Standort Reutlingen für das Frühjahr 2010 die Inbetriebnahme eines weiteren Halbleiterwerks mit 200 mm Fertigung und einem Testzentrum. Die Anwendungen liegen im Bereich der Motor- und elektronischen Getriebesteuerung und lassen sich damit dem Feld der Leistungselektronik zurechnen. Das Investitionsvolumen beläuft sich auf über 600 Mio. Euro und wird nach Unternehmensangaben ohne jede staatliche Beihilfe realisiert.

Für den internationalen Politikvergleich ist das Verhalten der politischen Akteure im Fall der Probleme der Speicherchiphersteller in der Wirtschaftskrise interessant: Qimonda galt als der letzte verbliebene voll integrierte Speicherchiphersteller in Europa mit umfangreichem Technologieportfolio. In der Krise der Halbleiterhersteller ist es nicht gelungen, einen Investor zu finden, der die Produktions- und Entwicklungsstätten als Ganzes übernommen hätte. Lediglich einzelne Teile etwa für das Grafikgeschäft konnten erhalten werden (Jaffé 2009).

Die Bundesregierung hatte den Insolvenzverwalter zwar stark bei der Suche nach Investoren unterstützt, aber keine staatliche Unterstützung in Aussicht gestellt (Jaffé 2009). In dieser Haltung zeigten sich deutliche Unterschiede zu Politikmaßnahmen in Asien, welche die Unternehmen in der Krise stark unterstützten und Unternehmen durch staatliche Beteiligung und erzwungene Fusion konsolidierten (Kap. III.2). Der geringere staatliche Markteingriff, vermutlich aufgrund des restriktiven europäischen Beihilferahmens zur Rettung von Unternehmen (Kap. IV.2), wurde dabei deutlich.²²

Stärker als die Bundesregierung hatte das Land Sachsen bis zuletzt nach einer Lösung gesucht, das Unternehmen

²² Allerdings zeigen sich dabei auch Unterschiede zu Aktivitäten in anderen Branchen (z. B. im Fall Opel), in denen die Politik trotz der restriktiven Richtlinien zur Rettungsbeihilfe hohe Unterstützung gewährte (SVR 2009).

zu erhalten, allerdings ohne das Risiko einer Staatsbeteiligung. Zusammen mit Portugal war die Bildung eines Rettungspaketes geplant, an dem sich auch Infineon beteiligen sollte. Über die Höhe und Bedingungen konnten sich die Partner jedoch nicht einigen (Börsen Zeitung 2009). Dies hatte die endgültige Auflösung des Unternehmens zur Folge. Im Rahmen der Standortprobleme durch den Wegbruch Qimondas im Raum Dresden, wurde in Sachsen eine „task force Mikroelektronik“ und in der Folge ein Beratungsgremium mit dem Auftrag einberufen, neue Entwicklungsmöglichkeiten für die Mikro- und Nanoelektronik im Raum Dresden aufzuzeigen. Dabei schlug man unter anderem den Aufbau eines Wissenschaftszentrums Mikro- und Nanoelektronik vor, welches eine starke internationale Aufmerksamkeit erlangen sollte (task force Mikroelektronik 2009). Damit soll für den Fall vorgesorgt werden, dass die hochvolumige Halbleiterproduktion weiter aus Europa abwandert. Im Kern des Papiers steht die Einrichtung einer Pilotanlage für die 3-D-Integration, basierend auf einer 300-mm-Technologie, die aus einem Frontend-Bereich (der Produktion von Chips) und einer 3-D-Integration besteht (task force Mikroelektronik 2009).²³ Die Kosten einer derartigen Pilotlinie werden als sehr hoch eingeschätzt – allein die Kosten der Errichtung liegen im dreistelligen Millionenbereich – und es wird notwendig sein, einen industriellen Partner für die Realisierung dieses Projekts zu finden (task force Mikroelektronik 2009). Damit wird auch das Ziel deutlich, durch Schaffung sehr industrienaher, anwendungsorientierter Pilotlinien einen starken Anreiz zur Ansiedlung und Etablierung von Technologieunternehmen zu schaffen. Inzwischen hat der Aufbau eines Fraunhofer-Instituts zur 3-D-Integration in Dresden mit dem Namen ASSID (All Silicon Systems Integration Dresden) vom Land Sachsen und der Fraunhofer-Gesellschaft stattgefunden.²⁴ Die ersten Ergebnisse des Beratungsgremiums Mikroelektronik Sachsen mit weiteren ausgearbeiteten Handlungsvorschlägen werden bis Ende des Jahres erwartet.

Nachfrage und Rahmenbedingungen

Bislang hielt sich Deutschland mit gezielter Unterstützung der Nachfrage zurück. Beispielsweise ist die Nachfrage durch den Militärsektor im Vergleich zu den USA gering. Im Zuge der Finanzkrise werden nachfragegesteuerte Prozesse der Technikentwicklung wieder bedeutsamer. Eine langfristige Wirkung versprechen sich die Experten von der Initiative der Bundesregierung, die Elektromobilität in Deutschland zu stärken. Die gezielte Förderung der Elektromobilität könnte eine hohe Nachfrage nach veränderten elektronischen Komponenten im Automobilbereich zur Folge haben und die Systemkompetenz der deutschen Hersteller festigen, die hier international sehr wettbewerbsfähig sind.

²³ Unter 3-D-Integration wird die Integration von Schaltkreisen in der dritten Dimension verstanden. Die 3-D-Integration ermöglicht wesentlich kürzere Verbindungswege und somit Leistungssteigerungen sowie Verringerungen des Strombedarfs.

²⁴ www.forschung.sachsen.de/2215.html.

Gesamteinschätzung

Insgesamt zeigen sich für Deutschland bei der Förderung der Wissensbasis sowie Wissensanwendung und -vernetzung vielfältige Ansätze. Die Bemühungen der staatlichen Akteure in Deutschland beinhalten alle Ebenen der politischen Steuerung: Die kommunale, regionale und die Bundesebene. Dabei zeigen sich aber auch divergierende Perspektiven und die Notwendigkeit einer Koordinierung im Rahmen der Finanzkrise, wie das Beispiel Qimonda zeigt.

Einige der befragten Experten bemängeln das Fehlen einer klaren und einheitlichen Strategie und ein zu geringes „Commitment“ der Politik zur Nanoelektronik. Allerdings sind auch die Risiken solcher staatlicher Eingriffe (Subventionswettbewerb etc.) zu beachten, die in Kapitel IV.1 diskutiert werden.

Bei der Halbleiterproduktion hat Deutschland im Rahmen der Wiedervereinigung die Chance genutzt, Fertigungsstätten zu fördern und aufzubauen. Die geringeren aktuellen strukturpolitischen Förderungen haben zusammen mit dem stärkeren Wettbewerb aus Asien den Produktionsstandort wieder verstärkt unter Druck gesetzt.

1.3 Frankreich

Überblick und Rahmenbedingungen des Innovationsystems

Frankreich gilt als eine der größten westeuropäischen Volkswirtschaften mit einer ausdifferenzierten Wissenschafts- und Forschungslandschaft. Die FuE-Intensität liegt mit 2,1 Prozent im Jahr 2006 über dem Durchschnitt der OECD-Länder (Legler/Krawczyk 2009). Seit einigen Jahren ist dieser Indikator leicht rückläufig (1995: 2,29 Prozent).

Die Forschungs- und Innovationspolitik in Frankreich ist geprägt von staatlicher Intervention. Eine besondere Rolle haben die sogenannten „Großen Programme“ („grands programmes“) gespielt, die auf die Entwicklung spezifischer Technologien abzielen. Diese Programme hatten lange Zeit einen großen Anteil an der öffentlich geförderten Forschung. Sie begünstigten häufig große Unternehmen, die gezielt zu nationalen Champions aufgebaut werden sollten. Beispiel hierfür ist die Luftfahrtindustrie, die zwischen 1999 und 2003 etwa 35 Prozent der öffentlichen Unterstützung für Industrieforschung erhielt (Laredo/Mustar 2004). In der Halbleiterelektronik profitierte vor allem das Unternehmen Thomson Electronics stark von staatlichen Interventionen.

Seit den 1990er Jahren vollzieht sich zunehmend ein Wandel in der Innovationspolitik. Im Jahr 1999 wurde ein Gesetz zur Forschung und Innovation eingeführt, das wissenschaftsorientierte Gründungen stark fördern soll. Zunehmend wird versucht, den Technologietransfer auch zu kleinen und mittleren Unternehmen zu intensivieren und die Forschungslandschaft zu verbreitern.

Entwicklung und aktuelle Situation der Halbleiterindustrie

Die französische Elektronikindustrie ist in einigen Bereichen global aufgestellt und verfügt über international agierende Großunternehmen und eine ausdifferenzierte FuE-Landschaft. Das bestimmende Unternehmen der französischen Industrie ist STMicroelectronics, welches 90 Prozent seiner Forschungsaktivitäten in Frankreich durchführt (v. a. an den Standorten Crolles, Rousset und Tour). STMicroelectronics ist aus einer Fusion von Thomson Electronics und Microelectronica Italia hervorgegangen. Mit der Produktion dieses Unternehmens verfügt Frankreich (zusammen mit Italien, wo ebenfalls Standorte des Unternehmens sind) über 3,3 Prozent der weltweiten Chipproduktion. Frankreich ist mit 34 Halbleiterproduktionsstätten hinter Deutschland und Großbritannien der drittgrößte Standort innerhalb der Europäischen Union (JRC 2008). Es zeigen sich aber wie in Deutschland Probleme durch eine zunehmende Verlagerung von Produktionsstätten in Richtung Asien (Saunier 2008).

Am weltweiten Umsatz in der Halbleiterindustrie hat Frankreich einen Anteil von 4 Prozent. Seit Ende der 1980er Jahre ist Frankreich auch Ziel von Direktinvestitionen wichtiger ausländischer Unternehmen im Bereich der Halbleiterindustrie geworden. So betreibt Freescale ein Forschungs- und Entwicklungszentrum in Toulouse mit einer Pilot- und Produktionslinie für Automobil- und Telekommunikationsanwendungen (JRC 2008).

Bedeutende Fördermaßnahmen

Wissensbasis

Charakteristikum der französischen Forschungslandschaft ist die Konzentration und Bündelung von Kompetenzen in großen Forschungszentren. Dazu gehört auch das CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique), zu dessen zentralen Forschungsbereichen Verteidigungsforschung und Sicherheit, aber auch Informations- und Kommunikationstechnologien gehören.

Im Bereich der Nanoelektronik zählt das CEA LETI in Grenoble als das zentrale Institut innerhalb der Forschungsorganisation. Ursprünglich als Forschungseinrichtung für die Kernenergie ausgerichtet, hat sich LETI zu einem anwendungsorientierten Forschungszentrum für Mikro- und Nanoelektronik herausgebildet. Zusammen mit dem „Grenoble Institute of Technology“ stand LETI im Kern der Strategie, die regionalen Aktivitäten in der Nanoelektronik im Cluster MINATEC zu bündeln. In den 1990er Jahren war LETI sehr intensiv an der Herausbildung der „Silicon-on-Insulator“-Technologie²⁵ beteiligt, in deren Folge eine Reihe von Unternehmen ausgegründet wurden. (u. a. SOITEC und Tronics Microsystems).

²⁵ „Silicon on insulator“ bezeichnet eine Herstellungstechnologie für integrierte Schaltkreise auf Basis von Siliziumsubstraten, welche auf einem isolierenden Material aufgebracht werden. Der Vorteil dieser Technologie sind kürzere Schaltzeiten und geringere Leistungsaufnahmen.

Heute beschäftigt LETI etwa 1 500 Mitarbeiter (www.nanoforum.org).

Durch massive Investitionen in Labor- und Reinraumausrüstung können umfangreiche technologische Entwicklungen am Standort Grenoble vorangetrieben werden. Dazu zählen eine Nanocharakterisierungsplattform sowie eine 200-mm- und eine 300-mm-Produktionslinie. Dadurch ist LETI in der Lage, umfangreiche Forschungsk Kooperationen mit den großen Unternehmen in der Region zu betreiben, unter anderem STMicroelectronics und Freescale. Zentrale Anwendungsbereiche der Forschung sind die Medizintechnik, Mobiltelefonie und Sicherheitstechnik. Daneben unterhält LETI zahlreiche internationale Kooperationen mit anderen Institutionen wie der Fraunhofer-Gesellschaft und VTT in Finnland.

Die größten Forschungseinrichtungen in Frankreich sind die außeruniversitären Institute des „Centre National de la Recherche Scientifique“ (CNRS). Im Jahr 2005 sind einige Institute und Einrichtungen zu Carnot-Instituten umgewidmet worden. Diese Umwidmung wurde als Qualitätsmerkmal gewertet, und allen Instituten, die in einer landesweiten Ausschreibung dieses Label bekamen, wurden zusätzliche Mittel in Aussicht gestellt. Das Carnot-Netzwerk besteht aus 33 Instituten und 12 800 Forschungsspezialisten, die sich verpflichtet haben, Forschungspartnerschaften mit den Unternehmen zu entwickeln und den Transfer von Technologien zu fördern. Aufgabengebiete der Einrichtungen sind der Technologietransfer, wobei das Modell der Fraunhofer-Gesellschaft in Deutschland als Vorbild diente. Eine Vielzahl technischer Disziplinen werden hierbei abgedeckt: u. a. Mikro- und Nanotechnologien, IKT, Ökosysteme und Geowissenschaften, Energie, Materialien und Mechanik, Chemie und Life Sciences.

Bei der Programm- und Projektförderung nehmen die europäischen Programme (CATRENE und ENIAC) eine wichtige Rolle ein. Zwar liegen keine aggregierten Daten für die Fördersumme vor. Nach Aussagen der Experten ist die Beteiligung Frankreichs allerdings erheblich höher als die von anderen Ländern, wie z. B. Deutschland. Daneben ist das Ende 2008 bekannt gewordene Programm Nano 2012 bedeutsam für die weitere Entwicklung der Halbleiterindustrie in Frankreich (Kap. IV.3.2). Der französische Staat wird dieses Projekt direkt mit 457 Mio. Euro unterstützen. Insgesamt hat es ein Volumen von ca. 2,3 Mrd. Euro, etwa 650 Arbeitsplätze sollen im Zusammenhang mit dieser Initiative neu entstehen. Ausrüstungsinvestitionen von etwa 1 Mrd. Euro sind geplant (BFAI 2009; Europäische Kommission 2009a). Das Programm zielt auf die Entwicklung neuer Halbleitergenerationen in den Bereichen „More Moore“ und „More than Moore“ ab. Bedeutendster industrieller Akteur in den Maßnahmen des Programms Nano 2012 ist STMicroelectronics.

Zur Steigerung der privaten FuE-Aktivitäten setzt Frankreich mit dem CIR (Crédit Impôt Recherche) auf steuerliche Anreize. Das CIR sieht eine Reduktion der Steuerlast im Verhältnis zu ihren FuE-Ausgaben vor. Vor den Änderungen im Jahr 2008 bestand die Förderung aus einem

steuerlichen Erlass von 10 Prozent des FuE-Budgets und 40 Prozent des zusätzlichen FuE-Aufkommens (im Verhältnis zum Durchschnitt der vorhergehenden Jahre). Im Jahr 2008 wurde das Gesetz vereinfacht: Bis zu einem FuE-Budget von 100 000 Euro sind 30 Prozent anrechenbar, die Summen darüber hinaus mit 5 Prozent (International Tax Review 2008).

Wissenstransfer und Anwendung

Als Maßnahmen mit der stärksten Langzeitwirkung in der französischen Forschungslandschaft gelten Initiativen, welche die unternehmerischen Kräfte und Forschungspotenziale bündeln und zu stärkerer Sichtbarkeit führen (Muller et al. 2008). Dieser starke regionalpolitische Ansatz hat sich auch in vielen anderen westlichen Ländern durchgesetzt. In Frankreich wurden in den Jahren 1998 und 1999 insgesamt 16 Innovationsnetzwerke gegründet, von denen eines einen Schwerpunkt in Mikro- und Nanoelektronik hat (das im Jahr 1999 gegründete Nationale Netzwerk für Mikro- und Nanotechnologie) sowie drei Netzwerke im Bereich Informations- und Kommunikationstechnik (Nationales Netzwerk für Telekommunikationsforschung, gegründet 1998; Nationales Netzwerk für Softwaretechnologie, gegründet 1999). Mit der Gründung dieser Netzwerke sollten Mittel nach dem Leuchtturmprinzip in vielversprechende Projekte geleitet werden (Trumbull 2004, S. 35).

Zur Stärkung der regionalen Kräfte hat die Entwicklung der großen Förderagenturen beigetragen (Muller et al. 2008). Die Region Grenoble verfügt beispielsweise inzwischen durch die staatlich angeordnete Regionalpolitik über mehr als 6 500 regionale FuE-Kooperationen mit umfangreicher KMU-Beteiligung.

Diese Bemühungen verstärkten sich im Jahr 2005 mit der Initiative der „pôles de compétitivité“. Mit dieser Initiative sollten Synergien zwischen öffentlichen Forschungseinrichtungen, Firmen und Bildungsinstitutionen in einem begrenzten regionalen Raum erreicht oder bestehende lose Verbindungen durch aktive Partnerschaften verbessert werden. Ein wichtiger Treiber dieser Entwicklung war das durch die Europäische Kommission angestoßene Ziel eines Europäischen Forschungsraums, zu dem die regionalen Initiativen beitragen sollten. Die Hilfen reichten von direkter Beihilfe über Steuererleichterungen bis hin zu erleichtertem Zugang zu anderen Förderinstrumenten (Muller et al. 2008). Im Jahr 2005 wurden von 100 Projekten 66 zugelassen und mehr als 1,5 Mrd. Euro für 3 Jahre dafür zur Verfügung gestellt. Ein wichtiges Kriterium bildete dabei neben den vorhandenen Kooperationen die internationale Sichtbarkeit des Clusters. Die „pôles de compétitivité“ haben mit ihrer Fokussierung auf die Schaffung attraktiver Standorte und Ökosysteme für Innovationen insbesondere den Elektroniksektor in Grenoble stark unterstützt. Zu den sichtbarsten Clustern zählen inzwischen vier direkt zur Halbleiterindustrie (Saunier 2008). Verbunden mit der massiven staatlichen Unterstützung, die mit diesem Wettbewerb einhergeht, konnte der Trend zur Verlagerung aufgehalten werden. Allerdings steht das Konzept der „pôles de com-

pétitivité“ auch unter Kritik: So moniert Saunier (2008) die zu große Anzahl der Cluster, welche die Generierung von Spill-over-Effekten erschwert.

Industrielle Akteure und Produktion

Die industriell wichtigste Entwicklung war die staatlich forcierte Gründung der „Crolles-2“-Allianz im Jahr 2002 – eine strategische Partnerschaft zwischen den Großunternehmen STMicroelectronics, NXP und Freescale. Die staatliche Beteiligung betrug im Jahr 2002 zunächst 60 Mio. Euro (Beffa 2005). Ziel war es, durch die gemeinsame Entwicklung einer Technologie die Kosten der einzelnen Teilnehmer zu senken. Zentrales Instrument für die Herstellung einer gemeinsamen Technologieplattform war ein an ein Forschungszentrum angeschlossenes Labor, das mit dem Ziel aufgebaut wurde, eine auf 90, 65 und 45 nm ausgerichtete CMOS-basierte Technologie zu entwickeln. Darüber hinaus wurde eine Pilotlinie für die 300-mm-Waferproduktion eröffnet, auf der die neu generierten Verfahren getestet werden können. Die Allianz war zunächst auf fünf Jahre angelegt und endete auch mit dem Ausstieg von NXP und Freescale im Jahr 2007. Aus der Sicht von STMicroelectronics lag das Hauptproblem darin begründet, dass die Allianz zu klein geworden war, um die enormen Kosten für diese Anlage zu stemmen (Saunier 2008).

In Grenoble werden die Miniaturisierungsanstrengungen der CMOS-Technologien der dort angesiedelten Unternehmen in Zusammenarbeit mit CEA LETI aber weiter vorangetrieben. Damit sollen die Produktionskapazitäten am Standort von derzeit 2 800 auf 4 500 Siliziumscheiben pro Woche erhöht werden, (BFAI 2009). Zusammen mit IBM soll in Grenoble an Strukturbreiten von 22 nm und darunter geforscht werden. Der Beitrag des französischen Staates beläuft sich dabei auf etwa 550 Mio. Euro (BFAI 2009). Damit wird Grenoble mithilfe staatlicher Unterstützung in Europa der einzige Standort sein, an dem die Miniaturisierung in der Produktion mittels der Weiterentwicklung von CMOS auf einem international wettbewerbsfähigen Niveau gehalten werden kann (BFAI 2009; Experteninterviews).

Zur Förderung von Start-ups wurde ein öffentlicher Beteiligungsfond für Risikokapital eingerichtet, um technologieorientierte Gründungen in frühen Phasen zu unterstützen. Weiterhin wurde das Aktienvermögen an technologieorientierten Neugründungen steuerlich besser gestellt, um so den Anreiz für Unternehmensneugründungen zu erhöhen. Dabei wurden auch neue Unternehmensrechtsformen eingeführt, die Vorteile in der Beantragung und Abwicklung bieten sollten (Trumbull 2004).

Nachfrage und Rahmenbedingungen

Auch in Frankreich sind die nachgelagerten Wertschöpfungsstufen der Halbleiterelektronik für die Entwicklung des Marktes bedeutsam. Im Gegensatz zu Deutschland existieren noch einige Hersteller in der Unterhaltungselektronik; außerdem ist die Entwicklung von Elektronik in der Luftfahrtindustrie für die Entwicklung des inländi-

schen Marktes von Bedeutung. Die großen staatlichen Aktivitäten zur Stärkung der nachgelagerten Branchen wie der Luftfahrtindustrie stärken auch die Anbieter in der Halbleiterelektronik, da über eine große Nachfrage nach hochwertigen Halbleitern ein Innovationsdruck erzeugt wird.

Gesamteinschätzung

Staatliche Unterstützung großer industrieller Akteure in zentralen Technologiefeldern war lange ein wichtiges Charakteristikum französischer Technologiepolitik. Die Instrumente der Innovationspolitik haben sich seit dem Jahr 1999 teilweise geändert. Steuerliche Anreize für FuE-Aktivitäten sind nun ein wichtiger Baustein der Politik. Auch hat die staatliche Fokussierung auf erfolgreiche Cluster („pôles de compétitivité“) die internationale Sichtbarkeit und die Attraktivität französischer Standorte für ausländische Direktinvestitionen erhöht. Allerdings zielen viele Maßnahmen in der Nanoelektronik (z. B. die Projektförderung in europäischen FuE-Programmen oder Nano 2012) auf die Stärkung des Clusters um Grenoble ab, von denen das Großunternehmen STMicroelectronics stark profitiert. Insgesamt setzt Frankreich damit auf deutliche industriepolitische Impulse bei gleichzeitiger Stärkung des Wissenstransfers und der Wissensanwendung.

Nichtsdestotrotz steht auch die französische Halbleiterindustrie und -forschung vor großen Herausforderungen. In einem immer härteren internationalen Standortwettbewerb zielt die Politik darauf ab, trotz der Abwanderung von Anwenderindustrien an der Stärkung der inländischen Produktionsstätten auf dem gegebenen Miniaturisierungspfad festzuhalten. Mit dem Programm Nano 2012 versucht die französische Regierung, dem Trend entgegenzuwirken. Die befragten Experten stufen daher die öffentliche Unterstützung in Frankreich im Bereich der Nanoelektronik deutlich größer als in Deutschland ein.

2. Globale Förderung in der Nanoelektronik

2.1 Taiwan

Überblick und Rahmenbedingungen des Innovationsystems

Taiwan gilt als prominentes Beispiel einer Volkswirtschaft, die es geschafft hat, als „Latecomer“ in einigen Industriesektoren eine hohe Wettbewerbsfähigkeit auf den Weltmärkten zu erlangen (Vinnova 2006). Die taiwanische Volkswirtschaft ist mittlerweile eine hochentwickelte, stark exportabhängige Marktwirtschaft. Sie ist mit einem BIP von 392 Mrd. US-Dollar im Jahr 2007 die 26. größte Volkswirtschaft der Welt (MOEA 2009). Mit FuE-Ausgaben in Höhe von knapp 2,6 Prozent des BIP im Jahr 2006 liegt Taiwan im vorderen Drittel der Industrienationen und vor Deutschland (Legler/Krawczyk 2009). Der Anteil öffentlicher Finanzierung beträgt dabei ca. 31 Prozent und liegt damit leicht über dem Durchschnitt der OECD-Länder (Legler/Krawczyk 2009). Die FuE-Aktivitäten sind dabei sehr stark auf die Bereiche

„Elektrotechnik“ und „Büromaschinen“ mit über drei Viertel der gesamten FuE-Ausgaben konzentriert. Besonderheiten im taiwanesischen Innovationssystem und der -politik resultieren aus der vergleichsweise hohen Bedeutung von KMU (Vinnova 2006). Private Großunternehmen sind die Ausnahme; damit unterscheidet sich Taiwan erheblich von anderen asiatischen Ländern wie Japan oder China. Die meisten Großunternehmen sind im Besitz der „Nationalist Party“, und damit de facto staatliche Konzerne.

Insgesamt wird der Politik eine wichtige strategische Schlüsselrolle im Aufholprozess zugesprochen, die durch einen geschützten Aufbau einiger inländischer Industrien bei gleichzeitig hoher Exportorientierung geprägt war (Lall 2006). In der Forschungspolitik gab es seit einem ersten Technologieprogramm im Jahr 1959 in regelmäßigen Abständen Anpassungen, die in mehrjährigen Plänen festgeschrieben wurden. 1967 wurde der „Executive Yuan National Science Council“ gegründet, der die bedeutendste Institution der FuE-Politik darstellt. Dem „Executive Yuan National Science Council“ obliegt neben der Entwicklung von Forschungspolitik, -strategien, -programmen und -plänen auch die Durchführung von Grundlagen- und angewandter Forschung und die Ausbildung und Rekrutierung von FuE-Personal. Dabei werden auf der „National Science and Technology Conference“ die wichtigsten Forschungsbereiche und Ziele festgelegt (Bodenhöfer et al. 2004). Aktuell legen der „National Science and Technology Development Plan (2009-2012)“ und das „White Paper on Science and Technology 2007-2010“ die Forschungsziele fest.

Entwicklung und aktuelle Situation der Halbleiterindustrie

Die Etablierung einer international wettbewerbsfähigen Halbleiterindustrie wurde in Taiwan schon zu einem frühen Zeitpunkt verfolgt. Dabei haben sich im Zeitablauf die Struktur der Halbleiterindustrie und die Strategien der Politik maßgeblich geändert. In den 1970er Jahren lag die Konzentration auf der arbeitsintensiven Wertschöpfungsstufe des „packaging“ sowie der Ansiedlung von ausländischen multinationalen Unternehmen. Im Laufe der Zeit haben die Bemühungen zugenommen, sowohl in der Waferproduktion als auch im Bereich des Chipdesigns international eine führende Stellung zu erreichen. Spätestens seit Mitte der 1990er Jahre gehört Taiwan zu den weltweit führenden Halbleiterstandorten (Vinnova 2006). Mittlerweile deckt Taiwan alle Stufen des Wertschöpfungsprozesses ab, mit Schwerpunkt im Bereich der „Foundries“. Etwa die Hälfte des Marktanteils wird durch reine „Foundries“ erwirtschaftet. Damit hängt die taiwanische Halbleiterindustrie vergleichsweise stark von den meist amerikanischen „Fabless“-Unternehmen ab (ZVEI 2008). Allerdings nimmt auch die weltweite Bedeutung von taiwanesischen „Fabless“-Unternehmen in den vergangenen Jahren deutlich zu (Brown/Linden 2009).

Wenngleich die Entwicklung und die dahinter stehende politische Strategie als Erfolgsstory gelten, steht die taiwanische Halbleiterindustrie vor großen Herausforde-

rungen. So wird insbesondere eine Verlagerung von großen Teilen der Wertschöpfungskette nach China befürchtet (Fan 2006; Tsai/Li 2009). Bereits in jüngerer Vergangenheit haben trotz Investitionsverbots mehr und mehr taiwanische Design- und „pakkaging“-Unternehmen sowie Unterhaltungselektronikfirmen ihre Filialen in China gegründet (Fan 2006). Wichtige Gründe hierfür sind die billigeren Arbeitskräfte in China und der vielversprechende Markt. Die Wahrung des technischen Vorsprungs Taiwans gegenüber China wie auch die Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Vergleich gehören zu den Kernzielen Taiwans. Im Folgenden werden sowohl die aktuell geltenden Regelungen zur Förderung des Halbleiterstandortes als auch wichtige Maßnahmen in der Vergangenheit erläutert, welche die Basis für die heutigen Entwicklungen in der taiwanischen Halbleiterindustrie gelegt haben.

Bedeutende Fördermaßnahmen

Wissensbasis

Eine führende Rolle in der Entwicklung der Halbleiterindustrie in Taiwan spielte das „Industrial Technology Research Institute“ (ITRI). Das ITRI wurde 1972 gegründet. 1974 wurde in diesem Institut das Forschungs- und Entwicklungszentrum für Elektroindustrie eingerichtet, aus dem in der Nachfolge die „Electronics Research & Service Organisation“ (ERSO) entstand. Vor allem dieses Forschungszentrum hatte eine wichtige Funktion beim Aufbau der Chipindustrie in Taiwan, wie z. B. dem Bau einer Halbleitermusterfabrik oder der Einführung von Produktionstechniken. In der Vergangenheit wie in der Gegenwart ist die Forschung gemeinsam oder im Auftrag von taiwanischen Unternehmen und die Einführung neuer „best practices“ und Technologien in Unternehmen von Bedeutung (Chang/Shih 2004). Darüber hinaus unterhält das ITRI einen Venture-Capital-Fonds zur Gründung neuer Technologieunternehmen (Chang/Shih 2004).

In jüngerer Vergangenheit ist das ab dem Jahr 2002 durchgeführte Si-Soft-Projekt von zentraler Bedeutung.²⁶ Insgesamt wurden ca. 250 Mio. US-Dollar in dieses Projekt investiert, dabei werden 30 Prozent aus öffentlichen und 70 Prozent aus privaten Mitteln finanziert (Dewey & LeBoeuf 2009). Das Ziel ist vor allem, im Bereich der SoC-Technologien die Ausbildung, die technologische Wissensbasis wie auch die industrielle Umsetzung zu verbessern. Als eines der vier zentralen Elemente des Projekts sollen die Bemühungen zur Ausbildung von Universitätsfachkräften intensiviert werden. Die Anzahl der universitären Mitarbeiter mit Spezialkenntnissen im VLSI-Bereich („very large scale integration“) hat sich seit dem Jahr 2001 mit ca. 200 Mitarbeitern auf ca. 450 im Jahr 2006 mehr als verdoppelt (Dewey & LeBoeuf 2009). Darüber hinaus wurden z. B. verpflichtende SoC-Kurse für alle Studenten der Elektronik und Elektrotech-

nik, verpflichtende Halbleiterkurse für alle Ingenieurstudenten in Taiwan und die Entwicklung von Expertisen in den Bereichen Eigentumsrechte und Marketing eingeführt. Als zweites Projektelement wurde am ITRI die Task-Force SoC Technology Center gegründet und im Jahr 2003 in ein formales Forschungszentrum umgewandelt.

Zur Förderung der privaten FuE-Investitionen wurde eine explizite Initiative zur Ansiedlung von FuE-Zentren multinationaler Unternehmen durch das „Ministry of Economic Affairs“ (MOEA) im Jahr 2002 gestartet. Neben den unten genannten Steuervergünstigungen für FuE-Ausgaben werden die Unternehmen bei der Rekrutierung von Fachkräften unterstützt (z. B. auch Rekrutierung von ausländischen Wissenschaftlern) (MOEA 2008) und erhalten in den ersten drei Jahren finanzielle Unterstützung für Betriebskapitalausgaben (z. B. Reiseausgaben für FuE-Personal zur Implementierung von Projekten, für Mieten von Büros, Laboren oder Wohnungen für FuE-Personal, Ausgaben für Beratungen und Weiterbildung). Unter den knapp 30 multinationalen Unternehmen, die bis zum Anfang des Jahres 2008 an dieser Initiative teilnahmen, befinden sich auch einige Halbleiterunternehmen (z. B. Broadcom, Intel).

Daneben erfolgt eine indirekte FuE-Förderung durch Steuervergünstigungen. Sowohl für den FuE-Aufwand als auch für personelle Trainingsmaßnahmen beträgt die Steuergutschrift auf die Körperschaftsteuer 30 Prozent der Ausgaben. Wenn die FuE-Ausgaben über dem Durchschnitt der beiden Vorjahre liegen, erhöht sich die Steuergutschrift um 20 Prozent der Differenz aus den FuE-Ausgaben des Jahres und dem Durchschnitt der beiden Vorjahre. Der jährliche Abzugsbetrag darf allerdings 50 Prozent der Körperschaftsteuerschuld nicht übersteigen.

Wissenstransfer und Vernetzung

1980 initiierte der „Executive Yuan National Science Council“ die Gründung des Hsinchu Science Park, der mehr oder weniger explizit nach dem Vorbild des Silicon Valley gebaut wurde (Fan 2006; Vinnova 2006). Ziel war es, durch die Nutzung von Agglomerationsvorteilen eine Hightechindustrie aufzubauen und die verwendeten Technologien aufzurüsten (Lai et al. 2004). Der Park unterliegt weitestgehend der staatlichen Steuerung. So wurden auf öffentlichem Land erhebliche Investitionen getätigt. Die Regierung investierte zwischen dem Jahr 1980 bis zum Ende des Jahres 2004 ca. 1,7 Mrd. US-Dollar allein in die Infrastruktur und Einrichtungen dieses Parks (Hsinchu Science Park 2004). Neben der Bereitstellung der Infrastruktur wurde durch eine Vielzahl von zusätzlichen Unterstützungen die Gründung und Niederlassung vor allem von einheimischen Unternehmen gefördert. Die noch geltenden Unterstützungen beinhalten Steuervorteile (Einkommensteuer, Importsteuer etc.), staatliche Subventionen für FuE, verschiedene Serviceangebote (z. B. Rechnungslegung, Vorbereitung für Eigentumsrechtsansprüche, inländisches und internationales Networking), Niedrigzinsdarlehen, Zollbefreiung und Investitionszula-

²⁶ Nach Angaben des „National Science Council“ wird das „Si-Soft“-Projekt als Erfolg gewertet und hat dazu beigetragen, dass bereits über 2 000 SoC-Produkte entwickelt wurden (Central News Agency 2008).

gen (Chew et al. 2007; Tsai et al. 2009). Die räumliche Nähe zu Einrichtungen des ITRI und den führenden Universitäten National Chaio Tung University (NCTU) und National Tsing Hua University (NTHU) mit den spezialisierten Halbleiterunternehmen auf verschiedenen Wertschöpfungsstufen unterstützen den Zugang der Industrie zu spezialisierten Arbeitskräften und neuem technologischen Wissen (Tsai et al. 2009).²⁷

Als drittes Element des erwähnten „Si-Soft“-Projekts wurde das „National Science and Technology Program for System-on-Chip“ etabliert. Das Programm fördert verschiedene Projekte und zielt darauf ab, eine SoC-Designplattform in Taiwan zu entwickeln, indem inländische Designplattformen mit der inländischen Halbleiterproduktion gekoppelt werden, um neue Produktideen zu testen. Wenn eine Idee zur Massenproduktion geeignet ist, dann übernehmen die „Foundry“-Produzenten die Herstellung (Fan 2006).

Als viertes Element des Si-Soft-Projekts eröffnete im Juli 2003 der „Nankang Integrated Chip Design Science Park“ mit Standortmöglichkeiten für Unternehmen, einem Gründungszentrum, gemeinsamen Laboren und unterstützenden Dienstleistungsangeboten (Dewey & LeBoeuf 2009).

Weitere Impulse sind durch den im Dezember 2009 angekündigten „Key Product Peak Development Plan“ denkbar, bei dem die Entwicklung von marktorientierten Schlüsselprodukten subventioniert werden soll (MOEA 2009).

Industrielle Akteure und Produktion

Staatliche Unterstützung spielte auch eine wichtige Rolle bei der Gründung von bedeutenden Unternehmen. Diese halfen, die Eintrittsbarrieren aufgrund der hohen Kapitalintensität und technologischen Voraussetzungen zu überwinden (Wu 2006). So wurde durch staatliche Unterstützung 1987 aus dem VLSI-Labor am ITRI das „Foundry“-Unternehmen TSMC gegründet. Die Regierung veranlasste die Integration von 130 VLSI-Ingenieuren direkt in die Belegschaft von TSMC und vermietete dem Unternehmen die Produktionsanlage und das Grundstück vom VLSI-Projekt. Darüber hinaus gewährte die Regierung TSMC immer noch die Finanzierung zur weiteren VLSI-Forschung mit dem ITRI bis 1991. Am Anfang stammten 48,3 Prozent des Stammkapitals von TSMC aus Regierungsgeldern, 27,6 Prozent von Phillips und der Rest von taiwanesischem Privatkapital. Weitere wichtige Unternehmensgründungen aus dem ITRI sind die Vanguard International Semiconductor Corp. (VISC) im Jahr 1994 und die United Microelectronics Corp (UMC) im Jahr 1980.

Neben dieser Etablierung einiger Großunternehmen in der Halbleiterindustrie liegt der Fokus auf Gründungsunterstützungen für KMU. Insgesamt existieren in Taiwan mittlerweile mehr als 90 Gründungszentren. Eine wichtige Rolle zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und Überwindung der Skalennachteile kleiner Unternehmen nehmen dabei FuE-Kooperationen ein. Dabei steht weniger das Motiv der Verteilung des Risikos, sondern vielmehr die Motive des technologischen Lernens und Aufholens im Vordergrund (Lall 2006). Insbesondere die Kooperationen zwischen den KMU und öffentlichen Forschungsorganismen (vor allem ITRI) werden durch organisatorische Unterstützung und finanzielle staatliche Unterstützung gefördert. Angaben zur Höhe des FuE-Budgets existieren allerdings nicht.

Über direkte finanzielle Unterstützung z. B. beim Bau neuer Produktionsstätten sind in der Literatur kaum Angaben verfügbar. Indirekte Förderungen erfolgen über niedrige Steuern. Der Körperschaftsteuersatz liegt mit 25 Prozent auf dem Niveau Chinas und unterhalb vieler Wettbewerber in der Nanoelektronik. Neben den bereits genannten Steuererleichterungen für FuE-Ausgaben sind zusätzlich Steuergutschriften bei Investitionen möglich. Unternehmen können bis zu 20 Prozent ihrer Investitionsausgaben von der Körperschaftsteuerschuld absetzen. Für entwicklungsorientierte Investitionen stehen Niedrigzinsdarlehen zur Verfügung (Grundig et al. 2008). Daneben ermöglichte das „Statute for Upgrading Industries“ allen neu gegründeten Unternehmen fünf Jahre Steuerfreiheit auf das Einkommen, welches durch den Neuaufbau oder die Expansion erzielt wurde. Ebenfalls gelten für Investitionen in diese Unternehmen über fünf Jahre hinweg Steuererleichterungen. Dieses Statut ist Ende 2009 ausgelaufen, soll aber durch neue Maßnahmen, z. B. ein „Statute for Innovating Industries“, ersetzt werden (Dewey & LeBoeuf 2009).

Eine erhebliche Unterstützung bot der taiwanische Staat in der Finanzkrise an. Im Dezember 2008 verkündete das Ministerium MOEA Unterstützung für die finanziell angeschlagenen inländischen Speicherchiphersteller (MOEA 2008). Verschiedenen Quellen zufolge war dabei eine Unterstützung von insgesamt 6 Mrd. US-Dollar geplant (Dewey & LeBoeuf 2009; Edge Singapore 2008). Im Juli 2009 gab das Ministerium MOEA bekannt, dass es bis zu diesem Zeitpunkt mit 900 Mio. US-Dollar inländische Unternehmen unterstützte. Daneben plante das Ministerium lange Zeit eine Konsolidierung von sechs Speicherchipunternehmen unter dem Dach des vom Ministerium neu gegründeten Unternehmens Taiwan Innovation Memory Co. (TIMC) (Spectrum IEEE 2010). Allerdings lehnten die nationalen Gesetzgeber einen Antrag des Kabinetts für eine Investition von ca. 150 Mio. US-Dollar in dieses Unternehmen ab. Der Plan gilt als gescheitert. Das MOEA gab aber bekannt, weiterhin Handlungsbedarf in diesem Bereich zu sehen (Spectrum IEEE 2010).

²⁷ Experten sehen daneben die damaligen großen strukturellen Umbrüche als mitentscheidend für den Erfolg des Hsinchu-Parks an. Während die Computerindustrie bis Anfang der 1980er Jahre von großen vertikal integrierten Unternehmen in Industrieländern dominiert wurde, fand im Zuge der Einführung der PCs ein radikaler Wechsel zu einer stärker fragmentierten Industriestruktur mit Netzwerken zwischen stärker spezialisierten Unternehmen statt (u. a. Vinnova 2006).

Nachfrage und Rahmenbedingungen

Der dynamische lokale Markt wird als wichtiger Vorteil von Taiwan gesehen (Brown/Linden 2008), da eine Vielzahl von Unternehmen im Design, in der Montage und der Beschaffung von Elektronikkomponenten tätig sind. Die direkten Förderungen (z. B. der Schwerpunkt Telekommunikation im „National Science and Technology Program“) und branchenübergreifende indirekte Förderungen für die nachgelagerten Anwenderbranchen stärken den inländischen Markt für Halbleiterprodukte und ermöglichen Chancen für eine stärkere inländische Vernetzung zwischen Anbietern und Abnehmern von Halbleiterprodukten.

Im Hinblick auf die zunehmende Konkurrenz durch China, besonders im Bereich der „Foundries“, wird nicht zuletzt aus politischen Gründen (z. B. aufgrund militärischer Relevanz von Halbleitern) eine Abschottungspolitik durchgeführt (Fan 2006). Mit Investitionsbeschränkungen wird versucht, Taiwans technischen Vorsprung gegenüber China weiter beizubehalten und die Geschwindigkeit der Kapitalabflüsse von Taiwan nach China zu bremsen. Diese blieben aber nach Angaben von Fan (2006) und Brown/Linden (2009) eher wirkungslos und sind mittlerweile gelockert worden. Denn es wurden trotzdem zahlreiche Produktionsanlagen von taiwanesischen Firmen in China gebaut, z. B. durch Umlenkung der Investitionen über Tochterfirmen taiwanesischer Unternehmen in Drittländern, wie den Cayman-Inseln, oder Auswanderung von Managern nach China. Insgesamt fand ein erheblicher Transfer von technischem Know-how und Managementkompetenz durch die Übersiedlung taiwanesischer Ingenieure und Manager von Taiwan nach China statt (Fan 2006).

Gesamteinschätzung

Die staatliche Unterstützung nimmt im taiwanesischen Halbleiterinnovationssystem eine besonders bedeutende Rolle ein (z. B. Brown/Linden 2008; Vinnova 2006). Die Maßnahmen gelten dabei weitestgehend als erfolgreich. In verschiedenen Studien wird aber im Zeitablauf eine leichte Abnahme von staatlichen Eingriffen in die taiwanesische Halbleiterindustrie festgestellt, z. B. die schrumpfende Bedeutung staatseigener Betriebe (Lai et al. 2004; Ning 2008). Es zeigt sich aber tendenziell eine Intensivierung der Unterstützung von Wissensgenerierung, -transfer und -anwendung zur Bewahrung des technologischen Vorsprungs gegenüber China und der internationalen technologischen Wettbewerbsfähigkeit in neuen Anwendungsfeldern. Noch ist aber offen, ob es in Zukunft gelingt, den relativ hohen Anteil am Weltmarkt zu halten, insbesondere aufgrund der zunehmenden Konkurrenz aus China.

2.2 China

Überblick und Rahmenbedingungen des Innovationssystems

Das chinesische Innovationssystem befindet sich im Zuge der hohen gesamtwirtschaftlichen Dynamik im Aufholprozess (DIW 2007). Die Aufwendungen des Landes in Forschung und Entwicklung wachsen sogar noch schneller als die allgemeine Wirtschaftsleistung. Zwischen 1996

und 2006 sind die Bruttoinlandsausgaben für FuE jährlich um rund 20 Prozent gestiegen, die FuE-Intensität am BIP stieg in diesem Zeitraum von 0,57 Prozent auf 1,42 Prozent (Legler/Krawczyk 2009). Dabei hat besonders die private Wirtschaft an Bedeutung in der FuE gewonnen. Im Jahr 1995 war der Staat zur Hälfte an der Finanzierung der FuE-Aufwendungen beteiligt, im Jahr 2006 betrug dieser Anteil nur noch ein Viertel (Krawczyk et al. 2007; Legler/Krawczyk 2009). Bei der Durchführung von FuE entfielen im Jahr 2006 knapp 20 Prozent auf staatliche Institutionen, im Jahr 1995 waren es noch ca. 42 Prozent gewesen. Inhaltlich sind die chinesischen FuE-Akteure vornehmlich in der Weiterentwicklung importierter Technologien tätig. Knapp drei Viertel der gesamten FuE-Ausgaben Chinas gehen in die experimentelle Entwicklung (Krawczyk et al. 2007).

Seit Ende der 1990er Jahre wird zumindest das Ziel einer eigenständigen technologischen Entwicklung zunehmend betont. Dabei bildet das langfristige Technologieentwicklungsprogramm (2006-2020) den Rahmen für die Ziele und Instrumente zum Aufbau der Innovationskapazitäten. Es ist beabsichtigt, ein leistungsfähiges nationales Innovationssystem mit Schwerpunkt auf originären Erfindungen und der Unterstützung des gesamten Innovationsprozesses sowie von Re-Innovationen aufzubauen. Dabei wurden auch Maßnahmen aufgegriffen, die eine Konvergenz des nationalen Innovationssystems mit denen westlicher Industrienationen unterstützen (OECD 2007): steuerliche Förderung von Forschung und Entwicklung, Schutz des geistigen Eigentums, Förderung und Abwerbung von Fachkräften in Wissenschaft und Technik sowie Evaluierungssysteme für die öffentliche Forschung und Entwicklung. Ein Teil dieser Umstellung der Politikinstrumente resultiert aus dem Anpassungsdruck durch den Beitritt zur WTO (World Trade Organization) Ende 2001. Allerdings wird trotz der schrittweisen Deregulierung vieler Wirtschaftsbereiche nach wie vor in Schlüsselsektoren der Wirtschaft ein staatlich gesteuerter Technologietransfer durchgeführt, z. B. durch staatliche Genehmigungshoheit ausländischer Direktinvestitionen sowie durch Auflagen (Schüller 2008).

Entwicklung und aktuelle Situation der Halbleiterindustrie

Bei dieser stärkeren Ausrichtung in Richtung Hochtechnologien misst die chinesische Regierung der Halbleiterindustrie eine hohe strategische Bedeutung bei (Ning 2008; Pecht 2007). Schließlich entwickelt sich China auf der Nachfrageseite weltweit am dynamischsten mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von knapp 25 Prozent und bildet mittlerweile hinter Japan den zweitgrößten Mikroelektronikmarkt der Welt mit knapp 44 Mrd. US-Dollar (ZVEI 2008). Auf der Angebotsseite werden diese Potenziale aber bisher nur begrenzt genutzt. Die Deckung der Nachfrage erfolgt mehrheitlich aus dem Ausland; China ist folglich in diesem Sektor Nettoimporteur (PwC 2009).²⁸

²⁸ Das Beratungsunternehmen PricewaterhouseCoopers (PwC 2009) schätzt die Lücke zwischen dem inländischen Verbrauch und der inländischen Produktion von Halbleitern für das Jahr 2008 auf 68 Mrd. US-Dollar.

Tabelle 7

Wechsel der chinesischen Förderpolitik in der Halbleiterindustrie nach dem Vorbild Taiwans

Politik/Praxis	China 1994	Taiwan 2000	China 2002
Eigentümer führender Halbleiterunternehmen	Staat	privat, Staat hält Minderheitsanteil	privat, Staat hält Minderheitsanteil
Geschäftsmodell der führenden Halbleiterunternehmen	IDM	„Foundry“	„Foundry“
Politik bei ausländischen Direktinvestitionen	stark restriktiv	liberalisiert	liberalisiert
Förderung der Chipdesignindustrie	Unterstützung staatseigener FuE-Institute	Privatisierung staatlicher FuE-Institute; finanzielle Unterstützung von privaten Unternehmen	Privatisierung staatlicher FuE-Institute; finanzielle Unterstützung von privaten Unternehmen
Zölle auf Halbleiter	6 bis 30 %	0	0
Industrieparks	über 100 Hightechparks	1 „Flaggschiff“-Park (Hsinchu), 2 bis 3 aufstrebende Parks (Tainan, Nankang)	1 „Flaggschiff“-Park (Zhangjiang), 2 bis 3 aufstrebende Parks (Suzhou, Beijing)
staatliche Kontrolle von Unternehmensentscheidungen	ja	nein	nein
staatliche Unterstützung von Venture-Capital-Sektoren	nein	ja	ja

Quelle: Howell 2007

Dabei begannen die ersten Bemühungen Chinas, Halbleiter zu entwickeln, in den späten 1970er Jahren in einem Betrieb der „Chinese Academy of Science“. Allerdings waren diese Anstrengungen, einen inländischen Halbleitersektor zu etablieren, zunächst von geringem Erfolg gekrönt. Die Unterstützungspolitiken waren zwar umfangreich, sie waren allerdings sehr redundant und unzureichend koordiniert (Pecht 2007). Zudem erwies sich die Bildung von staatseigenen voll integrierten IDMs als wenig erfolgreich, da die chinesischen IDMs wegen fehlender Effizienz und veralteter Technologie nicht wettbewerbsfähig waren (Grundig et al. 2008). Ende der 1990er Jahre wechselte China die Förderungsstrategie, inspiriert von der erfolgreichen Entwicklung Taiwans, ebenfalls auf die vertikale Arbeitsteilung zwischen Unternehmen. Die geänderte Strategie, die zum Teil auch aus dem Anpassungsbedarf durch den WTO-Beitritt resultiert, lässt sich in Anlehnung an Howell (2007) in Tabelle 7 zusammenfassen.

Infolgedessen konnte China seine Produktionsfähigkeit verbessern und zunehmend „Foundries“ aufbauen. China konnte den Anteil an der weltweiten Fertigungskapazität von 4 Prozent im Jahr 2002 auf ca. 9 Prozent im Jahr 2008 steigern (Dewey & LeBoeuf 2009). In einer frühen Entwicklungsphase befindet sich der Aufbau von Chipdesignunternehmen. Hier zeigen sich aber zumindest bei einigen inländischen Unternehmen sehr positive Wachstumstendenzen (Fan 2006; PwC 2009).

Das Engagement ausländischer Unternehmen in China in der Nanoelektronik wird in Anbetracht des großen Marktes als sehr gering eingeschätzt (PwC 2009; Yinug 2009). Dies wird vor allem auf die starken Exportkontrollen der USA sowie die Probleme beim Schutz der Eigentumsrechte zurückgeführt.²⁹

Bedeutende Fördermaßnahmen*Übergeordnete Ziele*

Wichtige Ziele für die Halbleiterentwicklung werden in den Fünfjahresplänen der Regierung beschlossen. Darin werden ambitionierte Ziele zur inländischen Substitution von bisher importierten Chips verfolgt. So wurde im zehnten Fünfjahresplan ein inländischer Produktionsanteil von 30 Prozent angestrebt, der auch in etwa erreicht wurde (Ning 2008). Insgesamt umfassten der neunte und zehnte Plan verschiedene Ziele zur Entwicklung und industriellen Implementierung von miniaturisierten Halbleitern sowie zur Weiterentwicklung von Anwendungen, zur Verbesserung der Ausbildung und Infrastruktur usw. Der elfte Plan sieht vor, zwischen den Jahren 2006 und 2010 fünf Designunternehmen mit einem Umsatz von

²⁹ Anfang des Jahres 2010 kündigte Infineon den Aufbau einer Entwicklungsstätte in China an (Handelsblatt 2010). Es ist noch nicht abzusehen, ob es sich um einen Einzelfall oder eine Trendwende bezüglich des Engagements ausländischer Nanoelektronikunternehmen in China handelt.

3 bis 5 Mrd. Yuan (ca. 440 bis 730 Mio. US-Dollar) und zehn Unternehmen mit einem Umsatz von 1 bis 3 Mrd. Yuan (ca. 150 bis 440 Mio. US-Dollar) zu etablieren. Dabei soll ein Investitionsvolumen von 300 Mrd. Yuan (ca. 44 Mrd. US-Dollar) im Halbleitersektor erreicht werden. Aus technologischer Sicht steht die industrielle Nutzung von integrierten Schaltkreisen unter dem 90-nm-Technologieknotten im Fokus (PwC 2008).

Wissensbasis

Die direkte finanzielle Unterstützung für FuE in China gilt als beträchtlich (z. B. Brown/Linden 2008; TLAG 2007). Eine Umfrage von Dewey & LeBoeuf (2009) bei amerikanischen Halbleiterunternehmen ergab, dass die staatliche Unterstützung der FuE-Aktivitäten nur zu einem sehr kleinen Anteil aus Steuervorteilen besteht, sondern die direkte finanzielle Unterstützung von deutlich größerer Bedeutung ist. Dies ist bemerkenswert, da für FuE-Aufwendungen Abschreibungen in Höhe von 50 Prozent bei nichtkapitalisierten Ausgaben und bis zu 150 Prozent, wenn die Ausgaben als immaterieller Vermögensgegenstand kapitalisiert werden, möglich sind (Dewey & LeBoeuf 2009). Konkrete Angaben zur direkten finanziellen Unterstützung sind aber kaum verfügbar. Durch einen Sonderfonds („Special Fund for Research and Development of the Integrated Circuits Industry“) im Rahmen des elften Fünfjahresplans werden bis ca. 50 Prozent der FuE-Ausgaben (inkl. Ausgaben für Spezialausrüstung und Ausbildung) von Unternehmen gefördert (Ministry of Finance 2005).

Bei der Entwicklung von Humanressourcen hat China im Bereich Wissenschaft und Technik seit Anfang der 1990er Jahre wesentliche Fortschritte erzielt. In Bezug auf den Halbleitersektor sind die seit dem Jahr 2000 von der Regierung ergriffenen Initiativen von Bedeutung, die eine Rückkehr von qualifizierten Arbeitskräften nach China durch eine Lockerung von Beschränkungen attraktiver machen sollen. Schließlich kommt z. B. an amerikanischen Universitäten ein immer größerer Anteil von ausländischen PhD-Studenten in den Ingenieurwissenschaften aus China (Brown/Linden 2009). Die Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität einer Rückkehr beinhalten unter anderem die Gewährung einer speziellen Ein- und Ausreiseerlaubnis, die es Rückkehrern ermöglicht, ihre Tätigkeit im Ausland fortzusetzen und zugleich in China zu arbeiten. Zudem wurden spezielle Technologieparks für Heimkehrer aufgebaut. Insgesamt lässt sich tatsächlich ein Anstieg der Zahl der China-Rückkehrer feststellen. Es steht aber nicht fest, inwiefern dieser Anstieg den Initiativen der Regierung zuzuschreiben ist (OECD 2007).

Wissenstransfer und Vernetzung

Inspiziert von Erfolgen wie dem Silicon Valley und dem Hsinchu Park in Taiwan wurden in China eine Vielzahl von Wissenschafts- und Technologieparks gegründet. Die durch nationale oder regionale Initiativen gegründeten Technologieparks bieten den Unternehmen verschiedene Vorteile, wie z. B. kundenspezifische Dienstleistungen, Steuererleichterungen oder Entgegenkommen bei der Re-

gulierung (Kroll et al. 2008). Dabei bilden Informationstechnologien und Elektronik einen wichtigen Schwerpunkt; über 40 Prozent der 53 im sogenannten nationalen „Torch Program“ organisierten Parks lassen sich diesem Bereich zuordnen. Die Effizienz und Nachhaltigkeit dieser Technologieparks ist nicht unumstritten. Es gibt beispielsweise erhebliche Hinweise auf Doppelforschung (Kroll et al. 2008). Über die spezifische Unterstützung des Wissenstransfers im Halbleiterbereich ist nur wenig bekannt. Komatsu/Nomura (2005) berichten von sieben Regionen, die FuE-Zentren im Halbleiterbereich vor allem an Universitäten etabliert haben, aus denen eine Reihe von Unternehmensgründungen resultierten.

Industrielle Akteure und Produktion

Neben den genannten Unterstützungen in den Technologieparks ist von hohen direkten finanziellen Unterstützungen beim Bau von Produktionsstätten auszugehen, allerdings sind keine offiziellen Angaben verfügbar. Presseberichte gehen aber beispielsweise beim aktuellen Bau der Produktionsstätte von Intel in Dalian von ca. 1 Mrd. US-Dollar aus (Brown/Linden 2009).

An einem Teil der Unternehmen ist der Staat direkt beteiligt, beispielsweise an dem bedeutendsten „Foundry“-Unternehmen Chinas, der Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC). Nach Einschätzungen der hierzu befragten Experten kann die Einwirkung des Staates ein wichtiger Grund dafür sein, dass das Unternehmen trotz Verlusten in 16 der letzten 17 Quartale (EE Times 2009a) weiterhin eigenständig ist.

Im Rahmen des Konjunkturprogramms während der Wirtschaftskrise wurde die Unterstützung von „Fabless“-Unternehmen forciert. So wurde ein Fonds in nicht bekannter Höhe gegründet, der für „Fabless“-Start-ups Zuschüsse, Kredite und Ausrüstung bereitstellt (EE Times 2009b).

Bei der Körperschaftsteuer unterlagen ausländische Unternehmen lange Zeit einem niedrigeren Körperschaftsteuersatz als einheimische Unternehmen. Daneben gab es örtlich gebundene Anreize für Hightechzonen. Anfang des Jahres 2008 wurde das System reformiert; der Körperschaftsteuersatz für Unternehmen beträgt ungeachtet der Herkunft 25 Prozent.³⁰ Der Körperschaftsteuersatz in China bleibt damit niedriger als der Durchschnitt der entsprechenden Steuersätze in vielen anderen Ländern mit Halbleiterkapazitäten (Mintz/Weichenrieder 2009). Daneben wurden spartenbezogene Steuervergünstigungen eingeführt. Hightechunternehmen, die Kriterien wie z. B. den Besitz von Eigentumsrechten, einen hohen Anteil an Universitätsabsolventen und eine hohe FuE-Intensität erfüllen, unterliegen einem reduzierten Steuersatz von 15 Pro-

³⁰ Zuvor unterlagen Unternehmen einem Regelsteuersatz von 30 Prozent (zuzüglich 3 Prozent Kommunalsteuer). Ausländische Firmen genossen allerdings einen reduzierten Tarif von 24 Prozent in den Küsten- und Grenzregionen und 15 Prozent in den Sonderwirtschaftszonen. Die effektive Besteuerung ausländischer Unternehmen lag schätzungsweise bei durchschnittlich 11 Prozent, bei chinesischen Unternehmen hingegen bei bis zu 24 Prozent (BFAI 2007). Die nach diesen bisherigen Regelungen begünstigten Unternehmen werden fünf Jahre lang von einer Übergangsregelung profitieren können.

zent. Neben dieser Förderung für qualifizierte Hightechunternehmen werden unterschiedlich abgestufte Vergünstigungen für Neugründungen und Unternehmen, die z. B. in den Bereichen Technologieentwicklung, Umweltschutz, Energieeinsparung, Produktionssicherheit, Infrastrukturentwicklung investieren, gewährt (Grundig et al. 2008).

Zusätzlich existieren eine Reihe von spezifischen Steuererleichterungen für Halbleiterunternehmen (PwC 2008; TLAG 2009):

- Mehrwertsterrabatte, die für FuE oder die Expansion von Produktionskapazitäten verwendet werden, sind von der Körperschaftsteuer ausgenommen.
- Neu angesiedelte bzw. gegründete Halbleiterunternehmen erhalten ab dem ersten Jahr mit Gewinn Steuerbefreiung für die ersten beiden Jahre und Steuererleichterungen von 50 Prozent für die drei Jahre danach.
- Der Abschreibungszeitraum für Produktionsequipment wird verkürzt und beträgt nur bis zu drei Jahre.
- Unternehmen mit einem Umsatz von über 8 Mrd. Yuan (ca. 1,2 Mrd. US-Dollar) oder Unternehmen, die ihre Halbleiterchips mit einer Strukturweite von kleiner als 250 nm produzieren, haben einen Anspruch auf einen reduzierten Steuersatz in Höhe von 15 Prozent.
- Falls die Betriebszeit eines Unternehmens mehr als 15 Jahre beträgt, hat das Unternehmen Anspruch auf fünf Jahre Steuerbefreiung und eine darauffolgende Steuererleichterung von 50 Prozent ab dem ersten Gewinnjahr.

Nicht mehr existent sind deutliche Vergünstigungen für inländisch ansässige Unternehmen bei der Mehrwertsteuer. Die Mehrwertsteuer lag für diese Unternehmen bis zum Ende des Jahres 2004 bei 3 bis 6 Prozent, während importierte Halbleiterprodukte mit 17 Prozent besteuert wurden. Die Aufhebung dieses Mehrwertsteuervorteils erfolgte aufgrund von Auseinandersetzungen zwischen den USA und der ersten Anklage Chinas überhaupt bei der WTO (Ning 2008).

Nachfrage und Rahmenbedingungen

Auf der Marktseite wird versucht, die erhebliche Marktmacht Chinas zum Aufbau komparativer Vorteile für inländische Halbleiterhersteller oder Designfirmen zu nutzen (Brown/Linden 2009; Howell 2009). So wird mittels Kooperationen zwischen der Regierung, Hochschulen und Unternehmen versucht, neue Produktnormen im chinesischen Markt zu entwickeln (Fan 2006). Ein wichtiges Beispiel hierfür sind die Mobilfunkstandards W-CDMA und TD-SCMA. Dabei sind in der gesamten Wertschöpfungskette vorwiegend einheimische Unternehmen beteiligt. Direkt als Nachfrager tritt der Staat bei der „Embedded-CPU“-Industrie auf, die auch von einer komplett inländischen Allianz aufgebaut wurde (Grundig et al. 2008).³¹

Auch von dem umfangreichen Konjunkturprogramm in der aktuellen Wirtschaftskrise wird eine erhebliche Wir-

kung auf die Marktnachfrage nach Halbleitern erhofft. Am stärksten wird mit dem „Electronics Go to Farmers Subsidy Program“ zwischen 2008 und 2012 die Nachfrage nach Elektronikprodukten erhöht. Unter der Annahme eines gleichbleibenden Anteils von Halbleiterprodukten würde bei der Durchführung des Programms eine zusätzliche Halbleiternachfrage von ca. 50 Mrd. US-Dollar entstehen (PwC 2009).

Gesamteinschätzung

Die staatlichen Unterstützungen des chinesischen Innovationssystems sind vielfältig und beinhalten alle Systembereiche. Bei den genannten Maßnahmen werden vor allem Steuervergünstigungen deutlich, es gibt aber auch Hinweise auf direkte finanzielle Unterstützungen (z. B. staatliche Fonds). Belastbare Zahlen hierfür liegen allerdings nicht vor. Dabei hat sich die verstärkte Konzentration auf die vertikale Arbeitsteilung und die Anziehung ausländischer Investitionen in der Halbleiterindustrie als erfolgreicher erwiesen, als der Versuch in den 1980er oder 1990er Jahren, vollintegrierte, staatliche Halbleiterkonzerne aufzubauen. Allerdings steht das chinesische Halbleiterinnovationssystem noch vor erheblichen Herausforderungen, die einer raschen Expansion entgegenstehen. Die meisten Halbleiterunternehmen sind relativ klein und liegen bislang weit hinter den weltweit größten Unternehmen zurück (Pecht 2007). Weiterhin wird der ungenügende Schutz geistigen Eigentums als zentrale Barriere gesehen, die die Verlagerung von FuE-Zentren internationaler Unternehmen bislang beeinträchtigt hat. Erhebliche Schwächen im gesamten Innovationssystem Chinas und insbesondere in der Halbleiterbranche liegen in der mangelnden Kommunikation und Kooperation zwischen den Halbleiterherstellern und den Anwendern, wie z. B. Systemausstatter (Pecht 2007). So können die Vorteile, die der große Inlandsmarkt für den Innovationsprozess (z. B. Informationen über spezifische Bedürfnisse und potenzielle neue Märkte oder Passfähigkeit neuer Lösungen) bietet, bislang kaum genutzt werden.

2.3 Japan

Überblick und Rahmenbedingungen des Innovationssystems

Das japanische Innovationssystem ist hochzentralisiert, allerdings hat an der Stelle einer klassischen nationalen sektoralen Industriepolitik seit Ende der 1980er Jahre die Innovationspolitik eine stärkere Rolle übernommen (Cuhls/Wieczorek 2008). Als Reaktion auf die Problematik, dass sich die großen japanischen Konzerne als bedeutende Akteure des Innovationssystems im Zuge ihrer globalen Aktivitäten weniger in eine rein nationale wirtschaftspolitische Strategie einbinden ließen, befindet sich das japanische Innovationssystem in einem umfassenden Umbruch. Durch verschiedene Reformen wird z. B. versucht, ein wettbewerbsintensives Umfeld im Bereich der FuE zu etablieren, die Selbstständigkeit junger Wissenschaftler zu verbessern, das Koordinationssystem zwischen den Industrien zu stärken, die regionale Clusterbildung zu fördern und die Schaffung interaktiver Kommunikationswege aufzubauen (Erber et al. 2006).

³¹ In diesem Kontext ist zu beachten, dass China nicht den „procurement code“ beim WTO-Beitritt unterschrieben hat, der darauf abzielt, Diskriminierung von Anbietern zu vermeiden (Howell 2007).

Von zentraler Bedeutung bei der Entwicklung hin zu einer modernen Innovationspolitik ist das im Jahr 1995 beschlossene „Science and Technology Basic Law“. Dieses Gesetz wurde vor dem Hintergrund einer Wirtschaftskrise zu Beginn der 1990er Jahre erstellt, um einen Rückgang der FuE-Investitionen zu vermeiden. Auf dieser Basis werden seit 1996 Fünf-Jahres-Technologiepläne erstellt; aktuell ist der dritte „Science and Technology Basic Plan 2006-2010“ in Kraft. Analog zum zweiten Basisplan werden die vier Prioritäten Life Sciences, Umweltforschung, Information und Telekommunikation sowie Nanotechnologie und Materialien gesetzt, wobei die letzteren beiden Felder Bezug zur Nanoelektronik haben. Die wichtigsten Punkte sind der Anstieg der öffentlichen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen sowie eine effektive und effiziente Ressourcenallokation, insbesondere in den prioritären Gebieten (Cuhls/Wieczorek 2008). Die FuE-Aktivitäten sind in der jüngeren Vergangenheit weiter gestiegen; mit einer FuE-Intensität von 3,4 Prozent im Jahr 2006 gehört Japan zu den internationalen Spitzenreitern. Der weitaus größte Teil der Forschungsausgaben wird vom privaten Sektor finanziert, der Anteil öffentlicher FuE-Ausgaben beträgt rund 20 Prozent (Legler/Krawczyk 2009).

Entwicklung und aktuelle Situation der Halbleiterindustrie

Die Entwicklung und der Status der japanischen Halbleiterindustrie wurden bereits in Kapitel II.2 deutlich. Zwar bildet Japan auf Länderebene immer noch den führenden Weltmarkt für Halbleiterprodukte mit einem Anteil von 18 Prozent im Jahr 2007 und führt bei der Waferproduktion mit knapp über 20 Prozent, allerdings mit absteigender Tendenz (Dewey & LeBoeuf 2009; ZVEI 2008). Markant ist die geringe Internationalisierung der Aktivitäten. In Japan ist das Geschäftsmodell der IDMs noch relativ weitverbreitet und ein Großteil der Wertschöpfungskette befindet sich noch im Inland. Dies trifft z. B. für fast alle existierenden und in Planung befindlichen Produktionsanlagen zu (ZVEI 2008). Zudem zeigt sich im Allgemeinen eine geringere Verlagerung von FuE-Zentren, um einen Abfluss des Wissens ins Ausland zu vermeiden (Cuhls/Wieczorek 2008). Erst relativ zögerlich finden zunehmend Investitionen im Ausland statt, ebenso sind Investitionen ausländischer Halbleiterunternehmen in Japan eher gering (Brown/Linden 2008).

Bedeutende Fördermaßnahmen

Wissensbasis

Konkrete Informationen zur direkten Förderung der Wissensbasis in der Nanoelektronik liegen für Japan nicht vor. Wie bereits beschrieben, sind die allgemeinen Ausgaben für FuE vergleichsweise hoch. Zwar geht der Staatsanteil an der Finanzierung zurück, die Dynamik der staatlichen FuE-Ausgaben ist zwischen 1991 und 2007 deutlich höher als in der EU, den USA oder dem OECD-Durchschnitt (Legler/Krawczyk 2009).

Eine indirekte FuE-Förderung erfolgt über Steuergutschriften für Großunternehmen in Höhe von 8 bis 10 Prozent, für KMU in Höhe von 12 Prozent (Cuhls/Wieczorek 2008). Für Forschungsaktivitäten, die im Rahmen einer

Zusammenarbeit mit Universitäten oder staatlichen Organisationen durchgeführt werden, beträgt die Steuergutschrift 12 Prozent. Falls die FuE-Ausgaben eines Unternehmens den Durchschnitt der drei Vorjahre übersteigt, sind zusätzliche 5 Prozent der FuE-Ausgaben steuerlich absetzbar. Insgesamt soll die Steuergutschrift allerdings den Betrag von 20 Prozent der Körperschaftsteuer nicht übersteigen.

Wissenstransfer und Vernetzung

Insbesondere in den 1980er Jahren wurde die staatliche Förderung von Forschungskonsortien im Halbleiterbereich und anderen Segmenten vor allem durch das „Ministry of International Trade and Industry“ (MITI; ab 2001 „Ministry of Economy, Trade and Industry“, METI) stark forciert. Dabei kamen vor allem Großunternehmen in den Genuss von staatlichen Fördermitteln (Philipsenburg 2004; Maurer 2007). Unterstützungen in diesen Größenordnungen sind mittlerweile kaum noch zu erwarten, stattdessen sind Forschungskonsortien stärker von privaten Initiativen abhängig (Maurer 2007).

In den vergangenen Jahren wurden einige Forschungskonsortien (z. B. ASET, Selete, STARC) in Japan gebildet, da die technologischen Herausforderungen zunehmend alleine kaum zu stemmen sind. In einigen dieser Konsortien erfolgte auch zu einem bedeutenden Anteil eine staatliche finanzielle Unterstützung (z. B. ASET, MIRAI). Die Größenordnung ist allerdings geringer als in der Vergangenheit und auch der Erfolg wird kritisch bewertet (Fujimura 2009). Die befragten Experten sowie Fujimura (2009) sehen die Probleme vor allem in großen Kommunikationsbarrieren zwischen den Akteuren, die zum Teil auf die Wahl der Forschungsthemen zurückzuführen sind, da diese häufig den Kern der einzelnen Unternehmen betreffen.

Eine kürzlich mit staatlicher Unterstützung getroffene Maßnahme zur Intensivierung der FuE-Kooperation und Teilung der steigenden Kosten für die Chipentwicklung ist die Bildung einer Allianz führender Halbleiter- und Elektronikkonzerne durch das METI. Die staatliche Unterstützung beträgt ca. 4 Mrd. Yen (ca. 40 Mio. US-Dollar) bis zum Jahre 2012. Dabei ist das Ziel, einen neuen Strom sparenden Zentralprozessor auf Basis einer Entwicklung der Waseda-Universität zu entwickeln, um insbesondere im Konsumelektronikmarkt weitere Marktanteile gewinnen zu können.

Industrielle Akteure und Produktion

Die Körperschaftsteuer liegt in Japan mit 39,5 Prozent im internationalen Vergleich recht hoch (OECD 2009b). Informationen über spezifische Steuererleichterungen für Halbleiterunternehmen liegen nicht vor. Die Unternehmen profitieren von den oben beschriebenen allgemeinen Steuergutschriften für FuE und von mittlerweile schnelleren Abschreibungsmöglichkeiten auf Investitionen (Noland 2007).

Im Zuge der Einführung von Clusterpolitiken gewinnen regionale Anreize an Bedeutung. Dabei setzen die regionalen Cluster meist thematische Schwerpunkte bei der Förderung. Eine Vielzahl von Regionen bietet staatliche

Unterstützungsleistungen speziell für Halbleiterunternehmen an (JETRO 2008). Diese beinhalten meist direkte finanzielle Förderungen von Investitionen und zum Teil Steuererleichterungen, z. B. durch „Special Free Trade Zones“. Darüber hinaus werden meist verschiedene Serviceleistungen angeboten, wie z. B. die Erstattung von Kosten für Beratungen, für Reisen für Vorabbesichtigungen oder für die Rekrutierung von Arbeitskräften. Exemplarisch seien für zwei der führenden Halbleiterregionen, Mie und Fukuoka, folgende Beispiele genannt (JETRO 2008): In Mie ist eine Erstattung der Investitionskosten von bis zu 15 Prozent möglich, falls die Investition 60 Mrd. Yen (ca. 640 Mio. US-Dollar) übersteigt und mindestens 600 neue Mitarbeiter eingestellt werden. In Fukuoka werden 2 Prozent der Investitionskosten, die Hälfte der Kosten für gemietete Kommunikationsleitungen für drei Jahre und einmalig 300 000 Yen (ca. 3 200 US-Dollar) je regional ansässigen Mitarbeiter bezuschusst. Hinzu kommen häufig Unterstützungen einzelner Städte und Möglichkeiten der erleichterten Kreditaufnahme bei der japanischen Entwicklungsbank.

Staatliche Unterstützung in der Finanzkrise erhielt Japans einziger DRAM-Hersteller Elpida durch den Kauf von Vorzugsaktien durch die japanische Entwicklungsbank in Höhe von rund 30 Mrd. Yen (ca. 320 Mio. US-Dollar); die Regierung garantiert dabei für 80 Prozent des Betrags (FTD 2009). Als Motiv gilt die Verhinderung einer möglichen Abhängigkeit der japanischen Elektroindustrie von dem koreanischen Unternehmen Samsung, welches sowohl in der Halbleiterfertigung, aber auch in späteren Wertschöpfungsstufen der Elektroindustrie mit japanischen Unternehmen konkurriert (FTD 2009).

Nachfrage und Rahmenbedingungen

Über direkte Programme zur Förderung des Halbleitermarktes ist nichts bekannt. Der große inländische Halbleitermarkt durch die einheimische Elektronikindustrie bildet eine wichtige Stärke des japanischen Halbleiterinnovationssystems. Wie bereits für die anderen Länder festgestellt wurde, können die staatlichen FuE-Förderungen in den starken Anwendungsindustrien zu einer qualitativ anspruchsvollen Halbleiternachfrage führen.

Gesamteinschätzung

Die staatliche Steuerung und die Bedeutung staatlicher Maßnahmen in der Nanoelektronik haben in Japan im Zeitablauf tendenziell abgenommen. Lediglich die regionalen Anreize, z. B. für Investitionsvorhaben, haben zugenommen. Für den Bedeutungsverlust des Halbleiterstandorts Japan wird aber weniger das geringere staatliche Handeln, sondern Managementfehler einzelner Unternehmen und die starke Fokussierung der Akteure auf inländische Wertschöpfungsketten verantwortlich gemacht (Kap. II.3.3; Yomogami 2006; Experteninterviews). Schließlich werden Einsparpotenziale bei den Kosten und die Möglichkeiten der Aneignung von ausländischem FuE-Know-how nicht genutzt. Verstärkend hinzu kommt eine geringe Internationalisierung bei der Bildung; die Anzahl japanischer Studenten in relevanten Fächern im Ausland ist sehr gering (Brown/Linden 2008; Experteninterviews). Diesen genannten Schwächen stehen

verschiedene Reformbemühungen (z. B. stärkere Internationalisierung im Bildungssystem, stärkere Förderung von KMU in der Innovationsförderung, Intensivierung der Anwendung von Clusterpolitiken) gegenüber (Cuhls/Wieczorek 2008).

2.4 Südkorea

Überblick und Rahmenbedingungen des Innovations-systems

Südkorea stellt nach einem rasanten Aufschwung ab den 1950er Jahren im Jahr 2007 die dreizehntgrößte Volkswirtschaft der Welt und die viertgrößte Volkswirtschaft Asiens dar (Schüller/Shim 2008). Dabei basiert ein Großteil des wirtschaftlichen Erfolges auf einer Aufholstrategie mit Imitationen bis Ende der 1980er Jahre. Die technologiepolitischen Maßnahmen erleichterten die Technologiediffusion für jene Industrien oder Firmen, die als „key player“ von der Regierung ausgewählt wurden. Die FuE-Politik war lange Zeit gänzlich auf die Bedürfnisse der Großunternehmen („Chaebol“) ausgerichtet. Ab Mitte der 1990er Jahre erfolgte der Wechsel von einer stark interventionistischen Politik in den frühen Phasen zu einer gemäßigten Politik als Ergebnis einer zunehmenden globalen Integration (Goydke 2008). Zumindest zu einem gewissen Grad konnte die Transformation vom Import von Technologien zu eigenständigen technologischen Innovationen und deren Diffusion vollzogen werden (Schlosstein/Yun 2008).

Die aktuelle innovationspolitische Strategie Südkoreas weist große Ähnlichkeiten zu Japan auf. 1999 wurde der „National Science and Technology Council“ (NSTC) gegründet, der direkt dem Premierminister unterstellt ist und im fünfjährigen Rhythmus Pläne entwickeln soll. Der zweite „Science and Technology Basic Plan“ hat eine Laufzeit von 2007 bis 2012 und legt weitere Initiativen, wie z. B. das „Next-generation Growth Engines R&D Programme“, für eine Vielzahl von Schlüsseltechnologien fest, zu denen auch Halbleitertechnologien gehören.

Insgesamt ist die FuE-Intensität mit 3,23 Prozent des BIP im Jahr 2006 sehr hoch. Südkorea nimmt wie Japan einen Spitzenplatz unter den OECD-Ländern ein (Legler/Krawczyk 2009). Davon stammen 24 Prozent aus öffentlichen Mitteln (Schlosstein/Yun 2008). Einen bedeutenden Schwerpunkt bildet dabei der Bereich Elektronik mit über 50 Prozent der FuE-Ausgaben im Verarbeitenden Gewerbe (Legler/Krawczyk 2009).

Entwicklung und aktuelle Situation der Halbleiter-industrie

Südkorea weist eine hohe Spezialisierung auf Speicherchips auf, mit einem Weltmarktanteil bei den Umsätzen von ca. 50 Prozent im Jahr 2007 (www.investkorea.org). Dabei entfällt ein großer Anteil auf die weltweit größten Speicherchiphersteller Samsung und Hynix. In anderen Halbleitersegmenten ist Südkorea auf dem Weltmarkt bislang von geringer Bedeutung; rund 2 Prozent des Weltmarktanteils des Umsatzes bei anderen Produkten entfällt im Jahr 2007 auf koreanische Unternehmen. Dabei sind die führenden Unternehmen IDMs, die einen Großteil der Wertschöpfungskette selbst abdecken und in der Regel

ihre Standorte hierfür in Südkorea haben. Der Anteil an der weltweiten Fertigungskapazität Südkoreas zwischen dem Jahr 2002 und dem Jahr 2007 liegt konstant bei 17 Prozent. Rund 60 Prozent des Umsatzes und der Beschäftigten sind dabei der Waferproduktion zuzuordnen, rund 20 Prozent entfallen auf Material- und Ausrüstungszulieferer (www.investkorea.org).

Der erfolgreiche Aufholprozess und Markterfolg im Speicherchipbereich seit den 1980er Jahren wird dem Zusammenspiel zwischen staatlichen Institutionen und erfolgreichen Unternehmensstrategien zugeschrieben (Kim 1996). Die massive finanzielle und regulative Unterstützung von Großunternehmen führte zum Aufbau einiger starker Unternehmen (z. B. Samsung, GoldStar), die durch ihre Finanzkraft und ihre aufgebauten Fähigkeiten später leichter in die Halbleiterindustrie diversifizieren konnten. Gerade für den Einstieg in den Speicherchipsektor sind die Voraussetzungen günstig gewesen, da hier Wettbewerbsvorteile erheblich von der verwendeten Produktionstechnologie samt Ausrüstung abhängen. Diese konnte relativ leicht von Aufholern adaptiert werden, sofern sie über genug Kapital und gut ausgebildete Humanressourcen verfügten. Direkte Fördermaßnahmen für Kollaborationsprojekte (z. B. 4M-DRAM-Entwicklung) zwischen diesen Unternehmen unterstützten dabei den Aufbau der erforderlichen Wissensbasis. Der Erfolg der Maßnahmen wird allerdings zwiespältig beurteilt (Kim 1996). Zudem waren Bemühungen der Diversifikation in andere Halbleiterbereiche bislang nur von begrenztem Erfolg. Die aktuellen Ziele des „Ministry of Knowledge Economy“ liegen darin, die führende Weltmarktstellung bei Speicherchips zu halten und die Wettbewerbsfähigkeit in anderen Chipbereichen zu verbessern (OECD 2009d).

Bedeutende Fördermaßnahmen

Wissensbasis

Eine direkte FuE-Förderung im Halbleiterbereich erfolgt z. B. im Rahmen der 2001 gestarteten „National Nanotechnology Initiative“. Insgesamt sollen in der Nanotechnologie in einem Zeitraum von zehn Jahren ca. 1,3 Mrd. US-Dollar in FuE investiert werden; davon werden rund zwei Drittel von staatlicher Seite finanziert (Schüller/Shim 2008). Innerhalb dieses Programms wurde zwischen 2003 und 2007 das „Korea Advanced Nano Fab Center“ finanziert; ca. 80 Prozent der Kosten von ca. 180 Mrd. Kwon (ca. 140 Mio. US-Dollar) wurden von staatlicher Seite getragen (www.nanonet.info). Die Aufgaben dieses Zentrums beinhalten Dienstleistungen zur Nutzung von Forschungsinstrumenten/-ausrüstung für Industrie, Universitäten und Forschungseinrichtungen, die Ausbildung von Spitzenfachkräften, die Unterstützung von Venture-Start-ups und die Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen.

Südkorea setzt daneben eine Vielzahl von staatlichen Anreizen, um indirekt private FuE zu fördern (Schüller/Shim 2008). Bedeutende Steuervergünstigungen sind dabei folgende: Für Großunternehmen betragen die Steuervergünstigungen 40 Prozent derjenigen FuE-Ausgaben, welche den Durchschnitt der vier Vorjahre übersteigen (www.investkorea.org). Für KMU gilt die gleiche Rege-

lung zusätzlich für Weiterbildungsausgaben. Alternativ können sie eine Steuervergünstigung von 15 Prozent für alle FuE- und Weiterbildungsausgaben in Anspruch nehmen. Zusätzlich unterstützt das „R&D Human Resource Development Program“ die Qualifizierung von Ingenieuren. Für zwei Jahre werden pro einheimischem Ingenieur bis zu 50 Prozent Lohnkostenzuschuss (max. 30 000 US-Dollar pro Jahr) gezahlt. Für FuE-Fortbildungskosten durch ausländische Ausbilder werden für Reise- und Unterkunftsausgaben bis zu 50 Prozent für sechs Monate (max. 50 000 US-Dollar) gewährt (Schüller/Shim 2008).

Wissenstransfer und Vernetzung

Der staatliche Einfluss beim Wissenstransfer und bei der Vernetzung ist eher gering und vor allem den privaten Akteuren überlassen. Eine Ausnahme bildet das im Jahr 2008 beschlossene Kooperationsprojekt der beiden weltgrößten Speicherchiphersteller Samsung und Hynix. Es ist das erste größere staatlich geförderte Kooperationsprojekt seit den 1990er Jahren und Teil eines Drei-Stufen-Plans, bei dem zwischen 2004 und 2011 nichtflüchtige Datenspeicher entwickelt werden sollen. Das Ziel ist die Verringerung der Abhängigkeit von Lizenzen ausländischer Unternehmen. Dabei werden 28,5 Mrd. Kwon (ca. 22 Mio. US-Dollar) der Gesamtsumme von 52,6 Mrd. Kwon (ca. 40 Mio. US-Dollar) von staatlicher Seite finanziert (www.korea.net).

Industrielle Akteure und Produktion

Steuerliche Vergünstigungen zur Unterstützung von Investitionen ausländischer Unternehmen in Südkorea werden in „Foreign Investment Zones“ (FIZ) ab einem Investitionsvolumen von über 10 Mio. US-Dollar oder in „Free Economic Zones“ (FEZ) ab einem Volumen von über 30 Mio. US-Dollar gewährt. Die Unternehmen erhalten eine Steuerbefreiung von 100 Prozent in den ersten drei Jahren und 50 Prozent in den zwei darauffolgenden Jahren. Daneben erhalten die Unternehmen in FEZ oder FIZ weitere Vorteile:

- Importzölle auf Investitionsgüter werden für drei Jahre ausgesetzt. Verschiedene Steuern (z. B. für Akquisition, Eigentum) werden in den ersten drei Jahren nicht erhoben, in den darauffolgenden zwei Jahren sind 50 Prozent der regulären Steuern zu entrichten.
- Unternehmen in FEZ erhalten daneben kostenlose oder vergünstigte Grundstücke. Topmanager erhalten eine Vergünstigung der Einkommensteuer um 17 Prozent. Darüber hinaus gewährt der Staat Finanzhilfen für den Bau von Schulen und Krankenhäusern speziell für Ausländer.
- Unternehmen in FIZ erhalten eine Befreiung von Steuern für Akquisitionen, Registrierungen, Eigentum und Grundstücke. Des Weiteren wird eine Zollbefreiung für die Einfuhr von Ausrüstungsgütern und Fertigungsmaterial gewährt.

Neben diesen genannten Regeln für ausländische Unternehmen erhalten alle Unternehmen mit einem sogenannten Hightechstatus eine fünfjährige Befreiung von der Körperschaftsteuer und 50 Prozent Steuererleichterung in den beiden darauffolgenden Jahren. Die Regierung ge-

währt seit 2004 auch Investitionszuschüsse. Sie betragen zwischen 5 und 15 Prozent der Gesamtinvestitionssumme und werden mit Ministerien und Gouverneuren der betreffenden Regionalregierungen ausgehandelt (Grundig et al. 2008).

In der Konjunkturkrise im Jahr 2009 unterstützte Südkorea den weltweit zweitgrößten Speicherchiphersteller Hynix mit rund 600 Mio. Euro (ca. 830 Mio. US-Dollar) (Stuttgarter Zeitung 2009). Einige Jahre zuvor erfolgte bereits eine Unterstützung dieses Unternehmens mit rund 13 Mrd. US-Dollar, was zu einem großen internationalen Disput und Strafzöllen seitens der EU und USA von importierten Hynix-Produkten führte (Kap. IV.2).

Nachfrage und Rahmenbedingungen

Direkte Politikmaßnahmen auf der Nachfrageseite sind nicht bekannt. Für Südkorea gilt aber die Besonderheit, dass die Großunternehmen der Nanoelektronik (z. B. Samsung) zugleich auch in den Anwendungsbereichen tätig sind und somit die gesamte Elektronikwertschöpfungskette von einer staatlichen Unterstützung dieser Unternehmen profitiert.

Gesamteinschätzung

Insgesamt zeigt sich für Südkorea analog zu Japan eine zunehmende Fokussierung auf horizontale Maßnahmen. Dabei wird eine Vielzahl von Branchen durch steuerliche Vergünstigungen und teilweise durch direkte staatliche Unterstützungsleistungen bei Investitionen etc. gefördert. Die Unterstützung ist zwar weniger auf ausgewählte Großunternehmen als in früheren Jahrzehnten ausgerichtet. Dennoch können diese Unternehmen im Notfall auf die Unterstützung des Staates vertrauen. So stellen Erber et al. (2006) in Bezug auf das koreanische Innovationssystem fest: „Grundsätzlich ist auch weiterhin damit zu rechnen, dass die Regierung ihre nationalen Hightechchampions massiv finanziell unterstützen wird, sollten sie wie 2003 Hynix, der damals weltweit drittgrößte Speicherchiphersteller, in wirtschaftliche Bedrängnis geraten“ (Eber et al. 2006, S. 273). Die erwähnte Beihilfe für Hynix im Jahr 2009 unterstützt diese Einschätzung.

2.5 USA

Überblick und Rahmenbedingungen des Innovationssystems

Das amerikanische Innovationssystem zeichnet sich durch seine enorme Größe, Diversität, seine föderalen Strukturen und seine Wettbewerbsorientierung aus (Shapira/Youtie 2008). Es gibt weder eine staatliche Instanz noch ein nationales Konzept für eine einheitliche und koordinierte Innovationspolitik. Die Regierung selbst steuert weniger das Innovationsgeschehen, sondern ihre zentrale Rolle liegt in der Unterstützung der Interaktionen zwischen den verschiedenen Akteuren des Innovationssystems. So steht vor allem die Setzung von innovationsfördernden Rahmenbedingungen, wie z. B. Eigentumsrechten oder Regulierung von Märkten, im Vordergrund. Dies schließt aber einige pragmatische Maßnahmen nicht aus, wie z. B. erhebliche FuE-Förderungen für bestimmte Zwecke oder das „Small Business Innovation Research Program“ (Sha-

pira/Youtie 2008). Darüber hinaus wird in einzelnen Bundesstaaten häufig explizit in das Innovationssystem durch Anreizsetzung für bestimmte Akteure (z. B. Investitionsbeihilfen) eingegriffen, vor allem um die regionale Entwicklung zu fördern.

Eine deutliche Zunahme staatlichen Handelns lässt sich bei den öffentlichen FuE-Ausgaben beobachten. Seit dem Jahr 2000 haben die FuE-Ausgaben erheblich zugenommen. Mit einem Finanzierungsanteil des Staates von 29 Prozent im Jahr 2006 liegen die USA wieder im Durchschnitt der OECD-Länder (Legler/Krawczyk 2009). Die FuE-Intensität am BIP beträgt im Jahr 2006 2,7 Prozent. Insgesamt entfallen 42 Prozent der FuE-Ausgaben im OECD-Raum im Jahr 2006 auf die USA (Shapira/Youtie 2008).

Entwicklung und aktuelle Situation der Halbleiterindustrie

Die Entwicklung und der Status der amerikanischen Halbleiterindustrie wurden bereits in Kapitel II.2 dargestellt. Während die USA weiterhin führender Standort für „Fabless“-Unternehmen sind, hat sich der Anteil an den Produktionskapazitäten von ca. 27 Prozent im Jahr 1995 auf rund 15 Prozent im Jahr 2008 verringert (Macher et al. 2007; Dewey & LeBoeuf 2009). Die amerikanischen Unternehmen haben stattdessen hohe Investitionen in Produktionskapazitäten im Ausland getätigt. Aktuell steht bei der Debatte um die amerikanische Innovationspolitik für die Halbleiterbranche vor allem die Standortattraktivität für FuE-intensive Designunternehmen im Blickpunkt (Dewey & LeBoeuf 2009; Brown/Linden 2008). Durch die zunehmenden Aktivitäten asiatischer Länder im Chipdesign und der zunehmenden Verlagerung der Nachfrage nach Halbleitern in diese Länder besteht auch hier die Herausforderung, die bislang noch sehr hohen Weltmarktanteile gegenüber der asiatischen Konkurrenz zu verteidigen. Daneben zeigen sich einzelne regionale Bemühungen in den USA, auch als Produktionsstandort wieder an Bedeutung zu gewinnen.

Bedeutende Fördermaßnahmen

Da sowohl die zentralen Forschungsprogramme als auch wichtige Teile der Ausbildung in den USA in enger Vernetzung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft stattfinden, werden im Folgenden die Aspekte der Wissensbasis sowie des Wissenstransfers und der Vernetzung zusammengefasst dargestellt.

Wissensbasis, Wissenstransfer und Vernetzung

Ein bedeutender Teil der direkten Forschungsförderung wird von der „Semiconductor Research Corporation“ (SRC) koordiniert. Diese im Jahr 1982 von der amerikanischen Halbleiterindustrie gegründete Organisation arbeitet mit verschiedenen staatlichen Institutionen bei der Forschungsförderung zusammen (z. B. „National Science Foundation“). Dabei wurden drei zentrale Forschungsprogramme initiiert, welche die Forschungsförderung in der gesamten Technologiebreite (CMOS, „Beyond CMOS“ etc.) und Forschungsarten (Grundlagen- und angewandte Forschung) abdecken sollen (Tab. 8).

Tabelle 8

Bedeutende Forschungsprogramme in den USA

	„Global Research Collaboration“	„Focus Center Research Program“	„Nanoelectronics Research Initiative“
Technologiefokus	traditionelle CMOS-Technologie	Grenzen der traditionellen CMOS-Technologie	„Beyond CMOS“
Ziel	Spezifizierung von Optionen	neue Optionen	neue Erfindungen
staatliche Einbindung	begrenzt	signifikant staatliche Förderung (ca. 50 %)	mehrheitlich staatliche Finanzierung
Autonomie der Universitäten	begrenzt	signifikant	signifikant
Herkunft der Mitglieder	global	USA	USA

Quelle: Welser 2008

Das Programm Global Research Collaboration (GRC) beabsichtigt den Wissenstransfer von Universitäten zu den SRC-Mitgliedsunternehmen und ist nicht national beschränkt. Nach Angaben des SRC wurden seit 1982 bereits über 1 Mrd. US-Dollar in dieses Programm investiert und es wurde mit über 7 000 Studenten in Universitäten zusammengearbeitet (SRC 2009). Der Anteil der staatlichen Förderung ist aber nicht bekannt.

1997 wurde das „Microelectronics Advanced Research Corporation’s (MARCO) Focus Center Research Program“ initiiert. Dieses Programm wird vom amerikanischen Verteidigungsministerium und dem SRC finanziert. Im Jahr 2008 umfasste die Fördersumme für beide Seiten jeweils ca. 20 Mio. US-Dollar. In jedem Fokuscenter wird langfristige Grundlagenforschung zur Erreichung der physikalischen Limits betrieben. Für die Unternehmen bietet dies gleichzeitig die Möglichkeit, geeignetes Personal zu rekrutieren. Im Jahr 2008 sind 41 Universitäten, 333 Fakultäten und über 1 200 Doktoranden in diesem Programm involviert (Dewey & LeBoeuf 2009).

Neben dieser Initiative zur Erreichung der physikalischen Grenzen im CMOS-Bereich („More Moore“) widmet sich die „Nanoelectronics Research Initiative“ (NRI) dem „Beyond-CMOS“-Bereich. Die Initiative bestand zunächst aus Unternehmen des SRC und der „National Science Foundation“. In einer Partnerschaft im Jahr 2007 mit dem „National Institute of Standards and Technology“ (NIST) wurde vereinbart, dass in den kommenden fünf Jahren gemeinsam 18,5 Mio. US-Dollar in Forschungsprojekte an Universitäten investiert werden; der Großteil wird dabei von den Ministerien finanziert (Welser 2008). Bisher wurden vier Zentren aufgebaut: Das „Western Institute of Nanotechnology (WIN), die „Southwest Academy of Nanoelectronics“ (SWAN) und das „Institute for Nanoelectronic Discovery and Exploration“ (INDEX) sowie das „Midwest Institute for Nanoelectronics Discovery“ (MIND).

Zur indirekten Förderung von FuE-Aktivitäten existieren verschiedene Steuervergünstigungen. Die relevanten Regelungen sind zeitlich begrenzt, bislang aber mehrmals

verlängert worden. Die „traditionelle“ Steuererleichterung beträgt 20 Prozent derjenigen FuE-Ausgaben, die einen gewissen Basiswert übersteigen, welcher von den FuE-Ausgaben der vier Jahre zuvor abhängt. Der „Alternative Simplified Credit“ bietet den Unternehmen 14 Prozent Erleichterung auf die FuE-Ausgaben, die 50 Prozent der durchschnittlichen Ausgaben aus den drei Jahren zuvor übersteigen (Dewey & LeBoeuf 2009). Umstritten ist insbesondere der geringe langfristige Anreiz für FuE-Investitionen aufgrund der fehlenden Permanenz dieser Regelung. Darüber hinaus zeigen sich Schwierigkeiten bei der Anspruchserfüllung für die FuE-Steuererleichterungen (Shapira/Youtie 2008). Eine Untersuchung der „National Science Foundation“ ergab, dass nur 4 Prozent der FuE-Ausgaben tatsächlich steuerlich geltend gemacht wurden (NSF 2006).

Von großer Bedeutung für die amerikanische Halbleiterindustrie ist die Bildungs- und Immigrationspolitik. Die Verfügbarkeit und Qualität von Humanressourcen in der Halbleiterindustrie ist die große Stärke der USA und bildet eine zentrale Voraussetzung für die Fähigkeit, technologische Spitzenleistungen zu erreichen (Macher et al. 2007). Dabei spielen ausländische Fachkräfte eine wichtige Rolle. Beispielsweise ist die Mehrheit der Doktoranden in Ingenieursfächern in den USA ausländischer Herkunft und hat auch zuvor an ausländischen Universitäten studiert (Brown/Linden 2008; Dewey & LeBoeuf 2009). Da die Absolventenzahlen von Ingenieuren insgesamt stagnieren, gilt sowohl die Attraktion als auch die spätere Beschäftigung dieser Absolventen im Inland als zentral für die Standortattraktivität der USA. Allerdings werden die aktuellen Politikmaßnahmen eher kritisch beurteilt und die Erteilung von VISA-Genehmigungen als zu restriktiv gesehen (z. B. Brown/Linden 2009). Infolge von zusätzlichen Restriktionen im Jahr 2004 ließ sich beobachten, dass amerikanische Unternehmen ausländische Mitarbeiter mit Ausbildung in Amerika verstärkt in Asien einsetzen, um dort Niederlassungen aufzubauen oder zu unterstützen (Brown/Linden 2008; Dewey & LeBoeuf 2009). So ist der Anteil von Absolventen mit sogenannten

H-1B-Visas an allen Absolventen, die von amerikanischen Halbleiterunternehmen verpflichtet wurden, von 57 Prozent im Jahr 2005 auf 40 Prozent im Jahr 2007 gesunken (Brown/Linden 2009). Als vielversprechende Maßnahmen zur Erhaltung der ausreichenden Verfügbarkeit von Humanressourcen wird der „American Recovery and Reinvestment Act of 2009“ gesehen, der für die Jahre 2009 und 2010 5 Mrd. US-Dollar zusätzlich für die Ministerien NSF, NIST und das „Department of Energy’s Office of Science“ vor allem zur Ausbildung zusätzlicher Fachkräfte verspricht.

Industrielle Akteure und Produktion

Auf nationaler Ebene erfolgen vor allem horizontale Programme zur Unterstützung der industriellen Akteure. Dabei werden besonders KMU gefördert, die gerade bei „Fabless“-Unternehmen im Halbleitersektor anzutreffen sind. Das „Small Business Innovation Research Programme“ (SBIR) wurde 1982 eingeführt und zuletzt 2008 erneut genehmigt. Dabei werden KMU ermutigt, neue Verfahren und Produkte zu entwickeln und der US-Regierung Qualitätsforschung anzubieten (Wessner 2009). Elf Behörden mit FuE-Budgets von jährlich über 100 Mrd. US-Dollar müssen mindestens 2,5 Prozent ihres FuE-Budgets für Zuschüsse an kleine Unternehmen bereitstellen. Die Projektförderung ist in drei Phasen (Machbarkeitsstudie, Durchführung des eigentlichen Forschungsprojektes und Einführung der Forschungsergebnisse in den Markt) unterteilt. Die maximale Förderungshöhe variiert dabei je nach Projektphase. Allein im Jahr 2004 wurden insgesamt 2 Mrd. US-Dollar in dem SBIR-Programm bereitgestellt (Shapira/Youtie 2008).

Die Körperschaftsteuer liegt mit 39,1 Prozent höher als in anderen OECD-Ländern (OECD 2009b). Erhebliche

Steuergutschriften und andere Investitionsförderungen (z. B. Zuschüsse) finden, von wenigen Ausnahmen abgesehen (z. B. Steuervergünstigungen), weniger auf nationaler Ebene, sondern auf der Ebene der einzelnen Bundesstaaten oder anderen regionalen Ebenen (Landkreise, Städte etc.), statt. Die Investitionsanreize können sich deshalb vor allem zwischen einzelnen Bundesstaaten erheblich unterscheiden. Die meisten Bundesstaaten bieten erhebliche Steueranreize für in- und ausländische Firmen an, die sich neu ansiedeln oder die expandieren wollen. Primär wird dabei das Instrument der Steuervergünstigung angewendet (BFAI 2008). Darüber hinaus können aber auch erhebliche Finanzhilfen gewährt und umfangreiche Infrastrukturmaßnahmen durchgeführt werden. Die Höhe der Steuervergünstigungen ist in der Regel an die Zahl der geschaffenen Arbeitsplätze und vielfach auch an das Volumen der Sachinvestition gekoppelt (BFAI 2008).

Eine explizite nationale Beihilfenkontrolle dieser regionalen Maßnahmen existiert dabei nicht. Mit der „commerce clause“ kann die zentrale Regierung gegen Wettbewerbsverzerrungen vorgehen, wenn die inländische Faktor- und Gütermobilität gefährdet ist. Allerdings sind die Möglichkeiten der direkten Steuerung der regionalen Gebietschaften eingeschränkt (Gröteke 2007).

Die Herstellung von Halbleitern findet in den USA in 17 Bundesstaaten statt (Grundig et al. 2008). Führende Produktionsstandorte sind in Kalifornien (Silicon Valley), Texas, Massachusetts, Arizona und Pennsylvania. Starke politische Unterstützung erfolgt zudem aktuell im Staat New York. Im Folgenden sollen exemplarisch die Steueranreize sowie die aktuellsten Beispiele für Investitionsbeihilfen in den zwei Bundesstaaten Texas und New York aufgezeigt werden (Tab. 9).

Tabelle 9

Beihilfen in den amerikanischen Bundesstaaten New York und Texas

	Texas	New York
allgemeine Besteuerung	„Corporate Franchise Tax“: 1 % keine Körperschaftsteuer oder persönliche Einkommensteuer;	„Corporation Tax“: 7,1 %
Steuergutschriften	„Reinvestment Zones: Grundsteuerermäßigung für zehn Jahre „Texas Enterprise Zone Programme“: Steuergutschrift je Arbeitsplatz in Höhe von 7 500 US-Dollar (maximal 3,75 Mio. US-Dollar) bei Großinvestitionen	„Investment Tax Credit“: Steuergutschrift von bis zu 10 % der anrechenbaren Investitionssumme (maximale Vortragsdauer 15 Jahre) „Research and Development Tax Credit“: Steuergutschriften in Höhe von 9 % der FuE-Ausgaben „Sales Tax Exemptions“: Steuerbefreiung beim Kauf von Investitionsgütern und Energie
Investitionsbeihilfen	Grundsätzlich möglich; im Jahr 2006 wurden Beihilfen in Höhe von 233 Mio. US-Dollar beim Bau einer Produktionsstätte in Austin durch Steuernachlässe und andere Anreize durch den Bundesstaat und lokale Regierung gewährt.	Grundsätzlich möglich; ca. 1,1 Mrd. US-Dollar Beihilfe im Jahr 2006 für AMD, davon 650 Mio. US-Dollar in Form von Investitionszuschüssen, Steuervergünstigungen und Infrastrukturinvestitionen

Folglich findet zumindest in einigen amerikanischen Bundesstaaten eine erhebliche staatliche Investitionsförderung statt. Thomas und Wislade (2009) haben die Beihilfeintensitäten bei den höchsten bekannten Fällen von Staatsbeihilfen in der Nanoelektronik seit dem Jahr 2005 für die USA und Deutschland verglichen und stellen deutlich höhere Intensitäten für die USA (AMD 34 Prozent, IBM 21,3 Prozent, Sematech 44,8 Prozent) als für Deutschland (AMD 12 Prozent, Qimonda 13,3 Prozent) fest.

Nachfrage und Rahmenbedingungen

Der amerikanische Staat nahm auf der Marktseite vor allem bei der Entstehung der Halbleiterindustrie eine zentrale Rolle ein (Langlois/Steinmüller 1999; Ruttan 2002). So war die staatliche Nachfrage nach Halbleitern für Militär- und Luftfahrtanwendungen entscheidend für die Entstehung von ersten Märkten in der Mikroelektronik Anfang der 1960er Jahre. Aktuell erhofft sich die amerikanische Halbleiterindustrie einen Schub durch den „American Recovery and Reinvestment Act of 2009“. Beispielsweise könnte die Halbleiterindustrie indirekt von „Consumer Rebates on Energy Star Appliances“ oder der Förderung von energieeffizienten Produktionstechnologien profitieren (Dewey & LeBoeuf 2009).

Gesamteinschätzung

Zusammenfassend ist die amerikanische Politik im Bereich der Nanoelektronik in besonderem Maße durch das Zusammenspiel von nationaler und regionaler Förderung gekennzeichnet. Auf nationaler Ebene erfolgt vor allem eine spezifische FuE-Förderung in enger Abstimmung mit der Industrie durch das SRC in Verbindung mit stärker horizontalen Politikinstrumenten. Daneben bieten die einzelnen Bundesstaaten teilweise erhebliche Steuererleichterungen und direkte Investitionsbeihilfen an. Insgesamt scheint sowohl die Bereitschaft, hohe Investitionsbeihilfen zu gewähren, als auch die Unterstützung von FuE-Zentren bzw. -programmen zugenommen zu haben. Die Politik in der Nanoelektronik scheint sich aktuell in Richtung einer aktiven Technologie-/Industriepolitik zu bewegen. Die hierzu befragten Experten bestätigen diese Einschätzung.

3. Zwischenfazit

Die in den vergangenen Kapiteln dargestellten politischen Maßnahmen verschiedener Länder in der Nanoelektronikindustrie zeigen mehrere interessante Aspekte auf: Die Übersicht über die politischen Aktivitäten in Europa zur Stärkung der Nanoelektronik verdeutlichen die Breite der Handlungsfelder (d. h. die Vielzahl der politischen Instrumente) und die heterogene europäische Forschungslandschaft. Deutschland und Frankreich haben dabei unterschiedliche Strategien und politische Handlungsleitlinien. Deutschland hat vor allem im Zuge der Wiedervereinigung

unter Nutzung der regionalpolitischen EU-Fördermöglichkeiten den Aufbau der Halbleiterindustrieproduktion stark unterstützt. Aktuell erfolgt eine eher geringe Investitionsförderung. Frankreich hat den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit in der Nanoelektronik aufgrund eigener strategischer Prioritätensetzungen vorgenommen und den Aufbau eines starken Clusters um das Großunternehmen STMicroelectronics stark unterstützt. Diese Unterstützung findet auch weiterhin durch die Kombination verschiedener politischer Instrumente (z. B. Clusterförderung, institutionelle Förderung, starke Beteiligung an europäischen Programmen) statt.

Der Vergleich von Deutschland und Frankreich mit außereuropäischen Staaten bezüglich der gewählten politischen Instrumente ist in Tabelle 10 zusammenfassend dargestellt. Dabei werden die Maßnahmen zur Wissensbasis und Wissensanwendung in einer Kategorie gebündelt, die Maßnahmen zur Unterstützung von industriellen Akteuren und der Produktion hingegen in mehrere Kategorien (z. B. Investitionsanreize) untergliedert.

Bei der Förderung der Wissensbasis zeigen sich einige Ähnlichkeiten zwischen den Ländern. Die Bemühungen (z. B. in Japan, China), durch direkte Steuerung (z. B. mit sehr konkreten Großprojekten) aufzuholen, haben generell abgenommen. Stattdessen zeigt sich in allen Ländern eine stärkere Ausdifferenzierung der Förderung, z. B. in Form der Förderung kleinerer Verbundprojekte, institutioneller Förderung oder indirekter steuerlicher Förderung. Allerdings bestehen bei einigen Ländern (z. B. Taiwan, China, USA, Japan) Indizien für eine erhebliche Förderung der kapitalintensiven Infrastruktur (z. B. Reinräume, Equipment), beispielsweise durch Gründung und Ausbau von Forschungszentren oder ausgewählter Technologieparks mit öffentlichen FuE-Einrichtungen und privaten Unternehmen. In Deutschland wird dies durch den Einsatz einzelner PPP-Modelle teilweise ausgeglichen. Einige der befragten Experten befürchten aber durch die steigenden Kosten (Anhang, Tab. 16) zunehmende Engpässe bei der FuE-Infrastruktur in Deutschland.

Ein Vergleich der Förderung der industriellen Akteure bei der kommerziellen Umsetzung, z. B. durch Investitionsbeihilfen oder Steuererleichterungen, ist nicht einfach: In vielen der betrachteten Länder ist die Förderung regional unterschiedlich sowie einzelfallabhängig und es liegen keinesfalls vollständige Informationen über öffentliche Maßnahmen vor. Es existieren aber verschiedene Indizien für umfangreiche staatliche Eingriffe, wie die Gewährung von Investitionsanreizen, in den betrachteten Ländern (z. B. China, Taiwan, USA). So zeigen sich Fälle starker einzelner Beihilfen beim Produktionsstättenaufbau sowie vor allem in asiatischen Ländern erhebliche Steuervergünstigungen. Daneben offenbaren sich stark interventionistische Eingriffe bei den Rettungsaktionen der verschiedenen Länder bei Speicherchipherstellern im Zuge der aktuellen Wirtschaftskrise.

Tabelle 10

Politische Maßnahmen ausgewählter Länder in der Nanoelektronik

Land	wichtige Fördermaßnahmen für Wissensbasis/-anwendung	Investitionszuschüsse	Körperschaftsteuer in %	steuerliche Anreize für Investitionen	Maßnahmen in der Wirtschaftskrise
Deutschland	hohe institutionelle Förderung (z. B. MPI, Fraunhofer-Institute) Förderprogramm IKT 2020 Spitzenclusterwettbewerb PPP-Modelle	Investitionszulage in neuen Bundesländern Programm „Gemeinschaftsaufgabe“	30,2	–*	Bildung von Beratungsgremium in Sachsen
Frankreich	hohe institutionelle Förderung (z. B. LETI) hohe Beteiligung in europäischen Förderprogrammen (z. B. CATRENE) Programm NANO 2012 (staatliche Unterstützung 457 Mio. Euro) Clusterwettbewerb („pole de competitive“) steuerliche Förderung FuE-Ausgaben	k. A.	34,4	–*	k. A.
Taiwan	starke institutionelle Förderung des ITRI „Si-Soft“-Projekt Programm zur Ansiedlung von FuE-Zentren multinationaler Unternehmen Gründung ausgewählter Technologieparks (Hsinchu, Nankang) steuerliche Förderung FuE-Ausgaben	Investitionszulage (Höhe unbekannt) Bereitstellung von Infrastruktur (z. B. kostenlose Gelände und Gebäude) Niedrig-Zins-Darlehen staatliche Beteiligung an einigen investierenden Unternehmen	25	Steuerfreiheit auf das Einkommen, welches durch Neuaufbau oder Expansion erzielt wurde regionale Steuervergünstigungen in Technologieparks	Zusagen zur Unterstützung von Unternehmen in Höhe von 6 Mrd. US-Dollar Bildung von Konsortien angeschlagener DRAM-Hersteller
China	Sonderfonds für Halbleiter-FuE-Aktivitäten (inkl. Ausgaben für Spezialequipment und Ausbildung) von Unternehmen Förderung von Technologieparks steuerliche Förderung FuE-Ausgaben	Investitionszulage (Höhe unbekannt) Bereitstellung von Infrastruktur (z. B. kostenlose Gelände und Gebäude) staatliche Beteiligung an einigen investierenden Unternehmen	25	Mehrwertsteuerabatte für FuE und Investitionen Steuerbefreiung für neu angesiedelte Halbleiterunternehmen verkürzter Abschreibungszeitraum für Produktions-equipment	Fonds für „Fables“-Start-ups innerhalb des Konjunkturprogramms „Electronics Go to Farmers Subsidy Program“
Japan	Unterstützung von Forschungskonsortien steuerliche Förderung FuE-Ausgaben	regionale Investitionszulage (z. B. in Region Mie bis 15%) erleichterte Kreditaufnahme	39,5	Steuererleichterungen, z. B. in „Special Free Trade Zones“	Kauf von Vorzugsaktien von Elpida (Speicherchip-Hersteller) durch die japanische Entwicklungsbank

noch Tabelle 10

Land	wichtige Fördermaßnahmen für Wissensbasis/-anwendung	Investitionszuschüsse	Körperschaftsteuer in %	steuerliche Anreize für Investitionen	Maßnahmen in der Wirtschaftskrise
Südkorea	öffentliche Finanzierung des „Korea Advanced Nano Fab Center“ Förderung von Kooperationsprojekt Samsung-Hynix (25 Mio. US-Dollar) Zuschüsse für Lohnkosten bei Ingenieuren und FuE-Fortbildungskosten steuerliche Förderung FuE-Ausgaben	regionale Investitionszuschüsse (ca. 5 bis 15%) vergünstigte Grundstücke; Infrastruktur (z. B. Bau von Schulen für Ausländer)	24,2	vielfältige Steuerbefreiungen in Sonderzonen (z. B. bei Neuan siedlung, Registrierung, Eigentum, Grundstücken, Einkommensteuer für Manager)	staatliche Unterstützung von Hynix mit rund 600 Mio. Euro
USA	verschiedene FuE-Programme „Global Research Collaboration“, „Focus Center Research Program“, „Nanoelectronics Research Initiative“ inkl. Aufbau von FuE-Zentren „Small Business Innovation Research Programme“ steuerliche Förderung FuE-Ausgaben	regionale, z. T. sehr hohe Investitionszuschüsse	39,1	erhebliche Steuerergünstigungen auf regionaler Ebene (z. B. „Investment Tax Credit“ in New-York, Grundsteuerermäßigung in Texas)	Förderung von möglichen Anwendungen im „American Recovery and Reinvestment Act of 2009“

* Es existieren zwar diverse Steuererleichterungen (wie z. B. Abschreibungsmöglichkeiten), aber keine direkten Befreiungen von bestimmten Steuern wie in den genannten anderen Ländern.

Quelle: eigene Darstellung

IV. EU-Beihilfenkontrolle: Ziele, Rechtfertigung und Bedeutung für die Nanoelektronik

Die Ausführungen in Kapitel III haben die hohe Bedeutung staatlicher Unterstützungsleistungen für die FuE und die Produktion in der Nanoelektronik aufgezeigt. Von vielen der befragten Experten wird dabei die europäische Beihilfenkontrolle als zentrales Hemmnis für eine großzügigere staatliche Unterstützung der Industrie in den europäischen Staaten genannt (ESIA 2005; Saunier 2008; Experteninterviews). Die EU-Beihilfenkontrolle reguliert den Spielraum nationaler Staatseingriffe und schränkt insbesondere die Möglichkeiten zur Förderung von spezifischen Großinvestitionen ein.

Ziel dieses Kapitels ist es, die genannte These zur Rolle der Beihilfenkontrolle zu erörtern. Dabei werden die Rechtfertigung einer Beihilfenkontrolle wie auch ihre Auswirkungen diskutiert. Auf dieser Basis können erstens für die Handlungsoptionen in Kapitel V Vorschläge für mögliche Änderungen der europäischen Beihilfenkontrolle gemacht werden. Zweitens wird ersichtlich, welche Gestaltungsspielräume für die nationale Politik in der Nanoelektronik bestehen.

In Kapitel IV.1 werden die Rechtfertigungsgründe für und gegen staatliche Eingriffe bzw. einer Beihilfenkontrolle diskutiert. Es erfolgt dabei für die jeweiligen Argumente zunächst eine allgemeine Darstellung und anschließend

eine Diskussion im Hinblick auf die Nanoelektronik. Danach wird in Kapitel IV.2 die existierende europäische Beihilfenkontrolle im Vergleich zu anderen internationalen Regelungen charakterisiert. In Kapitel IV.3 wird die Entwicklung staatlicher Beihilfen in Europa dargestellt und die bisherigen Auswirkungen der Beihilfenkontrolle für die Förderpraxis in der Nanoelektronik analysiert.

1. Rechtfertigungsgründe für staatliche Beihilfen sowie deren Kontrolle

1.1 Rechtfertigungsgründe für staatliche Beihilfen mit Fokus auf die Nanoelektronik

Die Koordination wirtschaftlicher Entscheidungen durch private Märkte, die vor allem durch freie Preisbildung und individuelle Freiheit (u. a. Gewerbe-, Vertrags-, Berufswahl-, Konsumfreiheit) gekennzeichnet sind, führt nach Ansicht vieler Ökonomen zu einer effizienten Verwendung von knappen Ressourcen. Staatliche Eingriffe (z. B. Steuervergünstigungen, Subventionen) sind aus dieser Sicht nur dann zu legitimieren (u. a. Donges et al. 2006; Friederiszick et al. 2006; Oxera 2006; SVR 2009), wenn

- es ohne staatliche Eingriffe zu Marktversagen kommt, wie z. B. bei Vorliegen von externen Effekten, Informationsasymmetrien, Marktmacht oder Markteintrittsbarrieren aufgrund von zunehmenden Skaleneffekten,

- eine staatliche antizyklische Stabilisierungspolitik (z. B. Konjunkturprogramme in der Finanzmarktkrise) gesamtwirtschaftliche Instabilitäten und die damit verbundenen negativen Multiplikatoreffekte beseitigen bzw. verringern kann,
- die aus dem Marktgeschehen resultierende Distribution (z. B. zwischen Regionen oder Einkommensbeziehern) als ungerecht angesehen und eine staatliche Umverteilung angestrebt wird,
- eine stabile flächendeckende Versorgungssicherheit/Daseinsvorsorge in wichtigen Lebensbereichen (u. a. Energie, Landwirtschaft, Gesundheit) dauerhaft sichergestellt werden soll und freie Märkte dies nicht dauerhaft gewährleisten können.

Im Folgenden stehen vor allem Marktversagensgründe im Fokus. Hierbei ist zu beachten, dass bei Vorliegen von Marktversagen nicht zwangsläufig gefolgert werden kann, dass staatliche Eingriffe gerechtfertigt sind. Denn diese Eingriffe bergen stets auch Risiken.

Zum einen ist es möglich, dass auch staatliche Eingriffe in Form von Beihilfen das Marktversagen nicht beheben können oder die direkten Kosten derartiger staatlicher Eingriffe sehr hoch sind (z. B. für zusätzliche Verwaltungsaufgaben). Zudem können sich durch staatliche Eingriffe schädliche Nebenwirkungen (z. B. Subventionswettlauf zwischen Ländern) erst entfalten. Hierbei sollte gelten: Sind die Kosten bzw. unerwünschten Nebenwirkungen staatlicher Eingriffe größer als der Nutzen aus der Beseitigung des Marktversagens, so sollte auf staatliche Eingriffe trotz suboptimaler Marktergebnisse verzichtet werden (u. a. Friederiszick et al. 2006; SVR 2009). Zudem können Ressourcen bzw. Finanzmittel in Form von Beihilfen zur Beseitigung von Marktversagen durch Verwendung an anderen Stellen (z. B. im Bildungsbereich) einen höheren volkswirtschaftlichen Nutzen stiften. Darüber hinaus besteht auf EU-Ebene das Risiko, dass nationale Beihilfen einzelner Mitgliedsländer (z. B. Subventionierung nationaler Wirtschaftssektoren) auf EU-Ebene zu Wettbewerbsverzerrungen führen, wenn andere EU-Länder derartige Beihilfen nicht gewähren. Zusätzlich hat die wirtschaftspolitische Praxis stets damit zu kämpfen, dass das Ausmaß des Marktversagens oftmals nur schwer messbar ist und damit zwangsläufig auch die Dosierung staatlicher Eingriffe mit zum Teil erheblichen Ungenauigkeiten verbunden ist. Es gibt somit eine Vielzahl an Argumenten, die für eine strikte europäische Beihilfenkontrolle sprechen.

Im Folgenden werden zunächst die im Kontext der Beihilfe wichtigen Rechtfertigungsgründe für staatliche Eingriffe aufgrund von Marktversagen beschrieben. Dabei wird untersucht, in welchem Umfang diese Rechtfertigungsgründe auf die Nanoelektronik angewendet werden können. Anschließend werden Distributionsgründe und die Innovationssystem-Perspektive skizziert, die teilweise einen anderen Standpunkt zur Rechtfertigung staatlicher Eingriffe einnehmen. Schließlich werden in Kapitel IV.1.2 die Risiken staatlicher Eingriffe und damit die Argumente für eine strikte europäische Beihilfenkontrolle dargestellt.

1.1.1 Externe Effekte

Als externe Effekte bezeichnet man die Auswirkungen ökonomischen Handelns auf die Wohlfahrt unbeteiligter Dritter, ohne dass diese Auswirkungen über den Markt kompensiert werden (z. B. keine Kompensationszahlungen). Die Folge ist, dass der private Nutzen nicht mit dem sozialen gesamtwirtschaftlichen Nutzen bzw. die privaten Kosten nicht mit den volkswirtschaftlichen Kosten übereinstimmen. Externe Effekte können die Wohlfahrt Dritter sowohl positiv als auch negativ beeinflussen.

Bei positiven externen Effekten handelt es sich um Güter (z. B. Waren, Dienstleistungen), deren Produktion oder Konsum zwar vorwiegend dem Produzenten oder Konsumenten einen Nutzen stiftet, darüber hinaus aber auch Dritten nützt. Im Kontext staatlicher Beihilfen haben der FuE-Bereich und die damit verbundenen Wissens-Spillover-Effekte eine hohe Bedeutung (u. a. Grundig et al. 2008). Beispielsweise können viele Wirtschaftsakteure wichtige Ergebnisse der Grundlagenforschung nutzen, ohne dafür bezahlen zu müssen. Ein technischer Fortschritt im Bereich der Grundlagenforschung (z. B. neue Industrieroboter- oder Lasertechnik) gehört als öffentliches Gut zum technologischen Wissenspool der gesamten Gesellschaft. Private FuE-Akteure vernachlässigen bei ihren Entscheidungen, dass das Gut (hier: Grundlagenwissen) auch von Dritten genutzt werden kann und diesen Dritten Nutzen stiftet. Freie bzw. vollständig liberal organisierte Märkte würden bei diesen Gütern weniger als die sozial optimale Menge produzieren. Ohne staatliche Eingriffe würde es bei positiven externen Effekten daher zu einer Unterversorgung an Gütern kommen (u. a. Donges et al. 2006; Friederiszick et al. 2006). Marktversagen aufgrund externer Effekte tritt dabei vor allem in frühen FuE-Phasen auf, d. h. im Bereich der Grundlagenforschung und angewandten Forschung, und weniger im Bereich der Entwicklung (Oxera 2006). Durch staatliche Eingriffe im Bereich der Grundlagenforschung und angewandten Forschung (z. B. Subventionierung und Förderung von Hochschulen oder Instituten der Grundlagenforschung, wie z. B. Max-Planck-Instituten) kann der Staat der Tendenz zur Unterversorgung mit diesen Gütern entgegenwirken.

Positive externe Effekte spielen aber auch in der Diskussion über regionalpolitische Subventionen eine wichtige Rolle (u. a. Donges et al. 2006; Grundig et al. 2008). Ausgangspunkt ist die These, dass die Ansiedlung von Wirtschafts- und Wissenschaftsakteuren an einem Standort positive externe Effekte auf die dort bereits etablierten Akteure ausübt (z. B. neue Kooperationspotenziale durch einen besseren Wissens- und Technologietransfer innerhalb von Clustern bzw. Netzwerken). Umgekehrt siedeln sich Unternehmen oder Forschungseinrichtungen tendenziell dort an, wo bereits andere leistungsfähige Akteure vorhanden sind. Derartige räumliche Konzentrationsprozesse führen dann zu dauerhaften Agglomerationsvorteilen und begünstigen dadurch die wirtschaftlichen Aktivitäten in einer Region. Daraus wird oft gefolgert, dass eine wachstumsorientierte Regionalpolitik u. a. Subventionen einsetzen sollte, um an bestimmten Standorten „indus-

trielle Kerne“ zu schaffen, um so beispielsweise Entwicklungsrückstände gegenüber anderen Regionen aufholen zu können. Insbesondere wissensintensive Sektoren und Hoch- und Spitzentechnologiebranchen weisen stärker als andere Wirtschaftszweige derartige Agglomerationsvorteile auf (u. a. Grundig et al. 2008). Allerdings ist ungewiss, ob durch Subventionen das Wirtschaftswachstum einer unterentwickelten Region dauerhaft gesteigert werden kann, da stets die Gefahr besteht, dass z. B. durch staatliche Finanzierung künstliche Cluster entstehen, die ohne öffentliche Förderung auf Dauer nicht überlebensfähig wären (u. a. TAB 2007).

Bei negativen externen Effekten handelt es sich um Güter, deren Produktion oder Konsum sich negativ auf Dritte auswirkt, ohne dass diese dafür über den Markt kompensiert werden. Ein im Kontext staatlicher Beihilfen bedeutendes Beispiel ist der Bereich der Umweltverschmutzung. Freie bzw. vollständig liberal organisierte Märkte produzieren ineffizient hohe Gütermengen. Effizienzsteigernde staatliche Eingriffe wie z. B. die Ökosteuer, handelbare Zertifikate oder Regulierungen wie Ge- und Verbote zielen darauf ab, die produzierten bzw. konsumierten Mengen zu reduzieren. Ähnliches gilt für die Subventionierung bzw. Förderung von Technologien zur Verringerung der Umweltbelastung, wie z. B. Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien.

Externe Effekte im Bereich der Nanoelektronik

Die Argumente bezüglich externer Effekte im Bereich der Nanoelektronik wurden zum Großteil bereits in Kapitel II.3.3 bei der Frage der Bedeutung von inländischen Produktionsstätten diskutiert und werden im Folgenden kurz skizziert und ergänzt. Für hohe externe Effekte der Nanoelektronik sprechen empirische Ergebnisse z. B. aus Input-Output-Analysen sowie patentstatistischen Verflechtungsanalysen von technologischen Neuerungen (u. a. Gerstenberger et al. 1992; Europäische Kommission 2009b; Grundig et al. 2008): Nanoelektronische Bauelemente haben in informations- und telekommunikationstechnischen Industriezweigen (u. a. Büro- und Datenverarbeitungsgeräte, Computer, Handys, Unterhaltungselektronik) sowie in den Mess-, Regel- und Steuerungstechnikindustrien (u. a. intelligente Steuerungssysteme für die Automobilindustrie, den Verkehrsbereich, den Bereich Stromerzeugung, -lagerung und -übertragung oder die Luft- und Raumfahrtindustrie) eine sehr hohe Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit. Zudem entstehen indirekt über hohe Lieferungsbezüge erhebliche Ausstrahleffekte auf nachgelagerte elektronikgestützte Investitionsgüterindustrien (wie z. B. Maschinen- und Anlagenbau) und damit auf den produkt- und verfahrenstechnischen Fortschritt von Volkswirtschaften (u. a. über Automatisierungs- oder Vernetzungspotenziale sowie flexible Produktionstechniken).

Auch verwandte Technikfelder und die damit verknüpfte Industrieproduktion können von positiven Wissens-Spill-over-Effekten profitieren: So hat sich z. B. an Orten mit Halbleiterproduktion (z. B. in China, Japan, Taiwan) die technologisch eng verwandte Solarindustrie sehr gut ent-

wickelt (u. a. Experteninterviews; Pisano/Shih 2009). Durch die zum Teil sehr hohen FuE-Intensitäten in der Nanoelektronik, bei großen forschungsstarken Unternehmen in Höhe von ca. 15 bis 20 Prozent des Umsatzes, entstehen auch positive FuE-Ausstrahleffekte auf vor- und nachgelagerte Industrien (u. a. Grundig et al. 2008; IPTS 2008), da auch dort Produkt- und Prozessinnovationen induziert werden (z. B. im Bereich der Materialverbesserungen oder bei neuen Investitionsgütern für flexiblere Halbleiter-Produktionsprozesse). Daneben haben die sehr hohen Preissenkungen bei Halbleitern³² zu erheblichen Kosteneinsparungen bei den Anwenderindustrien geführt. Diese haben zum Teil die Einsparungen an den Verbraucher weitergegeben und neue Märkte durch günstige Preise erschließen können.

In Summe sind die positiven Ausstrahleffekte der Nanoelektronik daher von großer ökonomischer Bedeutung: Als „enabling technology“ fließen die Produkte des Halbleitermarktes z. B. in rund 10 Prozent der Weltproduktion ein (u. a. IPTS 2008) und sind mit vielen direkten und indirekten Arbeitsplätzen (u. a. für qualifiziertes Personal) verknüpft.

Untersuchungen zeigen aber auch gewisse Potenzialgrenzen bei den externen Effekten auf: Wissens-Spill-over-Effekte und Agglomerationsvorteile als entscheidungsrelevanter Standortfaktor spielen vor allem in den ersten Stufen der Chipherstellung (u. a. prozessbezogene FuE) eine große Rolle. In nachgelagerten Wertschöpfungsstufen (u. a. Produktion) werden die Standortentscheidungen eher nach Kriterien wie z. B. Zusammenarbeit zwischen eigenen Fabriken oder Kundennähe getroffen (Grundig et al. 2008; Experteninterviews). Zudem liegen die Engpässe für die Diffusion der Informations- und Kommunikationstechnik und damit die Potenziale zur Ausschöpfung der externen Effekte in der Regel nicht in der Leistungsfähigkeit der elektronischen Bauelemente. Andere Faktoren wie z. B. Qualifikationsengpässe oder Schwierigkeiten bei der Anpassung der Organisationsformen spielen für die Diffusion eine wichtigere Rolle (u. a. Gerstenberger et al. 1992; Experteninterviews).

1.1.2 Markteintrittsbarrieren, Marktmacht und Versorgungssicherheit

Ein wichtiger Grund für Marktversagen ist die Existenz von sehr hohen Anfangsinvestitionen (z. B. in Netzindustrien oder Spitzen- und Hochtechnologiesektoren) oder zunehmenden Skalenerträgen, d. h. wenn die Kosten pro Produktionseinheit mit zunehmender Produktionsmenge sinken (u. a. Donges et al. 2006; Oxera 2006). Derartige Kostenstrukturen sind typischerweise in kapitalintensiven Netzindustrien (z. B. im Bahn-, Telekommunikations-, Energiesektor) zu erkennen, da hier sehr hohe Anfangsinvestitionen zum Aufbau der Netze erforderlich sind. In den Netzindustrien weisen Unternehmen mit einem großen Marktanteil Kostenvorteile gegenüber Unternehmen

³² Nach Aizcorbe et al. (2006) betragen diese Preissenkungen in den USA zwischen 1975 und 2004 jährlich 25 Prozent (Kap. II.2).

auf, die eine kleinere Produktionsmenge herstellen oder neu in den Markt eintreten. Marktzutritte und kräftige Positionsverschiebungen zwischen den Anbietern sind in solchen Sektoren daher eher selten oder treten gar nicht auf. Bei zunehmenden Skalenerträgen und/oder sehr hohen Anfangsinvestitionen besteht daher die Tendenz zu einer zunehmenden Marktkonzentration, Marktmacht, fehlendem Wettbewerb bzw. Wettbewerbsbeschränkungen und entsprechend hohen Produktpreisen und suboptimal geringen Produktionsmengen. Derartige Konzentrationsprozesse können somit auf lange Sicht zu erheblichen Effizienzeinbußen führen, da z. B. kostengünstiger produzierende Anbieter aufgrund dieser Markteintrittsbarrieren gar nicht erst zum Zuge kommen. Staatliche Eingriffe wie Subventionen können bei Existenz von zunehmenden Skalenerträgen dazu benutzt werden, eine größere Zahl von Unternehmen im Markt zu halten bzw. Markteintritte zu fördern und damit die Wettbewerbsintensität und Markteffizienz zu erhöhen sowie eine kosteneffiziente Versorgung der Volkswirtschaft mit wichtigen Inputgütern (z. B. Energie) sicherzustellen. Denn diese Netz-, Spitzen- und Hochtechnologiesektoren sind mit sehr hohen Anfangsinvestitionen oder zunehmenden Skalenerträgen meist auch aus Gründen der Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit für Volkswirtschaften von sehr großer Bedeutung.

Markteintrittsbarrieren und Marktmacht im Bereich der Nanoelektronik

Ob sich auf einem Markt wettbewerbsbeschränkende Monopolisierungstendenzen ergeben können, liegt vor allem an der Höhe der Markteintrittsbarrieren. Im Fall von Halbleitern sind aufgrund einer sehr wissensintensiven FuE und sehr kapitalintensiven Produktionsprozessen (u. a. Thomas 2007) hohe Markteintrittsbarrieren zu erwarten. So sind die FuE-Kosten einer neuen Chipgeneration sehr hoch und die Herstellung integrierter Schaltkreise ist kapitalintensiv (Kap. II). Beispielsweise verdoppeln sich die Kosten für eine technologisch führende Produktionsstätte von einer Produktgeneration zur nächsten (IPTS 2008). Die Fertigungsprozesse sind komplex und neue Produktgenerationen erfordern häufig umfassende Erfahrungen mit der Herstellung der vorangegangenen Generationen. Der Auf- und Ausbau der FuE- und Produktionsprozesse erfordert daher meist sehr hohe Anfangsinvestitionen. Die Existenz von positiven Skalenerträgen und Lerneffekten in der Nanoelektronik kann daher potenziell den Wettbewerb beschränken (u. a. Gerstenberger 1992; Irwin/Klenow 1994; Experteninterviews). Aufgrund zunehmender Konzentrationsprozesse besteht daher die Gefahr von Preiserhöhungen. Dies könnte unter Umständen die internationale preisliche Wettbewerbsfähigkeit vieler europäischer Anwenderindustrien schwächen. Um den globalen Wettbewerb in der Nanoelektronik zu stärken bzw. um eine zunehmende Marktkonzentration und hohe Produktpreise bei Nanoelektronik-Input-Gütern zu verhindern, müsse die EU, so einige der befragten Experten, ebenfalls wie andere nicht-europäische Länder stärker das Instrument der Ansiedlungssubventionen nutzen.

Allerdings zeigen die Erfahrungen der 1980er und 1990er Jahre (u. a. Gerstenberger 1992), dass nicht zuletzt aufgrund des insgesamt stark wachsenden Marktes immer wieder neue Unternehmen die Chance ergreifen, über eigene FuE in den Halbleitermarkt einzusteigen bzw. ihre eigene Marktposition entscheidend zu verbessern. Dies impliziert, dass in der Vergangenheit weder Skalenerträge noch Lerneffekte wirksame Barrieren für einen Marktzutritt waren. Insgesamt hat sich die Rangordnung der wichtigsten Nanoelektronikanbieter in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich verändert (Kap. II, Tab. 6). Auch die häufig von den Befürwortern staatlicher Beihilfen verwendete Argumentation, dass bereits alleine die hohen Anfangsinvestitionen und das damit verbundene Risiko eine Rechtfertigung für staatliche Eingriffe aufgrund von Markteintrittsbarrieren sei, ist aus Sicht des Marktversagens wenig überzeugend. Denn für aussichtsreiche Projekte in wichtigen Zukunftsmärkten lässt sich in der Regel an privaten Kapitalmärkten hinreichend Kapital beschaffen (u. a. Donges et al. 2006). Dabei erfolgt durch private Kapitalmärkte sofern keine Informationsasymmetrien vorliegen (Kap. III.1.1.3) die Bewertung sowie die Übernahme und Diversifizierung hoher Risiken meist effizienter als durch öffentliche Kapitalgeber. Daher werden auch bei großen öffentlichen Investitionen, angesichts der steigenden Verschuldung der öffentlichen Hand, immer häufiger private Kapitalgeber eingebunden (z. B. im Rahmen von Public-Private-Partnership-Modellen).

Empirisch zeigen sich Monopolisierungstendenzen nur in Teilbereichen, z. B. bei CPU-Prozessoren durch Intel oder die digitale Signalverarbeitung (DSP) durch Texas Instruments (Europäische Kommission 2009a). Zukünftig befürchten einige der befragten Experten Monopolstendenzen im Bereich der Produktion durch „Foundries“. Nur TSMC sei bislang in der Lage, hier profitabel zu arbeiten, und andere „Foundries“ (z. B. in China) seien nur durch staatliche Unterstützungen überlebensfähig (Kap. III.2.2).

Trotz Befürchtungen einer zunehmenden Marktkonzentration ist der Bedarf an speziellen industriepolitischen Eingriffen zugunsten deutscher oder europäischer Halbleiteranbieter tendenziell als eher gering zu bewerten, aufgrund der empirisch erkennbaren Markteintritte sowie ständiger Verschiebungen der Rangordnung wichtiger Anbieter. Außerdem können staatliche Nanoelektronik-beihilfen auch selbst Marktmacht bzw. Markteintrittsbarrieren erzeugen, nämlich dann, wenn nichtstaatlich unterstützte Firmen den Markt verlassen müssen (u. a. Friederiszick et al. 2006).

Versorgungssicherheit im Bereich der Nanoelektronik

Die mögliche zunehmende Verlagerung der Produktionsstätten an Standorte außerhalb Europas birgt das Risiko strategischer Abhängigkeiten bei der dauerhaften Versorgung vieler europäischer Anwenderindustrien mit wichtigen nanoelektronischen Vorleistungsgütern (u. a. Grundig et al. 2008) sowie weitere ökonomische Risiken (z. B. erhöhtes Wechselkursrisiko bei den Importen der europä-

schen Anwenderindustrien). Ob das Argument der Versorgungssicherheit greift, hängt entscheidend von der Wettbewerbssituation bzw. der Marktmacht und den Konzentrationsprozessen auf den europäischen und weltweiten Nanoelektronikmärkten ab (u. a. Gerstenberger et al. 1992). Eine verlässliche und kostengünstige Versorgung mit wichtigen Vorprodukten gilt als gesichert, wenn die Zahl der Anbieter hinreichend groß ist, keine starken Abhängigkeiten in geografischer Hinsicht bestehen und ein intensiver Wettbewerb zwischen den Lieferanten herrscht. Gerade im Bereich der Spitzen- und Hochtechnologie gilt das weite Oligopol als die Marktstruktur, welche für einen intensiven Wettbewerb sorgt.

Einige der befragten Experten befürchten dennoch zukünftige Engpässe bei den Belieferungen und verweisen auf die bereits genannten möglichen Monopolisierungstendenzen bei den „Foundries“ und den eingeschränkten Wettbewerb in Teilmärkten. Zudem wird ein weiteres Risiko hinsichtlich der Versorgungssicherheit gesehen, da viele Produktionsstätten in Erdbebengebieten liegen. Allerdings ist fraglich, ob diese Befürchtungen allein ausreichen, um massive staatliche Eingriffe zu rechtfertigen. Insgesamt gibt es in Europa und weltweit eine ganze Reihe von Produktionsstätten für Halbleiterprodukte (Kap. II.2.2) und es existieren viele große aktive Anbieter, die ihre europäischen Kunden mit nanoelektronischen Bauelementen nach dem aktuellen Stand der Technik versorgen.

Die Gefahr einer strategischen Abhängigkeit von einem einzelnen Anbieterland scheint daher eher gering. Es ist eher unwahrscheinlich, dass z. B. Taiwan seine Chipexporte in die EU aus strategischen Gründen stark einschränkt oder verzögert. Erstens wären Gegenmaßnahmen der EU, z. B. über sehr hohe Importzölle oder andere Handelshemmnisse, die den europäischen Binnenmarkt für viele taiwanische Produkte schließen und damit die gesamte Wirtschaft Taiwans treffen könnten, wahrscheinlich. Zweitens führen die sehr hohen FuE- und Produktionskosten in Verbindung mit den sehr kurzen Produktlebenszyklen dazu, dass die in der Nanoelektronik aktiven Unternehmen ihre hohen Kosten über globale Vertriebsstrategien schnell amortisieren müssen (u. a. Keller 1992). Zudem untersagt seit 2000 ein WTO-Abkommen zum Handel von Produkten der Informationstechnologie („Information Technology Agreement“), das von den wichtigen Lieferstaaten von Halbleiterprodukten unterschrieben wurde, Zölle und andere Handelsgebühren auf diesbezügliche Produkte. Deshalb wird die Rechtfertigung von Ansiedlungsanreizen mit staatlichen Beihilfen aus Gründen der Versorgungssicherheit häufig angezweifelt (u. a. Grundig et al. 2008; Gerstenberger 1992).

1.1.3 Informationsasymmetrien

Freie Märkte besitzen in der Regel die Eigenschaft, dass die dabei zustande kommenden Preise (insb. Güterpreise, Löhne, Zinssätze) auf eine effiziente Weise den Wirtschaftssubjekten wichtige Informationen für ihre ökonomischen Entscheidungen liefern (u. a. zur Knappheit von Ressourcen bzw. Produktionsfaktoren). In vielen

Bereichen des Wirtschaftslebens sind jedoch relevante Informationen zwischen den Marktteilnehmern ungleich verteilt. Die Folgen derartiger Informationsasymmetrien können ein unerwünschtes opportunistisches Verhalten (u. a. Versicherungsbetrug) oder eine negative Auslese (u. a. bei Gebrauchtwagen-, Versicherungs- oder Kreditmärkten) sein. Im Extremfall kommen dadurch ganze Märkte zum Erliegen (u. a. Donges et al. 2006; Friederiszick et al. 2006).

Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass die eine Marktseite (z. B. Versicherungs-, Kreditnehmer, Gebrauchtwagenhändler) besser informiert ist (z. B. über ihr Versicherungsrisiko, ihre eigene Bonität oder den Zustand des Gebrauchtwagens) als die andere Marktseite, für die wichtige Informationen nur unvollständig verfügbar sind. Im Fall des Kreditmarktes kann es beispielsweise sein, dass gerade junge kleine und mittelständische Unternehmen (z. B. ein Start-up) in Hightechbranchen besser über ihre Wettbewerbsfähigkeit (u. a. Umsatzpotenziale, Kosteneffizienz der Geschäftsprozesse) informiert sind als die Banken, von denen sie einen Kredit haben möchten (u. a. Oxera 2006). Die Banken werden daher Risikozuschläge verlangen. Mit steigendem Risikozuschlag werden jedoch möglicherweise die KMU-Kreditnehmer mit niedrigem Risiko den Markt verlassen und sich die erforderliche Liquidität auf anderem Wege beschaffen (u. a. Fusionen, Kooperationen, strategische Allianzen). Am Kreditmarkt bleiben dann nur noch die schlechten Kreditrisiken übrig. Starke Rationierungen können die Folge sein, d. h. die Banken als Kreditgeber sind zu keinem Zinssatz mehr bereit, Kredite an junge KMU in Hightechbranchen zu vergeben, selbst wenn diese über tragfähige Geschäftsmodelle verfügen. Staatliche Beihilfen in Form von Subventionsprogrammen für KMU werden, insbesondere in Hightechbranchen, oft mit diesem Argument gerechtfertigt (Friederiszick et al. 2006; Oxera 2006).

Staatliche Eingriffe in private Märkte mit ungleicher Informationsverteilung (z. B. Regulierungen hinsichtlich der gesetzlichen Offenlegungspflichten für Unternehmen) können zu einer Steigerung der Markteffizienz führen. Auch privatwirtschaftliche Lösungen sind möglich: So entwickeln sich in Märkten mit Informationsasymmetrien häufig auch private Institutionen (z. B. Ratingagenturen, Zertifizierungsinstitutionen), die es erlauben, das Problem der ungleichen Informationsverteilung zumindest teilweise zu überwinden.

Informationsasymmetrien im Bereich der Nanoelektronik

Ebenso wie in anderen Hightechbranchen besteht in Deutschland auch in der Nanoelektronik vor allem bei jungen kleinen und mittelständischen Unternehmen (u. a. bei FuE-Dienstleistern) aus den oben beschriebenen Gründen die Gefahr von Kreditrationierungen bzw. eines unzureichenden Zugangs zu Risikokapital. Dies könnte die Finanzierung und Weiterentwicklung innovativer Ideen (u. a. durch Gründung akademischer Spin-offs) und damit die technologische Wettbewerbsfähigkeit in einer wichtigen Schlüsseltechnologie dauerhaft gefährden (Experteninterviews).

1.1.4 Aktive Industriepolitik und Fehlallokationen bei ungleichem globalem Wettbewerb

Strategisch bedeutsame Technologien oder Branchen im Politikfokus: Einige Technikfelder (z. B. Bio-, Nano- oder Informations- und Kommunikationstechniken) und/oder Wirtschaftssektoren (z. B. Agrar-, Rohstoff-, Energie- oder Gesundheitssektor) sind für einzelne Länder oder Wirtschaftsregionen strategisch besonders bedeutsam, u. a. für die Versorgungssicherheit oder als „enabling technology“ für die dauerhafte internationale Wettbewerbsfähigkeit vieler nachgelagerter Anwenderindustrien und/oder vorgelagerter Zulieferindustrien (u. a. Donges et al. 2006; Soete 2007). Diese strategisch bedeutsamen Technikfelder oder Wirtschaftssektoren erhalten aufgrund von Wachstums- und Beschäftigungspotenzialen von der Politik meist besondere Aufmerksamkeit in Form von staatlichen Eingriffen, u. a. durch öffentliche FuE-Förderung, direkte Investitionszuschüsse, Exportsubventionen oder spezifische Steuer- oder Abschreibungsvergünstigungen für inländische FuE- oder Produktionsstätten (u. a. Soete 2007; SVR 2009). Die Innovationsforschung zeigt zudem, dass die Einführung und Diffusion neuer Technologien häufig institutionelle und organisatorische Neuausrichtungen benötigt (u. a. Aghion et al. 2008; Metcalfe 2008). Diese könnten ohne selektive Staatseingriffe an der Pfadabhängigkeit der bestehenden Industrien scheitern.

Aus Marktversagensgründen ist eine aktive staatliche Industriepolitik allerdings meist kaum zu rechtfertigen. Denn gerade diese strategisch bedeutsamen Technikfelder oder Wirtschaftssektoren versprechen für die Zukunft hohe bzw. sehr hohe Gewinne, weshalb sie keiner staatlichen Unterstützung bedürfen, da gerade hier ein starkes privatwirtschaftliches Engagement zu erwarten ist. Ein derartiges Engagement privater Investoren ist nur dann nicht zu erwarten, wenn die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Marktversagensgründe der positiven externen Effekte, Markteintrittsbarrieren oder Informationsasymmetrien vorliegen. So könnte es z. B. sein, dass die privaten Wirtschaftsakteure die zukunftssträchtigen Technikfelder bzw. Wirtschaftssektoren nicht erkennen. Derartige Fehleinschätzungen kommen immer wieder vor. Das rechtfertigt aber nicht gleichzeitig einen staatlichen Eingriff, denn der Staat vermag in der Regel schlechter als private Investoren zu prognostizieren, welche Technikfelder bzw. Industrien eine Zukunft haben und welche nicht (u. a. SVR 2009).

Eine strategische Industriepolitik mit staatlichen Unterstützungsleistungen kann auch im Fall einer hohen FuE-Effizienz innerhalb eines Technikfeldes oder einer Wirtschaftsbranche ökonomisch kontraproduktiv für die unterstützende Regierung sein. Denn in diesem Fall kann ein schneller „Prozess der schöpferischen Zerstörung“ (u. a. sehr kurze Innovationszyklen) dazu führen, dass z. B. mit staatlichen Finanzmitteln geförderte technologische Durchbrüche sehr schnell wieder aus technologischer Sicht obsolet werden (u. a. Aghion/Howitt 2006). Im ungünstigen Fall entstehen dann auch wirtschaftlich

keine Wachstums- und Beschäftigungspotenziale im Inland, weil z. B. die ehemals staatlich geförderten Unternehmen durch die neuen technologischen Durchbrüche von ausländischen Konkurrenten vom Markt verdrängt werden.

Ungleicher globaler Standortwettbewerb: Trotz dieser Bedenken hinsichtlich staatlicher Eingriffe ist in der Realität vor allem in strategisch bedeutsamen Technikfeldern oder Wirtschaftssektoren zu beobachten, dass der Standortwettbewerb zwischen Ländern und Wirtschaftsregionen ein bisher nicht gekanntes Ausmaß an Ansiedlungsvergünstigungen angenommen hat (u. a. Gröteke 2007). Ohne Begrenzung eines Fiskalwettbewerbs besteht jedoch das Risiko, dass sich Regionen bzw. Länder durch staatliche Eingriffe (z. B. Steuersenkungen) herunterkonkurrieren, um Unternehmensansiedlungen bzw. Direktinvestitionen im Inland zu begünstigen (u. a. Grundig et al. 2008), oder aber sich Handelskonflikte ausbreiten. Im Extremfall kann der Wettbewerb um mobiles Kapital zu einem „race to the bottom“ bei der Kapitalbesteuerung (d. h. zu einer Steuer nahe Null) oder aber zu einem „race to the top“ bei den Ansiedlungssubventionen (d. h. sehr hohe Investitionszuschüsse) führen. Vor allem reichere Länder können sich beispielsweise ein derartiges Verhalten über längere Zeiträume leisten und so ärmere Länder beim Aufbau bestimmter Industrien bzw. Technikfelder behindern. Dadurch würden die Ressourcenallokation und der Wettbewerb verzerrt.

Durch einen Steuer- und/oder Subventionswettlauf wird zudem in der mittleren bis langen Frist die Finanzierung wichtiger öffentlicher Leistungen (u. a. Aus- und Weiterbildung) erschwert, denn die im Steuer- bzw. Subventionswettlauf siegreiche Region erzielt keine bzw. deutlich geringere Steuereinnahmen mit entsprechend negativen Effekten. Zudem muss jeder Euro an Steuern, der nicht vom ansiedlungswilligen Unternehmen erhoben wird (bzw. jeder Euro an Subventionen, der dem Unternehmen gewährt wird), an anderer Stelle mit verzerrenden Steuern (z. B. Einkommensteuer auf den Faktor Arbeit) erzielt werden, wenn die Region weiterhin ihren Staatsaufgaben nachkommen möchte.

Die Beihilferegelung der EU zielt daher gerade darauf ab, einen derartigen Steuer- und/oder Subventionswettbewerb in der EU zu begrenzen. Im Falle eines rein innereuropäischen Wettbewerbs der Standorte ist eine Begrenzung der Beihilfen eine geeignete Maßnahme zur Verhinderung eines ineffizienten Steuer- bzw. Subventionswettbewerbs innerhalb der EU.

Diese Begrenzung des Ansiedlungswettbewerbs innerhalb der EU kann allerdings dann zu nicht mehr optimalen Ergebnissen führen, wenn sich Unternehmen bei ihren FuE- oder Produktionsentscheidungen auch für einen Alternativstandort außerhalb der EU entscheiden können (u. a. Buehlens et al. 2007). Denn wenn der nichteuropäische Standort entsprechend hohe Steuervergünstigungen und/oder Investitionszuschüsse zusagt, wandert das Unternehmen möglicherweise aus dem EU-Raum ab, mit entsprechend negativen volkswirtschaftlichen Effekten (u. a. Beschäftigungsverluste, geringere positive externe

Spill-over-Effekte). Die EU-Beihilferegelung in Form einer isolierten Festlegung von Steueruntergrenzen bzw. Subventionshöchstgrenzen innerhalb der EU kann somit im Fall eines globalen Standort- bzw. Ansiedlungswettbewerbs dazu führen, dass die Unternehmensansiedlung außerhalb der EU erfolgt.

Strategische Politik im Bereich der Nanoelektronik

Die EU-Kommission geht davon aus, dass die Nano-/Mikroelektronik eine der „Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts“ ist, die u. a. durch hohe Wissens- und FuE-Intensitäten, schnelle Innovationszyklen, hohen Kapitalaufwand und hochqualifizierte Arbeitskräfte charakterisiert ist (u. a. Europäische Kommission 2009b; Grundig et al. 2008; Kap. II). Durch die zunehmende Verbreitung dieser Schlüsseltechnologien kann ein hohes Ausmaß an positiven externen Effekten entstehen, u. a. auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit vieler Zuliefer- und Anwenderindustrien innerhalb der EU und damit auf die Innovations- und Wachstumspotenziale der gesamten europäischen Wirtschaft (u. a. Experteninterviews; Europäische Kommission 2009b; IPTS 2008).

Die oben diskutierten externen Effekte sprechen tendenziell für eine starke Bedeutung der Nanoelektronik. Als wichtige „enabling technology“ u. a. für die technologische Absorptionsfähigkeit oder den effizienten Wissen- und Technologietransfer innerhalb von Volkswirtschaften (u. a. Soete 2007) können von ihr erhebliche positive externe Effekte auf nachgelagerte Anwenderindustrien und vorgelagerte Zulieferindustrien ausgehen.

Strategische Abhängigkeiten, insbesondere von nichteuropäischen Ländern, können zu erheblichen unerwünschten Nebenwirkungen führen, vor allem wenn es in diesen Regionen zu fehlendem Wettbewerb bzw. Konzentrationsprozessen und damit zu überhöhten Produktpreisen kommen sollte. Dies vor dem Hintergrund, dass die EU dann keinen politischen Einfluss (u. a. durch Fusionskontrolle) auf die Konzentrationsprozesse bzw. Monopolisierungstendenzen in den nichteuropäischen Produktionsregionen geltend machen könnte. Kommt es darüber hinaus z. B. zu einer deutlichen Euro-Abwertung, so können Chipimporte teurer werden. Infolgedessen werden die Preise für viele Anwenderprodukte mit elektronischen Komponenten (u. a. Autos, Computer, Wasch- und Spülmaschinen, Investitionsgüter) ebenfalls ansteigen. Hier von wären sowohl die Verbraucher innerhalb der EU über eine importierte Inflation als auch die preisliche Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie (u. a. über höhere Exportpreise) negativ betroffen. Darüber hinaus fehlt bei einer starken Abhängigkeit von Nanoelektronikimporten die Möglichkeit, selbst die Richtung der technologischen Entwicklung mitzugestalten. Es besteht das Risiko, dass von den ausländischen Anbietern nur gering auf die Bedürfnisse deutscher bzw. europäischer Anwender eingegangen wird, sondern diese sich allein auf große Nachfragebereiche auf dem Weltmarkt konzentrieren. Dies könnte die technologische Wettbewerbsfähigkeit deutscher oder europäischer Anwender gefährden. Deshalb, so einzelne der befragten Experten, sollte es aus ge-

opolitischen bzw. geostrategischen Gründen zumindest ein bis zwei Produktionsanlagen in Europa auf technologisch sehr hohem Niveau geben, um derartige strategische Abhängigkeiten zu vermeiden. Ob diese Nanoelektronikproduktionsanlagen in Deutschland oder in anderen EU-Ländern sind, ist dabei nicht entscheidend.

Fehlallokationen bei ungleichem Wettbewerb im Bereich der Nanoelektronik

Die im Rahmen dieser Studie befragten Experten schreiben Fehlallokationen bei ungleichem Wettbewerb in der Nanoelektronik eine besondere Bedeutung zu. Wie in Kapitel IV.2 genauer erläutert wird, konzentriert sich die EU-Beihilfenkontrolle auf die Gewährung von horizontalen Beihilfen und schränkt spezifische Eingriffe (z. B. Investitionsbeihilfen für den Aufbau von Produktionsstätten) stark ein. Inwiefern ein Wettbewerb mit Ländern außerhalb Europas auf den entsprechenden Märkten besteht und inwieweit diese Länder ihrerseits Subventionen gewähren, spielt hingegen zumindest bei Investitionsbeihilfen keine Rolle.

Laut Expertenmeinungen sind die Auswirkungen dieser Neuausrichtung auf horizontale Beihilfen im Hinblick auf den internationalen Standortwettbewerb im Bereich der Nanoelektronik als sehr problematisch zu sehen, da die weltweit tätigen Unternehmen bei ihrer Investitionsentscheidung für Produktionsanlagen auch regelmäßig Standorte außerhalb der EU in Betracht ziehen. Für sie stellt sich (verkürzt) die Frage: „EU-Standort oder Drittland?“. Es existiert daher aktuell ein offener globaler Standortwettbewerb zwischen EU-Standorten und Drittländern. Während EU-Mitgliedstaaten einem rigiden Korsett aus Beihilferegeln unterworfen sind, werden in den nichteuropäischen Drittländern erhebliche finanzielle Anreize nicht nur für FuE-Tätigkeiten gewährt, sondern auch für die Förderung von reinen Produktionsstätten. Wie in Kapitel III dargestellt wurde, ist das Niveau der staatlichen Unterstützung in Drittländern tendenziell höher als z. B. in Deutschland (u. a. Thomas/Wishlade 2009; Velloor 2007). Bezogen auf die höchsten bekannten Staatsbeihilfen in der Nanoelektronik seit dem Jahr 2005 liegen beispielsweise die Anteile staatlicher Beihilfen an den Investitionssummen in den USA (AMD 34 Prozent, IBM 21,3 Prozent, Sematech 44,8 Prozent) deutlich höher als in Deutschland (AMD 12 Prozent, Quimonda 13,3 Prozent). Auch in Indien, wo verstärkt Ansiedlungsvergünstigungen forciert werden, werden beispielsweise bis zu 35 Prozent der Investitionskosten staatlich subventioniert (Brown/Linden 2009).

Mit der Verschärfung der Beihilfenkontrolle setzt die Europäische Kommission laut Expertenmeinungen daher möglicherweise ein (unfreiwilliges) Signal gegen den Produktionsstandort Europa. Dies kann die Attraktivität der EU vor allem für kapitalintensive Produktionsstätten wie im Bereich der Nanoelektronik deutlich reduzieren. Dadurch besteht das Risiko, dass sich Leitstandorte für die wirtschaftliche und technologische Entwicklung in der Nanoelektronik künftig noch stärker als bislang in Regionen außerhalb der EU verlagern.

Dieser Nachteil, der aus marktverzerrenden Beihilfen von außereuropäischen Staaten resultiert, könnte verhindert werden, wenn eine globale Beihilfenkontrolle für alle Weltregionen staatfinden würde. Die aktuellen Vereinbarungen auf globaler Ebene reichen aber kaum aus (Kap. IV.2.4), um Fehlallokationen zu verhindern.

1.1.5 Distribution und Gleichheit als Rechtfertigung staatlicher Eingriffe

Die bisherigen Ausführungen zur Rechtfertigung staatlicher Eingriffe basierten größtenteils auf Effizienzargumenten: Wenn freie Märkte bei Vorliegen von Marktversagen (z. B. bei externen Effekten) nicht zu effizienten Ergebnissen führen, können staatliche Eingriffe die Marktergebnisse verbessern. Viele Wissenschafts- und Politikakteure gehen zudem davon aus, dass freie Marktwirtschaften nicht immer zu einer gerechten Einkommens- und Vermögensverteilung führen (u. a. zwischen Regionen oder Akteursgruppen). Viele staatliche Eingriffe (u. a. soziale Sicherungs-, Steuer- und Transfersysteme, regionale Wirtschaftsförderung) werden daher nicht mit Effizienzargumenten, sondern mit verteilungspolitischen Anliegen begründet (u. a. Donges et al. 2006).

Hierbei besteht oftmals die Forderung, Verteilungsziele mit Instrumenten des allgemeinen Steuer- und Transfersystems zu verfolgen, da dadurch die Transparenz der staatlichen Umverteilungspolitik erhöht wird. Subventionen als Mittel der Einkommensumverteilung sind hier wegen ihres selektiven Charakters weniger geeignet, da es für die Wähler dann schwieriger ist, die Verteilungspolitik des Staates insgesamt zu durchschauen. Diese Intransparenz ermöglicht es zudem Interessengruppen, die staatliche Umverteilungspolitik zugunsten ihrer Mitglieder und zulasten Dritter zu beeinflussen (u. a. Donges et al. 2006).

Im Kontext der EU-Beihilferegulation spielten verteilungspolitisch orientierte Subventionen (z. B. Regionalbeihilfen für Ostdeutschland oder osteuropäische Beitrittsländer) in der Vergangenheit eine sehr große Rolle; Mitte der 1990er Jahre erreichten sie einen Umfang von etwa 40 Prozent aller gewährten staatlichen Beihilfen (Friederiszick et al. 2006). Im Zuge der Neuausrichtung der EU-Beihilferegulation wurden verteilungspolitisch orientierte staatliche Beihilfen allerdings stark gekürzt (Kap. IV.3.1; Soltész 2005).

Verteilungspolitisch orientierte staatliche Beihilfen im Bereich der Nanoelektronik

Der multisektorale Regionalbeihilferahmen ermöglichte in der Vergangenheit deutliche staatliche Unterstützungen beim Bau von Nanoelektronikproduktionsstätten, vor allem im Dresdner Raum. Die Neuregelungen zum Abbau regionaler Beihilfen (u. a. niedrigere Beihilfeshöchstsätze in Dresden) und die verteilungspolitisch stärker an osteuropäische Staaten orientierten staatlichen EU-Beihilfen verringern die Möglichkeiten zur Beihilfe an den etablierten Nanoelektronikstandorten in Europa (Kap. IV.3.2).

1.1.6 Innovationssystemperspektive

Die bisherigen Ausführungen zur Rechtfertigung staatlicher Eingriffe bei Vorliegen von Marktversagen basieren auf dem theoretischen Paradigma der Neoklassik. Diese vorherrschende Sicht ist nicht unumstritten, u. a. in den Reihen der Evolutions- und Innovationsökonomien. So geht die derzeitige Innovationsforschung davon aus, dass Innovationen und die Diffusion neuer Technologien in einem Innovationssystem entstehen, an dem diverse Akteure und Institutionen in einem interaktiven, interdisziplinären und kollektiven Prozess mit vielen Rückkopplungsschleifen beteiligt sind (Freeman 1987; Lundvall 1992; Nelson 1993; Edquist 1997). Nicht einzelne Faktoren oder Akteure, sondern das Zusammenspiel und die Vernetzung leistungsstarker Teilsysteme und ihrer Akteure innerhalb eines Innovationssystems entscheiden dabei über die Leistungsfähigkeit und Innovationskraft eines Standorts.

Aus einer solchen Innovationssystemperspektive heraus werden staatliche Eingriffe mit dem Ziel begründet, die Funktionsweise eines Innovationssystems zu verbessern bzw. systemische Mängel oder gar Systemversagen zu vermeiden. Systemische Mängel können bei allen Teilsystemen und Akteuren eines Innovationssystems auftreten und/oder die Beziehungsstrukturen innerhalb eines Teilsystems und zwischen verschiedenen Teilsystemen betreffen (z. B. Cluster-, Netzwerkprobleme).

Der Innovationssystemansatz geht damit deutlich über das Phänomen des Marktversagens als „neoklassische“ Begründung innovationspolitisch motivierter Eingriffe des Staates hinaus (u. a. Oxera 2006), da beispielsweise nicht nur die vorwettbewerblichen und nichtmarktfähigen Phasen des Innovationsprozesses (z. B. die Finanzierung von Grundlagenforschung und Forschungsinfrastrukturen aufgrund von positiven externen Effekten) im Fokus stehen, sondern sämtliche Stellhebel, die für die Funktionsfähigkeit eines Innovationssystems von Relevanz sind. Diese große Anzahl an potenziellen systemischen Problembereichen innerhalb und zwischen den verschiedenen Innovationsteilsystemen und damit die große Bandbreite an staatlichen Eingriffsmöglichkeiten umfasst alle Wertschöpfungsstufen, d. h. von der Wissensbasis, dem Wissens- und Technologietransfer über die Produktion bis hin zur Markteinführung und Marktdurchdringung.

Es besteht allerdings in der Literatur keine klare Einigkeit, wo Systemmängel explizit oder implizit im Konzept des Marktversagens mit enthalten sind (Schröter 2009; Lipsey et al. 2005; Metcalfe 2008). Tendenziell werden Netzwerk- und Koordinationsprobleme, die Unsicherheit der Akteure bei ihren Entscheidungen sowie Gründe für Pfadabhängigkeit (u. a. dynamische Rückkopplungseffekte) nur eingeschränkt in den Argumenten des Marktversagens erfasst (Metcalfe 2008; Schröter 2009; Oxera 2006). Eine direkte Darstellung, an welchen Stellen mögliche Innovationssystemversagens- über Marktversagensgründe hinausgehen, und eine vollständige Übertragung der Rechtfertigung staatlicher Eingriffe aus Sicht der Innovationsforschung auf die Nanoelektronik ist aufgrund des eingeschränkten Forschungsstandes der Inno-

vationsökonomie zur Beihilfenkontrolle nicht möglich. Da die Innovationssystemansicht im Rahmen dieser Studie aber eine bedeutende Rolle spielt (siehe z. B. Innovationssystemanalyse für die Nanoelektronik in Kap. II.3), wird folgendes Vorgehen gewählt: Wie in Kapitel V.4 näher erläutert wird, nähern sich Weiterentwicklungen der Industriepolitik der Innovationspolitik an (z. B. Aiginger 2007). Die dabei offenere Perspektive bezüglich staatlicher Eingriffe und Erkenntnisse für geeignete Instrumente bzw. deren Design bilden hierbei eine wichtige Grundlage für das Handlungsszenario „Aktive sektorale Technologie-/Industriepolitik“.

Im Folgenden werden aber zunächst die Risiken staatlicher Eingriffe dargestellt. Diese sind nicht direkt abhängig von einer Marktversagens- oder Innovationssystemversagens-Perspektive.

1.2 Risiken staatlicher Eingriffe und Gründe für eine strikte EU-Beihilfenkontrolle

Aus den in Kapitel IV.1.1 beschriebenen Rechtfertigungsgründen staatlicher Eingriffe kann nicht zwangsläufig gefolgert werden, dass staatliche Beihilfen gerechtfertigt sind. Denn auch staatliche Eingriffe sind mit Risiken verbunden (u. a. mangelnde Messbarkeit von Marktversagen, Opportunitätskosten staatlicher Eingriffe, Staatsversagen). Im Folgenden werden diese Risiken und damit die Argumente für eine strikte europäische Beihilfenkontrolle dargestellt.

1.2.1 Unzureichende Messbarkeit von Marktversagen

Die Messung von Marktversagen und dem damit verbundenen gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtsverlust ist in der Praxis mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden (u. a. Friederiszick et al. 2006, Nitsche/Heidhues 2006). Um wirtschaftspolitisch den „richtigen Anreiz“ und damit effiziente Marktergebnisse erzielen zu können, müsste sich die Höhe der staatlichen Beihilfe (z. B. Höhe der Subventionszuschüsse oder Steuererleichterungen) zumindest am Ausmaß des Marktversagens orientieren. Dieses Ausmaß (z. B. Umfang positiver Wissens- oder Technologie-Spill-over-Effekte, Ausmaß an Informationsasymmetrien im Finanzsektor) ist in der Realität jedoch häufig gar nicht bzw. nur sehr schwer zu messen. Das exakte Ausmaß des Marktversagens (z. B. bei Investitionen in Forschung oder Bildung) hängt u. a. von der Differenz vom privaten und sozialen Nutzen ab und wird von vielen verschiedenen Einflussfaktoren (u. a. Effizienz von Patentsystemen oder Effizienz der FuE- und Bildungsinfrastruktur) bestimmt (Kap. II). In der Praxis wird daher in der Regel auf genaue quantitative Berechnungen verzichtet. Meist kommen qualitative Bewertungen zur Anwendung, um festzustellen, ob Marktversagen vorliegt und wie groß dessen Ausmaß ist.

Auch kann Marktversagen wie im Fall von Informationsasymmetrien nicht als pauschaler Rechtfertigungsgrund für staatliche Eingriffe in das Marktgeschehen angeführt werden (Donges et al. 2006; Friederiszick et al. 2006;

SVR 2009). Denn in der Regel verfügt der Staat nicht über bessere, sondern sogar meistens über schlechtere Informationen als die privaten Akteure. Die hohe Komplexität und Vielfalt der privatwirtschaftlichen Reaktionen auf Informationsasymmetrien erschweren es zudem, sinnvolle und adäquate staatliche Eingriffe zu konzipieren.

1.2.2 Wettbewerbsverzerrung zwischen Unternehmen und Regionen

Der europäische Binnenmarkt ist eine der Säulen der Europäischen Union, weil für die EU-Wirtschaftsakteure neue Wachstumspotenziale entstehen, z. B. durch einen stärkeren innereuropäischen Wettbewerb oder durch zunehmende Skaleneffekte aufgrund größerer Absatzmärkte. Durch die Gewährung von nationalstaatlichen Beihilfen kann dieses Ziel gefährdet werden, weil dadurch eine Vielzahl unerwünschter ökonomischer Nebeneffekte entstehen können wie z. B. dynamische Ineffizienzen, negative grenzüberschreitende Spillover-Effekte oder ein Steuer- bzw. Subventionswettbewerb innerhalb der EU (u. a. EEAG 2008; Friederiszick et al. 2006; SVR 2009).

Dynamische Ineffizienzen: In staatlich unterstützten Unternehmen bzw. Wirtschaftssektoren entstehen in der Regel dynamische Ineffizienzen, die dauerhaft die internationale Wettbewerbsfähigkeit mindern (u. a. EEAG 2008). So ist z. B. der Anreiz, die Kosten (u. a. Produktions-, Marketing- oder Vertriebskosten) zu senken oder die Produktivität und Produktqualität zu erhöhen, deutlich geringer als in anderen Sektoren, in denen eine hohe Wettbewerbsintensität herrscht oder die durch eine hohe Anzahl an potenziellen Wettbewerbern geprägt sind, die in den Markt eintreten könnten. Zudem sind in staatlich unterstützten Unternehmen bzw. Wirtschaftssektoren meist die Innovationsraten bezüglich Produktinnovationen oder kosteneffizienten Prozessinnovationen geringer. Die Kosten derartiger dynamischer Ineffizienzen (z. B. überhöhte Produktpreise, geringe Produktvielfalt) müssen in der Regel von den Konsumenten getragen werden.

Darüber hinaus wird in staatlich unterstützten Wirtschaftssektoren der technische Fortschritt und der Wettbewerb durch eigennützige Interessengruppen, die die bisherigen monopolistischen bzw. oligopolistischen Strukturen zementieren möchten, in Form von Lobbyismus bekämpft (u. a. SVR 2009). Denn für sie verursacht der technische Fortschritt zusätzliche Kosten (z. B. Auf- und Ausbau neuer Netze, FuE-Infrastrukturen oder Produktionssysteme) und zunehmender Wettbewerb verringert ihre Gewinne.

Durch die Gewährung von staatlichen Beihilfen, vor allem in Form von Subventionen, können sich auch ineffiziente Unternehmen bzw. Wirtschaftssektoren länger in ihren Märkten halten, als dies bei einer hohen Wettbewerbsintensität der Fall wäre. Staatliche Beihilfen werden daher oftmals als Grund dafür gesehen, dass das Produktivitätswachstum der EU-Länder im Vergleich zu den USA in den letzten Jahren geringer war (u. a. EEAG 2008).

Negative grenzüberschreitende Spill-over-Effekte: Die Zielsetzungen staatlicher Beihilfen sind sehr unterschiedlich: Unter anderem werden FuE-Beihilfen gewährt, um junge Wirtschaftszweige in neuen Technikfeldern in den ersten Jahren vor dem internationalen Wettbewerb zu schützen oder aber Rettungsbeihilfen, um in Zeiten von Wirtschaftskrisen den Beschäftigungsrückgang in schrumpfenden Sektoren zu minimieren. Bei letzterem Aspekt sind Überkapazitäten in einigen Ländern die Folge. Grundsätzlich gilt: Wenn staatliche Beihilfen (z. B. Investitionszuschüsse, Steuererleichterungen) nur in einigen Regionen bzw. Ländern gewährt und in anderen Regionen bzw. Ländern nicht gewährt werden, können grenzüberschreitende negative externe Effekte entstehen. Unternehmen ohne staatliche Unterstützung sind möglicherweise preislich nicht länger konkurrenzfähig und müssen ihre Märkte verlassen. Staatliche Beihilfen können auch dazu führen, dass Firmen ohne staatliche Unterstützung erst gar nicht in den Markt eintreten, selbst wenn sie kosteneffizient produzieren können. Handelt es sich um zwei Regionen bzw. Länder innerhalb der EU, so kann dadurch die Europäische Integration bzw. die Funktionsfähigkeit des europäischen Binnenmarktes gefährdet werden. Dieser Aspekt ist eine wichtige Rechtfertigung für die supranationale EU-Beihilfenkontrolle.

Steuer- und Subventionswettbewerb: Der Wettbewerb zwischen Regionen um die Ansiedlung von Großunternehmen oder Großinvestitionen nimmt aktuell große Ausmaße an (Thomas 2007). Die Regionen überbieten sich gegenseitig mit Ansiedlungsvergünstigungen (u. a. Grötteke 2007). Vielfach wird von „bidding wars“, „race to the bottom“ oder „Steuer-/Subventionswettbewerb“ gesprochen. Dabei handelt es sich oftmals um ein rationales nationalstaatliches Handeln als optimale strategische Antwort auf FuE-Beihilfen oder Rettungsbeihilfen in anderen Ländern. Ohne Begrenzung des Fiskalwettbewerbs besteht daher das Risiko, dass sich Regionen bzw. Länder innerhalb der EU durch staatliche Eingriffe (z. B. Steuersenkungen, Exportsubventionen) immer weiter herunterkonkurrieren (d. h. im Extremfall eine Steuer nahe Null oder sehr hohe Subventionen), um Unternehmensansiedlungen, ausländische Direktinvestitionen oder Wirtschaftssektoren und Technikfelder zu fördern. Reichere Länder könnten so beispielsweise ärmere Länder beim Aufbau bestimmter Industrien bzw. Technikfelder behindern. Durch einen derartigen Steuer- bzw. Subventionswettbewerb würden sich alle beteiligten Länder schlechter stellen als bei freiem Handel, der Wettbewerb innerhalb der EU würde stark verzerrt und die europäische Integration gefährdet werden (Brander/Spencer 1985 u. 1987; EEAG 2008; Friederiszick et al. 2006). Zudem würde dadurch in vielen EU-Ländern die Finanzierung wichtiger öffentlicher Leistungen (u. a. Aus- und Weiterbildung, Förderung der Grundlagenforschung), die dauerhaftes Wirtschaftswachstum gewährleisten, erheblich erschwert werden. Auch dieser Aspekt ist eine sehr wichtige Rechtfertigung für eine supranationale EU-Beihilfenkontrolle.

1.2.3 Alternative Verwendung der Ressourcen

Durch die Gewährung von staatlichen Beihilfen entstehen Opportunitätskosten in der Form, dass die für die Beihilfe benötigten Ressourcen (z. B. Subventionszahlungen) nicht für andere Verwendungen wie z. B. Bildung oder öffentliche Verkehrsinfrastruktur zur Verfügung stehen (u. a. Friederiszick et al. 2006; SVR 2009).

Zudem treten gesamtwirtschaftliche Opportunitäts- bzw. Transaktionskosten in der Form auf, dass staatlich unterstützte Unternehmen und Wirtschaftssektoren (z. B. Agrar, Gesundheit, Energie) zum Teil erhebliche Ressourcen für Lobbyaktivitäten aufbringen („unproductive rent seeking“). Die hierfür eingesetzten qualifizierten Arbeitskräfte stehen der Volkswirtschaft nicht an anderer Stelle für produktivere Zwecke (z. B. im FuE- oder Produktionsbereich) zur Verfügung (u. a. Nitsche/Heidhues 2006). Ebenso entstehen in staatlichen Institutionen Kosten für Mitarbeiter, die u. a. diese Lobbyarbeiten beobachten, an Lobbyveranstaltungen teilnehmen und die Argumente der Lobbyisten bewerten müssen.

Darüber hinaus entstehen weitere Opportunitätskosten in Form einer „Steuerzusatzlast“ (u. a. Nitsche/Heidhues 2006), da z. B. jeder Euro an Subventionen, der den Unternehmen gewährt wird, an anderer Stelle mit Steuern (z. B. Einkommensteuer, Mehrwertsteuer) erzielt werden muss, wenn der Staat weiterhin seinen Aufgaben nachkommen möchte. Eine Auswertung verschiedener empirischer Ergebnisse zeigt, dass eine Erhöhung staatlicher Beihilfen um 1 Euro „durchschnittlich“ eine Steuerzusatzlast bzw. einen gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtsverlust in Höhe von 0,20 Euro verursachen kann (u. a. Collie 2000 u. 2002). Die Höhe dieser „Steuerzusatzlast“ hängt von vielen verschiedenen Einflussfaktoren (u. a. Nachfrageverhalten, Grenzsteuersatz, Höhe der Staatsausgaben) ab und variiert daher stark zwischen verschiedenen Ländern (Anderson/Martin 1998; Devarajan et al. 1997).

Aufgrund der verschiedenen Opportunitätskosten kann es ökonomisch sinnvoll sein, keine Beihilfen zu gewähren, und zwar selbst dann, wenn staatliche Beihilfen dazu beitragen können, Marktversagen zu beseitigen bzw. zu verringern. Dies ist dann der Fall, wenn die Opportunitätskosten (z. B. die „Steuerzusatzlast“) sehr hoch sind, das Ausmaß des Marktversagens und damit der gesamtwirtschaftliche Nutzen aus dessen Beseitigung gering ist oder aber die öffentlichen Finanzmittel bei anderen Verwendungen (z. B. im Bildungsbereich) der Gesellschaft einen deutlich höheren volkswirtschaftlichen Nutzen stiften als im Fall der Gewährung staatlicher Beihilfen.

Auch hier treten erhebliche Messprobleme auf, etwa bei der Berechnung der Steuerzusatzlast. Die EU ist deshalb dazu übergegangen, die Effektivität staatlicher Beihilfen mit der Erreichung politischer Zielsetzungen zu messen, wie z. B. die Wirkung von Beihilfen auf die FuE-Ausgaben, den Umsatz bzw. die Wertschöpfung oder die Beschäftigung in den staatlich unterstützten Unternehmen oder Regionen (u. a. Röller et al. 2001): So zeigen statistisch signifikante Ergebnisse, dass eine FuE-Beihilfe von 1 Euro pro Kopf in den darauffolgenden fünf Jahren die

privaten FuE-Ausgaben pro Kopf um 2 Euro erhöht. Demnach würde ein vollständiger Verzicht auf staatliche Beihilfe die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt der EU mindern (u. a. Nitsche/Heidhues 2006). Allerdings unterliegen staatliche Beihilfen dem Gesetz des abnehmenden Grenzertrages, d. h. mit zunehmender Höhe der Beihilfe nimmt die Effektivität der Beihilfe ab. Mit anderen Worten sinkt der zusätzliche gesamtwirtschaftliche Nutzen eines weiteren Beihilfe-Euros.

1.2.4 Staatsversagen („government failures“)

In Kapitel IV 1.1 wurden verschiedene Gründe (u. a. Marktversagen, Distribution, Innovationssystemperspektive) für die Gewährung staatlicher Beihilfen aufgeführt und es wurde gezeigt, wie staatliches Handeln die Marktergebnisse verbessern kann. Hierbei wurde implizit stets ein effektives und effizientes staatliches Handeln unterstellt. Der Fall eines Staatsversagens wurde dabei explizit ausgeblendet. Allerdings gibt es in der Realität einige Gründe, die im Kontext staatlicher Beihilfen auf ein mögliches Staatsversagen mit entsprechenden Wohlfahrtsverlusten hindeuten (u. a. Buehlens et al. 2007; Dewatripont/Seabright 2006; EEAG 2008; Friederiszick et al. 2006). Diese Gründe werden im Folgenden skizziert.

Ineffiziente staatliche Auslese: Bei staatlichen Eingriffen (u. a. in Form von Beihilfen) besteht das Risiko, dass die Maßnahmen häufiger zu „picking losers“ als zu „picking winners“ führen werden (Friederiszick et al. 2006). Warum ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass sich der Staat bei staatlichen Eingriffen für die „Verlierer des freien Marktes“ entscheidet? Zum einen ist der Staat in der Regel nur begrenzt in der Lage, die Resultate von verschiedenen Forschungs- und Technologiepfaden vorzusehen. Diese sind schließlich das Ergebnis einer Vielzahl von Einflüssen (z. B. Maßnahmen anderer Länder, Entwicklungen in zusammenhängenden Technologie- und Wirtschaftsfeldern), die Unsicherheiten in ihrer Entwicklung unterliegen.

Zum anderen verfügen staatliche Institutionen in der Regel über schlechtere Informationen (z. B. über die Zukunftsfähigkeit von Produkten, Produktgruppen sowie Wirtschaftssektoren) als die privaten Wirtschaftsakteure. Die ungleiche Informationsverteilung begünstigt dabei eine aktive Lobbyarbeit der staatlich unterstützten Unternehmen und Wirtschaftssektoren mit dem Ziel, der Politik ihre mangelnde internationale Wettbewerbsfähigkeit zu verschleiern. In schrumpfenden und stagnierenden Wirtschaftssektoren sowie in staatlich stark regulierten Märkten mit geringer Wettbewerbsintensität (z. B. Agrar, Energie, Gesundheit) wird in der Regel sehr viel Lobbyarbeit betrieben, um die existierenden (oftmals nicht mehr wettbewerbsfähigen) Strukturen und die damit einhergehenden Renten zu erhalten bzw. sogar auszubauen. In zukunftsfähigen Wachstumsmärkten bzw. -branchen hingegen treten aufgrund guter Gewinnaussichten oft viele neue Anbieter in den Markt ein, sodass Gewinne bzw. Renten über Wettbewerbsmechanismen herunterkonkurriert werden. In solchen Märkten bzw. Branchen ist daher oft ein geringeres Maß an Lobbyarbeit zu erkennen. Im

Ergebnis haben staatliche Unterstützungsleistungen die Insolvenz von Unternehmen bzw. das Schrumpfen inländischer Wirtschaftssektoren daher häufig nicht verhindert (z. B. Kohlebergbau), sondern nur hinausgezögert (SVR 2009).

Weiche staatliche Budgetrestriktionen („dynamic commitment problems“): Nationale Regierungen sind häufig nicht in der Lage, sich ex ante auf klare Regeln und ein fixes Budget festzulegen. Die Folge ist, dass ursprünglich festgelegte staatliche Beihilfen (z. B. zur Förderung von Start-up-Unternehmen oder FuE-Projekten) ex post im Bedarfs- bzw. Notfall in Nachverhandlungen erneut verlängert und finanziell aufgestockt werden. Antizipieren die geförderten Akteure (z. B. Start-up-Unternehmen, FuE-Institutionen) ein derartiges Staatsverhalten bereits vorab, haben diese Akteure während der Förderungsphase in der Regel weniger Anreize, sich adäquat am Markt auszurichten und ihre FuE- oder Produktionsprozesse kosteneffizient anzupassen, da sie auf erneute staatliche Beihilfen in den Nachverhandlungen am Ende der ursprünglich vereinbarten Förderphase hoffen.

2. Charakterisierung der EU-Beihilfenkontrolle

Gemäß den Ausführungen im vorigen Teilkapitel gibt es durchaus Gründe für eine strikte Beihilfenkontrolle. In der Europäischen Union findet diese seit einigen Jahrzehnten statt. In diesem Teilkapitel werden das EU-Beihilferecht und dessen Entwicklung näher charakterisiert. Hierzu erfolgt eine Darstellung der

- Intention der Beihilfenkontrolle,
- ihrer gesetzlichen Verankerung,
- der Verfahren der Beihilfenkontrolle und der Verteilung der Kompetenzen sowie
- eine Gegenüberstellung zu internationalen Regelungen, die auch Länder außerhalb Europas betreffen.

2.1 Intention der Beihilfenkontrolle und Bedeutung für die europäische Integration

Um die Intention der EU-Beihilfenkontrolle zu beschreiben, ist die Rekonstruktion der Gründungssituation der Europäischen Gemeinschaft (EG) erforderlich. Die Beihilfenkontrolle gehört zu den ältesten Bestandteilen des Vertragswerks der Union und wurde seit den „Römischen Verträgen“ im Jahr 1957 nicht geändert. Ziel dieses Vertragswerks war die Schaffung eines gemeinsamen Marktes nicht nur in den zu dieser Zeit besonders bedeutenden Sektoren Stahl und Steinkohle, sondern auch in anderen Bereichen. Solche größeren Märkte erleichtern den Austausch von Waren zwischen Ländern und ermöglichen nationale Spezialisierungen (Gröteke 2007). Die Öffnung der beteiligten Mitgliedstaaten sollte durch eine Beschränkung der wirtschaftspolitischen Aktivität erreicht werden. Dazu war ein Abbau der Handelshemmnisse erforderlich. Dieses Ziel ist in Art 3. des Einigungsvertrages (EGV) festgelegt. Dort heißt es: In der EG soll ein System errichtet werden, „das den Wettbewerb innerhalb

des EG-Marktes vor Verfälschungen schützt“. Eine Verfälschung kann neben der Beeinträchtigung durch privatwirtschaftliche Aktivitäten (wie Kartelle und Fusionen oder die Ausnutzung einer marktbeherrschenden Stellung) auch durch staatliches Handeln, das bestimmte Unternehmen begünstigt, entstehen. Artikel 3 EGV beschreibt ein System der Wettbewerbskontrolle als Voraussetzung für die Erreichung der in Artikel 2 EGV festgelegten Ziele, zu denen etwa ein harmonisches und ausgewogenes Wirtschaftsleben zählt. Ein System, das den Wettbewerb innerhalb des Binnenmarktes vor Verfälschungen schützt, wird in Artikel 3 als notwendig erachtet, um die Kohäsion innerhalb der Europäischen Gemeinschaft zu erreichen. Damit ist es ein zentrales Ziel der Beihilfenkontrolle, einen möglichst fairen Wettbewerb zu gewährleisten. Die Beihilfenkontrolle ist in diesem Fall eine Institution, die supranational angesiedelt ist, um das Verhalten der staatlichen Akteure zu überwachen (Blauberger 2007).

Die EU-Beihilfenkontrolle ist das zentrale Instrument für die Durchsetzung des Ziels der Begrenzung staatlicher Eingriffe (Artikel 87 und 88 des EG-Vertrags). Als solche ist sie im Prinzip eine Politikinnovation, die innerhalb der Europäischen Union und in anderen Regionen der Welt auf keine Vorläufer blicken konnte (Blauberger 2007). Im Einigungsvertrag spielte die Beihilfenkontrolle eine untergeordnete Rolle. Daher war auch die Durchsetzung der Regeln inkonsistent. Aus unterschiedlichen Interessen heraus wurden bis dahin vor allem einzelne Unternehmen unterstützt. Insbesondere in der Kohle- und Stahlindustrie wurden in den 1960er Jahren trotz geltenden Beihilferechts einzelne Unternehmen stark unterstützt. Mit der in den 1970er Jahren einsetzenden Wirtschaftskrise nahm die Zahl der Beihilfefälle zu. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte das Beihilfenkontrollsystem eine geringe Bedeutung für die europäische Integration. Die europäischen Staaten waren jedoch wenig bereit, auf wirtschaftspolitische Instrumente zu verzichten. Mit der Einrichtung des Binnenmarktprogramms im Jahr 1986 änderte sich diese Situation. Die Kompetenzen der Kommission erweiterten sich. Mit der Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) verbesserte sich die Durchsetzungsfähigkeit der Beihilfenkontrolle. Die Beihilfenkontrolle wurde ab diesem Zeitpunkt zu einem wichtigen Bestandteil der europäischen Integration.

2.2 Darstellung der Beihilfenkontrolle

Die Kontrolle staatlicher Beihilfen ist im Europäischen Gemeinschaftsvertrag in Artikel 87 EGV geregelt. Zunächst werden staatliche Beihilfen aus Sicht der Europäischen Union definiert. Als solche gelten „staatliche oder aus staatlichen Mitteln gewährte Beihilfen gleich welcher Art, die durch die Begünstigung bestimmter Unternehmen [...] den Handel zwischen Mitgliedstaaten beeinträchtigen“ (Artikel 87 EGV [1]). Aus diesen Bestimmungen werden in der juristischen Literatur die Kriterien für die Identifikation einer Beihilfe abgeleitet (Gröteke 2007): Die Begünstigung eines Unternehmens muss nachgewiesen werden, staatlich veranlasst oder aus staatlichen Mitteln erfolgen, selektiv sein, eine Wettbewerbs-

verfälschung hervorrufen und den zwischenstaatlichen Handel beeinträchtigen. Im Rahmen des EU-Beihilferechts wird nach diesen Kriterien geprüft.

Grundsätzlich sind staatliche Beihilfen verboten. Von der Europäischen Gemeinschaft selbst vergebene Beihilfen fallen allerdings nicht unter dieses Verbot. Daneben enthält Artikel 87 eine Beschreibung der Ausnahmen, unter denen eine Beihilfe als mit dem europäischen Gemeinschaftsrahmen vereinbar angesehen werden kann. Insofern erkennt der Vertrag an, dass Beihilfen unter bestimmten Voraussetzungen unumgänglich zur Anpassung der Wirtschaftsstrukturen sind.

Dabei gibt es verschiedene Arten von Ausnahmen: Zum Ersten gibt es solche, die im EGV bereits an anderer Stelle vertraglich geregelt sind. Zum Zweiten gibt es „Legalausnahmen“ (Artikel 87 [2]), die als vereinbar mit dem europäischen Gemeinsamen Markt gelten. Schließlich gibt es drittens die Ausnahmebereiche, in denen es der Kommission obliegt, sie für vereinbar mit dem Gemeinsamen Markt zu erklären. Diese Ausnahmen werden im Folgenden näher dargestellt:

Zu den wichtigsten vertraglichen Ausnahmen zählt der Agrarbereich mit der Fischereiwirtschaft. Beihilfen für die naturgebundene Benachteiligung strukturschwacher Regionen sind nach dem EU-Vertragswerk ausdrücklich vorgesehen. Auch wirtschaftliche Entwicklungsprogramme fallen nicht unter das Beihilfeverbot (Artikel 36. Absatz 2 lit EGV). Artikel 86 Absatz 2 sieht Ausnahmen für Unternehmen vor, die für die gesamte Wirtschaft eine bedeutende Funktion einnehmen, dazu zählen insbesondere Unternehmen mit Finanzmonopolen.

Zu der zweiten Gruppe der Ausnahmen, den sogenannten Legalausnahmen nach Artikel 87 (2) EGV, gehören „Beihilfen sozialer Art an einzelne Verbraucher, wenn sie ohne Diskriminierung der Herkunft der Waren gewährt werden“. Auch Naturkatastrophen stellen einen legalen Ausnahmetatbestand dar (Artikel 87 Absatz lit b EGV). Einen weiteren Ausnahmetatbestand der Legalausnahmen bildet die sogenannte Deutschlandklausel. Sie erlaubt Beihilfen für den Ausgleich von wirtschaftlichen Schäden, die durch die Teilung der Bundesrepublik Deutschland entstanden sind. Diese Klausel war ursprünglich auf die Empfänger von Subventionen im ehemaligen Zonenrandgebiet sowie an Berlin (West) gerichtet. Nachdem der Grund für diese Subventionen mit der Wiedervereinigung verschwunden war, wurde diese Klausel jedoch stark auf die neuen Bundesländer angewendet. Diese Praxis war innerhalb der Europäischen Union umstritten. Inzwischen findet die Deutschlandklausel jedoch weniger Anwendung. Die Grundlagen für die Begründbarkeit der Förderung der neuen Bundesländer findet sich daher unter den regionalpolitischen Zielen, die unter den Ermessensbereichen des EGV geregelt sind (Artikel 87 Absatz 3 EGV).

Diese im Ermessensbereich liegenden Fälle bilden schließlich den dritten Bereich der Ausnahmen von Beihilfen, der in Artikel 87 Absatz 3 geregelt ist. Dazu zählen Beihilfen zur Förderung der wirtschaftlichen Entwicklung von Gebieten sowie Beihilfen zur Förderung

wichtiger Vorhaben von europäischem Interesse oder zur Behebung einer beträchtlichen Störung des Wirtschaftslebens. Die Förderung von Kultur und Bildung sowie die Förderung bedrohter Wirtschaftszweige können ebenso Beihilfen rechtfertigen. Allerdings kann der Ermessensspielraum der Kommission nicht beliebig ausgedehnt werden. Die Entscheidungen müssen das Ergebnis einer nachvollziehbaren Abwägung zwischen den verschiedenen Zielen des EU-Vertragswerks sein. Damit wird das Spannungsfeld deutlich, das sich im Rahmen des Europäischen Vertrags zwischen den Feldern der Wettbewerbspolitik auf der einen Seite und den Feldern der Regional-, Struktur- sowie Kultur- und Verkehrspolitik auf der anderen Seite aufspannt (Ehlermann 1994).

Im Folgenden werden die wichtigsten Ausnahmen, die im Ermessensbereich der EU liegen, dargestellt. Es wird dabei zwischen horizontalen Beihilfen, sektoralen Beihilfen und Regionalbeihilfen unterschieden.

Horizontale Beihilfen

Umweltschutzmaßnahmen sind im Beihilferecht erlaubt, wenn sie für Unternehmen einen Anreiz schaffen, die geltenden Umweltnormen zu übertreffen, z. B. durch Investitionen in umweltfreundliche Anlagen. Großzügig werden Investitions- und Betriebsbeihilfen zugunsten erneuerbarer Energieträger gehandhabt (Schmidt/Schmidt 2006). Insgesamt sind die Vorschriften für Investitionsbeihilfen im Umweltbereich allerdings verschärft worden (Europäische Kommission 2001, C 37/5).

Beschäftigungsmaßnahmen dienen dem Wohl der Gemeinschaft und sind damit zu begrüßen. Die Kommission kann daher sogenannte Gruppenfreistellungsverordnungen erlassen. Insbesondere die Ausbildung der Arbeitnehmer kann der Wirtschaft insgesamt nützlich sein (Gröteke 2007).

Beihilfen zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten genießen ein besonders hohes Ansehen innerhalb der Europäischen Kommission. Dies steht im Zusammenhang mit den Zielen der Gemeinschaft, die Wettbewerbsfähigkeit der Europäischen Union durch die Stärkung der wissensintensiven Branchen zu erhöhen. Nach Artikel 163 EG-Vertrag hat „die Gemeinschaft zum Ziel, die wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen der Industrie der Gemeinschaft zu stärken und die Entwicklung ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit zu fördern sowie alle Forschungsmaßnahmen zu unterstützen, die für erforderlich gehalten werden“.

Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen werden daher ebenfalls nach Artikel 87 [3] erlaubt. Zur Regelung dieser Art von Beihilfen ist ein detaillierter Gemeinschaftsrahmen für Forschung und Entwicklung und Innovation (FuEuI-Beihilferahmen) in Kraft gesetzt worden (Europäische Kommission 2006, Abl. C 323/1). Bei Projekten, die im Bereich der Grundlagenforschung angesiedelt sind, ist eine Beihilfeintensität von bis zu 100 Prozent zulässig; Projekte im Bereich der Anwendungsforschung können mit maximal 60 Prozent durch die Mitgliedsländer unterstützt werden. Auch die vorwettbewerbliche

Entwicklung darf noch mit bis zu 35 Prozent gefördert werden. Oft ist allerdings nicht ohne Weiteres festzustellen, zu welchem Bereich ein gegebenes Forschungsprojekt zugerechnet werden kann. Bei der Bewertung dieses Kriteriums wird der Europäischen Kommission ein umfangreicher Ermessensspielraum eingeräumt. So lässt die Möglichkeit, bestimmte Teile der Industrieforschung als vorwettbewerblich einzustufen, einen weiten Ermessensspielraum. Einige Autoren sehen eine Möglichkeit, die Beihilfenaufsicht zur Verwirklichung industriepolitischer Ziele zu instrumentalisieren (Schmidt/Schmidt 2006). Beispiele aus der Beihilfepraxis zeigen, dass die Kommission der Wettbewerbsverzerrung meist eine geringe Bedeutung beimisst und die Einstufung der Grundlagenforschung weitgehend großzügig handhabt (Gröteke 2007).

Ebenfalls zu den horizontalen Beihilfen zählen Beihilfen an kleinere und mittlere Unternehmen (Artikel 87 [3] EGV). Bei der Begründung für die Gewährung dieser Art von Beihilfen wird meist auf Marktversagen verwiesen. Ein Beispiel für Marktversagen, wovon insbesondere kleinere und mittelständische Unternehmen betroffen sein können, ist die Unvollkommenheit des Kapitalmarktes bei der Versorgung mit Kapital (Kap. IV.1.1).

Die letzte Gruppe unter den horizontalen Maßnahmen bildet die Rettungs- und Umstrukturierungsbeihilfe (Artikel 87 [3] EGV). Diese Art der Beihilfe wird besonders genau geprüft, weil deren Auswirkungen auf die Volkswirtschaften der Europäischen Gemeinschaften insgesamt als schädlich eingestuft werden. Vor allem Rettungsbeihilfen können die Effizienz der Märkte gefährden (Kap. IV.1.2). Daher sollen Rettungsbeihilfen nur in geringem Umfang zulässig sein. Insbesondere regional- und strukturpolitische Argumente können eine Rettungsbeihilfe erlauben. Rettungsbeihilfen können bei Erfüllung folgender Kriterien vergeben werden (Europäische Kommission 2004, C 329):

- Sie müssen in Form von Krediten oder Kreditbürgschaften vergeben werden. Ihre Höhe muss auf einen notwendigen Beitrag begrenzt sein.
- Ihre Höhe muss auf einen notwendigen Beitrag so begrenzt sein, dass sie das Überleben des Unternehmens für einen angemessenen Beitrag sichert.
- Sie muss darüber hinaus einmalig in einem Zeitraum von zehn Jahren gewährt werden („one time, last time“).

Damit ist die Begrenzung der Rettungsbeihilfen aus Sicht der Europäischen Kommission außerordentlich stark gewünscht. Im Krisenjahr 2009 zeigte sich dennoch die Notwendigkeit dieser Ausnahmeregelungen (siehe unten).

Sektorale Beihilfen

Als eine weitere Gruppe der Beihilfen, deren Bewilligung im Ermessensspielraum der Kommission liegt, gelten sektorale Beihilfen. Diese Beihilfen kommen einem bestimmten Sektor zugute, z. B. der Stahlindustrie. Für diese Beihilfen existieren spezifische Regelungen, die

meist besonders streng sind. Zum einen gibt es Beihilfe-Regelungen für schrumpfende Sektoren (Gröteke 2007). Ähnlich wie bei der Umstrukturierungsbeihilfe liegt es hier im Interesse der Kommission, den Strukturwandel über Beihilfen nicht über Jahre hinauszuzögern und ineffiziente Strukturen zu erhalten. Daher müssen zur Zulässigkeit sektoraler Beihilfen eine Reihe von Kriterien eingehalten werden, wie der Abbau von Kapazitäten. Ebenso sind Investitionsbeihilfen nur unter strengen Auflagen zu gewähren. Zum anderen kam in der Vergangenheit industriepolitischen Erwägungen in der sektoralen Beihilfe eine stärkere Bedeutung zu, beispielsweise im Automobilbau. Aufgrund der Vielfalt der Bestimmungen für unterschiedliche Sektoren war eine Vielfalt von Kriterien entstanden, die durch eine transparente, einheitliche Kriterienbildung vereinfacht werden sollten. Das Ergebnis war ein „multisektoraler Beihilferahmen für regionale Großinvestitionen“.

Regionalbeihilfen

Dieser Beihilferahmen fällt bereits unter die nächste Gruppe der im Ermessensspielraum liegenden zulässigen Beihilfen, den regionalen Beihilfen. Mit der Gewährung von Regionalbeihilfen soll der Aufholprozess strukturschwacher Regionen unterstützt werden. Dabei ist sich die Kommission der unterstützenden und stabilisierenden Wirkung von regionalen Großinvestitionen bewusst (Europäische Kommission 2002, C 70/4). Allerdings wird dabei jeweils nicht nur der Mitgliedstaat, sondern das gesamte Gebiet der Europäischen Gemeinschaft miteinbezogen. Dadurch änderte sich die Bewertung strukturschwacher Gebiete mit der Integration insbesondere der osteuropäischen Staaten. Beihilfen zu Großinvestitionen sollen mit der regionalen Beihilferegulierung nur in strukturschwachen Gebieten erlaubt sein, um dort die wirtschaftliche Entwicklung voranzubringen. Dabei sollen vor allem Erstinvestitionen unterstützt werden. Um sicherzustellen, dass die Beihilfen den aus Sicht der Gemeinschaft benachteiligten Regionen zugute kommen, wird eine Fördergebietskarte für jeden Mitgliedstaat ausgewiesen. Diese werden von den Mitgliedstaaten angefertigt, müssen aber von der Kommission genehmigt werden. Förderfähig sind dabei die Regionen, die weniger als 75 Prozent des BIP pro Kopf der Bevölkerung in der Europäischen Union aufweisen. Allerdings darf auch innerhalb der benachteiligten Gebiete nicht gleichförmig gefördert werden, sondern intraregional differenziert je nach Ausmaß der Probleme (z. B. Arbeitslosigkeit, geringes Einkommen) (Gröteke 2007).

Von dieser Möglichkeit der Beihilfe wurde insbesondere in Deutschland und gerade im Bereich der Nanoelektronik umfangreich Gebrauch gemacht, z. B. im Raum Dresden (Kap. II.3.3). Dabei kamen nicht unbedingt immer die strukturschwächsten Gebiete zum Zug, weil sie die erforderliche staatliche Unterstützung oft nicht aufbringen konnten. Seit 2002 existiert daher der sogenannte revidierte multisektorale Beihilferahmen für Regionalbeihilfen. Die Kommission sah Überarbeitungsbedarf der bis dahin gültigen Regelungen, weil die Höhe der Investition keinen Einfluss auf die Beihilfeintensität hatte. Der „An-

reiz für Großinvestitionen sollte damit so begrenzt werden, um wettbewerbsverzerrende Wirkungen zu vermeiden“ (Europäische Kommission 2002, Art 2.2 Nr. 13 MuE). Nicht unter diese Regelungen fallen sogenannte horizontale Rahmensetzungen, wie sie durch den FuEuL-Beihilferahmen definiert werden. Die Änderung der Regelungen sollte nach Ansicht der Kommission strikter gehandhabt werden, um lediglich strukturschwache Regionen bei der Ansiedlung von Großinvestitionen zu unterstützen.

Die wesentlichen Änderungen betreffen die förderfähigen Kosten, aber v. a. die Höhe der zulässigen Beihilfeintensität, die sich nach der Höhe der geplanten Investition bemisst (Artikel 11 Abs.2):

- Bei förderfähigen Kosten über 50 Mio. Euro werden noch 100 Prozent des regionalen Höchstfördersatzes gewährt.
- Bei den förderfähigen Kosten zwischen 50 und 100 Mio. Euro sind es noch 50 Prozent.
- Bei den förderfähigen Kosten, die 100 Mio. Euro überschreiten, sind es lediglich 34 Prozent.

Darüber hinaus hat sich in den vergangenen Jahren in vielen Regionen Europas der regionale Höchstfördersatz deutlich verringert (Kap. IV.3.2).

Aktuelle Entwicklungen in der EU-Beihilfenkontrolle

Im Jahr 2005 wurde eine Neuausrichtung der EU-Beihilfepolitik durch den Aktionsplan Staatliche Beihilfen eingeleitet. Angestrebt werden „weniger und zielgerichtetere“ staatliche Beihilfen: Regionalbeihilfen und sektorale Beihilfen sollen gekürzt und die zulässigen Fördersätze für Investitionen signifikant abgesenkt werden. Im Gegenzug kündigt die Kommission eine verstärkte Fokussierung auf horizontale Beihilfen an, insbesondere die gezielte Förderung von FuE und hier vor allem der Grundlagenforschung, da hier das Ausmaß der positiven externen Effekte besonders hoch ist. Je weiter die subventionierte Tätigkeit vom Markt entfernt ist, umso höher darf der Beihilfeanreiz ausfallen. Staatliche Beihilfen sollen damit so umgelenkt werden, dass das Marktversagen in Sektoren mit hohem Wachstumspotenzial verringert wird und die Innovationstätigkeiten angeregt werden.

Für spezifische staatliche Beihilfen wird zur Abwägung der „more economic approach“ angewendet. Dies ist ein Konzept, welches eine eher auf formalen Regeln beruhende Wettbewerbspolitik („per-se rules“) durch eine Entscheidungsfindung nach wirkungsbasierter Betrachtung des Einzelfalls zu ersetzen versucht („rule of reason“) und hierbei verstärkt auf ökonomische Modelle zurückgreift. Dabei führt die Europäische Kommission eine Gesamtbewertung eines Beihilfevorhabens durch, bei der sie die positiven und negativen Auswirkungen abwägt und die Geeignetheit des Beihilfeinstruments prüft.

Im Hinblick auf die Wirtschaftskrise hat die Kommission aktuell die Beihilferegulungen gelockert und einen zunächst bis Ende 2010 gültigen „Vorübergehenden Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen zur Erleichterung des Zugangs zu Finanzierungsmitteln in der

gegenwärtigen Finanz- und Wirtschaftskrise“ verabschiedet. Dieser sieht u. a. vor, dass die Mitgliedstaaten bis zu 500 000 Euro an einzelne Unternehmen vergeben können und staatliche Kreditgarantien mit ermäßigten Prämien erteilen dürfen.

2.3 Verfahren der Beihilfenkontrolle und Verteilung der Kompetenzen

Institutionelle Sicht

Die entscheidenden Rollen im Rahmen des Beihilfeverfahrens nehmen die Regierungen des betroffenen Mitgliedslandes, die Europäische Kommission sowie die begünstigten Unternehmen ein. Der Europäischen Kommission kommt eine wichtige Rolle als Hüterin der Wettbewerbsordnung zu. Die Mitgliedstaaten haben dabei die Pflicht, die Kommission über alle Hilfen staatlicher Institutionen (Bund, Länder, regionale Gebietskörperschaften) zu informieren. Das Verfahren erfolgt dabei in der Regel bilateral, das heißt zwischen der Kommission und den Mitgliedstaaten. Multilaterale Zusammentreffen kommen nur bei einer Überarbeitung der Vorschriften und bei etwaigen Neuregelungen zustande (Blauberger 2007).

Angemeldet wird das Verfahren von der ständigen Vertretung des Mitgliedslandes, in Deutschland ist dies häufig der Außenminister. Entgegengenommen und geprüft wird in der Regel durch die Generaldirektion Wettbewerb (GD Wettbewerb) der Europäischen Kommission. Es können aber weitere Direktionen an dem Verfahren beteiligt sein (Blauberger 2007). Ein Fallbearbeiter ist dabei umfassend mit allen notwendigen Informationen vertraut, allerdings werden weitere Stellen schon in frühen Stadien hinzugezogen (Blauberger 2007). Der Entscheidungsentwurf des Fallbearbeiters wird dann an andere Generaldirektionen (z. B. GD Unternehmen und Industrie) weitergeleitet. Falls es hier nicht zu einer Einigung kommt, wird das Verfahren auf die Ebene der Kabinettsmitglieder verlagert, die im Einzelfall Gesprächspartner von Lobbyisten sein können (Blauberger 2007). Davor sind die Möglichkeiten der Einflussnahme durch Dritte (z. B. Unternehmen) beschränkt, insbesondere dann, wenn ein Mitgliedstaat die Beihilfe ordnungsgemäß angemeldet hat. In diesem Fall sind die Konkurrenten bis zum Abschluss des Vorprüfverfahrens ausgeschlossen. Auch das begünstigte Unternehmen kann keinen Einfluss auf die Kommissionsentscheidung nehmen.

Prozesssicht

Das Beihilfeverfahren ist in Artikel 88 Absatz 1. EGV geregelt. Im Jahr 1999 erfolgte eine Kodifizierung der Verwaltungsvorschriften im Rahmen der VO 659/1999. Der erste Schritt im Verfahren der Beihilfenkontrolle ist die sogenannte Notifizierung. Demnach müssen geplante Beihilfen umgehend der Kommission gemeldet werden. Vor der Entscheidung der Kommission ist der Mitgliedstaat nicht befugt, eine bestimmte Maßnahme durchzuführen. Allerdings bedürfen bestimmte Maßnahmen, z. B. wenn sie einen gewissen Betrag unterschreiten, keiner Notifizierung. Für alle außerhalb dieser Ausnahmen liegenden Maßnahmen ist die Anmeldung Pflicht. Die Kom-

mission hat ihrerseits die Pflicht, sich innerhalb einer gegebenen Frist über einen Tatbestand zu äußern. Dabei sind alle verfügbaren Informationen zu berücksichtigen. Nicht angemeldete Verfahren sind zwar rechtswidrig, werden aber dennoch von der Kommission geprüft. Werden Beihilfen nicht gemeldet (womit sie als rechtswidrig charakterisiert sind), ist die Kommission dennoch verpflichtet, den Tatbestand unvoreingenommen zu prüfen. In diesem Fall muss der Beihilfeempfänger den Betrag zuzüglich der Zinsen zurückzahlen, wenn die Beihilfe als nicht vereinbar mit dem Gemeinsamen Markt eingeschätzt wurde.

Der zweite Schritt ist das sogenannte Vorprüfverfahren. Eine Entscheidung der Kommission muss nach spätestens zwei Monaten vorliegen (Artikel 4 [6] VVO). Kommt die Kommission zu dem Schluss, dass es sich bei der Maßnahme um eine mit dem Markt vereinbare Maßnahme handelt oder gar keine Beihilfe im Sinne des Artikel 87EGV ist, dann gilt das Verfahren für beendet und die Beihilfe als genehmigt. Dies ist allerdings selten schon nach zwei Monaten der Fall; häufig fordert die Kommission zusätzliche Informationen an (Schmidt/Schmidt 2006).

Das Hauptverfahren wird in dem Moment eingeleitet, wenn festgestellt wurde, dass die Maßnahme mit den Bedingungen eines europäischen Marktes und den Regelungen der Beihilfenkontrolle unvereinbar ist. Die Kommission hat hierbei einen Ermessensspielraum, der etwa die aktuelle wirtschaftliche Lage berücksichtigt. Mitgliedstaaten und andere Parteien werden dann in den Prozess einbezogen. Ferner zieht die Kommission auch Informationen von Wettbewerbern hinzu. Mögliche Ergebnisse einer solchen Prüfung sind, dass die Maßnahme a) keine Beihilfe darstellt (Artikel 7 [2] VVO), b), dass die Beihilfe genehmigt wird (Artikel 7 [3] VVO), c) dass die Beihilfe verboten wird (Artikel 7 [4] VVO) oder d) dass die Beihilfe unter Bedingungen genehmigt wird (Artikel 7 [5] VVO). Ist die Maßnahme unvereinbar mit dem europäischen Binnenmarkt und außerdem nicht angemeldet, dann muss der Beitrag mit Zinsen an den jeweiligen Staat durch das Unternehmen zurückgezahlt werden. Die Gesamtdauer des Prozesses sollte 18 Monate nicht überschreiten.

Außerdem überprüft die Kommission ständig auch bestehende Beihilfen. Hier wird untersucht, ob die Beihilfe immer noch mit den Bedingungen des europäischen Marktes vereinbar ist. Allerdings kann hier die Rückforderung von Beträgen nicht angeordnet werden (Blauberger 2007).

2.4 Weitere internationale Regelungen

Neben der EU-Beihilfenkontrolle existieren einige internationale Regelungen, welche den Gestaltungsraum nationaler Politik ebenfalls beeinflussen. Im Folgenden wird analysiert, inwiefern sie eine ähnliche Wirkung zur Regulierung von Beihilfen haben wie die europäische Regelung. Die bedeutendsten weltweiten Instrumente zur Subventionskontrolle bilden Verträge der Welthandelsorganisation (WTO). Es existieren zwar auch regionale Freihandelsabkommen und bilaterale Abkommen zur Subventionsregulierung. Diese orientieren sich aber meist

an den WTO-Verträgen. Das heute gültige „Agreement on Subsidies and Countervailing Measures“ (ASCM) der WTO trat am 1. Januar 1995 in Kraft und ist für alle WTO-Mitglieder verbindlich. Der Begriff der Subvention ist zunächst ähnlich breit gefasst wie nach dem EU-Beihilferecht (Gross 2003) und beinhaltet Einkommens- oder Preisstützung sowie finanzielle Beihilfen durch öffentliche Körperschaften.

Gegenstand des Subventionsabkommens sind dabei ausdrücklich spezifische Subventionen. Darunter fallen nach ASCM erstens Ausfuhr- und Imports substitutionssubventionen. Zum Zweiten gehören dazu Subventionen, die gezielt an bestimmte Unternehmen oder an eine bestimmte Branche vergeben werden, es sei denn, der Subventionsanspruch beruht auf objektiven Kriterien, es liegt ein rechtlicher Rahmen dafür vor und die Verwaltung hat keine Ermessensspielräume. Dies ist z. B. bei KMU-Förderungen oder bei Steuervergünstigungen für Investitionen häufig der Fall (Grundig et al. 2008). Falls die Subvention aber spezifisch ist, gilt das sogenannte Ampelprinzip mit drei Kategorien (rot, gelb, grün):

- Explizit verboten sind gemäß Artikel 3.1 ASCM Exportsubventionen und Imports substitutionssubventionen (rote Ampel).
- Anfechtbar sind Subventionen, wenn (1) Importe subventionierter Waren vorliegen, (2) eine erhebliche Schädigung eines inländischen Wirtschaftszweiges nachweisbar ist sowie (3) ein kausaler Zusammenhang zwischen Subvention und Schädigung besteht (gelbe Ampel) (Grave 2002).
- Nicht anfechtbar sind bestimmte horizontale Subventionen, wie z. B. für Forschung, regionale Ziele oder Umweltschutzprojekte (grüne Ampel). Im Gegensatz zum EU-Beihilferecht, welches diese Subventionen nur unter bestimmten Bedingungen erlaubt, sind diese Subventionen nach ASCM generell zulässig.

Neben den eingeschränkten Einspruchsmöglichkeiten beim ASCM ergeben sich Schwierigkeiten bei der Durchsetzung der WTO-Richtlinien:

- Die Beweislast liegt grundsätzlich beim Beschwerdeführer. Er muss Auswirkungen auf Importpreise, Exportchancen, Weltmarktanteile etc. durch den neuen Wettbewerber nachweisen (Grundig et al. 2008). Allerdings wird dies nur in Ausnahmefällen gelingen, wenn z. B. der Weltmarktanteil des Wirtschaftszweiges des subventionierenden Landes deutlich zunimmt oder wenn ein subventioniertes Unternehmen einen aggressiven internationalen Preiswettbewerb forcieren kann.
- Wenn ein Verstoß gegen die WTO-Regelungen feststeht, muss der Staat seine Subvention zurücknehmen oder das Subventionsprogramm zumindest um den adversen Effekt abändern. Allerdings besteht keine klare Rechtssicherheit bei der Frage, ob ein subventioniertes Unternehmen tatsächlich zu Rückzahlungen gezwungen werden kann. Falls das beklagte WTO-Mitglied den Empfehlungen des Streitbeilegungsausschusses nicht nachkommt, so kann dieser den beeinträchtigten

Mitgliedern Gegenmaßnahmen genehmigen, z. B. in Form von Ausgleichszöllen.

- Darüber hinaus haben die fehlende Ex-ante-Einspruchsmöglichkeit nach WTO-Recht und die häufig lange Verfahrensdauer teilweise erhebliche Folgewirkungen, da bereits vor der Urteilsverkündung Tatsachen geschaffen wurden (Grundig et al. 2008; Howell 2007). So sieht z. B. Howell (2007) die chinesischen Mehrwertsteuerrabatte (Kap. III) auf inländische Halbleiterprodukte zwischen 2000 und 2004 aus Sicht der inländischen Industrieentwicklung als erfolgreich an. Innerhalb dieser Jahre konnte der bis dahin wenig attraktive Halbleiterstandort Ansiedlungen einiger ausländischer Unternehmen erreichen. Denn die Unternehmen konnten bei einer dortigen Produktion für den vielversprechenden chinesischen Markt 11 bis 14 Prozent an Mehrwertsteuer einsparen und damit einen Kostenvorteil erreichen.

Zusammenfassend sind die Subventionseinschränkungen nach WTO-Recht weniger strikt als bei der EU-Beihilfenkontrolle.³³ Die WTO-Richtlinie zielt in erster Linie auf Handelsverzerrungen ab, die z. B. bei Investitionsbeihilfen höchstens als sehr indirekte Folge auftreten dürften und schwer nachweisbar sind. Folglich lässt sich ein möglicher internationaler Subventionswettbewerb durch das vorhandene Instrumentarium kaum effektiv regulieren. Die Bundesregierung wie auch die Europäische Union und die OECD versuchen darauf hinzuwirken, ein strikteres, verbindliches Regelwerk nach WTO durchzusetzen. Bislang konnten aber keine substanziellen Fortschritte in dieser Richtung erreicht werden (Grundig et al. 2008).

In der durch staatliche Eingriffe stark beeinflussten Nanoelektronikbranche hat es, aufgrund der geringen internationalen Kontrollmöglichkeiten in der Vergangenheit, erhebliche Konflikte zwischen verschiedenen Ländern bezüglich der durchgeführten Politikmaßnahmen gegeben (Ning 2008). Häufig reagierten die Länder, die sich durch Subventionen anderer Länder benachteiligt fühlten, mit eigenen Gegenmaßnahmen, ohne dass eine Verurteilung durch die WTO stattfand. Beispielsweise erhoben die USA, die EU und Japan hohe Importzölle für Halbleiter aus Südkorea, nachdem die dortige Regierung den Speicherchiphersteller Hynix 2001 stark finanziell unterstützt hatte (Ning 2008). Südkorea klagte daraufhin bei der WTO gegen diese Subventionen und bekam dabei gegen Japan Recht, scheiterte aber gegen die USA. In der EU wurden nach langer Streitigkeit die Strafzölle Ende 2007 wieder aufgehoben.

Einige Konflikte konnten in bi- oder multilateralen Abkommen gelöst oder zumindest gemildert werden. So schloss die USA in den vergangenen Jahrzehnten mit den verschiedenen bedeutenden asiatischen Ländern in der Nanoelektronik (Taiwan, China, Südkorea, Japan) bilate-

³³ In wenigen Ausnahmefällen ist das WTO-Recht strikter als das EU-Beihilferecht. Dies ist der Fall, wenn Beihilfen für Exporte oder Direktinvestitionen gewährt werden, die so ausgestaltet sind, dass sie den Wettbewerb innerhalb der Europäischen Gemeinschaft nicht verzerrten (Ehlermann/Goyette 2006).

rale Abkommen, welche die Handelskonflikte im Halbleitersektor reduzieren sollten (Ning 2008). Ein bedeutendes internationales Forum, welches sich mit den globalen Herausforderungen wie Zöllen, Eigentumsschutzrechten oder Umweltfragen in der Nanoelektronik beschäftigt, ist das Jahrestreffen der Regierungen und Behörden zu Halbleitern („Governments/Authorities Meeting on Semiconductors“ – GAMS). Die EU-Kommission beabsichtigt, dieses Forum zukünftig stärker zu nutzen, um bestimmte Subventionspraktiken zu verbieten und bilaterale Streitbeilegungsverfahren durchzusetzen (EU-Kommission 2009).

3. Empirische Analyse der staatlichen Beihilfen in der Europäischen Union

3.1 Entwicklung der allgemeinen staatlichen Beihilfen

Die aktuelle Entwicklung der Beihilfen in den EU-Mitgliedstaaten wird von der Sonderregelung in der Wirtschaftskrise stark beeinflusst. Für das Jahr 2008 werden die insgesamt gewährten staatlichen Beihilfen ohne Krisenmaßnahmen auf knapp 67 Mrd. Euro in Preisen des Jahres 2000 geschätzt (Europäische Kommission 2009c).³⁴ Inklusive der Krisenmaßnahmen sind es 280 Mrd. Euro. Deutschland gewährte mit ca. 16,2 Mrd. Euro ohne Krisenmaßnahmen, bzw. 66,8 Mrd. mit Krisenmaßnahmen,

³⁴ Bei der Interpretation der Daten ist zu beachten, dass sich der Beihilfegriff der EU deutlich von Definitionen unterscheiden kann, welche beispielsweise bei diversen Subventionsberichten für Deutschland verwendet werden (Donges et al. 2006; Thöne 2005).

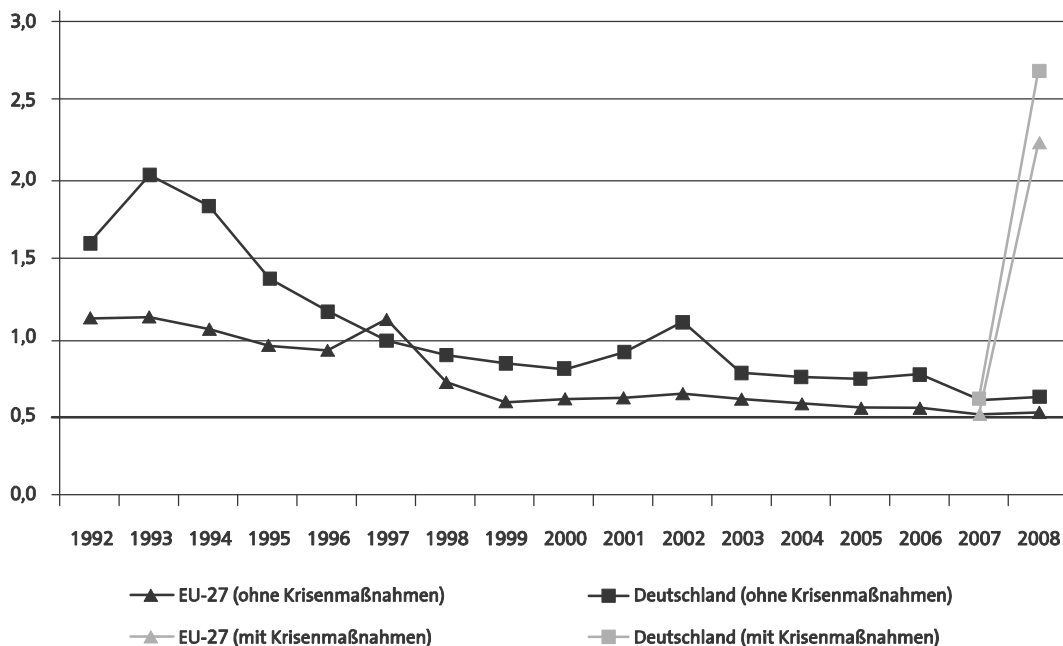
die höchsten Beihilfen von allen Mitgliedsländern. Gemessen am Bruttoinlandsprodukt nimmt die Bedeutung staatlicher Beihilfen ohne Krisenmaßnahmen im Laufe der Jahre stark ab (Abb. 14). In der EU-27 hat sich der Anteil von 1,13 Prozent im Jahr 1992 auf 0,54 Prozent im Jahr 2008 halbiert (mit Krisenmaßnahmen 2,23 Prozent). In Deutschland nimmt der Anteil staatlicher Beihilfen am BIP im gleichen Zeitraum von 1,60 Prozent auf 0,63 Prozent (mit Krisenmaßnahmen im Jahr 2008: 2,67 Prozent) sogar noch stärker ab. Im Gegensatz zu anderen bevölkerungsreichen europäischen Ländern (Frankreich, Spanien, Großbritannien, Italien) liegt Deutschland aber über dem EU-27-Durchschnitt.

Als Gründe für die abnehmende Bedeutung von Staatsbeihilfen am Bruttoinlandsprodukt gelten striktere europäische Regelungen, der Rückgang der Kohlebergbauförderung und der Bedeutungsgewinn anderer Politikmaßnahmen zur Unterstützung von Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum, wie z. B. Bildung oder Unterstützung des Wissenstransfers (Fothergill 2006).

Der Bedeutungsverlust insbesondere von sektoralen Beihilfen wird bei einer Aufschlüsselung der Beihilfen nach verfolgten Zielen deutlich. Zur Analyse lassen sich die vertikalen Beihilfen für einzelne Sektoren untergliedern wie auch die horizontalen Beihilfen bestimmten Kategorien (z. B. Beschäftigung, KMU) zuordnen. Es zeigen sich erhebliche Verschiebungen der Bedeutung einzelner Ziele zwischen den Jahren 1992 und 2007. Die Mitgliedstaaten haben gemäß den Verpflichtungen, die sie auf den verschiedenen Tagungen des Europäischen Rates eingegangen waren, seit Mitte der 1990er Jahre die Beihilfen auf diese horizontalen Ziele umgelenkt (Tab. 11).

Abbildung 14

Staatliche Gesamtbeihilfen für die Europäische Union und Deutschland zwischen 1992 und 2008 in Prozent des BIP



Quelle: Europäische Kommission, DG Wettbewerb

Die Ausgaben für horizontale Beihilfen haben preisbereinigt von ca. 32 auf 44 Mrd. Euro zugenommen. Innerhalb der horizontalen Ziele haben v. a. Beihilfen für Umwelt und (in kleinerem Ausmaß) für Arbeit zugenommen. Rückläufig sind hingegen die Regionalbeihilfen, welche nach der Statistik der Europäischen Kommission auch zu den Beihilfen mit horizontalen Zielen gezählt werden. Während die Regionalbeihilfen zwischen 1992 und 1994 noch fast 60 % der horizontalen Beihilfen betragen, sind

es zwischen 2006 und 2008 nur noch ca. 25 Prozent. Absolut gesehen haben sich die regionalen Förderungen ungefähr halbiert.

Die sektoralen Beihilfen sind seit den 1990er Jahren insgesamt stark rückläufig. In Deutschland und der gesamten EU-27 haben die sektoralen Beihilfen besonders im verarbeitenden Gewerbe und beim Kohlebergbau sehr stark abgenommen.

Tabelle 11

Staatsbeihilfe aufgliedert nach Sektoren oder Zielen in Mio. Euro zu konstanten Preisen des Basisjahres 2000

	Deutschland		EU-27	
	1992 bis 1994	2006 bis 2008	1992 bis 1994	2006 bis 2008
Landwirtschaft	4.713	1.193	17.813	12.085
Fischerei	22	7	494	339
horizontale Ziele	10.399	12.707	32.542	43.987
Handel, Export u. Internationalisierung	20	1	1.547	458
Kultur und Erhaltung des kulturellen Erbes	10	199	589	1.430
Beschäftigung	6	31	424	3.294
Umwelt	505	6.708	1.405	13.390
Naturkatastrophen	947	1	1.213	7
Sonstiges	0	28	0	283
Regionalbeihilfen	6.477	2.894	18.878	11.262
Forschung, Entwicklung und Innovation	836	2.176	4.112	7.800
Risikokapital	0	26	0	550
KMU	1.597	551	4.184	4.770
Ausbildung	2	91	190	818
bestimmte Sektoren	21.033	19.453	33.574	8.045
Kohlebergbau	10.305	2.197	13.627	3.297
Finanzdienstleistungen	635	17.157	1.383	1.846
Verarbeitendes Gewerbe	10.044	49	15.585	943
sonstige nicht verarbeitende Sektoren	0	0	114	1.029
sonstige Dienstleistungen	49	50	2.865	930
Transport	29	206	1.133	2.519
Gesamtsumme (ohne Eisenbahn)	36.196	33.566	85.556	66.975

Quelle: Europäische Kommission, DG Wettbewerb

Die staatlichen Beihilfen setzen sich dabei aus unterschiedlichen Instrumenten zusammen. Zuschüsse nehmen im Zeitraum 2006 bis 2008 über 50 Prozent der Gesamtbeihilfen im verarbeitenden Gewerbe und im Dienstleistungssektor der EU-Mitgliedstaaten ein (Abb. 15). Daneben bilden Steuerbefreiungen mit rund 42 Prozent das zweitwichtigste Instrument. Andere Beihilfeinstrumente spielen kaum eine Rolle. Bei den gewählten Instrumenten bestehen allerdings große Unterschiede. In Deutschland bilden Steuererleichterungen mit rund 52 Prozent im Zeitraum 2006 bis 2008 die wichtigste Form der Beihilfe.

3.2 Bedeutung der Beihilfenkontrolle für die Nanoelektronik

Da die europäische Beihilfenkontrolle die Möglichkeiten der Unterstützung durch Staatsbeihilfen stark beeinflusst, besitzt sie für die Förderung der Nanoelektronik eine hohe Bedeutung. Schließlich zeigte sich in Kapitel III eine wichtige Rolle der politischen Unterstützung für den Standortwettbewerb in der Nanoelektronik. Diese Bedeutung zeigt sich auch an einer Reihe von Rechtsfällen bei denen Entscheidungskriterien und Beihilfehöchstgrenzen konkret deutlich werden. Darüber hinaus spiegeln die Entscheidungen die Bedeutung nur begrenzt wider, da hier nur tatsächlich erfolgte Beihilfen untersucht werden. Die von den Experten befürchtete Wirkung liegt aber be-

sonders darin, dass die Investitionen überhaupt nicht getätigt werden, da die existierenden Richtlinien weltweit konkurrenzfähige Fördermöglichkeiten gar nicht zulassen.

Im Folgenden werden die Auswirkungen der bisherigen Regelung zur EU-Beihilfenkontrolle auf die Nanoelektronikförderung näher untersucht. Ein sektoraler Beihilferahmen für die Nanoelektronik existiert nicht. Die für die Nanoelektronik beiden wichtigsten Beihilferahmen sind indessen der Rahmen für „Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsbeihilfen“ (FuEuI) und der „Multisektorale Regionalbeihilferahmen für große Investitionsvorhaben“ (MSR).

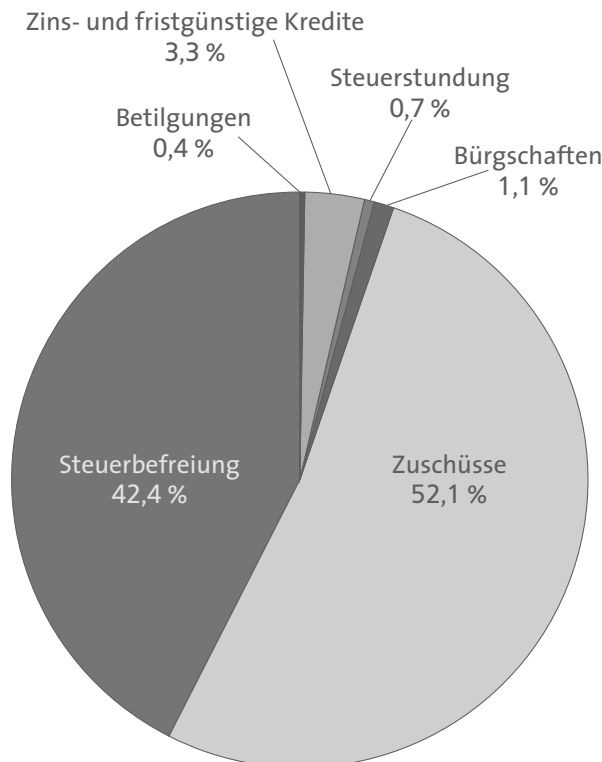
Rahmen für Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsbeihilfen

Die Bedeutung der Beihilfenkontrolle und damit verbundene Einschränkungen für die FuE-Förderung in der Nanoelektronik werden von den befragten Experten insgesamt als eher begrenzt eingeschätzt. Ein Grund hierfür liegt darin, dass viele FuE-Projekte unterhalb der Prüfungsschwelle³⁵ liegen (Gröteke 2007). Daneben ist die

³⁵ Die Schwelle ist abhängig von der Art der Forschung oder Innovation und liegt zwischen 5 Mio. Euro bei Innovationskernen oder Prozess- oder Betriebsinnovationen im Dienstleistungssektor und 20 Mio. Euro bei Grundlagenforschung.

Abbildung 15

**Anteilmäßige staatliche Beihilfen in der EU nach Instrumenten:
Durchschnittswert für den Zeitraum 2006 bis 2008**



Quelle: Europäische Kommission, DG Wettbewerb

Beihilfeintensität in der Regel recht hoch, sie variiert je nach Unternehmensgröße und Art der Forschung oder Innovation zwischen 25 Prozent (experimentelle Forschung von Großunternehmen) und 100 Prozent (Grundlagenforschung). Unter gewissen Voraussetzungen (Kooperationsforschung, Veröffentlichung der Ergebnisse) sind begrenzte Aufschläge auf die Beihilfehöchstsätze möglich. Eine zusätzliche Besonderheit im Bezug auf die Berücksichtigung des internationalen Wettbewerbs mit Drittländern außerhalb Europas ist die Entsprechungsklausel: Zur Verhinderung von Verzerrungen des internationalen Güterverkehrs kann auch höheren Beihilfeintensitäten zugestimmt werden, „wenn Wettbewerber außerhalb der Gemeinschaft (in den vergangenen drei Jahren) direkt oder indirekt Beihilfen einer gleichen Intensität für ähnliche Vorhaben, Programme, Forschungsarbeiten, Entwicklungen oder Techniken erhalten haben bzw. erhalten werden“ (Europäische Kommission 2006, C 323/1).³⁶ Der betreffende Mitgliedstaat hat hierzu (sofern möglich) der Kommission ausreichende Informationen vorzulegen. Die Geeignetheit einer solchen Klausel wird auch für den MSR diskutiert (Bühlens et al. 2008; Würmeling 2007).

Die bisherige Wirkung dieser Entsprechungsklausel ist umstritten. Da sie bisher trotz ihres langen Bestehens noch nie in einem Genehmigungsverfahren explizit angewendet wurde, wird teilweise ihre Abschaffung oder die Verbesserung der Praktikabilität dieser Klausel gefordert (Technopolis 2008). Eine unterstützende Maßnahme hierfür wäre z. B. die Einführung eines an der Europäischen Kommission angegliederten Observatoriums für weltweite Staatshilfen (Technopolis 2008). Andere Beobachter sehen die Wirkung dieser Klausel in der Abschreckung. Demnach setzen nichteuropäische Länder erst gar nicht hohe Beihilfeintensitäten fest, um mögliche Konflikte zu vermeiden. Daneben wird von den Beobachtern eine implizite Nutzung dieser Klausel durch die Europäische Kommission wahrgenommen, indem die Kommission vor der Genehmigungsentscheidung gewährte Unterstützungen in anderen Teilen der Welt mit einbezieht (Technopolis 2008). Eine stärkere explizite Verankerung würde hingegen die Gefahr eines Subventionswettkampfs verstärken, da außereuropäische Länder Gegenmaßnahmen ergreifen könnten.

Förderfähige Kosten

Für die Förderung der kapital- und forschungsintensiven Nanoelektronik können sich Einschränkungen bei den förderfähigen Kosten ergeben. Besonders bei der Förderung von Forschungsinfrastruktur werden allgemein starke Einschränkungen durch die Beihilfenkontrolle gesehen (Technopolis 2008; Wislade 2008). So sind erstens alle FuE-Ausgaben nach neuem Gemeinschaftsrecht des Jahres 2006 nur bei Unterstützung nichtwirtschaftlicher Tätigkeiten nicht als Beihilfe im Sinne des EG-Vertrags zu verstehen. Gegenüber früheren Definitionen fal-

len somit auch bestimmte Tätigkeiten nicht gewinnorientierter Organisationen unter den Beihilfegriff.³⁷ Innerhalb des Beihilferechts sind Kosten für Instrumente, Ausrüstung und Gebäude nur dann vollständig förderfähig, wenn ihre Lebensdauer nicht die geförderte Projektlaufzeit übersteigt. Falls dies nicht der Fall ist, kann nur die Wertminderung innerhalb der Projektlaufzeit angesetzt werden.

Kriterien zur Abwägung der Genehmigung

Bei der Beurteilung von förderfähigen FuE- oder Innovationsausgaben wägt die Kommission verschiedene Kriterien gegeneinander ab. Explizite positive Kriterien sind Marktversagen aufgrund von Wissens-Spill-over-Effekten, unvollständige und asymmetrische Informationen sowie Koordinationsversagen. Negative Kriterien sind die Verzerrung dynamischer Anreize und die Entstehung von Marktmacht. Letzteres ist allerdings aufgrund der meist geringeren Marktnähe dieser Beihilfeformen im Vergleich zu Investitionen eher unwahrscheinlich. Neben diesen Kriterien wird der Anzeffekt sowie die Notwendigkeit und Verhältnismäßigkeit der Beihilfe geprüft.

Die Bedeutung dieser Kriterien wird bei der aktuellsten Entscheidung der EU-Kommission im Bereich der Nanoelektronik deutlich, welche die in Kapitel III erläuterte französische Fördermaßnahme Nano 2012 betrifft (Europäische Kommission 2009a). Der Umfang dieser Maßnahme wird auf ca. 2,1 Mrd. Euro geschätzt, davon werden knapp 1,08 Mrd. Euro als beihilfefähige Kosten eingestuft, von denen der französische Staat 457 Mio. Euro übernimmt. Allein das Großunternehmen STMicroelectronics erhält hiervon 348 Mio. Euro. Die Genehmigung dieser hohen Fördersumme für ein Unternehmen innerhalb dieses horizontalen Beihilferahmens ist durch eine Reihe von Aspekten zu erklären:

- Bezüglich der förderfähigen Kosten erfolgt in der öffentlichen Urteilsbeschreibung zwar keine Aufschlüsselung, in welcher Höhe auch Ausrüstung und Infrastruktur gefördert wird. Es ist aber im Urteil erkennbar, dass Instrumente und Ausrüstung in voller Höhe angesetzt wurden. Aufgrund der zeitlichen Länge des Forschungsprogramms kann die Ausrüstung demnach komplett diesem Forschungsvorhaben zugerechnet werden.
- STMicroelectronics selbst steuert 851 Mio. Euro förderfähige Forschungsausgaben bei und konnte glaubhaft versichern, dass ihre tatsächlichen Investitionen in dieses Programm sogar darüber hinausgehen. Allein durch die 851 Mio. Euro liegt der Beihilfesatz nicht über 40 Prozent. Damit werden die zulässigen Beihilfehöchstintensitäten nicht überschritten.
- Es wurde festgestellt, dass das Forschungsprogramm nicht ohne Beihilfe zustande gekommen wäre, sondern ein Marktversagen vorliegt. Dabei wird ein Vorliegen aller drei Gründe, die in den Leitlinien genannt

³⁶ Der Bezugszeitraum kann entsprechend den besonderen Gegebenheiten des jeweiligen Sektors verlängert werden, wenn auch nach über drei Jahren noch Verzerrungen des internationalen Warenverkehrs eintreten können.

³⁷ Zum Beispiel ist fraglich, ob die Förderung der Forschungsplattform Nanoelektronik in Dresden auch nach neuer Rechtsprechung nicht als staatliche Beihilfe definiert wurde (Kaiser 2007).

sind, gesehen. Unvollständige Informationen ergeben sich durch das hohe technologische und ökonomische Risiko. Koordinationsprobleme werden durch die Zugriffsgewährung für die beiden beteiligten KMU an der Forschungsinfrastruktur durch STMicroelectronics und dem Erreichen einer kritischen Masse behoben. Hohe Wissens-Spill-over-Effekte für Europa sind durch Beteiligung eines großen Konsortiums an Akteuren denkbar, die gleichzeitig in europäische Forschungsnetzwerke (z. B. CATRENE) involviert sind.

- Die Wettbewerbsverzerrung wird als gering eingeschätzt, da die Fördersumme im Vergleich zu den absoluten FuE-Ausgaben sehr klein ist. Zudem schätzt die Kommission die Konkurrenz auf dem Weltmarkt als stark ein und das Wachstumspotenzial als hoch.

Dieses Beispiel verdeutlicht, dass das aktuelle Gemeinschaftsrecht nicht grundsätzlich einer Förderung der in der Nanoelektronik sehr hohen FuE-Kosten im Wege steht. Bei einer hohen Laufzeit und einer entsprechenden Eigenbeteiligung von Unternehmen kann die Fördersumme auch hohe Ausmaße annehmen.

Multisektoraler Regionalbeihilferahmen für große Investitionsvorhaben (MSR)

Die befragten Experten sehen mit großem Abstand die stärksten Einschränkungen der Beihilfenkontrolle bei der Förderung vom (Aus-)Bau von Produktionsstätten. Möglichkeiten für Investitionsbeihilfen ergeben sich grundsätzlich im MSR. Folglich ergeben sich die Möglichkeiten einer Investitionsbeihilfe in der Nanoelektronik vorrangig aus dem Ziel der regionalen Gleichstellung und nicht aus den anderen oben erörterten Gründen eines Marktversagens oder Versagens des Innovationssystems. Vielmehr hat der MSR zum Ziel, Förderungen in strukturschwachen Gebieten zu ermöglichen. Allerdings wird in einer Mitteilung von der Europäischen Kommission (Europäische Kommission 2009d, C223) vom September 2009 betont, dass regionale Nachteile mit Marktversagen verbunden sein können und auch Effizienzgründe für eine Gewährung der Regionalbeihilfen relevant sein können.

Viele der größten Staatsbeihilfen im MSR entfallen auf die Nanoelektronik mit fünf der sieben größten Förderungen zwischen 2000 und 2008 (Tab. 12).

Tabelle 12

Die zehn größten Investitionsbeihilfen in den USA und der Europäischen Union zwischen 2000 und 2008

Unternehmen	USA		Europäische Union			
	Jahr	Förder-summe in US-Dollar	Unternehmen	Land	Jahr	Förder-summe in Euro
Boeing	2003	1.984	AMD	D	2004	545
AMD	2006	1.118	STMicro-electronics	I	2002	542
ThyssenKrupp	2007	734	BMW	D	2002	363
Scripps Research Institute	2003	566	AMD	D	2007	262
IBM	2000	533	Infineon	D	2002	219
Volkswagen	2008	450	Ford Craiova	RUM	2008	143
KIA	2006	353	Qimonda	D	2006	141
Toyota	2006	292	Wacker Siltronic	D	2004	121
Nissan	2000	290	Wacker Chemie	D	2001	119
Sematech	2007	270	Iveco	I	2002	109

Die Angaben für die USA wurden dabei selbst von Thomas/Wishlade (2009) unter Angabe verschiedener Quellen recherchiert, da dort die Auskunft über die Förderung großer Investitionsvorhaben nicht rechtlich verpflichtend sind.

Quelle: Thomas/Wishlade 2009

Im Folgenden werden die drei wichtigsten Einschränkungen im MSR auf die Investitionsbeihilfe von Mitgliedstaaten in der Nanoelektronik erörtert: die Beihilfehöchstintensitäten, die förderfähigen Investitionskosten und Kriterien zur Abwägung der Genehmigung.

Beihilfehöchstintensitäten

Die zentrale Einschränkung des MSR liegt nach Expertenaussagen in der Festlegung der Beihilfehöchstintensität. So wurden die maximalen Beihilfeintensitäten für einzelne Investitionsfälle in den vergangenen Jahren reduziert. Diese ergeben sich auf Basis des regionalen Höchstfördersatzes multipliziert mit dem Berichtigungsfaktor für Großinvestitionen.

Regionaler Höchstfördersatz: Für viele deutsche Regionen liegt die maximale Beihilfeintensität gemäß des EG-Vertrags Artikel 87 Absatz 3 Buchstabe a zwischen 10 und 15 Prozent. Einige Regionen werden stärker gefördert (EG-Vertrag Artikel 87 Absatz 3), aber auch hier haben sich die Möglichkeiten der Staatsbeihilfe im Zeitablauf verringert. Beispielsweise galt am Nanoelektronikstandort Dresden zwischen 2000 und 2006 ein regionaler Höchstfördersatz von brutto 35 Prozent.³⁸ Gemäß der Gesetzgebung für regionale Förderung im Zeitraum 2007 bis 2013 wird für Dresden der Höchstfördersatz auf 23 Prozent heruntergestuft. Nur für bestimmte Investitionsarten (Technologie- oder Wachstumsbranchen, industrielle Kerne, FuE, Investitionen von Labordienstleistern oder Existenzgründern) gilt ein Förderhöchstsatz von 30 Prozent.

Berichtigungsfaktor: Deutliche Einschränkungen für den Berichtigungsfaktor bei Großinvestitionen (Kap. IV.2.2) ergeben sich seit Einführung des MSR von 2002. Im vorherigen MSR von 1998 ergab sich der Berichtigungsfaktor aus drei Bewertungsfaktoren: dem Wettbewerbsfaktor, dem Faktor „Verhältnis Kapitaleinsatzarbeitsplätze“ und dem Faktor „regionale Auswirkung“. Beispielsweise betrug der Berichtigungsfaktor der von der Europäischen Kommission im April 2002 genehmigten Beihilfe im Falle des Baus einer Anlage für dynamische Halbleiterspeicher von Infineon 0,75. Für eine im Februar 2004 für AMD genehmigte Beihilfe auf Basis des MSR 1998 lag der Berichtigungsfaktor bei 0,9. Wie in Kapitel IV.1.1 beschrieben, gilt ab dem MSR von 2002 der Berichtigungsfaktor für Investitionskosten, die über 100 Mio. Euro liegen, 0,34. Zusammen mit den Berichtigungsfaktoren für die ersten 50 bzw. 100 Mio. Euro liegt der Berichtigungsfaktor aktuell für Großinvestitionen mit förderfähigen Kosten von 500 Mio. Euro nach diesen Regeln beispielsweise bei 0,422.

Infolge dieser Entwicklungen beim regionalen Höchstfördersatz und dem Berichtigungsfaktor liegt die maximale Beihilfeintensität gegenwärtig deutlich niedri-

ger als früher: In den oben genannten Beispielen der Investitionsförderung unter dem MSR von 1998 betrug die Beihilfeintensität bei Infineon im Jahre 2002 21 Prozent und bei AMD im Jahre 2004 31,5 Prozent. Seit dem MSR von 2002 ist bei einer Großinvestition von 500 Mio. Euro aktuell aber nur noch eine Beihilfeintensität von 12,7 Prozent möglich (Berechnung: regionaler Förderhöchstsatz von 30 Prozent multipliziert mit dem Berichtigungsfaktor von 0,422).

Förderfähige Investitionskosten

Neben den Beihilfehöchstsätzen wird aus der Expertenbefragung die Bedeutung der Begriffsdefinition von Investitionen im multisektoralen Beihilferahmen deutlich. Die befragten Experten weisen darauf hin, dass aufgrund des schnellen technologischen Fortschritts und der kurzen Produktzyklen erhebliche zusätzliche Investitionen zu den Anfangsinvestitionen in die Produktionsstätten notwendig sind. Förderungen dieser zusätzlichen Investitionen besitzen ihrer Ansicht nach erhebliche Relevanz für Standortentscheidungen. Nach den Leitlinien werden allerdings nur Erstinvestitionen gefördert, Ersatzinvestitionen sind nicht Beihilfefähig. Allerdings wird die Argumentation der Experten bei der Definition von Erstinvestitionen mit berücksichtigt. Beispielsweise kann dies am Fall eines Investitionsvorhabens von AMD im Jahr 2006 skizziert werden. Dieses umfasste drei Teilvorhaben: Umstellung der Produktionstechnologie in der Fab 30, Kapazitätserweiterung in der Fab 36 und eine neue Bumping-/Sortieranlage. Es handelte sich demnach vor allem um Umrüstungen bestehender Fabs, die z. T. bereits zwei Jahre staatlich gefördert worden waren. Die Europäische Kommission stellte fest, dass es sich um eine Neuinvestition handelte, da grundlegende Veränderungen beim Produktionsverfahren eingeführt wurden bzw. erhebliche Erweiterungen der bestehenden Produktionsstätten stattfanden. Allerdings handelte es sich nach Auffassung der Kommission hier nicht um eine separate Erweiterungsinvestition. Die verschiedenen Vorhaben wurden innerhalb von drei Jahren am gleichen Standort getätigt, sie sind physisch oder funktional miteinander verbunden und bilden eine Einheit, um gemeinsam die Produktion von Mikroprozessoren zu ermöglichen. Folglich lag der Tatbestand einer künstlichen Trennung in Teilvorhaben zur Umgehung von Bestimmungen des Beihilferechts vor. Dem von deutschen Behörden hervorgebrachten Argument, dass die Drei-Jahres-Regel für Investitionen nicht auf die Halbleiterindustrie übertragbar sei, wurde damit nicht gefolgt. Dies hat zur Folge, dass die bereits getätigte Beihilfesumme für den Aufbau der Produktionsstätten bei der Bestimmung der maximalen Förderung berücksichtigt wird (Europäische Kommission 2007b, N810).

Kriterien zur Abwägung der Genehmigung

Neben diesem Tatbestand von förderfähigen Investitionen und der Einhaltung des Beihilfehöchstsatzes sind weitere Kriterien für die Genehmigung der Beihilfe zu erfüllen. Wie in Kapitel IV.2.2 beschrieben, führt die Kommission

³⁸ Für Großunternehmen dieser Region war grundsätzlich nur eine herabgesetzte Beihilfeobergrenze von 28 Prozent vorgesehen. In Ausnahmefällen war aber eine Obergrenze von 35 Prozent zulässig, die auch für einige Beihilfefälle in der Nanoelektronik durchgesetzt werden konnte.

mit den derzeit geltenden Leitlinien eine Gesamtbewertung eines Beihilfevorhabens durch, bei der sie die positiven und negativen Auswirkungen abwägt und die Eignung des Beihilfeinstruments prüft.³⁹ Als positive Effekte werden in der aktuellen Mitteilung von Juni 2009 eine Vielzahl von Aspekten berücksichtigt (u. a. die Zahl der direkt und indirekt geschaffenen Arbeitsplätze, Vorteile im Bereich der regionalen Entwicklung, Wissens-Spillover, Kooperationen, Laufzeit der Investition). Diese Argumente beziehen sich weitestgehend auf die Argumente für Staatseingriffe, die in Kapitel IV.1 allgemein und für die Nanoelektronik erörtert wurden.

In der Vergangenheit führten die geltenden Kriterien selten zur Ablehnung eines Beihilfefalls mit Bezug zur Nanoelektronik. Allerdings können sie eine Wirkung darauf haben, ob überhaupt ein Versuch der staatlichen Beihilfeförderung unternommen wird bzw. ob die Standortentscheidung des Unternehmens positiv ausfällt. Am meisten Relevanz haben gemäß bisheriger Urteile die negativen Kriterien der Wettbewerbsverzerrungen und Aufrechterhaltung ineffizienter Marktstrukturen. Beihilfen werden in der Regel nicht genehmigt, wenn der Beihilfeempfänger für mehr als 25 Prozent des Verkaufs des betreffenden Produkts auf dem betreffenden Markt verantwortlich ist oder die durch das Investitionsvorhaben geschaffene Kapazität mehr als 5 Prozent des Marktes beträgt, während die Zuwachsraten des betreffenden Marktes unter der Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts im europäischen Wirtschaftsraum liegt. Diese Aspekte können in vielen Märkten eintreten, so auch in der Nanoelektronik. Schließlich wird der sachlich relevante Markt möglichst eng auf Basis der europäischen PRODCOM-Nomenklatur bestimmt. In Teilmärkten der Nanoelektronik sind Wettbewerbsverzerrungen oder schrumpfende Märkte durchaus möglich. So zeigt sich für den Gesamtmarkt ein überdurchschnittliches Wachstum, aber insbesondere aufgrund der sehr hohen Preisrückgänge und der großen Volatilität im Markt sind trotz des hohen mengenmäßigen Wachstums in einigen Teilbereichen für bestimmte Zeiträume unterdurchschnittliche Wachstumsraten erkennbar. So wurde z. B. im Fall einer Beihilfe an Infineon für die Errichtung von Anlagen für die Herstellung von dynamischen Halbleiterspeichern auf 300-mm-Siliziumscheiben in Dresden entschieden, dass es sich um einen relativ schrumpfenden Markt handelt (Europäische Kommission 2002). Allerdings führte dies nicht zur Ablehnung der Beihilfe, da andere Kriterien (Auswirkungen auf die Wirtschaft der Region) positiv beurteilt wurden.

Allerdings kommt diesen Indikatoren für den wettbewerbsverzerrenden Effekt nach der neusten Mitteilung der Kommission (Europäische Kommission 2009d, C223) eine geringere Bedeutung bei dem Gesamturteil zu, wenn klare Hinweise darauf bestehen, dass die Investition

auch ohne die Beihilfe oder an einem anderen Standort durchgeführt würde. Dieser letztere Fall dürfte in der Nanoelektronik eine besondere Relevanz haben. Schließlich tätigen außereuropäische Standorte erhebliche Beihilfen (z. B. Taiwan, China) und sind auch aufgrund der sonstigen Standortfaktoren so attraktiv, dass eine alternative Investition an einem anderen Standort sehr wahrscheinlich ist. Andere Beihilfehöchstsätze werden durch dieses Kriterium im MSR aber nicht möglich.

Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Sektoren

Bei den erörterten Auswirkungen der Beihilfenkontrolle auf die Nanoelektronik stellt sich die Frage, inwieweit sich diese Wirkungen auch in anderen Branchen zeigen. Schließlich wurde die Nanoelektronik nur als ein Beispiel zur Betrachtung der Auswirkungen der EU-Beihilfenkontrolle auf die deutsche und europäische Wettbewerbsfähigkeit gewählt. Zudem ist es bei der Ableitung von Handlungsoptionen für den Fall der Nanoelektronik wichtig zu wissen, ob es sich um einen Spezialfall handelt und daher eventuell eine spezifische Regelung geeignet sein könnte, oder ob sich die genannten Einschränkungen durchwegs in vielen Sektoren zeigen und eine sektorübergreifende Lösung überlegenswert erscheint. Dabei wird zunächst der Marktversagensgrund einer möglichen Fehlallokation im globalen Wettbewerb mit außereuropäischen Ländern erörtert (Kap. IV.1).

Gemäß umfangreichen Untersuchungen in der Literatur werden weltweit in fast allen Ländern und in verschiedensten Sektoren FuE- oder Investitionsbeihilfen gewährt (z. B. Technopolis 2008; Thomas 2007; Thomas/Wishlade 2009). Eine aktuelle europäische Studie zum FuEu-Beihilferahmen kommt zu dem Ergebnis, dass die allgemeinen FuE-Förderprogramme von Ländern wie Südkorea, China oder den USA nicht gegen den FuEu-Beihilferahmen verstoßen würden. Bei den spezifischen FuE-Förderungen in einzelnen Bereichen (z. B. Pharma, Biokraftstoffe) scheint dies aber durchaus der Fall zu sein (Technopolis 2008). Im Hinblick auf Investitionsbeihilfen werden ebenfalls Einschränkungen in einigen Bereichen (z. B. Automobil, Biokraftstoffe) bei der nationalen Förderung durch die EU-Beihilfenkontrolle beobachtet (Thomas 2007; Thomas/Wishlade 2009; Wishlade 2008).

Staatliche Beihilfen spielen dabei nach bisherigen Erkenntnissen für die Standortentscheidungen zwar eine wichtige Rolle, die Ansiedlung erfolgt aber längst nicht immer an den meistbietenden Standort (Thomas 2007).⁴⁰ Andere Standortfaktoren (u. a. qualifiziertes Personal, Infrastruktur, Rechtssicherheit) sind ebenfalls von hoher Bedeutung (TAB 2007).

³⁹ Die Kriterien wurden im Zeitverlauf leicht abgewandelt und in der Mitteilung der Kommission von September 2009 (Europäische Kommission 2009, C223) konkretisiert. Die zuvor geltenden Kriterien wiesen allerdings hohe Ähnlichkeit auf, sodass die Einschätzungen zur Erfüllung dieser Kriterien in diesem Kapitel weiter Bestand haben.

⁴⁰ In Umfragen (z. B. Ernst & Young 2006) wird häufig nur eine begrenzte Bedeutung von staatlichen Investitionsförderungen für die Standortentscheidung festgestellt. Allerdings gilt es als sehr wahrscheinlich, dass der Effekt von den Befragten unterschätzt wird, da in der Regel meist mehrere Regionen oder Länder Unterstützung anbieten und sich diese dadurch teilweise nivellieren. Ohne staatliche Beihilfen hätten die Regionen oder Länder aber eventuell kaum Chancen im Standortwettbewerb (Thomas 2007).

Allerdings ergibt sich in der Nanoelektronik eine besondere Situation durch die hohe Kapitalintensität. In Tabelle 12 wurde bereits deutlich, dass aufgrund der teuren Anlagen zumindest in Europa und den USA mit die größten Beihilfesummen der Nanoelektronik zugute kommen. Da die Beihilfehochtintensität in Europa für Großinvestitionen mit dem MSR 2002 deutlich abgesenkt wurde, sich in anderen Ländern aber keine Anzeichen geringerer Beihilfeshöhen zeigen, ist die Differenz der Beihilfen in der Nanoelektronik besonders groß (Thomas/Wishlade 2009). Daneben zeigte sich in Kapitel II eine besonders hohe Konkurrenzsituation und internationale Arbeitsteilung in der (Nano-)Elektronik im Vergleich zu anderen forschungsintensiven Branchen. Es bestehen Anzeichen, dass mögliche Vorteile Europas oder Deutschlands im internationalen Wettbewerb (z. B. technologisches Know-how, Infrastruktur) in der Nanoelektronik gegenüber anderen außereuropäischen Ländern geringer ausgeprägt sind als in anderen Sektoren (z. B. nach Expertenaussagen im Automobilbau). Infolgedessen ist die Möglichkeit, bei anderen Standortfaktoren so große Vorteile zu erreichen, dass sie die Nachteile der staatlich beeinflussten Investitionskosten egalisieren, in der Nanoelektronik vergleichsweise gering. Die Einschränkungen durch die EU-Beihilfenkontrolle auf die Möglichkeiten der Investitionsförderung in der Nanoelektronik können daher mit einer vergleichsweise hohen Wahrscheinlichkeit den Ausschlag zuungunsten Europas geben.

Allerdings ist die Fehlallokation im globalen Wettbewerb nur einer von mehreren Rechtfertigungsgründen für staatliche Eingriffe. In vielen Sektoren ist ein erhebliches Marktversagen denkbar. Eine vertiefende Diskussion für andere Sektoren ist an dieser Stelle, aufgrund der Vielzahl an Marktversagensgründen und Sektoren, aber nicht möglich. Die getroffenen Aussagen zur Einschränkung der EU-Beihilfenkontrolle begrenzen sich daher auf das Argument der Fehlallokation im außereuropäischen Wettbewerb.

4. Zwischenfazit

Staatliche Eingriffe (z. B. Zuschüsse) sind aus Effizienzgründen (u. a. Marktversagen) oder bei bestimmten Zielen (z. B. Verteilungsgerechtigkeit) grundsätzlich häufig zu rechtfertigen. Die vertiefende Diskussion über verschiedene Arten von Marktversagensgründen für die Nanoelektronik hat gezeigt, dass davon einige für diesen Technologiebereich zutreffen. Es gibt beispielsweise Anzeichen für erhebliche externe Effekte (u. a. Wissens-Spill-over) und mögliche Verzerrungen durch Fehlallokationen im globalen Wettbewerb.

Allerdings sollten mögliche staatliche Eingriffe zur Verringerung des Marktversagens in einem angemessenen Kosten-Nutzen-Verhältnis stehen und es sollte versucht werden, entsprechende Risiken (z. B. Subventionswettlauf, Probleme des „winner picking“) zu minimieren. Neben Zielen der europäischen Integration sprechen diese für eine strikte Beihilfenkontrolle. Darüber hinaus lassen sich bestimmte staatliche Eingriffe eher rechtfertigen als andere. So sind beispielsweise bei horizontalen FuE-Bei-

hilfen eher Spill-over-Effekte als bei spezifischen Rettungsbeihilfen zu erwarten.

Die EU-Beihilfenkontrolle versucht, Situationen, in denen staatliche Beihilfen durchaus gerechtfertigt sein können, durch gezielte Ausnahmen zu berücksichtigen. So hat sie in ihren Kriterien zur Abwägung von Genehmigungen in verschiedenen Beihilferahmen z. B. Gründe des Marktversagens mit als positive Aspekte aufgenommen und prüft diese bei großen Förderungen gezielt in Einzelfalluntersuchungen.⁴¹ Bisherige Beihilfefälle weisen darauf hin, dass die positiv berücksichtigten Aspekte (z. B. Spill-over-Effekte, Existenz von Informationsdefiziten) für die Nanoelektronik als zutreffend beurteilt werden. Folglich sind in der Genehmigungspraxis viele Argumente für und gegen eine staatliche Beihilfe (bzw. für eine Beihilfenkontrolle) berücksichtigt. Allerdings zeigen sich für die Nanoelektronik einige Einschränkungen:

- Erstens stehen die Genehmigungskriterien nicht im Zusammenhang mit der Beihilfehochtintensität. Diese für die Nanoelektronik als zentral angesehene Einschränkung bleibt demnach bestehen, völlig unabhängig davon, wie hoch z. B. die externen Effekte sind.
- Zweitens ist aus Innovationssystemperspektive der gewählte Ansatz für Genehmigungen etwas skeptischer zu beurteilen. Es werden zwar zentrale Aspekte wie das Koordinationsversagen im FuEuI-Beihilferahmen aufgegriffen. Aber Eingriffe sind nicht auf allen Systemebenen in gleicher Weise möglich. Dabei ist es aus Systemperspektive oft das schwächste Glied der Kette, welches am kritischsten für Staatseingriffe ist (Soete 2007). Im Fall der Nanoelektronik vertritt ein Teil der Experten die Meinung, dass dies die Ansiedlung von Produktionsstätten aufgrund hoher Spill-over-Effekte sei. Gerade hier ergeben sich erhebliche Einschränkungen durch die EU-Beihilfenkontrolle, da sie die Förderhöchstsätze begrenzt.
- Drittens wird in dem für die Nanoelektronik relevanten multisektoralen Beihilferahmen für Investitionen der Fall des intensiven Standortwettbewerbs mit Ländern außerhalb Europas nicht speziell berücksichtigt (z. B. in Form höherer Beihilfeintensitäten wie bei der Entsprechungsklausel im FuEuI-Beihilferahmen). Folglich besteht die Gefahr von Fehlallokationen im globalen Wettbewerb und eine – durch kumulative Prozesse und Rückkopplungseffekte – in anderen Weltregionen florierende Nanoelektronikindustrie inklusive der positiven wirtschaftlichen Auswirkungen (z. B. Beschäftigung in vorgelagerten Industrien). Allerdings sprechen die Risiken eines zunehmenden Subventionswettlaufs und deren Folgen (u. a. Staatsverschuldung) und Fehler bei Eingriffen (z. B. Pro-

⁴¹ Diese stärker auf Einzelfälle zielende Regelung für die Entscheidungen wird zum Teil kritisiert, da sie für genehmigungspflichtige Beihilfefälle einen hohen administrativen Aufwand sowie einen hohen Ermessensspielraum für die Europäische Kommission mit sich bringen (Technopolis 2008). Schließlich sind Faktoren wie externe Effekte oder Informationsdefizite kaum objektiv messbar.

bleme des „winner picking“) gegen eine Änderung des aktuellen Beihilferechts. Zudem betreffen Änderungen eventuell nicht nur die Nanoelektronik, sondern je nach Ausgestaltung möglicher Ausnahmeregelungen auch andere Sektoren. Die kurze Diskussion zur Übertragbarkeit des Falls Nanoelektronik auf andere Sektoren hat gezeigt, dass viele Sektoren bislang in einem geringeren Maße als die Nanoelektronik von den Einschränkungen der EU-Beihilfenkontrolle (z. B. Beihilfeintensität von Großinvestitionen) im globalen Wettbewerb betroffen sind. Die Proargumente für eine Änderung des EU-Beihilferechts fallen daher tendenziell schwächer aus.

Zusammenfassend wird deutlich, dass sowohl der Einsatz staatlicher Beihilfe als auch eine strikte Beihilfenkontrolle kaum allen Ansprüchen genügen kann, die ja zum Teil auf unterschiedlichen Paradigmen (neoklassische Marktversagens-Sicht versus evolutorische Innovationssystem-Perspektive) aufbauen. Ein genereller Vorschlag zur Änderung des EU-Beihilferechts kann an dieser Stelle nicht abgeleitet werden, sondern hängt vom gewählten Gesamtkonzept und den hierfür grundlegenden Annahmen und Einschätzungen (z. B. Bedeutung von Produktionsstätten) ab. Die Pro- und Kontraargumente und die unterschiedlichen Sichten werden im abschließenden Kapitel V in den beiden Handlungsszenarien aufgegriffen.

V. Schlussfolgerungen und Handlungsoptionen

1. Einleitende Bemerkungen

Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, dass einige Standort- und Erfolgsfaktoren im Bereich der Nanoelektronik in Deutschland und Europa als positiv eingeschätzt werden (Kap. II.3). Dazu gehören u. a. die starke Wissensbasis durch hochqualifizierte Mitarbeiter, die etablierten Kooperationen zwischen industriellen Partnern oder die Marktnähe in der Automobil- und Industrie-elektronik.

Bei einigen anderen Faktoren zeigen sich aber Ansatzpunkte für Verbesserungen aufgrund von Schwächen im Innovationssystem (z. B. europäische Forschungsförderung). Zugleich ergibt sich ein Handlungsdruck aufgrund der globalen Wettbewerbssituation: Andere Staaten (z. B. Taiwan, USA) weisen weitgehend sehr gute Standortbedingungen auf und unterstützen ihre Nanoelektronikindustrie in erheblichem Ausmaß (Kap. III).

Hinsichtlich der Ansatzpunkte für Verbesserungen lassen sich einige Handlungsoptionen ableiten, die sowohl in der Literatur als auch von den befragten Experten übereinstimmend befürwortet werden (z. B. Stärkung der Aus- und Weiterbildung). Diese werden in Kapitel V.2 dargestellt. Darüber hinaus gibt es weiterführende Optionen, bei denen aber klare Meinungsverschiedenheiten zwischen den befragten Experten bzw. innerhalb der Literatur bestehen. Diese Meinungsdivergenz beruht auf verschiedenen Ideen, wie eine geeignete Handlungsstrategie für Deutschland in der Nanoelektronik aussehen sollte. Diese Unterschiede ergeben sich vor allem aus den ver-

schiedenen Einschätzungen in der Frage, ob der Erhalt und Ausbau von inländischen Produktionsstätten durch staatliche Maßnahmen stark unterstützt werden sollte (Kap. II.3). Einige Experten halten die Unterstützung von Produktionsstätten für die langfristig erfolgreiche Entwicklung als Nanoelektronikstandort für notwendig. Entsprechende Maßnahmen würden aber ein sehr spezifisches Eingreifen in das Nanoelektronikinnovationssystem bedeuten. Andere Experten raten vor allem aufgrund der möglichen Risiken (z. B. Subventionswettbewerb) davon ab (Kap. III.1.2) und empfehlen eher eine stärkere Fokussierung der staatlichen Unterstützung auf FuE und Zulieferer der Nanoelektronik (u. a. Macher et al. 2007; Experteninterviews). Grundsätzlich haben sowohl die Diskussion zur Beihilfenkontrolle als auch die Analyse zur Wettbewerbsfähigkeit Europas in der Nanoelektronik gezeigt, dass es für beide Sichtweisen plausible Argumente gibt.

Daher wird im Rahmen dieses Kapitels folgendes Vorgehen gewählt: Es werden zunächst allgemeine Handlungsoptionen vorgeschlagen, die sich aus den übereinstimmenden Einschätzungen der befragten Experten sowie der Literatur ergeben. Darauf aufbauend werden alternative Handlungsszenarien mit weiteren Optionen entworfen, die sich durch die beiden genannten unterschiedlichen Paradigmen auszeichnen. Der Begriff Handlungsszenarien bietet sich hier an, da enge Parallelen zur Szenarioanalyse bestehen. Szenarien beinhalten die Darstellung einer hypothetischen zukünftigen Situation und den Entwicklungsweg, der zu dieser Situation führt (IZT 2008). Dabei werden in der Regel verschiedene Zukunftsbilder auf Basis derjenigen Faktoren entworfen, die als besonders bedeutend und zudem als unsicher eingestuft werden. In diesem Fall ist es vor allem die Handlungsstrategie der Politik selbst, welche die Entwicklung des Nanoelektronikstandorts Deutschland bzw. Europa entscheidend mit beeinflusst. Es bestehen hier entscheidende Stellhebel für die zukünftige Entwicklung des Nanoelektronikinnovationssystems (Kap. III), da sich andere Standortfaktoren (z. B. Wissenstransfer) in Summe nur begrenzt zwischen den führenden Ländern in der Nanoelektronik unterscheiden (Kapitel II). Zugleich ist aus heutiger Sicht nicht klar bzw. unsicher, ob es zu einem deutlichen Strategiewechsel kommen wird. Dabei lassen sich die Handlungsstrategien in zwei Dimensionen unterscheiden:

- Staatliche Eingriffstiefe: Die Politik kann einerseits versuchen, die gesamte Nanoelektronikwertschöpfungskette (FuE, Produktion, Anwender), einschließlich der kapitalintensiven Produktionsstätten, zu unterstützen. Dies entspricht weitgehend der Innovationssystemperspektive (Kap. IV.1.6). Ein geringer Eingriff liegt hingegen vor, wenn der Fokus auf die früheren Wertschöpfungsstufen (FuE, Design, Equipmenthersteller) gesetzt wird.
- Politikausrichtung (u. a. von Förderansätzen): Die gewählten Politikinstrumente können einen technologie-spezifischen, sektoralen Charakter (z. B. direkte Förderung) haben oder eher horizontale Maßnahmen (z. B. indirekte FuE-Förderung) beinhalten.

Nicht alle möglichen Kombinationen dieser Faktoren stellen realistische Strategien für die Nanoelektronik dar. Beispielsweise ist allein mit horizontalen Maßnahmen eine geeignete Unterstützung des Aufbaus von Produktionsstätten kaum zu leisten. Vielmehr bilden sich auf Basis der oben genannten Meinungsdivergenzen zwei besonders plausible und konsistente Handlungsszenarien heraus:

- Eine „Rahmensetzende Politik“, die sich auf die Bedürfnisse von Akteuren früherer Wertschöpfungsstufen (FuE, Design, Equipmenthersteller) konzentriert. Gerade hier ist ein Marktversagen (z. B. externe Effekte von FuE) sehr wahrscheinlich und politischer Handlungsbedarf ableitbar. Dabei sind vor allem horizontale Maßnahmen (z. B. KMU-Förderung) denkbar; zumindest im FuE-Bereich könnten diese durch (sektor)spezifische Politikmaßnahmen ergänzt werden.⁴² Dieses Szenario wird in Kapitel V.3 beschrieben.
- Eine „Aktive sektorale Technologie-/Industriepolitik“, die versucht, die gesamte Nanoelektronikwertschöpfungskette (FuE, Produktion, Anwender) zu stärken. Sie umfasst dabei auch spezifische, sektorale Politik-

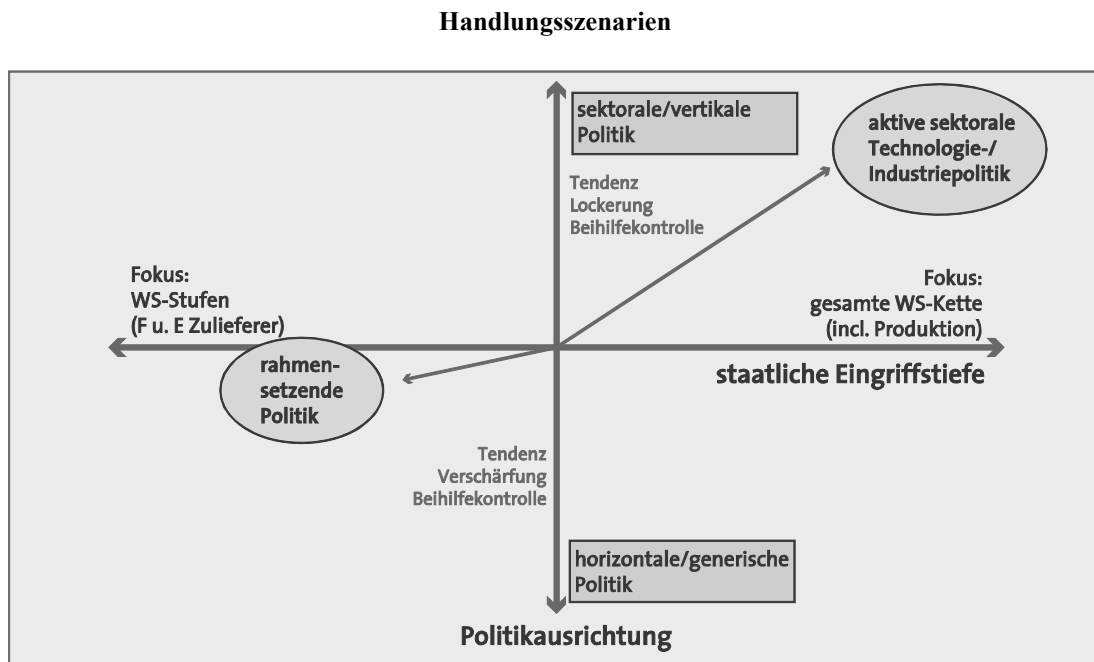
⁴² Schließlich stellt jegliches Technologieförderprogramm einen spezifischen, sektoralen Eingriff dar (Paque 2009).

instrumente (z. B. Investitionsbeihilfen) für die Förderung von Produktionsstätten. Die EU-Beihilfenkontrolle setzt hier allerdings einen engen Rahmen bei den Möglichkeiten zur nationalen Politikgestaltung. Die vorgeschlagenen Maßnahmen wären z. B. bei einer Lockerung des EU-Beihilferechts durchführbar. Dieses Szenario wird in Kapitel V.4 beschrieben. Abbildung 16 fasst die genannten Aspekte zusammen.

Die allgemeinen und die szenariospezifischen Handlungsoptionen richten sich an Politik, Wissenschaft und Wirtschaft; der Fokus liegt dabei auf der nationalen Politikenebene. Die Optionen bestehen dabei nur zu einem begrenzten Teil aus direkten Eingriffen bei der EU-Beihilfenkontrolle. Vielmehr ergeben sie sich zumeist indirekt durch die Grenzen der Kontrolle (z. B. Beihilfemaximalsätze) oder als komplementäre Fördermaßnahmen zur Beihilfenkontrolle.

Im Folgenden werden zunächst die allgemeinen Handlungsoptionen dargestellt, die sich unabhängig von den genannten Szenarien ergeben. Darauf aufbauend werden die beiden weiterführenden Handlungsszenarien erklärt sowie Gründe für deren Rechtfertigung, potenzielle Risiken der jeweiligen Politikausrichtung und die dazugehörigen Handlungsoptionen beschrieben. Abschließend wird in Kapitel V.5 dargestellt, auf welcher Systemebene (regional, national, Europa) die einzelnen Optionen angesiedelt werden sollten.

Abbildung 16



Quelle: eigene Darstellung

2. Allgemeine Handlungsoptionen

Die allgemeinen Handlungsoptionen stellen vorrangig eine Optimierung der bisherigen Handlungsstrategien Deutschlands dar. Dabei werden nur die wichtigsten Ansatzpunkte für das Nanoelektronikinnovationssystem betrachtet, die von den befragten Experten sowie in der Literatur vorwiegend genannt werden.

Erhöhung der FuE-Ausgaben

Eine hohe FuE-Dynamik ist zentral, um die aktuellen technologischen Herausforderungen in der Nanoelektronik zu bewältigen und die starke internationale Position in der Wissensbasis zu erhalten. Die Nanoelektronik gehört zu den forschungintensivsten Wirtschaftszweigen und die FuE-Kosten für Design und Produktion von Halbleitern nehmen im Zeitablauf weiter zu (Kap. II.3). Die FuE-Aktivitäten von staatlicher und privater Seite in Deutschland scheinen diesem Trend nicht folgen zu können. So verharren die FuE-Förderungen in nationalen Programmen ebenso wie die finanzielle Beteiligung zur Förderung deutscher Unternehmen in europäischen Programmen, trotz steigender Kosten, auf einem nominalen konstanten Niveau. Vor allem in asiatischen Ländern (z. B. Indien, Singapur, China) nehmen die staatlichen FuE-Anstrengungen in der Nanoelektronik hingegen deutlich zu, um insbesondere beim Chipdesign konkurrenzfähiger zu werden und Marktanteile zu gewinnen. Folglich wäre eine Erhöhung der staatlichen und privaten FuE-Aktivitäten in Deutschland für die Wettbewerbsfähigkeit in der Forschung von großer Bedeutung.

Private FuE-Aktivitäten können besonders durch diejenigen Handlungsoptionen unterstützt werden, die Unsicherheiten reduzieren (z. B. Setzung von Standards, Strategiekommunikation) und die notwendigen Rahmenbedingungen (z. B. Finanzierungsmöglichkeiten, Ausbildung qualifizierter Fachkräfte) für möglichst viele Nanoelektronikakteure verbessern.

Daneben wäre die Erhöhung der staatlichen FuE-Förderung anzustreben, um das Erreichen einer kritischen Masse für bestimmte Förderthemen in der Nanoelektronik (z. B. zur Energieeffizienz) zu ermöglichen. Dabei zeichnete sich im Rahmen dieser Studie keine generelle (szenariounabhängige) konkrete Fördermittelaufteilung ab, die von vielen befragten Akteuren favorisiert wird. Grundsätzlich rechtfertigen lassen sich staatliche Förderungen vorrangig in marktfernen Phasen der FuE, bei denen am häufigsten Wissens-Spill-over-Effekte auftreten (Kap. IV.1.1.1). Die befragten Experten sehen tendenziell aber eher eine mehrstufige direkte Förderung als vielversprechend an. Hierbei sollte ein Teil der öffentlichen Förderung thematisch stärker festgelegt und entsprechend kommuniziert werden (siehe ausführlicher Kap. V.4). Ein anderer Teil sollte stärker experimentelle Vorhaben beinhalten.

Die Antragsbearbeitung und Durchführung der Förderung durch nationale und regionale Institutionen in Deutschland erfolgt nach Aussagen der Experten weitgehend un-

bürokratisch und zeitnah. Die bestehende Praxis in Deutschland kann daher beibehalten werden.

Verbesserung von Abstimmungs- und Koordinationsprozessen auf europäischer Ebene

Die europäischen Forschungsförderungsprogramme haben eine sehr hohe Bedeutung für die anwendungsorientierte, internationale Kooperationsforschung in der Nanoelektronik. Die Analyse der Forschungsförderung auf EU-Ebene hat gezeigt, dass Verbesserungsbedarf bei verschiedenen Aspekten (u. a. Abstimmungsprozesse, Bürokratie) besteht (Kap. III.1.1). Die deutsche Politik hat hier die Möglichkeit, in Abstimmung mit anderen europäischen Nanoelektronikstaaten auf die europäische Förderrebene einzuwirken. Es bestehen dabei folgende Ansatzpunkte:

Abstimmung der Inhalte der EU-Förderungsprogramme erhöhen: Eine Verringerung der großen thematischen Überschneidung der bisherigen europäischen Förderprogramme (v. a. ENIAC und CATRENE) kann das Risiko der Doppelförderung verkleinern. Dies könnte gleichzeitig die Herausbildung eines klareren Profils der jeweiligen Förderprogramme erleichtern. Auch hätten die Förderinstitutionen so die Möglichkeit, die einzelnen Fördervorhaben innerhalb der Programme besser aufeinander abzustimmen, und die Erreichung einer kritischen Masse an Projekten für bestimmte Förderthemen (z. B. Organische Elektronik, 3-D-Chipintegration) und eine angemessene Unterstützung für aussichtsreiche Projekte wäre wahrscheinlicher.

Die europäischen Förderinstitutionen selbst haben auf die Gestaltung der Programme nur einen begrenzten Einfluss. Die Programme (ENIAC, CATRENE) sind sehr nationalstaatlich bestimmt (Kap. III.1.1). Die jeweiligen Ministerien entscheiden bei den einzelnen Projekten, ob ihr Land den Förderbeitrag für das beteiligte Unternehmen übernimmt. Es ergeben sich dabei Probleme durch die unterschiedliche Bereitschaft der Nationalstaaten, Projekte zu fördern, Unterschiede in der Ansicht, was förderungsfähig ist, sowie mangelnde thematische Abstimmung.

Deshalb wären eine stärkere Zielbildung, Abstimmung und Koordination bei der Durchführung wünschenswert (siehe auch „Entwicklung einer einheitlichen Strategie“ in Kap. V.4). Alternativ wäre eine Verstärkung der Förderung in dem (aktuell überzeichneten) EU-Rahmenprogramm möglich. Das aktuelle 7. Rahmenprogramm wird bezüglich seiner Kohärenz positiver beurteilt. Außerdem ist die Abwicklung einfacher, da kein direkter Eingriff durch die Nationalstaaten erfolgt.

Bürokratie bei EU-Förderung verringern:⁴³ Die größere Bürokratie bei der Antragstellung und -abwicklung wird von Experten bei den europäischen Förderprogrammen im Vergleich zu nationalen Förderprogrammen stärker kritisiert. Auch die Zeitspanne, bis neue EU-Forschungs-

⁴³ Darunter wird hier auch die Kritik der Experten bezüglich der komplexen Beantragung und Gewährung von EU-Strukturfondsmitteln in Verbindung mit regionaler Förderung subsumiert (Kap. IV.1.2).

programme in Kraft gesetzt werden, wird als zu groß eingeschätzt. Folglich ergibt sich das Risiko eines zeitlichen Nachteils bei neuen Forschungsthemen gegenüber außer-europäischen Ländern, deren Institutionen schnell reagieren (z. B. USA, Taiwan). Gleichzeitig führt die Bürokratie auf EU-Ebene zu einer starken Ausrichtung auf eine Förderung von Großunternehmen, da die KMU kaum in der Lage sind, federführend einen solchen Antrag zu stellen. Sie sind bislang stets als Unterauftragnehmer in die Konsortien eingebunden. Vereinfachungen bei der Organisationsstruktur, der Antragsprozedur (z. B. kürze Projektskizzen) und schnellere Antragsentscheidungen könnten den Prozess beschleunigen. Eine weitere Möglichkeit wäre es, Start-ups bzw. KMU zu ermöglichen, zunächst kurze Vorhabensvorschläge einzureichen (SEMI 2008; TAB 2010a). Diese könnten nach Zustimmung bereits unter Förderung weiter ausgearbeitet werden, um die Unsicherheit und den unbezahlten Zeitaufwand zu reduzieren. Solange diese Optionen auf EU-Ebene nicht umsetzbar sind, sollten auf nationaler oder regionaler Ebene ausreichende Fördermöglichkeiten für KMU sichergestellt werden (Kap. V.3).

Förderung der Aus- und Weiterbildung

Hochqualifizierte Arbeitskräfte sind zentral für die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und die Entwicklung von Fähigkeiten, um auf die großen dynamischen Veränderungsprozesse in der Nanoelektronik reagieren zu können. Bislang wird die Wissensbasis für Deutschland in der Nanoelektronik positiv eingeschätzt (Kap. II.3.1). Die Stärken Deutschlands und Europas liegen dabei in einem breiten System-Know-how der Fachkräfte. Allerdings bestehen bei den Akteuren große Sorgen, ob zukünftig hinreichend viele gut ausgebildete Fachkräfte verfügbar sein werden (Experteninterviews; ESIA 2005; Prognos/VDI 2008).

Ein wichtiger Ansatzpunkt ist deshalb die Verstärkung der Aus- und Weiterbildung qualifizierter Fachkräfte, die über die bisherigen Aktivitäten hinausgeht. Die Kombination der Lehre von breitem Basiswissen (u. a. in Elektrotechnik) und praktischer nanoelektronikspezifischer Anwendungsorientierung erscheint dabei als geeignet, da entsprechendes Know-how in zukunfts-trächtigen Bereichen (v. a. im „More-than-Moore“-Bereich) von hoher Relevanz ist. Um ähnlich wie andere Länder (z. B. USA, China) in der Nanoelektronik vom internationalen Wissensaustausch profitieren zu können und frühzeitig internationale Fachkräfte für den deutschen Standort zu gewinnen, wären eine stärkere Öffnung der entsprechenden Ausbildungsinstitutionen für den internationalen Raum anzustreben und die internationale Mobilität von Studenten sowie Wissenschaftlern in den relevanten Fächern zu unterstützen (z. B. durch Austauschprogramme).

Ergänzend zu der breiten Ausbildung eines Großteils der potenziellen Fachkräfte für die Nanoelektronik ist eine spezifischere Ausbildung mit Ausrichtung auf den Bedarf der Nanoelektronikindustrie sinnvoll. Denkbar wäre es, für Promovierende an Forschungseinrichtungen Spezialisierungsmöglichkeiten zu eröffnen, die eng an die Be-

dürfnisse der Industrie gekoppelt sind (ESIA 2008). Diese fänden idealerweise in wichtigen industriellen Clustern der Nanoelektronik statt (z. B. Dresden), um gleichzeitig potenzielle Nachwuchskräfte in der Region zu halten bzw. anzulocken. Ein Beispiel für dieses Konzept ist die von Infineon mitgegründete „Dresden Chip Akademie“ (Prognos/VDI 2008; TAB 2010a).

Förderung des Wissenstransfers zwischen Wissenschaft und Industrie

Damit die erworbene Wissensbasis in neue Prozesse, Produkte und Dienstleistungen umgesetzt werden kann, ist ein effizienter Wissens- und Technologietransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft wichtig. In der Nanoelektronik werden der Wissenstransfer und die Vernetzung zwischen den Akteuren für Deutschland eher gemischt beurteilt (Kap. II.3.2; Breschi et al. 2006): Einigen Experten zufolge sind die Kooperationsstrukturen zwischen Unternehmen und der Wissenschaft sehr gut etabliert und funktionieren besser als in anderen Ländern. Andere Experten sind skeptischer: Nach ihrer Einschätzung ist eine stärkere Orientierung der Wissenschaft an den Bedürfnissen der Industrie notwendig. Bei einer möglichen Unterstützung dieses Ziels stellt sich die Herausforderung, eine geeignete Balance zwischen Anreizen für die wissenschaftlichen Akteure, mit den Unternehmen zu kooperieren, und der Wahrung der Freiheitsgrade in der Forschung zu finden (EFI 2008). Eine dafür geeignete Option könnte beispielsweise eine Steigerung der Vergütung von Transferleistungen im Rahmen der W-Besoldung sein oder die verstärkte Verankerung des Technologietransfers als strategisches Ziel von wissenschaftlichen Institutionen (EFI 2009; TAB 2010b).

Daneben sind ein stärkerer Informationsaustausch und die direkte Zusammenarbeit zwischen den Akteuren anzustreben, um die Ergebnisse der Forschungsarbeiten zu verbessern und ihre Nutzbarkeit aus Sicht der Industrie zu erhöhen. Nach Aussagen von Experten hegen die industriellen Akteure in der Nanoelektronik häufig die Erwartung, sich mit einer Finanzierung von FuE an öffentlichen Einrichtungen unmittelbar umsetzbare Forschungsergebnisse erkaufen zu können. Zur generellen Verstärkung des Informationsaustausches und zum Verständnis der jeweiligen Bedürfnisse ist ein engerer beidseitiger Personalaustausch geeignet (z. B. durch Gastprofessuren für Industrievertreter, Entsenden von Wissenschaftlern in die Industrie). Der temporäre Seitenwechsel sollte aktiv gefördert werden (z. B. durch Sabbaticals) und bestehende Hürden (z. B. administrative Hürden, unklare Auswirkungen auf die Karriere) sollten abgebaut werden (siehe weiterführend TAB 2007).

Unterstützung von Kooperationen industrieller Akteure

Mit den steigenden Kosten für die Entwicklung nächster Technologiegenerationen und der zunehmenden Spezialisierung von Unternehmen zeigt sich schon heute, dass einzelne Unternehmen nicht mehr alleine die finanziellen Ressourcen und das gesamte erforderliche technologische

Know-how aufbringen können (TAB 2010a; Kap. II.3.3). Die folglich notwendigen Kooperationen zwischen inländischen industriellen Akteuren bestehen bereits und werden von allen befragten Experten in der Nanoelektronik als sehr positiv eingestuft. Die Unterstützung durch die Politik wird dabei als gut beurteilt und spielt laut Mehrheit der Experten eine wichtige Rolle.

Neue Herausforderungen für die Industrie und Politik können durch einen zusätzlichen Kooperationsbedarf in den kommenden Jahren entstehen. Dieser ist zu erwarten, da

- die genannten Entwicklungen bei den Kosten und der Spezialisierung der Unternehmen durch den hohen Forschungsbedarf und die Kapitalintensität weiter zunehmen werden (Kap. II.2);
- Kooperationen von industriellen Akteuren zunehmend strategisch motiviert sein können. So trägt etwa die Teilnahme von Infineon im Kooperationsnetzwerk East Fish Kill zur Erhaltung des Produktions-Know-hows bei. Im Hinblick auf eine „Fabless“-Strategie der industriellen Akteure kann eine Beteiligung an solchen Kooperationen eine sinnvolle Handlungsoption zur Bewahrung strategischen Wissens sein;
- die Ausweitung der Anwendungsfelder der Nanoelektronik (z. B. Medizin-, Sicherheits-, Umwelttechnik) und die zunehmende Interdisziplinarität der Innovationsprozesse Kooperationen bislang nicht vernetzter Akteure erfordern. Diese Vernetzung der Akteure ist nach Expertenaussagen nicht einfach und wird einige Zeit benötigen. Schließlich entstehen hohe Abhängigkeiten innerhalb der Wertschöpfungskette. Beispielsweise müssen Haltbarkeit und Belastbarkeit der aus Sicht des Anwenders neuen Zwischenprodukte sichergestellt werden.

Eine weitere Unterstützung der Vernetzung der industriellen Akteure wäre deshalb sinnvoll, u. a. durch die Förderung von interdisziplinären Projekten und Unterstützung der Initiierung von Kooperationen (u. a. Veranstaltungen, Wissenschaftliche Räte).

Globale Beihilferegulierung

Die Analysen der internationalen Rahmenbedingungen zur Beihilfe in Kapitel IV.2.4 ergaben das Fehlen einer effektiven Regelung zur globalen Kontrolle und Begrenzung von Investitionsbeihilfen. Zugleich gibt es Anzeichen dafür, dass das Ausmaß der gewährten Beihilfen in der Nanoelektronik aus gegenseitigen Überbietungen u. a. Subventionswettbewerb resultiert (Kap. III u. IV). Die befragten Experten bestätigen diese Einschätzung. In einem solchen Fall profitieren die Unternehmen auf Kosten der Staaten. Deshalb könnten viele Staaten z. B. von einer Umgestaltung der WTO-Richtlinien zu Subventionen (Kap. IV.2.4) profitieren, nach der große Investitionsbeihilfen unter den Tatbestand der unerlaubten Subventionen fallen. Für eine positive Entwicklung der gesamten Nanoelektronikindustrie wäre daher eine allgemein akzeptierte Regulierung von Beihilfen auf globaler Ebene von Vorteil.

Die Realisierungschancen hierfür sind allerdings als gering einzuschätzen. Die jeweiligen Länder haben teilweise ein unterschiedliches Verständnis bezüglich der Rechtfertigung von Staatseingriffen. Sie sind teilweise bereit, die inländische Nanoelektronikindustrie stark zu unterstützen. Dennoch sollten Bemühungen durch nationale und internationale Institutionen fortgesetzt werden. Dies betrifft insbesondere Verhandlungen auf Regierungsebene bei der WTO, aber auch die Unterstützung der Arbeit des World Semiconductor Council (WSC, Welthalbleiterrat). Ein möglicher Anfang für Veränderungen wäre die Erhöhung der Transparenz nationaler Beihilfen. Vorschläge in der Literatur hierfür sind z. B. die Einrichtung eines internationalen Observatoriums zur Begutachtung von Staatsbeihilfen oder die Beauftragung der WTO mit einer Studie, bei der weltweit die nationalen Unterstützungen der Halbleiterbranche untersucht werden (Saunier 2008).

3. Rahmensetzende Politik

In diesem Handlungsszenario werden vor allem horizontale Politikmaßnahmen vorgeschlagen, um den Problemen des Marktversagens zu begegnen und gleichzeitig die Ziele der Beihilfenkontrolle (z. B. die Europäische Integration, Abbau von Wettbewerbsverzerrungen) zu erreichen (Kap. IV.1). Sie flankieren die Aktivitäten privater Akteure u. a. durch die Bereitstellung einer guten Infrastruktur und die Sicherung eines funktionierenden Wettbewerbs (SVR 2009). Das Szenario lässt sich dabei wie folgt beschreiben:

- In der Regel werden horizontale Politikinstrumente eingesetzt, von denen eine hohe Anzahl an Unternehmen profitiert (z. B. FuE-Steuervergünstigungen). Punktuelle Ergänzungen erfolgen durch den Einsatz sektoraler Instrumente.
- Der Fokus der Förderung liegt auf frühen Wertschöpfungsstufen in der Nanoelektronik (z. B. Equipmenthersteller, Chipdesignunternehmen, Dienstleister). Auf selektive Eingriffe zur Förderung von Investitionen in Produktionsstätten wird verzichtet.

Zentrale Vorteile dieses Handlungsszenarios bestehen in der Vermeidung gezielter staatlicher Steuerungsversuche (z. B. „winner picking“, Subventionswettbewerb) und einer hohen Vereinbarkeit mit dem existierenden Beihilferecht. Zugleich ist die Belastung des staatlichen Haushalts geringer als bei teuren sektoralen Eingriffen. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit eines zunehmenden Bedeutungsverlustes von Deutschland als Produktionsstandort – aufgrund geringer spezifischer Unterstützungen – hoch. Daraus ergeben sich folgende Herausforderungen und Risiken für dieses Handlungsszenario:

- Zunehmende strategische Abhängigkeit: Die direkte Abhängigkeit von der Produktion anderer Länder und damit verbundene Risiken (z. B. Lieferengpässe, Wechselkursrisiko) steigen (Kap. IV.1.1).

- Unzureichende dynamische Wissens-Spill-over-Effekte: Falls aufgrund fehlender Förderanreize kein inländischer Aufbau neuer Produktionsstätten auf einem hohen technologischen Niveau stattfindet, können kaum Fortschritte und Erfahrungen in der weiteren Miniaturisierung (z. B. den vorgelagerten Wertschöpfungsstufen wie Materialentwicklung, Lithografiertechniken, Maskenherstellung) erzielt werden. Ein technologischer Wissensrückstand Deutschlands und Europas im „More-Moore“-Bereich wäre wahrscheinlich die Folge. Das genannte Wissen würde zukünftig auch im „More-than-Moore“-Bereich fehlen, wenn die heutige „More-Moore“-Produktionstechnologie auch für den „More-than-Moore“-Bereich wirtschaftlich wird (Kap. II.2).
- Möglicher Verlust von Agglomerationsvorteilen und Wertschöpfung: Die fehlende räumliche Nähe zwischen der Produktion und den inländischen Zulieferern und FuE-Unternehmen wird einigen inländischen Unternehmen (v. a. Dienstleistern und Produzenten von „Low-End“-Produkten) erhebliche Schwierigkeiten bereiten (Kap. II.3). Selbst wenn es gelingt, Forschung und Zulieferung im Inland weitestgehend zu halten, wird die erreichbare Wertschöpfung und Beschäftigung durch die Nanoelektronik begrenzt sein, da sich viele Wertschöpfungsstufen (u. a. Produktion) im Ausland befänden.

Das Ausmaß der genannten Risiken hängt stark von der Reaktion anderer Länder ab. Die Risiken fallen vergleichsweise gering aus, wenn die anderen Länder (z. B. in Asien) von ihrer ausgeprägten Technologie-/Industriepolitik im Bereich der Nanoelektronik (Kap. III) Abstand nehmen, beispielsweise durch ein globales Übereinkommen. Zudem wäre es langfristig denkbar, dass einige Staaten Probleme bekommen könnten, dauerhaft die hohen staatlichen Unterstützungsleistungen in der Nanoelektronik aufrechtzuerhalten, da diese öffentlichen Finanzmittel an anderen Verwendungsstellen (z. B. Bildung) fehlen (Kap. IV.1.2).

Um die genannten Risiken möglichst gering zu halten und die sich ergebenden Vorteile des Politikansatzes „Rahmensetzende Politik“ zu nutzen, orientieren sich die Handlungsoptionen an folgenden Aspekten:

- KMU-Fokus stärken: Bereits heute spielen klein- und mittelständische Unternehmen in den Segmenten Chipdesign, Equipmentherstellung und Dienstleistungen eine wichtige Rolle im Nanoelektronikinnovationssystem (Kap. II.3.3). Diese Gruppe wird für den Nanoelektronikstandort umso bedeutender, je geringer das Gewicht von produzierenden Großunternehmen sein wird.
- Internationale Aktivitäten stärken: Der Internationalisierungsprozess (v. a. Produktionsverlagerung) wird in diesem Szenario wohl weiter zunehmen. Für die dauerhafte Wettbewerbsfähigkeit der in Deutschland bzw. der EU verbleibenden Unternehmen in diesen frühen

Wertschöpfungsstufen (z. B. Equipment, Chipdesign) ist ein stärkerer internationaler Fokus wesentlich.

- Ergänzungen durch wenige, spezifische Maßnahmen: Eine rein horizontale Förderung der Nanoelektronik wird nur begrenzte Wirkung haben, da sie sich kaum bei spezifischen Problemen (z. B. unzureichende FuE-Infrastruktur bei Chipdesignunternehmen) eignet. Deshalb werden bei den Handlungsoptionen einzelne sektorspezifische Ansatzpunkte zur Ergänzung vorgeschlagen.

Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden die Handlungsoptionen für eine „Rahmensetzende Politik“ näher ausgeführt.

Steuerliche Förderung von FuE

Als horizontale Maßnahme eignet sich eine indirekte, steuerliche Förderung von FuE, um Defizite bei den FuE-Aktivitäten zu verringern (Spengel 2009; Experteninterviews). Im Gegensatz zu Deutschland betreiben bereits die anderen führenden Länder in der Nanoelektronik (Kap. III) eine explizite steuerliche Unterstützung von Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft (EFI 2008). Die steuerliche FuE-Förderung erfolgt themenoffen für FuE-Aufwendungen jeder Art und ist unabhängig von der technologischen Ausrichtung, Fördererfahrung und Branchenzugehörigkeit. Sie kann ohne separates Antragsverfahren von den Unternehmen in Anspruch genommen werden und ist aufgrund des Rechtsanspruchs für die Unternehmen gut planbar. Die Breitenwirkung einer steuerlichen FuE-Förderung dürfte die eines Zuschussprogramms mit Antragsverfahren deshalb weit übertreffen (EFI 2008). Marktverzerrungen würden weitestgehend ausbleiben. Die anfänglichen Probleme der verschiedenen Maßnahmen, wie z. B. das Kosten-Nutzen-Verhältnis, Mitnahmeeffekte (u. a. Missbrauch) oder schwer vorab kalkulierbare Steuerausfälle, sind nach Ansicht verschiedener Kommissionen (EFI 2008; Spengel 2009) mittlerweile durch gesetzliche Regelungen beherrschbar.⁴⁴ Die Höhe der verbundenen Steuerausfälle lässt sich insbesondere durch die Höhe der Steuergutschrift regulieren.

Vor dem Hintergrund der Bedeutung der KMU in der Nanoelektronik wäre im vorliegenden Szenario eine Ausgestaltung mit einer starken Ausrichtung auf KMU wünschenswert. Möglichkeiten hierfür sind Obergrenzen für förderfähige FuE-Aufwendungen oder günstigere Fördersatzesätze für KMU. Dadurch könnten diese Unternehmen überproportional profitieren (Bleise et al. 2005; BMBF 2004; TAB 2007; Rammer et al. 2004).

Eine mögliche Einschränkung der Wirkung einer FuE-Förderung im Steuersystem für KMU und spezifisch für Nanoelektronikunternehmen könnte darin liegen, dass Gewinne zur Verrechnung mit der steuerlichen Förderung

⁴⁴ Ein Beispiel ist die Verknüpfung der angesetzten FuE-Aufwendungen mit der Buchführung und Kostenrechnung, die von Wirtschaftsprüfern oder Steuerberatern überprüft wird (EFI 2008).

vorhanden sein müssen. Gerade in dieser stark zyklischen Branche könnte die Förderung einen Teil ihres Effekts verlieren und besonders die Planbarkeit für Unternehmen erschweren. Für diese Problematik eignet sich das in Großbritannien praktizierte Modell: Hier wird den Unternehmen ein erstattungsfähiger Steuerfreibetrag („refundable tax credit“) eingeräumt.⁴⁵ Die Akteure können damit die steuerliche Förderung in einen sofort fließenden Zuschuss umwandeln (EFI 2008).

Stärkere internationale Ausrichtung der FuE-Förderung

Dieses Handlungsszenario geht von einer sehr ausgeprägten internationalen Arbeitsteilung aus, da neben dem „packaging“ und der Weiterverarbeitung der Halbleiterchips auch die Chipproduktion selbst zunehmend im Ausland stattfinden wird.

Bei dieser globalen Arbeitsteilung in der Nanoelektronik ergibt sich ein zunehmender Konflikt dadurch, dass aktuell nur diejenigen Aktivitäten förderfähig sind, die Prozesse/Produkte entwickeln, die national genutzt, produziert oder verarbeitet werden. Diese Richtlinie hat durchaus ihre Berechtigung. Schließlich ist aus Sicht der inländischen Wertschöpfung und Beschäftigung besonders die Förderung solcher Aktivitäten interessant, bei denen sich große Teile der Wertschöpfungskette im Inland befinden und dort beschäftigungswirksam werden. Exportorientierte Aktivitäten, die ebenfalls im Inland für Beschäftigung sorgen können, sind bislang von einer Förderung ausgeschlossen. Daher fallen bereits heute einige Marktsegmente (z. B. Mobilkommunikation) aus der nationalen Förderung heraus, weil sich der Absatzmarkt der Halbleiterprodukte fast ausschließlich im Ausland befindet. Zukünftig werden vermutlich immer weniger Marktsegmente und Wertschöpfungsketten von Nanoelektronikprodukten das Förderkriterium der nationalen Verwertung erfüllen können, da die Absatzmärkte vor allem aufgrund der zunehmenden Produktionsverlagerungen verstärkt im Ausland zu finden sind (Kap. II.3). Vor allem die inländischen KMU-Akteure in vorgelagerten Wertschöpfungsstufen (z. B. Equipmenthersteller, Designunternehmen) werden daher künftig geringe Chancen auf eine FuE-Förderung haben.

Deshalb wäre in diesem Szenario zu prüfen, ob eine Abänderung der Förderrichtlinie nicht dahingehend sinnvoll wäre, auch bei einer internationalen Verwertung eine Förderung zu ermöglichen. Zur langfristigen Sicherung der Bedeutung als FuE-Standort wären darüber hinaus Investitionen in eine international ausgerichtete Forschungsinfrastruktur sowie die Öffnung der Projektförderung für ausländische Unternehmen denkbare Handlungsoptionen, sofern die Beteiligung ausländischer Akteure im Interesse des deutschen Standorts ist. Mögliche Kriterien hierfür können Komplementarität, Spitzenposition des Akteurs

im Themenfeld, ergriffene Maßnahmen gegen Wissensabfluss oder der Zugang zu neuen Märkten durch ausländische Partner sein (VDI 2008).

Stärkere Ausrichtung der FuE-Förderung an den KMU-Bedürfnissen

Für die Nanoelektronik lässt sich analog zu anderen FuE- und wissensintensiven Wirtschaftssektoren (EFI 2009; IW Consult 2006; TAB 2007) feststellen, dass die KMU nicht ausreichend von bereits existierenden Fördermöglichkeiten profitieren können (Kap. III.1). KMU in der Nanoelektronik haben häufig sehr kurzfristige Förderbedarfe. Diese betreffen weniger Fragestellungen der Spitzentechnologieforschung (z. B. Entwicklung neuer technologischer Anwendungen), sondern es handelt sich eher um inkrementelle Verbesserungen, wie z. B. Effizienz-, Prozess- oder Qualitätsverbesserung der Produkte für den Kunden. Diese Bedarfe werden nach Aussagen vieler Experten von den existierenden Forschungsprogrammen nur begrenzt bedient. Vor allem Kleinstunternehmen in der Nanoelektronik gelingt es nach Aussagen von Experten kaum, von den Fördermöglichkeiten zu profitieren. Ihnen fehlen die geeigneten Ressourcen und das Know-how zur Antragstellung und Durchführung von Förderprojekten. Es ergeben sich vor allem zwei Ansatzpunkte für geeignete Verbesserungen in der FuE-Förderung:

- Stärkere Ausrichtung der Forschungsprogramme auf Bedürfnisse der KMU: Zur besseren Einbindung der KMU wird für Deutschland häufig ein Programm nach dem Vorbild des „Small Innovation Business Programme“ (SIBR) der USA diskutiert (EFI 2009/2010; Kap. III.2.5). Da die KMU in der Nanoelektronik vergleichbare Probleme wie in anderen Wirtschaftssektoren haben, wäre eine Programmeinführung mit zentralen Elementen des SIBR überlegenswert. Die Elemente hinsichtlich der Finanzierung von Machbarkeitsanalysen, die Verhinderung, dass ausschließlich Großunternehmen bei der ressortspezifischen Forschungsförderung zum Zuge kommen sowie die stärkere Berücksichtigung der Vermarktungsperspektive bei der Evaluation werden als vorbildhaft eingestuft (EFI 2009). Ergänzend wäre zu prüfen, ob eine stärkere Förderung von den genannten, inkrementellen Verbesserungen in den Förderprogrammen erfolgen kann.
- Integration von externem Know-how in FuE-Strategien der KMU: Die befragten Experten sehen hierfür vor allem eine stärkere Einbindung des Know-hows von Fachhochschulen als hilfreich an, da ihre starke Anwendungsorientierung passfähig mit dem Lösungsbedarf der KMU wäre. Allerdings ist laut Expertenmeinungen die Forschungstätigkeit von Fachhochschulen gerade in der kapitalintensiven Nanoelektronik eher gering ausgeprägt. Folglich ist eine Verbesserung der Ausstattung für Fachhochschulen im Bereich FuE-Infrastruktur (u. a. Laborausstattung) zentral, damit sie ihre Funktion als Transferpartner von KMU in der Nanoelektronik aktiver wahrnehmen können. Der

⁴⁵ Um Anreize für FuE-Mehraufwendungen der Unternehmen in Höhe von 0,1 Prozent des BIP zu erzeugen, wäre nach Schätzungen ein Finanzierungsvolumen in ungefähr derselben Höhe erforderlich. Im Jahr 2006 wären dies etwa 2,3 Mrd. Euro gewesen (EFI 2008).

Wissensaustausch könnte auf institutioneller Ebene in Form von gemeinsamen FuE-Projekten oder im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten erfolgen.

Direkte Förderung von Chipdesign- und Equipmentunternehmen

Als ergänzende Handlungsoption für dieses Handlungsszenario mit ausgeprägter horizontaler Förderung bietet sich eine spezifische direkte FuE-Förderung für FuE-Designunternehmen und Zulieferer an. Vor allem kleineren Unternehmen fehlt es häufig an einer geeigneten, spezifischen Infrastruktur, um die technologischen Herausforderungen in der Nanoelektronik hinsichtlich der FuE (z. B. neue Anwendungen im Bereich „More than Moore“; Kap. II.2) sowie des Wissenstransfers meistern zu können. Eine Möglichkeit besteht in der staatlichen Unterstützung von „Open-Innovation“-Projekten. Beispielsweise könnten Designtools in EU-Projekten entwickelt und allgemein zur Verfügung gestellt werden. Ein weiterer Vorschlag zur Verbesserung der Kompetenzentwicklung liegt in der Förderung von nichtkommerziellen Akteuren, wie z. B. „Open Source Software Communities“ (Tuomi 2009).

Daneben wären aus Produktionssicht vor allem die Förderung von Anwendungen im „More-than-Moore“-Bereich interessant. Hierfür wäre zu prüfen, in welchem Umfang bereits existierende Produktionsstätten früherer Generationen (z. B. neben 200-mm- auch 150-mm-Fertigungslinien) für bestimmte Anwendungen im „More-than-Moore“-Bereich besser genutzt werden könnten. Denn die Nutzung existierender Produktionsstätten könnte wirtschaftlicher sein, da sie weniger kapitalintensiv beim Bau waren und die Maschinen und Anlagen zumindest zum Teil bereits abgeschrieben sind. Kostengünstige Implementierungspfade („low-cost implementation paths“) könnten auch durch das Teilen der Chipherstellungskosten zwischen Unternehmen realisiert werden (Tuomi 2009). Dieser Ansatz wird derzeit in einigen asiatischen Ländern populär.⁴⁶ Bei diesen genannten Aktivitäten erfolgt zum Teil eine öffentliche Förderung durch die Staaten (z. B. im „NanoFab Center“ in Südkorea, Kap. III.2.4). Entsprechende Möglichkeiten wären auch für Deutschland zu überprüfen.

EU-weite Abstimmung zur Sicherung mindestens einer Produktionsstätte in Europa auf hohem technologischem Stand

Als weitere zusätzliche selektive Handlungsoption in diesem Szenario wäre aus geopolitischen und -strategischen Gründen die Sicherung von mindestens ein oder zwei

Produktionsstätten mit einem hohen aktuellen technologischen Stand innerhalb Europas sinnvoll. Hierdurch könnten einige Risiken vermieden werden, welche sich aus der Abhängigkeit von anderen Weltregionen (insbesondere Asien) ergeben können (Kap. IV.1): Kurzfristig wären z. B. Lieferengpässe oder Kostenschwankungen durch Wechselkursbewegungen weniger zu befürchten. Langfristig könnte das technologische Know-how, insbesondere im „More-Moore“-Bereich, bewahrt werden. Dadurch könnte erstens bei einer Veränderung der Rahmenbedingungen ein breiterer Ausbau an Produktionskapazitäten schnell erfolgen. Zweitens könnte die Richtung der technologischen Entwicklung, z. B. in Abstimmung mit den europäischen Anwenderindustrien, stärker selbst mitgestaltet werden.

Die Produktionsstätten müssten nicht zwingend in Deutschland aufgebaut werden. Dies könnte nach Expertenaussagen zur Erfüllung des genannten Zwecks genauso in anderen europäischen Ländern geschehen. Die Abstimmung würde aufgrund unterschiedlicher Interessen der Nationalstaaten und ihrer Akteure schwierig, wie sich bei anderen gemeinsamen Initiativen gezeigt hat (z. B. Aufbau des „European Institute of Technology“). Möglichst alle Akteure (Nationalstaaten, Industrie) sollten in einem solchen Prozess integriert werden. Auch wäre es wünschenswert, dass die Akteure der europäischen Länder ohne Produktionsstätten (ggf. vertraglich festgelegt) bei Bedarf Zugriff auf Lieferungen dieser Fertigungsstätten haben. Daneben sollte eine zu intensive, an nationalen Interessen orientierte Steuerung durch den produzierenden Staat vermieden werden, indem eine gemeinsame europäische Institution etabliert wird oder den Mitgliedstaaten ein direktes Mitspracherecht bei zentralen Fragen (z. B. technologische Ausrichtung, Aufrüstung der Anlage) zusteht.

Einschränkungen der Möglichkeiten einer solchen Investitionsförderung ergeben sich aufgrund der derzeitigen Förderhöchstgrenzen durch die EU-Beihilfenkontrolle. Daher wäre zu prüfen, ob eine beihilfenkonforme Aktion zur Errichtung solcher Anlagen so erreicht werden kann, dass eine möglichst geringe Signalwirkung für eine „generelle Dehnung“ der Beihilfenkontrolle ausgeht. Mögliche Ansatzpunkte wären eine Teilfinanzierung durch die EU selbst, deren Beihilfen nicht unter die Kontrolle fallen, oder die in Kapitel V.3. genannten Optionen (z. B. Änderung des Multisektoralen Beihilferahmens).

Unterstützung der Internationalisierung von KMU

Analog zur verstärkten internationalen FuE-Ausrichtung (gefördert durch eine entsprechende FuE-Förderung) ist für kleine und mittlere Nanoelektronikunternehmen auch bei ihren kommerziellen Aktivitäten eine zunehmende internationale (außereuropäische) Orientierung in diesem Szenario von hoher Bedeutung. Dabei ist eine internationale Technologieorientierung ebenso nötig wie die Fähigkeit, globale Marktpotenziale und Kundenbedürfnisse rechtzeitig aufzuspüren, um passende Lösungen für die Kundenprobleme zu entwickeln.

⁴⁶ Beispielsweise unterzeichneten die „Hong Kong Science & Technology Parks“ (HKSTP) kürzlich eine Kooperationsvereinbarung mit dem japanischen e-Shuttle, einem Tochterunternehmen von Fujitsu, um Dienstleistungen für Start-up-Chipdesignunternehmen in Asien bereitzustellen. E-Shuttle stellt dabei seine „Elektronenstrahl-Direkt-schreibtechnologie“ zu niedrigen Kosten für KMU zur Verfügung und HKSTP wird im Gegenzug Entwicklungsunterstützung und Fernzugriff auf Chipdesigntools ermöglichen (Tuomi 2009).

Viele der deutschen Zuliefer-KMU in der Nanoelektronik haben bereits Vertriebs- und Servicestrukturen in den dynamischen Auslandsmärkten aufgebaut. Denn bereits in der Vergangenheit haben sich diese KMU international aufstellen und vernetzen müssen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Sie sind mittlerweile in globalen Märkten aktiv, bedienen einen Weltmarkt und haben bereits eine gewisse Unabhängigkeit von regionalen Standortbedingungen und der dort ansässigen Großindustrie erreicht.

Allerdings ergeben sich aufgrund der in diesem Szenario wahrscheinlich zunehmenden Produktionsverlagerung in der Nanoelektronik zusätzliche Herausforderungen. So sollte vor allem die Know-how-Entwicklung von Zulieferern einerseits und Anwendern andererseits dauerhaft passfähig bleiben. Hierfür muss die ständige Aktualisierung der Kenntnisse über Technologietrends und die Kundenbedarfsstrukturen in den jeweiligen internationalen Absatzmärkten in einem globalen Kontext erfolgen (z. B. Vernetzung mit internationalen FuE-Instituten), da die räumliche Nähe nicht mehr vorhanden sein wird.

Die direkten Steuerungsmöglichkeiten der Politik im Kontext der kommerziellen Globalisierung sind begrenzt. Die OECD (2008c u. 2009d) unterscheidet passende Unterstützungsmaßnahmen nach drei Entwicklungsstufen der Internationalisierung von KMU. Als passfähigste Maßnahmen kommen für die hinsichtlich der Internationalisierung zumeist fortgeschrittenen Nanoelektronikunternehmen folgende Maßnahmen infrage: Exportkredite, Unterstützung von Internationalisierungsplänen durch Non-Profit-Dienstleister (z. B. beim Aufbau von Niederlassungen) oder Weiterbildungsmaßnahmen, welche die Fähigkeiten der KMU stärken, Informationen über internationale Technologietrends und Märkte besser aufnehmen und unternehmensspezifisch weiterverarbeiten zu können (OECD 2009e).

4. Aktive sektorale Technologie-/Industriepolitik

In diesem Handlungsszenario werden Maßnahmen vorgeschlagen, die gezielt die Entwicklung der inländischen Nanoelektronik unterstützen. Die Handlungsoptionen lassen sich der Industriepolitik⁴⁷ zuordnen. Sie sind aber nicht identisch mit den häufig kritisierten traditionellen industriepolitischen Instrumenten, die sich an der Förderung von „nationalen Champions“ oder dem Schutz einheimischer Unternehmen und „infant industries“ orientieren (Meyer-Stamer 2009). Vielmehr lassen sich die Handlungsoptionen weitgehend in eine Politikausrichtung einordnen, die unter dem Schlagwort „moderne Industriepolitik“ diskutiert wird. Nach Aiginger (2007) wird darunter eine Politik mit internationaler Dimension

⁴⁷ Die Begriffsdefinition von Industriepolitik ist nicht eindeutig (Aiginger/Sieber 2009). Industriepolitik kann in einem weiten Sinne als wirtschaftspolitische Maßnahmen zur Stärkung aller Wirtschaftssektoren (inklusive Dienstleistungen) verstanden werden. In einem engeren Sinne werden darunter selektive Eingriffe für bestimmte Branchen definiert. Das vorliegende Szenario betrachtet vorwiegend Maßnahmen, die der Definition im engeren Sinne entsprechen.

verstanden, die eine horizontal ausgerichtete Politik mit selektiven sektoralen Elementen kombiniert. Industriepolitik beinhaltet demnach das Zusammenspiel von horizontaler Bildungs-, Forschungs-, Wettbewerbspolitik und Arbeitsmarktflexibilisierung sowie speziellen branchenorientierten Vertiefungen wie beispielsweise die Unterstützung von Kompetenzzentren oder Clustern, Technologietransferleistungen oder KMU-Förderung. Der Ansatz schließt folglich branchen- oder technologiespezifische Elemente nicht aus.

Das Szenario lässt sich wie folgt zusammenfassend beschreiben:

- Es werden vorrangig selektive Maßnahmen zur Stärkung der inländischen Nanoelektronik eingesetzt. Diese ergänzen die meist eher horizontalen Maßnahmen bei den allgemeinen Handlungsoptionen.
- Der Fokus der Förderung liegt auf der gesamten Wertschöpfungskette (FuE, Produktion, Nachfrage) und beinhaltet eine aktive Förderung der Ansiedlung und Standortsicherung von Produktionsstätten. Dies basiert auf den Einschätzungen einiger befragter Experten, dass die Wertschöpfungsstufen in der Nanoelektronik eng miteinander verflochten sind und die räumliche Nähe von Produktion und FuE von entscheidender Bedeutung ist (z. B. aufgrund von Wissens-Spill-over-Effekten oder Agglomerationsvorteilen).

Für selektive staatliche Eingriffe bei der Nanoelektronik sprechen einige der in Kapitel IV diskutierten Argumente. Es kann auf einige potenzielle Marktversagensgründe (u. a. externe Effekte, mögliche Abhängigkeit von Monopolisten) zum Teil zielgenauer als mit horizontalen Maßnahmen reagiert werden. Aus Innovationssystem-sicht können selektive Eingriffe die Wahrscheinlichkeit erhöhen, weiterhin auch in produktionsrelevanten Bereichen an der technologischen Spitze in der Nanoelektronik zu stehen.

Die umfassenden staatlichen Eingriffe einer aktiven sektoralen Technologie-/Industriepolitik bergen allerdings die in Kapitel IV.1.2 bereits beschriebenen Risiken:

- Es besteht das Risiko eines zunehmenden Subventionswettlaufs der beteiligten Nanoelektronikländer, der letztendlich zu immer höheren staatlichen Beihilfen führt.
- Die Unterstützung von kapitalintensiven Produktionsstätten mitsamt der technologischen Fokussierung der Produktionsunternehmen, z. B. auf eine Fertigungslinie in bestimmten nanoskaligen Bereichen (z. B. 28-nm-Technologieknotten), beinhaltet zumindest teilweise die Probleme von Picking-Winners-Strategien: Es wird gezielt die Einschlagung eines technologischen Pfades unterstützt, der sich angesichts der hohen technologischen Unsicherheiten und der kurzen Innovationszyklen in der Nanoelektronik eventuell als falsch erweisen kann.
- Selbst wenn effiziente politische Maßnahmen eingesetzt werden, bleiben Unsicherheiten bestehen, ob es

tatsächlich langfristig gelingt, Großunternehmen mit technologisch aktuellen Produktionsstätten zu Ansiedlungen zu bewegen. Zu viele Standortfaktoren und Pfadabhängigkeiten sind für die Standortentwicklung in der Nanoelektronik entscheidend (Kap. II). Falls der Erfolg ausbleibt, wäre trotz der erheblichen staatlichen Bemühungen und Aufwendungen für eine komplementäre Infrastruktur das Resultat für Wertschöpfung und Beschäftigung sehr begrenzt.

Diese Risiken stellen einen hohen Anspruch an das konkrete Programmdesign der selektiven Maßnahmen: „Departing from neutrality is always dangerous since it implies guessing future technological and market developments. So a central question concerns programme design: how to make these large mission-oriented programmes less vulnerable to government failures such as wrong choices and winner-picking“ (Expert Group Report 2009, S. 105). Ansatzpunkte für ein mögliches geeignetes Programmdesign werden bei den einzelnen Handlungsoptionen genannt.

Darüber hinaus kann die in der innovationspolitischen Debatte zunehmend diskutierte Integration von sektoraler Industriepolitik und Innovationspolitik angestrebt werden (z. B. Aiginger 2007). So könnte eine Einbettung sektoraler Förderungen in eine missionsorientierte Strategie für das gesamte Innovationssystem vor dem Hintergrund herausragender gesellschaftlicher Ziele, wie z. B. Nachhaltigkeit, Energieeffizienz oder Gesundheit, erfolgen. Diese Ziele könnten daher zur Entscheidung dienen, wann ein sektoraler Eingriff oder wann ausschließlich horizontale Maßnahmen gerechtfertigt erscheinen. Beispielsweise könnten sektorale staatliche Unterstützungsmaßnahmen der Halbleiterindustrie sinnvoll sein, wenn sie auf die Verbesserung der Energieeffizienz oder auf Anwendungen im Gesundheitsbereich ausgerichtet sind.

Entwicklung einer einheitlichen Strategie

Für viele der befragten Experten ist die Entwicklung einer einheitlichen und klaren Strategie für den deutschen und europäischen Nanoelektronikstandort, an der sich die Akteure des Innovationssystems orientieren können, eine der zentralen Herausforderungen. Dafür gibt es mehrere Gründe:

In der modernen Innovationsforschung gelten Unsicherheiten über technologische Entwicklungen und den Markterfolg als eine der großen Barrieren für private Akteure. Solche Unsicherheiten haben in der Nanoelektronik in der jüngeren Vergangenheit zugenommen. Es ist z. B. unklar, inwiefern die jahrzehntelang verfolgte „More-Moore“-Trajektorie weiter Bestand haben wird. Je näher man den physikalischen Grenzen bei der Miniaturisierung der Halbleiterstrukturbreiten kommt, desto größer werden die FuE-Herausforderungen und Unsicherheiten, ob technologische Lösungen gefunden werden können. Die Chancen und Risiken geeigneter industrieller Investitionen sind deshalb immer schwerer vorhersehbar (Expert Group Report 2009).

Bei der entsprechenden Unterstützung durch die Politik ist für die Akteure aber intransparent, welche Ziele bezüglich der Nanoelektronik verfolgt werden (z. B. fokussierte vs. breite Förderungen von möglichen Anwendungen) und für welche Aktivitäten (z. B. Aufbau FuE-Infrastruktur) mit Unterstützung zu rechnen ist. Bislang wird die Förderung als fragmentiert wahrgenommen (siehe Handlungsoption „Stärkere Schwerpunktsetzung bei FuE-Förderung“). Zudem zeigt sich vor allem auf europäischer Ebene eine geringe Abstimmung zwischen den einzelnen Mitgliedstaaten bezüglich der geförderten Inhalte sowie zwischen nationaler und europäischer Förderung. Infolge dieser Probleme entstehen Planungsunsicherheiten und schwer kalkulierbare Risiken für die Wirtschaft und Wissenschaft.

Zur Verringerung dieser Probleme hat die Europäische Kommission in ihrer Mitteilung im Juni 2009 eine Strategieentwicklung und -durchführung für die Nanoelektronik im Rahmen einer breiteren Schlüsseltechnologieförderung angekündigt (Europäische Kommission 2009b). Bislang ist allerdings für die befragten Akteure sehr unklar, wie die Strategie konkret aussehen wird. Deshalb haben folgende Ansatzpunkte zur Strategieentwicklung, die in den Expertengesprächen ermittelt wurden, zunächst weiterhin Bestand:

- Stärkeres „commitment“: Ein stärkeres Bekenntnis Deutschlands zur Mikro- und Nanoelektronik als strategisch wichtige Querschnittstechnologie wäre hierfür bedeutend (ESIA 2008). Inhaltlich wäre damit verbunden, Kooperationen und Gespräche zwischen den Regierungen wichtiger Nanoelektronikländer intensiver und verbindlicher zu führen und sich sowohl durch Förderung als auch Engagement auf internationaler Ebene langfristig einzusetzen.
- Klarere Signale: Die politischen Akteure sollten stärker abstimmen und signalisieren, welche Ziele in der Nanoelektronik und welche Themenbereiche mittel- bis langfristig unterstützt werden. Dabei wäre ein abgestimmtes Set an Maßnahmen auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene anzustreben. Die Aktivitäten Deutschlands und Europas wären darauf gerichtet, Themenfelder, auf denen Kompetenzvorsprünge bestehen, im internationalen Kontext so zu positionieren, dass eine Vorreiterfunktion erreicht oder gefestigt wird (VDI 2008).

Die Bildung und Durchführung einer einheitlichen Strategie ist mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden: u. a. unterschiedliche Interessen der Akteure (z. B. KMU vs. Großunternehmen), unterschiedliche existierende nationale Strategien in der Nanoelektronik sowie Unsicherheiten über die zukünftige technologische und wirtschaftliche Entwicklung. Für den Umgang mit diesen Problemen lassen sich aus Erfahrungen mit Strategieprozessen in anderen Bereichen einige wichtige Erkenntnisse für ein geeignetes Design der Strategie bzw. von Strategieprozessen ableiten (siehe ausführlicher EFI 2010; Expert Group Report 2009; TAB 2007 u. 2010b):

Die Gesamt- und Teilstrategien sollten auf Basis transparenter, integrativer und partizipativer Prozesse entwickelt werden, damit sie möglichst von allen Innovationsakteuren in der Nanoelektronik getragen werden. Dabei ergibt sich erheblicher Koordinationsbedarf zwischen den Politikakteuren auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene bei der Entwicklung von klaren, konsistenten Maßnahmen, der Vereinbarung von Prioritäten, der Formulierung von Umsetzungsstrategien sowie für die administrativen Akteure bei der Umsetzung der Maßnahmen (TAB 2010b).

Zur Identifizierung und Überprüfung der thematischen Schwerpunkte innerhalb der Nanoelektronik sollten ein Kriterienkatalog sowie Infrastrukturen und Institutionen zur Erzeugung von „strategischer Intelligenz“ etabliert werden.

Beispiele für Letztere sind regelmäßige Durchführung von Foresight-/Vorausschau- und Technikfolgenabschätzungsprojekten, eine Deutschland-/Europa-Roadmap für die Nanoelektronik, Etablierung von Programmevaluations-, Benchmarking- und Strategieentwicklungsprozessen oder Informationsbereitstellung und -kampagnen. Die Themenauswahl sollte dabei gesellschaftliche Bedürfnisse und die relevanten technologischen „bottlenecks“ berücksichtigen. Bei den konkreten Anwendungen und Ansätzen sollten Bottom-up-Prozesse unter Beteiligung aller Innovationsakteure ermöglicht werden (Expert Group Report 2009).

Stärkere Schwerpunktsetzung bei der FuE-Förderung

Im Einklang mit den Schwerpunkten der entwickelten Gesamt- und Teilstrategien wären eine stärkere Konzentration und Fokussierung der FuE-Förderung anzustreben. Hierfür wären Veränderungen bei den Förderbedingungen notwendig. Diese bevorzugen bislang eine starke Diversifizierung der Forschungsarbeiten, die über viele kleinere Projekte in zahlreichen verschiedenen Förderprogrammen verteilt sind (task force Mikroelektronik 2009).

Die Forschungsprogramme in diesem Szenario sind zu bündeln und die Forschungsgelder strategisch einzusetzen. Die nationale Schwerpunktsetzung der Forschungsförderung sollte dabei stärker als bisher in den Kontext der Europäischen Forschungszusammenarbeit eingebunden werden. Die thematische Überschneidung der Aktivitäten mit anderen europäischen Staaten sind hierfür zu identifizieren, um Förderprogramme auf nationaler sowie auf transnationaler Ebene anzupassen (TAB 2010a). Die Forschungskapazitäten würden Themen- und Technologiebereiche adressieren, in denen Deutschland zum einen komparative Stärken besitzt (z. B. Leistungselektronik) und zum anderen große Markt- und Wachstumspotenziale von der Industrie gesehen werden (z. B. „More-than-Moore“-Bereich). Bei der Identifikation der Schwerpunktthemen sind analog zur Strategiebildung die Adressierung und Prozesseinbindung vieler Akteure (u. a. KMU, Großunternehmen, FuE-Institute) unter Nutzung der Instrumente zur Entwicklung der strategischen Intelligenz (z. B. Roadmaps) empfehlenswert. Eine mögliche

Basis ist die aktuell von ACATECH durchgeführte Studie zur Identifizierung zukunftssträchtiger Forschungsfelder mithilfe verschiedener Methoden (z. B. Roadmapping, Szenariobildung) (www.acatech.de).

Förderung der FuE-Infrastruktur

Für die Nanoelektronik gilt eine moderne FuE-Infrastruktur als sehr bedeutend, um spitzentechnologisches Know-how aufbauen bzw. erhalten zu können (task force Mikroelektronik 2009). Dabei treten nach Einschätzungen der Experten in Deutschland bei der Verfügbarkeit der FuE-Infrastruktur im europäischen Vergleich zu Frankreich und den Niederlanden Engpässe auf. Besonders produktionsrelevante Forschungsarbeiten benötigen eine kapitalintensive Ausstattung (z. B. bei der FuE zu High-k-Materialien), die sich die FuE-Akteure häufig nicht leisten können. Eine Handlungsoption besteht deshalb in der stärkeren Förderung der FuE-Infrastruktur. Bei anwendungsorientierten Arbeiten kann dabei eine enge Kooperation mit privaten Akteuren sinnvoll sein, um einen kostengünstigen und effizienten Wissenstransfer zu erreichen. So könnten sich öffentliche und industrielle FuE-Einrichtungen/-Akteure Labors gemeinsam teilen (Saunier 2008).

Zur Stärkung der gesamten Innovationsprozesskette sollte die Handlungsoption auch die (zumindest partielle) Unterstützung von kapitalintensiven Pilotanlagen beinhalten. Konkrete Vorschläge hierfür existieren bereits, z. B. fordert die task force Mikroelektronik (2009) den Aufbau eines Schwerpunkts „3-D-Integration“ mit einer Pilotanlage am Standort Dresden. Allein die Kosten für den Aufbau der Anlage werden allerdings auf einen dreistelligen Millionenbereich geschätzt (task force Mikroelektronik 2009).⁴⁸ Deshalb ist in einem möglichst transparenten Prozess zu klären, wo Bedarf für eine stärkere öffentliche Unterstützung von Pilotanlagen in vorwettbewerblichen Bereichen der Nanoelektronik besteht. Dies ist in der Regel in risikoreichen oder hohe Anfangsinvestitionen erfordernden Gebieten (z. B. der Integration von Einzeltechnologien in ein Gesamtkonzept) der Fall. Darauf aufbauend sind entsprechende Ideen auf ihre Realisierungschancen, Einbindung in eine (europäische) Strategie und ein angemessenes Kosten-Nutzen-Verhältnis kritisch zu prüfen.

Im Hinblick auf die Begrenztheit öffentlicher Mittel sowie die Sicherung von Kostenbewusstsein und Marktorientierung bei den staatlich unterstützten Akteuren sollte in der Regel in FuE- und kapitalintensiven Spitzen- und Hochtechnologiesektoren ein sinnvoller Finanzierungsmix aus verschiedenen privaten und öffentlichen Quellen (u. a. Public Private Partnerships, Fremdkapital, Fonds, Stiftungen, private Trägerschaften) zur Anwen-

⁴⁸ Die Pilotlinie müsste aus einem Front-End-Teil und einem 3-D-Integrationsteil bestehen. Die geschätzten Kosten für den 3-D-Integrationsteil der Linie lägen bei rund 70 Mio. Euro. Die Kosten des Front-End-Teils der Pilotlinie sind wesentlich höher und liegen im Bereich von mehreren hundert Mio. Euro (task force Mikroelektronik 2009).

derung kommen (TAB 2007). Bereits heute bestehen einige Public Private Partnerships in der Nanoelektronik (z. B. Namlab). Sie bieten große Chancen, weil diese Kooperationen häufig langfristig institutionell angelegt sind und komplementäre Stärken in Forschung und Entwicklung zusammengeführt werden (EFI 2009). Allerdings müssten Freiräume der Forschungseinrichtungen und Hochschulen (z. B. Publikation von Forschungsergebnissen) weitestgehend bewahrt bleiben, da sonst die Gefahr einer zu starken Abhängigkeit und Vernachlässigung der Grundlagenforschung zugunsten der Anwendungsorientierung entstehen kann.

Bei allen genannten Optionen zur Förderung der Forschungsinfrastruktur sind allerdings mögliche Konflikte mit dem EU-Beihilferecht zu beachten: Die Genehmigung hängt davon ab, ob im spezifischen Fall Marktversagen nachgewiesen werden kann, und die Höhe des Beihilfesatzes ist besonders bei experimenteller Forschung begrenzt. Dabei sind unterschiedliche Möglichkeiten für eine Vereinbarkeit denkbar (Kap. IV.3.2):

- Einwirkung auf Änderung des EU-Beihilferechts, z. B. durch leichtere Erstattungsfähigkeit für Instrumente und Ausrüstung. Bei einer generellen Lockerung sind aber stärkere Mitnahmeeffekte durch private Akteure aufgrund zunehmender öffentlicher FuE-Finanzierung möglich.
- Nutzung ihres vergleichsweise großen Ermessensspielraums im FuEuI-Beihilferahmen durch die EU-Kommission bei der Genehmigung von Förderungen im Einklang mit einer europäischen Strategie zur Nanoelektronik.
- Ausschließliche Nutzung der FuE-Infrastruktur für nichtkommerzielle Zwecke, d. h., es werden keine marktrelevanten Produkte entwickelt. In diesem Fall fällt die Unterstützung nicht unter den Begriff der Beihilfe im FuEuI-Beihilferahmen. Allerdings wird eine private (Teil-)Finanzierung aufgrund des frei zugänglichen öffentlichen Charakters der Infrastruktur zunächst schwieriger. Eine Einbindung in die oben erläuterte Strategie und eine Konsensbildung zwischen privaten und öffentlichen Akteuren zu wichtigen Bereichen der Grundlagenforschung kann diese Problematik verringern.

Entwicklung strategischer Geschäftsmodelle und Stärkung einer komplementären europäischen Vernetzung

Die Ausführungen in Kapitel II.3.3 haben gezeigt, dass die weltweite Arbeitsteilung eng mit der Etablierung bestimmter Geschäftsmodelle verknüpft ist. Der Erfolg einiger Länder (z. B. Taiwan, USA) wie auch die sinkende Bedeutung von anderen Ländern (z. B. Japan) in der Nanoelektronik wird zu einem bedeutenden Teil der Fokussierung der Unternehmen auf geeignete Geschäftsmodelle (z. B. „Foundries“ im Fall von Taiwan) und deren nationale und internationale Vernetzung zugesprochen. Die aktuelle europäische Situation wird von Experten dahingehend kritisch gesehen (s. a. Lüthjen/Pawlicki 2009). Mit

der zunehmenden Breite an Produkten, verknüpft mit den hohen FuE- und Produktionskosten in der Nanoelektronik, haben viele europäische Unternehmen Schwierigkeiten, in jedem der Marktsegmente wettbewerbsfähig zu bleiben. Der aktuelle Trend liegt daher in der Fokussierung der Tätigkeit (z. B. „Fabless“- oder „Fablite“-Modelle) oder der Spezialisierung auf konkrete Produktbereiche (z. B. intelligente Logik für die Automobilelektronik). Dies führt aber auch zu einer Zersplitterung der europäischen Unternehmenslandschaft. Eine stärkere gemeinsame europäische Vernetzung der Unternehmen und Forschungsstrategie kann es ermöglichen, Synergiepotenziale besser auszuschöpfen, die steigenden Kosten für die Entwicklung nächster Technologiegenerationen zu teilen und eine kritische Masse in Marktsegmenten zu erreichen sowie zum Teil branchenübergreifend verschiedene Anwender bedienen zu können.

Nach Aussagen der befragten Experten bestehen aber erhebliche Probleme sowohl bei der vorwettbewerblichen als auch bei der kommerziellen Vernetzung zwischen den europäischen Akteuren. Bislang ist in Europa im Vergleich zu anderen Regionen eine eher geringe Komplementarität der Unternehmensaktivitäten zu beobachten. Es sind bereits von verschiedenen Akteuren (z. B. SEMI Europe) Bemühungen zur Verbesserung der Vernetzung im Gange und Kooperationsvereinbarungen (z. B. zwischen CEA LETI und Fraunhofer-Instituten in der FuE) wurden getroffen. Tatsächlich zeigt sich aber trotz dieser Vereinbarungen bislang nur eine begrenzte Zusammenarbeit in der Praxis. Hierfür gibt es verschiedene Gründe: Am häufigsten wird von den Experten die Konkurrenz zwischen den wenigen Großunternehmen (u. a. STMicroelectronics, Infineon) in den verschiedenen europäischen Clustern als Hemmnis genannt, da die Unternehmen in ähnlichen Marktsegmenten tätig sind und über ähnliche Kernkompetenzen bzw. ähnliches Know-how verfügen. Eine Zusammenarbeit birgt das Risiko, strategisches Wissen zu verlieren. Daneben bestehen laut den befragten Experten weitere Probleme bei der Zusammenarbeit durch eine mangelnde Verständigung sowie eine fehlende soziale und räumliche Nähe.

Für eine bessere Vernetzung wäre eine Profilbildung mit engen Komplementaritäten zwischen den europäischen Unternehmen und entsprechenden Kooperationen wünschenswert. Ein aktuelles Positivbeispiel sind die Mitte 2009 geschlossenen Lieferverträge zwischen STMicroelectronics (Frankreich) und der kurz zuvor aus AMD abgepaltenen Produktionsstätte am Standort Dresden (Globalfoundries) zur Entwicklung und Produktion von Produkten im Bereich der 40 nm-Low-Power-Bulk-Technologie. Nach Einschätzung einiger Experten ist eine Kooperation erst durch die vertikale Geschäftsmodellbeziehung möglich geworden. Ein solcher Vertrag wäre zwischen den bis dahin vollintegrierten Unternehmen AMD und STMicroelectronics kaum denkbar gewesen, aufgrund der Sorge des Verlusts von strategischem, marktrelevantem Know-how an direkte Konkurrenten.

Die Politik hat auf diese Entwicklung der Industriestruktur und Netzwerke einen begrenzten Einfluss; nach

Expertenaussagen dominieren die jeweiligen Eigeninteressen der Großunternehmen die Anreize durch Forschungsgelder. Es bestehen aber politische Unterstützungsmöglichkeiten, z. B. in Form der intensiveren Verständigung auf gemeinsame Förderbedingungen oder einer stärkeren Förderung von vorwettbewerblichen Verbundprojekten in europäischen Förderprogrammen (Kap. V.II).

Investitionsförderung

Im Aufbau von kapitalintensiven Produktionsanlagen liegt laut den befragten Experten ein zentraler „bottleneck“ zur Kommerzialisierung der FuE-Ergebnisse. In diesem Szenario bildet deshalb eine Intensivierung der Investitionsförderung für Nanoelektronikproduktionsstätten eine wichtige komplementäre Option zur Sicherung der gesamten Wertschöpfungskette (bis zum Schritt des „packaging“).

Allerdings ist die mögliche Förderhöhe bei einer spezifischen Investitionsförderung (in Form von Zuschüssen o. Ä.) im Vergleich zu den nichteuropäischen Ländern derzeit durch die EU-Beihilfenkontrolle eingeschränkt (Kap. III). Die Option einer deutlichen Erhöhung der Investitionsförderung kann deshalb nur bei gleichzeitiger Anpassung des EU-Beihilferechts (v. a. bei den Förderintensitäten) und den damit verbundenen Risiken stattfinden (siehe nächster Abschnitt).

Wenn eine Änderung nicht möglich ist, wäre ein möglichst breiter Mix an Fördermaßnahmen anzustreben. Dieser besteht aus spezifischen Beihilfen, in der Höhe, die nach geltendem EU-Beihilferecht möglich ist. Ergänzend sollten weitere staatliche Unterstützungsmaßnahmen zur Anwendung kommen, die nicht unter die Beihilfenkontrolle fallen. Denkbar wären Erleichterungen bei den Abschreibungsmöglichkeiten im Steuerrecht bei Neuinvestitionen oder indirekte Unterstützungen der Forschungsprogramme bzw. Förderprojekte (z. B. produktionsprozessbezogene Verbundprojekte), von denen die infrage kommenden Unternehmen profitieren können. Da solche Optionen aber unter Umständen nahe an einer „Dehnung“ bzw. Umgehung der Ziele der EU-Beihilfenkontrolle liegen könnten, sind sie vorab genau zu prüfen und begrenzt einzusetzen. Es lässt sich aber nur schwer beurteilen, ob solche Maßnahmen letztendlich ausreichen, um ein ähnliches Niveau an Investitionsanreizen wie in anderen Ländern (z. B. USA, asiatische Länder) zu erreichen.

Bei den gewählten Instrumenten der Investitionszuschüsse ist sowohl die Wirkung auf die Standortbindung als auch auf den Staatshaushalt zu beachten (Experteninterviews; Hennersdorf et al. 2009). Nach Möglichkeit sind in die Verträge Kooperationen mit inländischen FuE-Einrichtungen als immaterielle strategisch wichtige Gegenleistung einzubeziehen, Standortgarantien in Verhandlungen zu vereinbaren sowie eine Form des Zuschusses mit einer möglichst langen Laufzeit zu wählen. Vorteilhaft wäre auch die Zusammenführung von Unternehmenskonsortien beim Bau von Produktionsanlagen, um so die Abhängigkeit des Standorts von einzelnen Großunternehmen zu limitieren.

Ansätze zur Änderung des EU-Beihilferechts bezüglich der Investitionsförderung

Zur Erhöhung des regionalen und nationalen Spielraums sind bei der Investitionsförderung verschiedene Formen einer Änderung des EU-Beihilferechts denkbar. Diese weisen jeweils Vor- und Nachteile auf:

- Ein stark selektiver Eingriff wäre die Einführung eines sektoralen Beihilferahmens, der spezifische Regelungen für die Nanoelektronik enthält. Dieser Beihilferahmen würde konsequenterweise eine höhere nationale Förderung von Investitionen und der Forschungsinfrastruktur ermöglichen. Dabei besteht aber das Risiko eines Dominoeffekts. Vertreter anderer Wirtschaftssektoren werden ähnliche Ausnahmen anstreben und gegebenenfalls erreichen. Die Wirksamkeit der EU-Beihilfenkontrolle schränkt sich in einem solchen Fall stark ein.
- Eine ähnliche Möglichkeit wären Ergänzungsklauseln im multisektoralen Regionalbeihilferahmen. Diese könnten explizit Ausnahmen für die Nanoelektronik ermöglichen oder implizit Kriterien beinhalten, die den Charakteristika der Nanoelektronik (u. a. hohe Kapitalintensität, hohe Marktvolatilität) entsprechen.
- Ein weniger selektiver, aber weitreichender Eingriff wäre die generelle Erhöhung der Beihilfeintensitäten für Großinvestitionen. Dies würde die Nanoelektronik nicht gezielt gegenüber anderen Technologien oder Sektoren bevorzugen. Allerdings wäre dies gleichbedeutend mit einer Umkehrung des Aktionsplans staatlicher Beihilfen und des damit verbundenen Ziels, insgesamt weniger sektorale Beihilfe zu gewähren (Kap. IV.2).
- Ein vorsichtigerer Eingriff, der in weniger Fällen zur Anwendung kommen würde, wäre eine Entsprechungsklausel im Produktionsbereich analog zum Beihilferahmen für FuE und Innovation (FuEuI). Eine solche Klausel würde es ermöglichen, die Beihilfeintensitäten bei Drittländerwettbewerb zu erhöhen. Dabei wäre eine Verbesserung der Praktikabilität einer solchen Klausel im Vergleich zum FuEuI-Beihilferahmen anzustreben (Kap. IV.3.2). Möglichkeiten hierfür sind die Vereinfachung oder eine aktive Unterstützung durch die Europäische Kommission beim Nachweis, dass andere Länder stärker fördern (Experteninterviews; Technopolis 2008).

Jeder Eingriff wäre hierbei behutsam auszuwählen, um die Bestimmungen der EU-Beihilfenkontrolle nicht zu stark auszuhöhlen. Dabei wäre auch zu überlegen, die Rechtsänderungen mit anderen strategischen Maßnahmen der EU zu verbinden, wie z. B. mit der „Lead-Market“-Initiative oder der geplanten Förderung von Schlüsseltechnologien.

Stärkung innovationsfördernder Nachfrage

Die Nachfrage nach innovativen Halbleiterprodukten und -anwendungen kann gezielt gestärkt werden, indem die Innovations- und Diffusionsprozesse aktiv unterstützt

werden. Rechtfertigungsgründe können hohe Einstiegs-kosten, bislang nicht erreichte Netzwerkeffekte (insbesondere bei IuK-Produkten), unvollständige Informationen (z. B. bezüglich Bedürfnisse der Nachfrage) oder fehlende Infrastruktur sein (Edler 2007; Edler/Georghiou 2007).

Denkbare Beispiele in der Nanoelektronik wären u. a. Regelungen zur Energieeffizienz von Elektronikprodukten, die zu einem erhöhten Bedarf an neuen innovativen energiesparenden Chips und entsprechenden technologischen Weiterentwicklungen führen können. Deutsche Unternehmen könnten hier ihre komparativen Stärken in der Leistungselektronik nutzen. In anderen Bereichen ist eine direkte staatliche Nachfrage von Gütern, die innovative Halbleiterprodukte beinhalten, möglich, wie z. B. Implantate in der Medizintechnik.

Inländische Anbieter könnten hierdurch, sofern sie in den entsprechenden Märkten wettbewerbsfähig sind, größenbedingte Kostenvorteile und hohe technologische Kompetenz auf neuen Märkten erzielen und somit einen Vorsprung im internationalen Wettbewerb erreichen. Diese Maßnahmen wären zugleich mit der EU-Beihilfenkontrolle oder den WTO-Richtlinien vereinbar, wenn sie nicht stark wettbewerbsverzerrend ausgestaltet sind (z. B. keine gesetzlich festgelegte Bevorzugung inländischer Anbieter). Allerdings ist eine zielgerichtete Ausgestaltung dieser Instrumente zur Förderung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen am Standort Deutschland bzw. Europa schwierig. Wichtige Gründe sind dabei (siehe ausführlicher Edler 2007; Edler/Georghiou 2007; SVR 2009):

- In vielen Marktsegmenten der Nanoelektronik sind außereuropäische Hersteller führend. Sie können möglicherweise schneller als europäische Unternehmen auf diese staatlich beeinflussten Nachfrageimpulse reagieren und von diesen Maßnahmen profitieren. Deutsche oder europäische Hersteller und Zulieferer würden in diesem Fall nur begrenzt – im Extremfall überhaupt nicht – profitieren.
- Die Programme können je nach Ausgestaltung zu hohen, schwer abschätzbaren Staatsausgaben oder Belastungen von Konsumenten bzw. Anwenderunternehmen führen. Als ein aktuelles Beispiel gilt die Förderung von Solaranlagen (SVR 2009). Durch eine vergleichsweise hohe staatliche Förderung und eine starke Entwicklung der Nachfrage wird der Staatshaushalt stärker belastet als vorauszusehen war. Bei dem anderen oben genannten Beispiel der möglichen regulatorischen Festsetzung einer höheren Energieeffizienz könnten nach Expertenaussagen die Elektronikhersteller (= Anwender von Halbleiterchips) durch entstehende Kosten (z. B. für FuE) ihre preisliche Wettbewerbsfähigkeit verlieren.
- Der staatlich induzierte Konsum sollte nah an aktuellen und zukünftigen Bedürfnissen und Nachfrage privater Akteure liegen. Letztere ist aber insbesondere für staatliche Akteure schwer voraussehbar. Privatwirtschaftliche Akteure werden sich deshalb mögli-

cherweise für die falschen Märkte entscheiden: Sie werden sich nicht am langfristigen Bedarf der privaten Kunden orientieren, sondern für die staatlich unterstützten Märkte entscheiden, da diese kurzfristig rentabler sind.

Trotz dieser Einschränkungen bilden nachfrageseitige Politikmaßnahmen prinzipiell eine interessante komplementäre Handlungsoption in diesem Szenario. Gerade die hohe Unsicherheit für Privatakteure in neuen Märkten im „More-than-Moore“-Bereich könnte reduziert und Anreize für komplementäre Investitionen geschaffen werden. Da die potenziellen Anwendungsgebiete (z. B. Medizin-, Energie-, Umwelttechnik) und Möglichkeiten des Programmdesigns vielfältig sind, lassen sich auf Basis der Expertengespräche und Erkenntnisse aus der Literatur nur folgende Konturen für eine Ausgestaltung ableiten: Auswertungen von Praxisbeispielen haben gezeigt, dass der Erfolg am ehesten dort auftritt, wo ein sehr spezifischer und den Kontextbedingungen (eines Sektors oder einer Technologie) angepasster Mix an Instrumenten genutzt wurde (Edler 2007). Ein Instrument allein reicht oft nicht aus, um die genannten notwendigen Bedingungen (dauerhafte Nachfrage, Aufbau inländischer Kapazitäten etc.) für einen nachhaltigen Erfolg zu schaffen. Deshalb wäre eine Kombination der Nachfrageförderung mit anderen Politikinstrumenten zur Erreichung der gewünschten Wirkung von hoher Bedeutung, z. B. eine gleichzeitig intensive Förderung des Know-how-Aufbaus im nachfrageseitig geförderten Marktsegment. Daneben kann eine Verbindung des Programms mit missionsorientierten Zielen (z. B. höhere Mobilität, Gesundheit, Nachhaltigkeit) die Akzeptanz der Maßnahmen erhöhen (Expert Group Report 2009). Bei der konkreten Ausgestaltung wären möglichst empfohlene Kriterien zur Vermeidung bestimmter Risiken (u. a. TAB 2007) einzuhalten, wie z. B. eine zeitliche Begrenzung, eine degressive Ausgestaltung und eine hohe Wettbewerbsorientierung bei der Ausgestaltung des Programms (u. a. Aktivierung einer hohen Anzahl an Akteuren). Dabei sollten mögliche Zielkonflikte (z. B. langfristige Planbarkeit vs. zeitliche Begrenzung) vorab geprüft werden.

5. Zusammenfassung der Handlungsoptionen

Die allgemeinen und szenariospezifischen Handlungsoptionen sind in Tabelle 13 zusammengefasst. Dabei ist erstens zu betonen, dass die dargestellten Handlungsoptionen nicht das gesamte Spektrum an Handlungsoptionen darstellen, sondern vor allem diejenigen Optionen näher beleuchten, die im Zuge der nanoelektronikspezifischen Untersuchungen als besonders bedeutend identifiziert werden konnten.⁴⁹ Zweitens sind einige szenariospezifische Maßnahmen in dem jeweils anderen Szenario nicht zwingend ausgeschlossen. Beispielsweise wäre eine stär-

⁴⁹ Für allgemeine Handlungsoptionen zur Förderung von forschungs- und wissensintensiven Branchen siehe z. B. EFI (2010) oder TAB (2007).

noch Tabelle 13

	Handlungsoptionen			zuständige Akteure				
	allg.	Szenario		Politik			Wirt- schaft	Wissen- schaft
		rahmen- setzende Politik	aktive Indus- trie- politik	re- gional	na- tional	EU		
Entwicklung strategischer Ge- schäftsmodelle und Stärkung der europäischen Vernetzung	x	x	x				x	
Sicherung von ein/zwei Produk- tionsstätten in Europa		x			1	x	x	
Unterstützung der Internatio- nalisierung von KMU		x		x	x		x	
Investitionsförderung			x	x	x			
Änderung des EU-Beihilferechts			x		1	x		
Nachfrage und Rahmenbedin- gungen								
globale Beihilferegelung	x	x	x		x	x		
Entwicklung einer einheitlichen Strategie			x	x	x	x	x	x
innovationsfördernde Nachfrage			x		x			

¹ Ohne nationale Initiativen und Bemühungen ist eine Änderung unwahrscheinlich.

² Diese Maßnahmen sind auch auf europäischer Ebene denkbar. Die möglichen Ansätze auf europäischer Ebene sind Bestandteile in der Handlungsoption „Verbesserungen in der europäischen Förderpolitik“.

³ Insbesondere bei diesen Optionen ist eine enge Abstimmung mit der Industrie wichtig.

Quelle: eigene Darstellung

VI. Literatur

- Aghion, P., Howitt, P. (2006): Joseph Schumpeter Lecture – Appropriate Growth Policy: A Unifying Framework. In: *Journal of the European Economic Association* 4(2-3), S. 269–314
- Aghion, P., David, P. A., Foray, D. (2008): Science, Technology and Innovation for Economic Growth: Linking Policy Research and Practice in „STIG Systems“. MPRA Paper No. 12096, http://mpra.ub.uni-muenchen.de/12096/1/MPRA_paper_12096.pdf, abgerufen am 20.1.2010
- Aiginger, K. (2007): Industrial Policy: A Dying Breed or A Re-emerging Phoenix. In: *Journal of Industrial Competition and Trade* (7), S. 297–323
- Aiginger, K., Sieber, S. (2009): Industriepolitik in Österreich – Elemente einer Erfolgsstory. Friedrich Ebert Stiftung, Schriftenreihe Moderne Industriepolitik, Berlin
- Aizcorbe, A., Oliner, S. D., Sichel, D. E. (2006): Shifting Trends in Semiconductor Prices and the Pace of Technological Change. Diskussionspapier für die NBER Summer Institute Conference on Research on Income and Wealth, Cambridge
- Anderson, J. E., Martin, W. (1998): Evaluating Expenditures when Governments Must Rely on Distortionary Taxation. World Bank Policy Research Working Paper No. 1981
- Arita, T., McCann, P. (2000): Industrial Alliances and Firm Location Behaviour: Some Evidence from the US Semiconductor Industry. In: *Applied Economics* 32(11), S. 1391–1403
- Beffa, J. L. (2005): *Renewing industrial policy*. Paris
- Beise, M. (2001): *Lead Markets: Harnessing Local Markets for Global Innovation Designs*. Mannheim
- Belitz, H., Clemens, M., Gornig, M. (2009): *Wirtschaftsstrukturen und Produktivität im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem 2-2009*, Berlin
- BFAI (Bundesagentur für Außenwirtschaft) (2007): *Neues chinesisches Steuerrecht*. Köln
- BFAI (2008): *Nationale und internationale Investitionsförderung – USA*. Köln
- BFAI (2009): *Frankreich intensiviert den Ausbau der Nanotechnologie*. www.kooperation-international.de/countries/themes/info/detail/data/37166; abgerufen am 17.1.2010
- Blauberger, M. (2007): *Staatliche Beihilfen in Europa. Die Integration der Beihilfenkontrolle in der EU und die Europäisierung der Beihilfepolitik in den neuen Mitgliedstaaten*. Wiesbaden
- Bleise, D., Hausberg, B., Heide, C., Heiker, F. R., Höhn, B.-R., Prätorius, G., Wascher, W., Wehmeyer, C., Wengel, J., Höfer, H. (2005): *Verkrustungen aufbrechen – Innovation entsteht durch Austausch*. Stuttgart
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2002): *Förderkonzept Nanoelektronik*. Bonn
- BMBF (2004): *Nanotechnologie erobert Märkte. Deutsche Zukunftsoffensive für Nanotechnologie*. Bonn, Berlin
- Bodenhöfer, H. J., Bliem, M., Bös, L., Kamleitner, D., Payer, M., Schwarz, M. (2004): *Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitische Konzepte im internationalen Vergleich*. Klagenfurt
- Borrus, M. (1997): *Left for Dead: Asian Production Networks and the Revival of US Electronics*. University of California at Berkeley, Berkeley Roundtable on the International Economy Working Paper 100
- Borrus, M. (2001): *European Partnerships*. In: Wessner, C. (Hg.): *Securing the Future. Regional and National Programs to Support the Semiconductor Industry*. Washington D. C., S. 137–164
- Börsen Zeitung (2009): *Qimonda vor Zerschlagung*, 20.6.2009
- Brander, J. A., Spencer, B. J. (1985): *Export Subsidies and International Market Share Rivalry*. In: *Journal of International Economics* 18, S. 83–100
- Brander, J. A., Spencer, B. J. (1987): *Foreign Direct Investment with Unemployment and Endogenous Taxes and Tariffs*. In: *Journal of International Economics* 22, S. 257–279
- Breschi, S., Tarasconi, G., Catalini, C., Novella, L., Guatta, P., Johnson, H. (2006): *Highly Cited Patents, Highly Cited Publications and Research Networks. Gutachten im Auftrag der Europäischen Kommission*, Brüssel
- Breton, A. (1991): *The Existence and Stability of Interjurisdictional Competition*. In: Kenyon, D., Kincaid, J. (Hg.): *The Existence and Stability of Interjurisdictional Competition*. Washington D.C., S. 37–56
- Brown, C., Linden, G. (2005): *Offshoring in the Semiconductor Industry: A Historical Perspective*. In: Collins, S. M., Brainard, L. (Hg.): *Brookings Trade Forum 2005: Offshoring White-Collar Work*. Washington D.C., S.279–322
- Brown, C., Linden, G. (2006): *Semiconductor Engineers in a Global Economy. Workshop on the Offshoring of Engineering: Facts, Myths, Unknowns, and Implications*. October 24-25, 2006, Washington D.C.
- Brown, C., Linden, G. (2008): *Semiconductor Capabilities in the U.S. and Industrializing Asia*. University of California, Institute for Research on Labor and Employment Working Paper 165-08
- Brown, C., Linden, G. (2009): *Chips and Change: How crisis reshapes the semiconductor industry*. Cambridge
- Buehlens, C., Garnier, G., Johnson, M., Meiklejohn, R. (2007): *The economic analysis of state aid: some open questions*. Brüssel
- CATRENE (Cluster for Application and Technology Research in Europe on NanoElectronics) (2007): *CATRENE White Book: A Private-Public Partnership for Growth through Innovation in Europe*. MEDEA Office Association, Paris

- Central News Agency (2008): Development project for silicon industry produces fruitful results, 19.3.2008
- Chang, P., Shih, H. (2004): The innovation systems of Taiwan and China: a comparative analysis. In: *Technovation* 24, S. 529–539
- Chew, Y., Li, R., Otoo, E., Tiomkin, D., Tran, T. (2007): Taiwan: Semiconductor Cluster. *Microeconomics of Competitiveness*. www.isc.hbs.edu/pdf/Student_Projects/Taiwan_SemiconductorCluster_2007.pdf; abgerufen am 30.8.2009
- Cohen, W., Levinthal, D. A. (1989): Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. In: *Administrative Science Quarterly* 35, S.128–152
- Collet, C. (2007): Synthetic presentation of the major clusters in nanoelectronics. www.nanotrendchart.com/pdf/clusters-nanoelec.pdf; abgerufen am 30.4.2009
- Collie, D. (2000): State Aid in the European Union: The Prohibition of Subsidies in Integrated Markets. In: *International Journal of Industrial Organisation* 18, S. 867–884
- Collie, D. (2002): Prohibiting State Aid in an Integrated Market: Cournot and Bertrand Oligopolies with Differentiated Products. In: *Journal of Industry, Competition and Trade* 2(3), S. 215–231
- Cuhls, K., Wieczorek, I. (2008): Japan: Innovation System and Innovation Policy. In: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Hg.): *New Challenges for Germany in the Innovation Competition*. Karlsruhe, S. 45–110
- Devarajan, S., Squire, L., Suthiwart-Narmpet, S. (1997): Beyond Rate of Return: Reorienting Project Appraisal. In: *The World Bank Research Observer* 12(1), S. 35–46
- Dewatripont, M., Seabright, P. (2006): Wasteful public spending and state aid control. In: *Journal of the European Economic Association* 4(2-3), S. 513–522
- Dewey & LeBoeuf (2009): *Maintaining America's Competitive Edge: Government Policies Affecting Semiconductor Industry R&D and Manufacturing Activity*. Prepared for the Semiconductor Industry Association, www.choosetocompete.org/; abgerufen am 20.5.2009
- DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) (2007): *Innovationsindikator Deutschland 2007*. Berlin
- DIW (2009): *Innovationsindikator Deutschland 2009*. Berlin
- Doering, R. (2006): *Semiconductor Industry Perspective*. National Academy of Engineering Workshop on the Offshoring of Engineering. Washington D.C.
- Döhrn, R., Engel, D., Stiebale, J. (2009): *Außenhandel und ausländische Direktinvestitionen deutscher Unternehmen*. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 10-2009, Essen
- Dohse, D. (2000): Technology policy and the regions – the case of the BioRegio contest. In: *Research Policy* 29(9), S. 1111–1133
- Donges, J. B., Eekhoff, J., Franz, W., Fuest, C., Möschel, W., Neumann, M. (2006): *Den Subventionsabbau umfassend voranbringen*. Stiftung Marktwirtschaft, Berlin
- Edge Singapore (2008): *As I call it: The DRAM bailout – live or let die?* 29.12.2008
- EE Times (2009a): *Commentary: What's next for troubled SMIC?* 11.10.2009
- EE Times (2009b): *China cranks up fabless startup efforts*, 8.5.2009
- Edler, J. (Hg.) (2007): *Bedürfnisse als Innovationsmotor. Konzepte und Instrumente nach-frageorientierter Innovationspolitik*. Studien des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag 21, Berlin
- Edler, J., Georghiou, L. (2007): *Public procurement and innovation – Resurrecting the demand side*. In: *Research Policy* 36, S. 949–963
- Edquist, C. (1997): *Systems of innovation. Technologies, institutions and organizations*. London, Washington
- EEAG (European Economic Advisory Group) (2008): *The EEAG Report on the European Economy 2008: Europe in a Globalised World*. München
- EFI (Expertenkommission Forschung und Innovation) (2008): *Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit*. Berlin
- EFI (2009): *Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit*. Berlin
- EFI (2010): *Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit*. Berlin
- Ehlermann, C.-D. (1994): *Zur Wettbewerbspolitik und zum Wettbewerbsrecht der Europäischen Union*. In: Kantzenbach, E. et al. (Hg.): *Hamburger Jahrbuch für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik*. Tübingen, S. 255–280
- Ehlermann, C.-D., Goyette, M. (2006): *The Interface between EU State Aid Control and the WTO Disciplines on Subsidies – EU State Aid versus WTO Disciplines on Subsidies*. In: *European State Aid Law Quarterly* 4, S. 695–718
- Eickelpasch, A., Fritsch, M. (2005): *Contests for cooperation – a new approach in German innovation policy*. In: *Research Policy* 34, S. 1269–1282
- ENIAC (European Nanoelectronics Initiative Advisory Council) (2007): *Strategic Research Agenda*. <http://cordis.europa.eu/technology-platforms/pdf/eniac.pdf>; abgerufen am 18.12.2009
- Erber, G., Baake, P., Heitzler, S., Wey, P., van Schewick, B., Wolisz, A., Hagemann, H. (2006): *Die Rolle staatlicher Akteure bei der Weiterentwicklung von Technologien in deregulierten TK-Märkten*. Berlin
- Ernst, D. (2005): *Complexity and Internationalisation of Innovation: Why Is Chip Design Moving to Asia?* In: *International Journal of Innovation Management* 9, S. 47–73

- Ernst & Young (2006): Deutsche Großstädte: Zufriedenheit der Unternehmen mit ihrem Standort 2006. [www.ey.com/global/download.nsf/Germany/Studie_DeutscheGrossstaedte_2006/\\$file/DeutscheGrossstaedte_2006.pdf](http://www.ey.com/global/download.nsf/Germany/Studie_DeutscheGrossstaedte_2006/$file/DeutscheGrossstaedte_2006.pdf); abgerufen am 25.3.2009
- ESIA (European Semiconductor Industry Association) (2005): Die Europäische Halbleiter- Industrie: Bericht zur Wettbewerbsfähigkeit 2005. Brüssel
- ESIA (2008): Mastering Innovation Shaping the Future: Competitiveness Report. Brüssel
- EUREKA (European Research Coordination Agency) (2010): Projekte und Projektanträge. www.eureka.dlr.de/de/136.php; abgerufen am 17.1.2010
- Europäische Kommission (2001): Gemeinschaftsrahmen für staatliche Umweltschutzbeihilfen. In: ABIEG Nr. L 10/20-29. Brüssel
- Europäische Kommission (2002): Mitteilung der Kommission: Multisektoraler Regionalbeihilferahmen für große Investitionsvorhaben. In: ABIEG Nr. C-70/4. Brüssel
- Europäische Kommission (2004): Mitteilung der Kommission – Leitlinien der Gemeinschaft für staatliche Beihilfen zur Rettung und Umstrukturierung von Unternehmen in Schwierigkeiten. In: ABIEG Nr. C-329. Brüssel
- Europäische Kommission (2007a): EU industrial structure 2007 – Challenges and opportunities. Brüssel
- Europäische Kommission (2007b): Staatliche Beihilfe N810/2006 – Deutschland AMD Dresden (MSR 2002). In: ABIEG Nr. N 810-06. Brüssel
- Europäische Kommission (2006): Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation. In: ABIEG Nr. C 323/1. Brüssel
- Europäische Kommission (2008): A more research-intensive and integrated European Research Area: Science, Technology and Competitiveness key figures report 2008/2009. Brüssel
- Europäische Kommission (2009a): Aide d'Etat N 437/2008 – France Aide au projet Nano2012. In: ABIEG Nr. N 437-08. Brüssel
- Europäische Kommission (2009b): An die Zukunft denken: Entwicklung einer gemeinsamen EU-Strategie für Schlüsseltechnologien. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen SEK20091257. Brüssel
- Europäische Kommission (2009c): Anzeiger für staatliche Beihilfen – Bericht über die von den EU-Mitgliedstaaten gewährten staatlichen Beihilfen, Herbstaussgabe 2009. Brüssel
- Europäische Kommission (2009d): Mitteilung der Kommission betreffend die Kriterien für die eingehende Prüfung staatlicher Beihilfen mit regionaler Zielsetzung zur Förderung großer Investitionsvorhaben. In: ABIEG Nr. C223-02. Brüssel
- European Conference on Nanoelectronics (2009): Event highlights the increased European funding for nanoelectronics R&D. www.eniac.eu/web/downloads/Forum09_%20article.pdf; abgerufen am 20.1.2010
- Expert Group Report (2009): The role of community research policy in the knowledge-based economy. Brüssel
- Fagerberg, J. (1995): User-producer interaction, learning, and competitive advantage. In: Cambridge Journal of Economics 19, S. 243–256
- Fan, C. (2006): Fördert die Industriepolitik die Branchenwettbewerbsfähigkeit? Fallstudie über die Entwicklung der Halbleiterindustrie. IWE Working Paper No. 03
- Fothergill, S. (2006): EU State Aid Rules: How the European Union Is Setting the Framework for Member States' Own Regional Policies. Diskussionspapier zur Regional Studies Association Conference 8-9 June 2006, Leuven
- Freeman, C. (1987): Technology policy and economic performance: lessons from Japan. London
- Friederiszick, H., Röller, L. H., Verouden, V. (2006): European State Aid Control: an economic framework. https://www.esmt.org/fm/312/European_State_Aid_Control.pdf; abgerufen am 20.4.2009
- Frietsch, R., Jung, T. (2009): Transnational Patents: Structures, Trends and Recent Developments. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 7-2009, Berlin
- FTD (Financial Times Deutschland) (2009): Staaten und Banken helfen Elpida mit 1,5 Mrd. Euro, 29.8.2009
- Fujimura, S. (2009): Semiconductor Consortia in Japan: Experiences and Lessons for the Future. In: Nagaoka, S., Kondo, M., Flamm, K., Wessner, C. (Hg.): 21st Century Innovation Systems for Japan and the United States: Lessons from a Decade of Change: Report of a Symposium. Washington D.C., S. 126–137
- GD (Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose) (2009): Im Sog der Weltrezession: Gemeinschaftsdiagnose Frühjahr 2009. München
- Gehrke, B., Legler, H. (2009): Forschungs- und wissensintensive Wirtschaftszweige: Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland sowie Qualifikationserfordernisse im europäischen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem 3-2009, Berlin
- Gerstenberger, W., Blau, H., Buckel, E. (1992): Die Bedeutung einer nationalen/europäischen Halbleiterindustrie für die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und insbesondere als Standortfaktor für Anwenderindustrien der Mikroelektronik. ifo Studien zur Strukturforchung 17, München
- Gerybadze, A., Meyer-Krahmer, F., Reger, G. (1997): Globales Management von Forschung und Entwicklung. Stuttgart
- GIGA (German Institute of Global and Area Studies) (2009): Globale Trends in der Innovationspolitik: Best Practice für alle? Hamburg

- GIS (Global Innovation Scoreboard) (2008): Global Innovation Scoreboard 2008. Brüssel
- Goydke, T. (2008): Technologiepolitik in Japan und Südkorea: Ist die klassische Industrierpolitik passé? In: Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung 77, S. 128–141
- Grave, C. (2002): Der Begriff der Subvention im WTO-Übereinkommen über Subventionen und Ausgleichsmaßnahmen. Berlin
- Gross, I. (2003): Das europäische Beihilferecht im Wandel – Probleme, Reformen und Perspektiven. www.unisg.ch/www/edis.nsf/wwwDisplayIdentifizier/f2807/dis2807.pdf; abgerufen am 20.4.2009
- Gröteke, F. (2007): Europäische Beihilfenkontrolle und Standortwettbewerb. Eine ökonomische Analyse. Stuttgart
- Grundig, B., Leßmann, C., Müller, A. S., Pohl, C., Ragnitz, J., Reinhard, M., Schirwitz, B., Schmalholz, H., Thum, M. (2008): Rechtfertigung von Ansiedlungssubventionen am Beispiel der Halbleiterindustrie. ifo Dresden Studies 45, Dresden
- Handelsblatt (2010): Deutsche Firmen forschen verstärkt in China, 19.1.2010
- Haugh, D., Ollivaud, P., Turner, D. (2009): The macroeconomic consequences of banking crises in OECD countries. Economics Department Working Paper No. 683
- Henisz, W. J., Macher, J. T. (2004). Firm- and country-level trade-offs and contingencies in the evaluation of foreign investment: The semiconductor industry, 1994-2002. In: Organization Science 15(5), S. 537–554
- Hennersdorf, J., Holst, G., Krippendorf, W. (2009): Branchenanalyse: Die Elektroindustrie in Ostdeutschland. Berlin
- Howell, J. (2007): New Paradigms for Partnerships: China Grows a Semiconductor Industry. In: Wessner, C. W. (Hg.): Innovation Policies for the 21st Century: Report of a Symposium, Washington D.C.
- Howell, J. (2009): The Multilateral Trading System and Transnational Competition in Advanced Technologies: The Limits of Existing Disciplines. In: Marklund, G. (Hg.): The innovation imperative: National innovation strategies in the global economy. Cheltenham, S. 50–76
- IC Insights (2008): Research Bulletin. IC Insights Ranks Top Foundry Suppliers. www.icinsights.com/news/bulletins/bulletins2008/bulletin20080505.pdf; abgerufen am 25.11.2009
- International Tax Review (2008): France enhances its R&D tax credit system. www.internationaltaxreview.com/?Page=10&PUBID=35&ISS=24523&SID=701387&TYPE=20; abgerufen am 15.4.2009
- IPTS (The Institute for Prospective Technological Studies) (2008): Mapping R&D Investment by the European ICT Business Sector. Sevilla
- Irwin, D. A., Klenow, P. J. (1994): Learning-by-Doing Spillovers in the Semiconductor Industry. In: Journal of Political Economy 102, S. 1200–1227
- iSuppli (2008): Annual 2007 Semiconductor Market Share. www.isuppli.com; abgerufen am 8.4.2009
- ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors) (2005): International Technology Roadmap for Semiconductors. www.itrs.net/Links/2005ITRS/Home2005.htm; abgerufen am 15.4.2009
- ITRS (2007): International Technology Roadmap for Semiconductors. www.itrs.net/Links/2007ITRS/Home2007.htm; abgerufen am 15.4.2009
- ITRS (2009): www.itrs.net/Links/2009ITRS/Home2009.htm; abgerufen am 15.4.2009
- IW Consult (Institut der Deutschen Wirtschaft) (2006): Forschungsförderung in Deutschland: Stimmen Angebots- und Nachfragebedingungen für den Mittelstand? Köln
- IZT (Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung) (2008): Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse: Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Berlin
- Jaffé, M. (2009): Pressemitteilung: Investor für Qimonda Graphik-Geschäft gefunden. 6.8.2009
- JETRO (Japan External Trade Organization) (2008): List of incentive for investment by region. www.jetro.go.jp/en/invest/region/icinfo/semicon/semicon_e.pdf; abgerufen am 22.8.2009
- JRC (Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies) (2008): Mapping R&D Investment by the European ICT Business Sector. Sevilla
- Jungnickel, R., Schüller, M. (2008): Asiens internationale Wettbewerbsfähigkeit auf dem Prüfstand. Eine Studie im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung, Berlin
- Kaiser, L. (2007): Erfahrungen mit dem neuen Gemeinschaftsrahmen. Präsentation beim Berliner Gesprächskreis, 14.12.2007
- Keller, W. (2002): Geographic Localization of International Technology Diffusion. In: American Economic Review 92, S. 120–142
- Keller, D. (1992): Should Europe Provide Selective Assistance for Key Industries? In: Intereconomics 8, S. 111–117
- Kerber, W. (1998): Die EU-Beihilfenkontrolle als Wettbewerbsordnung: Probleme aus der Perspektive des Wettbewerbs zwischen Jurisdiktionen. In: Cassel, D. (Hg.): Europäische Integration als ordnungspolitische Gestaltungsaufgabe. Probleme der Vertiefung und Erweiterung der Europäischen Union. Berlin, S. 37–74
- Kim, S. (1996): The Korean system of innovation and the semiconductor industry: a governance perspective. www.oecd.org/dataoecd/34/59/2098646.pdf; abgerufen am 15.4.2009

- Komatsu, H., Nomura, M. (2005): R&D Trends of LSI Design Technology: Bottleneck at Development of System LSIs that rule Value-Added Electronic Devices. In: *Quarterly Review* 16, S. 61–74
- Koschatzky, K. (2008): The Role of Clusters and Regional Networks in Economic Transformation – Empirical Evidence and Conclusions from the East German Innovation System. In: Carayannis, E.G., Assimakopoulos, D., Kondo, M. (Hg.): *Innovation Networks & Knowledge Clusters. Findings and Insights from the US, EU and Japan*. Basingstoke, S. 210–229
- Krawczyk, O., Legler, H., Frietsch, R., Schubert, T., Schumacher, D. (2007): Die Bedeutung von Aufhol-Ländern im globalen Technologiewettbewerb. *Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 21-2007*, Berlin
- Kroll, H., Conle, M., Schüller, M. (2008): China: Innovation System and Innovation Policy. In: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Hg.): *New Challenges for Germany in the innovation competition*. Karlsruhe, S. 169–241
- Lai, H., Chang, S., Shyu, J. (2004): The innovation policy priorities in industry evolution: the case of Taiwan's semiconductor industry. In: *International Journal of Foresight and Innovation Policy* 1, S. 106–125
- Lall, S. (2006): Industrial Policy in Developing Countries: What Can We Learn from East Asia? In: Biachni, P., Labory, S.: *International handbook on industrial policy*. Cheltenham, S. 79–98
- Langlois, R. N., Steinmueller, W. E. (1999): The Evolution of Competitive Advantage in the Worldwide Semiconductor Industry, 1947-1996. In: Mowery, D., Nelson, R. R. (Hg.): *The sources of industrial leadership*. Cambridge, S. 19–78
- Laredo, P., Mustar, P., (2004): Public Sector Research: A Growing Role in Innovation Systems. In: *Minerva* 42, S. 11–27
- Leachman, R. C., Leachman, C. H. (2004): Globalization of Semiconductors: Do Real Men Have Fabs, or Virtual Fabs? In: Kenney, M., Florida, R. (Hg.): *Locating Global Advantage: Industry Dynamics in the International Economy*. Palo Alto, S. 203–231
- Legler, H., Krawczyk, O. (2009): FuE-Aktivitäten von Wirtschaft und Staat im internationalen Vergleich. *Studie zum deutschen Innovationssystem Nr. 1-2009*, Hannover
- Leszczensky, M., Helmrich, R., Frietsch, R. (2008): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands. *Studie zum deutschen Innovationssystem Nr. 8-2009*, Hannover
- Lim, K. (2004): The relationship between research and innovation in the semiconductor and pharmaceutical industries 1987-1997. In: *Research Policy* 33, S. 287–321
- Linden, G., Brown, C., Appleyard, M. (2004): The Net World Order's Influence on Global Leadership in the Semiconductor Industry. In: Kenney, M., Florida, R. (Hg.): *Locating Global Advantage: Industry Dynamics in the International Economy*. Palo Alto, S. 232–257
- Lipsey, R. G., Carlaw, K. I., Bekar, C. (2005): *Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-run Economic Growth*. Oxford
- Lundvall, B. Å. (1992): *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London
- Lüthje, B., Pawlicki, P. (2009): Europas IT-Industrie vor dem Aus? Produktion, Innovation und internationale Arbeitsteilung. In: König, H., Schmidt, J., Sicking, M. (Hg.): *Die Zukunft der Arbeit in Europa: Chancen und Risiken neuer Beschäftigungsverhältnisse*. Bielefeld, S. 49–74
- Macher, J. T. (2005): Comments on the Offshoring in the Semiconductor Industry: A Historical Perspective. In: Collins, S. M., Brainard, L.: *Brookings Trade Forum 2005: Offshoring White-Collar Work*. Washington D. C., S. 223–328
- Macher, J. T., Mowery, D. C., Di Minin, A. (2007): The „Non-Globalization“ of Innovation in the Semiconductor Industry. In: *California Management Review* 50, S. 217–241
- Malerba, F. (2002): Sectoral Systems of Innovation and Production. In: *Research Policy* 32, S. 247–254
- Maurer, J. (2007): Japans Chipindustrie. In: Moerke, A., Walke, A. (Hg.): *Japans Zukunftsindustrie*. Berlin, Heidelberg, S. 169–182
- Metcalfe, S. (2008): The Perpetual Dance: Competition, Innovation and the Community Framework for State Aid for R&D&I. www.technopolis-group.com; abgerufen am 20.7.2009
- Meyer-Stamer, J. (2009): *Moderne Industriepolitik oder postmoderne Industriepolitiken?* Berlin
- MOEA (Ministry of Economic Affairs) (2008): *The Status Quo of Nanotechnology in Taiwan*. Taipeh
- MOEA (2009): *Industrial Development in Taiwan, R.O.C.* www.moeaidb.gov.tw/external/ctrl?PRO=filepath.DownloadFile&f=publication&t=f&id=252; abgerufen am 20.7.2009
- Müller, D.C. (2000): Public subsidies for private firms in a federalist democracy. In: Galeooti, G., Salmon, P., Wintrobe, R.: *Political economy of collective decisions, Essays in Honor of Albert Breton*. Cambridge, S. 339–363
- Muller, E., Zenker, A., Héraud, J.A. (2008): France: Innovation System and Policy. In: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Hg.): *New Challenges for Germany in the innovation competition*. Karlsruhe, S. 127–167
- Muller, E., Zenker, A., Héraud, J.A. (2009): France: Innovation System and Innovation Policy. *Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis Nr. 18*

- Nelson, R. (1993): National Systems of Innovation: A Comparative Study. Oxford
- Ning, L. (2008): State-led Catching up Strategies and Inherited Conflicts in Developing the ICT Industry: Behind the US – East Asia Semiconductor Disputes. In: Global Economic Review 37, S. 265–292
- Nitsche, R., Heidhues, P. (2006): Study on methods to analyse the impact of state aid on competition. European Economy Nr. 244, Brüssel
- Noland (2007): Industrial Policy, Innovation Policy, and Japanese Competitiveness. Peterson Institute Working Paper Series 07-4
- NSF (National Science Foundation) (2010): Science and Engineering Indicators, National Science Board, 2010. Arlington
- NSF (2006): Science and Engineering Indicators. National Science Board 2006. Arlington
- Nusser, M. (2009): Chancen der Gesundheitswirtschaft zukünftig besser nutzen: Potenziale, Herausforderungen, Hemmnisse und Handlungsoptionen. In: Goldschmidt, A., Hilbert, J. (Hg.): Die Zukunftsbranche Gesundheitswirtschaft in Deutschland. Wegscheid, S. 818–845
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2007): OECD-Prüfungen im Bereich Innovationspolitik: China. Paris
- OECD (2008a): Information Technology Outlook 2008. Paris
- OECD (2008b): The Internationalisation of Business R&D: Evidence, Impacts and Implications. Paris
- OECD (2008c): Removing Barriers to SME Access to International Markets. Paris
- OECD (2009a): Policy Responses to the Economic Crisis: Stimulus Packages, Innovation and Long-Term Growth. Paris
- OECD (2009b): The impact of the crisis on ICT and ICT-related employment. Paris
- OECD (2009c): Corporate income tax rate. www.oecd.org/ctp/taxdatabase; abgerufen am 20.1.2010
- OECD (2009d): OECD Reviews of Innovation Policy: Korea. Paris
- OECD (2009e): Top Barriers and Drivers to SME Internationalisation. Paris
- Oliver Wyman (2008): Studie: Erfolgsmodelle in der Halbleiterindustrie. Chiphersteller müssen sich konsequent fokussieren. www.oliverwyman.com/de; abgerufen am 20.6.2009
- Oxera (2006): Innovation market failures and state aid: developing criteria. Brüssel
- Papon, P. (2009): Intergovernmental cooperation in the making of European Research. In: Delanghe, H., Muldur, U., Soete, L. (Hg.): European Science and Technology Policy. Cheltenham, S. 24–43
- Paque, K.H. (2009): Ostdeutschland braucht eine pragmatische Industriepolitik. In: IFO Schnelldienst 62(18), S. 22–25
- Pecht, M. (2007): China's Electronics Industry: The Definitive Guide for Companies and Policy Makers with Interests in China. New York
- Philipsenburg, G. (2004): Institutioneller Wandel in Innovationssystemen: Eine vergleichende Untersuchung der japanischen Pharma- und Halbleiterforschung. Baden-Baden
- Pisano, G. P., Shih., W. C. (2009): Restoring American Competitiveness. Harvard Business Review 87, S.114–125
- Porter, M. E. (1990): The Competitive Advantage of Nations. London
- PwC (PricewaterhouseCoopers) (2008): China's impact on the semiconductor industry: 2008 update. www.pwc.com/gx/en/technology/publications/chinas-impact-on-semiconductor-industry-2008.jhtml; abgerufen am 20.6.2009
- PwC (2009): China's impact on the semiconductor industry: 2009 update www.pwc.com/gx/en/technology/publications/chinas-impact-on-semiconductor-industry-2009.jhtml; abgerufen am 17.1.2010
- Prognos/VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (2008): Der Halbleiterstandort Dresden: Studie zur gegenwärtigen Bedeutung und zu Perspektiven einer führenden deutschen Hochtechnologie-region. Berlin
- Rammer, C., Polt, W., Egel, J., Licht, G., Schibany, A. (2004): Internationale Trends der Forschungs- und Innovationspolitik – Fällt Deutschland zurück? ZEW Wirtschaftsanalysen Band 73, Baden-Baden
- Rammer, C., Heneric, O., Legler, H. (2005): Innovationsmotor Chemie 2005. Ausstrahlung von Chemie-Innovationen auf andere Branchen. Studie des ZEW und NIW im Auftrag des VCI, Mannheim
- Reger, G., Beise, M., Belitz, H. (Hg.) (1999): Innovationsstandorte multinationaler Unternehmen. Heidelberg
- Robinson, D., Rip, A., Mangematin, V. (2007): Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology. In: Research Policy 36, S.871–879
- Röhl, K.H., von Speicher, P. (2009): Ostdeutschland 20 Jahre nach dem Mauerfall – Ist die Investitionsförderung Triebfeder von Industriewachstum und regionaler Entwicklung? IW-Positionen Nr. 41, Köln
- Röller, L.-H., Friederiszick, H. W., Neven, D., (2001): Final Report: Evaluation of the Effectiveness of State Aid as a Policy Instrument. Brüssel
- Ruttan, V. W. (2002): The Role of the Public Sector in Technology Development: Generalizations from General Purpose Technologies. Staff Paper University of Minnesota Department of Applied Economics

- Saunier, C. (2008): Rapport sur l'Evolution du Secteur de la Micro/Nanoélectronique. www.senat.fr/opecest/rapport/resume_nanotechnologie_anglais.pdf; abgerufen am 8.12.2009
- Schlossstein, D. F., Yun, J.-H. (2008): Das Nationale Innovationssystem Südkoreas im Paradigmenwechsel. In: Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung 77(2), S. 113–127
- Schmidt, I., Schmidt, A. (2006): Europäische Wettbewerbspolitik und Beihilfenkontrolle. München
- Schröter, A. (2009): New Rationales for Innovation Policy? A Comparison of the Systems of Innovation Policy Approach and the Neoclassical Perspective. JENA Economic Research Papers 2009-033
- Schüller, M., Shim, D. (2008): Korea: Innovation System and Innovation Policy. In: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Hg.): New Challenges for Germany in the innovation competition. Karlsruhe. S. 243–288
- Schüller, M. (2008): Technologietransfer nach China – Ein unkalkulierbares Risiko für die Länder der Triade Europa, USA und Japan? Berlin
- SEMI (2008a): 6 Recommendations to the European Union and National Governments to Increase Europe's Microelectronic Industry Competitiveness. SEMI White Paper. www.semi.org/cms/groups/public/documents/web_content/ctr_026216.pdf; abgerufen am 8.12.2009
- SEMI (2008b): Innovation at Risk – Intellectual Property Challenges and Opportunities. www.semi.org/cms/groups/public/documents/web_content/p044142.pdf; abgerufen am 8.12.2009
- SEMI Wafer Fab Watch (2008): referenziert in PricewaterhouseCoopers (2008): China's impact on the semiconductor industry: 2008 update. www.pwc.com/gx/en/technology/publications/chinas-impact-on-semiconductor-industry-2008.jhtml; abgerufen am 20.6.2009
- Senker, J., van Zwanenberg, P., Enzing, C., Kern, S., Mangematin, V., Martinsen, R., Munoz, E., Diaz, V., O'Hara, S., Burke, K., Reiss, T., Wörner, S. (Hg.) (2001): European Biotechnology Innovation System. Brüssel
- Shapira, P., Youtie, J. (2008): USA: Innovation System and Innovation Policy. In: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Hg.): New challenges for Germany in the innovation competition. Karlsruhe, S. 15–44
- Silicon Saxony (2008): Microelectronics and Information Technology in Saxony. Dresden. www.siliconsaxony.com/set/1679/MIKRO_eng_WEB.pdf; abgerufen am 8.12.2009
- Soete, L. (2007): From Industrial to Innovation Policy. In: Journal of Industry, Competition and Trade 7, S. 273–284
- Soltesz, U. (2005): Weniger Beihilfen, bessere Beihilfen? – Die Reform des EU-Beihilferechts. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 25.5.2005
- Spectrum IEEE (2010): Taiwan's DRAM Plan Fails. <http://spectrum.ieee.org/semiconductors/memory/taiwans-dram-plan-fails>; abgerufen am 20.1.2010
- Spengel, C. (2009): Steuerliche Förderung von Forschung und Entwicklung (FuE) in Deutschland: ökonomische Begründung, Handlungsbedarf und Reformbedarf. Heidelberg
- SRC (Semiconductor Research Cooperation) (2009): SRC Vision, Mission, Charter and Values. www.src.org/member/about/mission.asp; abgerufen am 19.12.2009
- Stifterverband der deutschen Wirtschaft (2009): Pressekonferenz „FuE in der Wirtschaft“ (Vortragsfolien). http://stifterverband.info/presse/pressemitteilungen/2009_12_18_forschung_und_entwicklung/fue_2008_charts_18-12-2009.pdf; abgerufen am 20.1.2010
- Storper, M. (1997): The regional world. Territorial development in a global economy. New York
- Stuttgarter Zeitung (2009): Überleben nur mit Staatshilfe. 11.7.2009
- SVR (Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung) (2004): Erfolge im Ausland – Herausforderungen im Inland. Jahresgutachten 2004/05. Wiesbaden
- SVR (2009): Die Zukunft nicht aufs Spiel setzen. Jahresgutachten 2009/10. Wiesbaden
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim deutschen Bundestag) (2007): Forschungs- und wissensintensive Branchen: Optionen zur Stärkung ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit (Nusser, M., Wydra, S., Hartig, J., Gaisser, S.). Innovationsreport, TAB-Arbeitsbericht Nr. 116, Berlin
- TAB (2010a): Blockaden bei der Etablierung neuer Schlüsseltechnologien (Thielmann, A., Zimmermann, A., Gauch, S., Nusser, M., Hartig, J., Wydra, S., Blümel, C., Blind, K.). Innovationsreport, TAB-Arbeitsbericht Nr. 133, Berlin
- TAB (2010b): Medizintechnische Innovationen – Herausforderungen für die Forschungs-, Wirtschafts-, und Gesundheitspolitik (Lindner, R., Nusser, M., Zimmermann, A., Hartig, J., Hüsing, B.). Politikbenchmarking, TAB-Arbeitsbericht Nr. 134, Berlin
- task force Mikroelektronik (2009): Der Mikroelektronikstandort Dresden und Umgebung. Wege zum Ausbau und zur Neustrukturierung des wissenschaftlichen Umfelds in der Region. Sächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst 2009, Dresden
- Technopolis (2008): Impact of the Community Framework for State Aid for Research and Development and Innovation on European Union Competitiveness: Summary of the study done by Technopolis at the request of the Directorate General of Enterprises. Paris
- The Economist (2009): The semiconductor industry: Under new management. London

- Thomas, K. P. (2007): Investment incentives: Growing use, uncertain benefits, uneven controls. www.globalsubsidies.org/files/assets/GSI_Investment_Incentives.pdf; abgerufen am 20.1.2010
- Thomas, K. P., Wishlade, F. (2009): Locational Tournaments in the U. S. and the EU. www.unc.edu/euce/eusa2009/papers/thomas_10H.pdf; abgerufen am 20.1.2010
- Thöne, M. (2005): Subventionen und staatliche Beihilfen in Deutschland. Köln
- TLAG (Trade Lawyers Advisory Group) (2007): China's Industrial Subsidies Study: High Technology Volume 1: Report, www.uscc.gov/researchpapers/2008/TLAG%20Study%20-%20China's%20Industrial%20Subsidies%20High%20Technology.pdf; abgerufen am 20.1.2010
- Trumbull, G. (2004): Silicon and the State. French Innovation Policy in the Internet Age. Washington
- Tsai, B.-H., Li, Y. (2009): Cluster evolution of IC industry from Taiwan to China. In: *Technological Forecasting and Social Change* 76(8), S. 1092–1104
- Tsai, F., Hsieh, L., Fang, S., Lin, J. (2009): The co-evolution of business incubation and national innovation systems in Taiwan. In: *Technological Forecasting & Social Change* 76, S. 629–643
- Tuomi, I. (2009): The Future of Semiconductor Intellectual Property Architectural Blocks in Europe, JRC. <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/computing/includes/study.pdf>; abgerufen am 8.12.2009
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (2006): Nanotechnologie in Dresden/Sachsen. Regionalstudie. www.zukunftigtotechnologien.de/ZTC_Band_60_Nanotechnologie_in_Dresden.pdf; abgerufen am 8.12.2009
- VDI (2008): Entwicklung von Kompetenzclustern und -netzen zu internationalen Kompetenzknoten. www.vditz.de/fileadmin/Grundsatzfragen/Dokumente/Internationalisierung_von_Clustern_und_Netzen.pdf; abgerufen am 8.12.2009
- Velloor, R. (2007): India going all out to woo wafer fab plants. In: *The Straits Times* 26. Februar 2007
- Vinnova (2006): Innovation policies in South Korea & Taiwan, Vinnova Analysis 2005. Jönköping
- Weichenrieder, A. (2009): Appendix: Historic Statutory Corporate Income Tax Rates, 1985-2007. www.wiwi.uni-frankfurt.de/ei/fileadmin/weichenrieder/downloads/free/2009_appendix_tax-rates.pdf; abgerufen am 27.1.2010
- Welser, J. (2008): The Semiconductor Industry's Nanoelectronics Research Initiative. www.link.aip.org/link/?MAECES/801/617/1; abgerufen am 10.6.2009
- Werwatz, A., Belitz, H., Clemens, M., Schmidt-Ehmcke, J., Schneider, S., Zloczynski, P. (2008): *Innovationsindikator Deutschland 2008*. Berlin
- Wessner, C. W. (2009): The role of innovation award programmes in the US and Sweden. In: Marklund, G., Vonortas, N., Wessner, C. W.: *Innovation imperative: national innovation strategies in the global economy*. Cheltenham, S. 118–135
- Wishlade, F. (2008): Measure for Measure: Recent developments in EU competition policy and regional aid control. Glasgow
- World Fab Report (2008): World Fab Report zitiert nach DB Research: Halbleiterproduktion in Deutschland: Asiens Standortvorteile locken. Frankfurt
- WSTS (World Semiconductor Trade Statistics) (2009): Forecast Summary. www.wsts.org/plain/content/view/full/4403; abgerufen am 20.6.2009
- WSTS (2010): Forecast Summary. www.wsts.org/plain/content/view/full/4403; abgerufen am 21.1.2010
- Wu, S.-Y. et al. (2006): Agile strategy adaptation in semiconductor wafer foundries: An example from Taiwan, in: *Technological Forecasting & Social Change* 73, S. 436–451
- Würmeling (2007): Beihilfenkontrolle in einer globalisierten Welt: Wettbewerbsnachteil im internationalen Standortwettbewerb? 10. Veranstaltung des Berliner Gesprächskreises zum 4. Mai 2007. www.berlingespraechskreis.eu/Veranstaltungen/bisherige_Veranstaltungen/Zehntes/Dokument_zum_Download10/Document.pdf; abgerufen am 20.6.09
- Yinug, F. (2009): Challenges to Foreign Investment in High-Tech Semiconductor Production in China. In: *Journal of International Commerce and Economics* 2, S.197–226
- Yunogami, T. (2006): Technology management and competitiveness in the Japanese semiconductor industry. In: Whittaker, H., Cole, R. (Hg.): *Innovation and Technology Management in Japan: Recovering from Success*. Oxford, S.70–86
- ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) (2008): *Mikroelektronik Trendanalyse bis 2012*. Wirtschaftliche und technische Aspekte, Ausgabe 2008. Frankfurt

VII. Anhang**1. Tabellenverzeichnis**

	Seite	
Tabelle 1	Weltexportanteile mit forschungsintensiven Gütern nach Ländern in den Jahren 1993 bis 2007 (in Prozent)	17
Tabelle 2	Transnationale Patentanmeldungen in der Hochtechnologie 2006	19
Tabelle 3	Anteil von zitierten Publikationen bei EPO- und USPTO-Patenten in Prozent (1990 bis 2003)	31
Tabelle 4	Anzahl der im „Silicon Saxony“ ansässigen Nanoelektronikfirmen nach Wertschöpfungsstufe	33
Tabelle 5	Geschäftsmodelle der Halbleiterindustrie	36
Tabelle 6	TOP-20-Halbleiterunternehmen 1998 und 2007 im Vergleich	38
Tabelle 7	Wechsel der chinesischen Förderpolitik in der Halbleiterindustrie nach dem Vorbild Taiwans	58
Tabelle 8	Bedeutende Forschungsprogramme in den USA	65
Tabelle 9	Beihilfen in den amerikanischen Bundesstaaten New York und Texas	66
Tabelle 10	Politische Maßnahmen ausgewählter Länder in der Nanoelektronik	68
Tabelle 11	Staatsbeihilfe aufgegliedert nach Sektoren oder Zielen in Mio. Euro zu konstanten Preisen des Basisjahres 2000	86
Tabelle 12	Die zehn größten Investitionsbeihilfen in den USA und der Europäischen Union zwischen 2000 und 2008	89
Tabelle 13	Allgemeine und szenariospezifische Handlungsoptionen	107
Tabelle 14	Akteursliste Expertenbefragung	119
Tabelle 15	Liste forschungs- und wissensintensiver Sektoren	120
Tabelle 16	Kosten der Chipproduktion (in US-Dollar)	122

2. Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1 „3-Säulen-Konzept“ zur Bewertung der Wettbewerbsfähigkeit	13
Abbildung 2 Sektorales Innovationssystem	14
Abbildung 3 Anteil von forschungsintensiven Branchen an der gesamten Wertschöpfung in Prozent (1995 bis 2006)	16
Abbildung 4 FuE-Intensität (Anteil der FuE-Aufwendungen am BIP in Prozent) in ausgewählten Ländern 1991 bis 2007	18
Abbildung 5 Zentrale Entwicklungsrichtungen der Nanoelektronik: „More Moore“, „More than Moore“ und „Beyond CMOS“	21
Abbildung 6 Die Nanoelektronik in der IKT-Wertschöpfungskette	23
Abbildung 7 Wertschöpfungspyramide der IKT-Branche und weltweiter Umsatz im Jahr 2007 (Angaben in US-Dollar)	24
Abbildung 8 Weltweiter Umsatz in der Halbleiterindustrie in Mrd. US-Dollar (1990 bis 2009)	24
Abbildung 9 Regionale Aufteilung des Halbleiterweltmarktes im Jahr 2007	26
Abbildung 10 Anteile einzelner Standortregionen an den Produktionskapazitäten in der Halbleiterbranche in Prozent (2000 bis 2009)	27
Abbildung 11 Kosten einer Chipfabrik und Kapitalkosten je Chip im Zeitablauf	36
Abbildung 12 Halbleiternachfrage im Jahr 2007 nach Marktsegmenten ...	40
Abbildung 13 Nachfrage bei Halbleiterprodukten für einzelne Weltregionen in den Jahren 2000 und 2009	41
Abbildung 14 Staatliche Gesamtbeihilfen für die Europäische Union und Deutschland zwischen 1992 und 2008 in Prozent des BIP ...	85
Abbildung 15 Anteilsmäßige staatliche Beihilfen in der EU nach Instrumenten: Durchschnittswert für den Zeitraum 2006 bis 2008	87
Abbildung 16 Handlungsszenarien	94

3. Übersichten

Tabelle 14

Akteursliste Expertenbefragung

AIXTRON AG
AMTC
BMBF
CATRENE
ENIAC
GFWW
HAP
IBM Entwicklung
Infineon Technologies
Infineon Technologies (externer Mitarbeiter)
Intel
KIT
Namlab
NIMS
NXP Semiconductors
Ortner Group
Robert Bosch
SEMI Europe
TU München
Wirtschaftsförderung Dresden
Wirtschaftsförderung Sachsen

Quelle: eigene Darstellung

Sektorgliederung nach Forschungs- und Wissensintensität

Definitionen

Wirtschaftsbranchen mit einem Anteil der FuE-Gesamtaufwendungen am Umsatz (FuE-Intensität) von 3,5 Prozent oder höher gelten als forschungsintensiv. Hochwertige Technologien (z. B. Fahrzeugbau) weisen eine FuE-Intensität zwischen 3,5 Prozent und 8,5 Prozent, Spitzentechnologien (z. B. in der pharmazeutischen Industrie) von über 8,5 Prozent auf.

Wissensintensive Branchen sind Wirtschaftsbranchen, in denen der Anteil der Hochschulabsolventen, der Beschäftigten mit natur- und ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung und/oder der Beschäftigten mit Forschungs-, Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten überdurchschnittlich hoch ist.

Tabelle 15

Liste forschungs- und wissensintensiver Sektoren

forschungs- und wissensintensive Industriebranchen: Herstellung von ...

pharmazeutischen Erzeugnissen
chemischen Erzeugnissen
Maschinen
Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen
Geräten der Elektrizitätserzeugung und -verteilung u. Ä.
Erzeugnissen der Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik
Erzeugnissen der Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
Kraftwagen und Kraftwagenteilen
sonstigen Fahrzeugen (u. a. Wasser-, Schienen-, Luftfahrzeuge)

übrige wissensintensive Industrien

Herstellung von Kokerei- und Mineralölerzeugnissen, Spalt- und Brutstoffen
Erzeugung und Verteilung von Elektrizität und Fernwärme
Gewinnung und Verteilung von Wasser

wissensintensive Dienstleistungen

Luftfahrtleistungen
Nachrichtenübermittlungsdienstleistungen
Dienstleistungen des Kredit- und Versicherungshilfsgewerbes
Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens
Dienstleistungen der Vermietung beweglicher Sachen (ohne Personal)
Dienstleistungen der Datenverarbeitung und von Datenbanken
Forschungs- und Entwicklungsleistungen
Unternehmensnahe/-bezogene Dienstleistungen
Dienstleistungen des Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesens
Kultur-, Sport- und Unterhaltungsdienstleistungen

sonstige Sektoren des produzierenden Gewerbes (Teil 1)

Landwirtschaft
Forstwirtschaft
Fischerei und Fischzucht
Gewinnung von ...
Kohle und Torf
Erdöl, Erdgas (inkl. diesbezüglicher Dienstleistungen)
Uran- und Thoriumerzen
Erzen
Steinen und Erden, sonstigen Bergbauerzeugnissen

noch Tabelle 15

Herstellung von ...

Nahrungs- und Futtermitteln

Getränken

Tabakwaren

Textilien

Bekleidung

Leder und Lederwaren

Holz und Holzzeugnissen

Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton und Pappe

Papier-, Karton- und Pappwaren

Verlagserzeugnissen

Druckerzeugnissen, bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern

sonstige Sektoren des produzierenden Gewerbes (Teil 2)

Gummiwaren

Kunststoffwaren

Glas und Glaswaren

Keramik, bearbeitete Steine und Erden

Roheisen, Stahl, Rohren und Halbzeug daraus

NE-Metallen (u. a. Edelmetalle, Aluminium, Zink, Kupfer) und erste Bearbeitung

Gießereierzeugnissen

Metallerzeugnissen

Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren u. Ä.

Sekundärrohstoffen

Erzeugung und Verteilung von Gasen

vorbereitende Baustellenarbeiten, Hoch- und Tiefbauarbeiten

Bauinstallations- und sonstige Bauarbeiten

sonstige Dienstleistungssektoren

Handelsleistungen mit Kfz, Reparatur an Kfz, Tankleistungen

Handelsvermittlungs- und Großhandelsleistungen

Einzelhandelsleistungen, Reparatur an Gebrauchsgütern

Beherbergungs- und Gaststättendienstleistungen

Eisenbahndienstleistungen

sonstige Landverkehrsleistungen, Transportleistungen in Rohrfernleitungen

Schifffahrtsleistungen

Dienstleistungen bezüglich Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr

noch Tabelle 15

Dienstleistungen der Kreditinstitute
 Dienstleistungen der Versicherungen (ohne Sozialversicherung)
 Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung, Verteidigung
 Dienstleistungen der Sozialversicherung
 Erziehungs- und Unterrichtsdienstleistungen
 Abwasser-, Abfallbeseitigungs- und sonstige Entsorgungsleistungen
 Dienstleistungen von Interessenvertretungen, Kirchen u. Ä.
 sonstige Dienstleistungen
 Dienstleistungen privater Haushalte

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 16

Kosten der Chipproduktion (in US-Dollar)

	65 nm	45 nm	32 nm
Prozesstechnologie FuE	1,5 Mrd.	2,4 Mrd.	3 Mrd.
Produktionsanlagen (Gigafab, ca. 100.000 Wafer/Monat)	1–2 Mrd.	3 Mrd.	5–10 Mrd.
Chipdesign/Produktentwicklung	k. A.	20–40 Mrd.	75 Mrd.
Maskenherstellung	3 Mio.	9 Mio.	k A.

Quelle: Lüthjen/Pawlicki 2009

