
Sektorstrukturen der FuE-Aktivitäten im internationalen Vergleich

BIRGIT GEHRKE UND ULRICH SCHASSE

Birgit Gehrke, Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (NIW), E-Mail: gehrke@niw.de
Ulrich Schasse, Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (NIW), E-Mail: schasse@niw.de

Zusammenfassung: Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, ob die Entwicklung der FuE-Aufwendungen im Verlauf der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009 neben konjunkturellen Einflüssen auch von den jeweiligen FuE-Schwerpunkten der Länder abhängig gewesen ist. Dabei wird zunächst der Blick auf längerfristige strukturelle Verschiebungen innerhalb der sektoralen Verteilung der FuE-Aufwendungen im internationalen Vergleich gelenkt. Damit werden Unterschiede zwischen Deutschland und wichtigen Konkurrenzländern im Hinblick auf die FuE-Schwerpunktsetzung der Wirtschaft aufgezeigt, die unabhängig von kurzfristigen konjunkturellen Einflüssen sind. In einem zweiten Schritt wird der Frage nachgegangen, ob und welche Zusammenhänge sich zwischen konjunkturellen Entwicklungen (hier: Entwicklung des realen BIP im Zeitablauf) und der Entwicklung der FuE-Aufwendungen der Wirtschaft feststellen lassen, wenn für die jeweiligen FuE-Schwerpunkte (Spitzentechnik, Hochwertige Technik, Übrige Industrie, Dienstleistungen) kontrolliert wird. Dabei zeigt sich, dass die konjunkturelle Reagibilität der FuE-Aufwendungen der Unternehmen in Ländern wie Deutschland, die ihre FuE-Schwerpunkte in Hochwertigen Technologien setzen, vergleichsweise hoch ausfällt.

Summary: This article analyzes whether the decline in business investment in R&D during the crisis 2008/2009 was only a result of the general economic downturn or also affected by each country's R&D specialization. First we investigate international long-term changes in industry patterns of R&D to illustrate non-cyclical differences between Germany and important competitors. Second analysis turns towards investigating correlations between business cycle (GDP in constant prices) and the development of business R&D investments while controlling for respective R&D specialization (cutting-edge technology, advanced technology, other manufacturing, services). It follows that business R&D investments in Germany and other countries focusing on advanced technology show a relatively high cyclical response.

→ JEL Classification: O14, O30, O47, E32

→ Keywords: Technological choice, path dependence, business cycle

I Einleitung und Fragestellung

Deutschland zählt zu den technologisch leistungsfähigsten Volkswirtschaften der Welt. Dieses Ergebnis ist maßgeblich auf die FuE-Aktivitäten der deutschen Wirtschaft zurückzuführen. Allerdings hat Deutschland trotz gestiegener Anstrengungen im letzten Jahrzehnt nicht mit dem FuE-Wachstum wichtiger Konkurrenzländer mitgehalten (vgl. Schasse et al. 2011).

Ein wesentlicher Grund für das FuE-Aktivitätsniveau eines Landes und dessen Entwicklung liegt in der jeweiligen Wirtschaftsstruktur. Denn die Volkswirtschaften setzen unterschiedliche sektorale und technologische Schwerpunkte, die sich nur in längerfristiger Sicht ändern. Je nach Schwerpunkt kommt FuE dabei in unterschiedlicher Intensität zum Tragen und schlägt sich entsprechend in der Gesamtposition des Landes im internationalen Innovationswettbewerb nieder.

Aber auch das konjunkturelle Umfeld beeinflusst den Umfang von privater FuE. Demzufolge ist die globale Finanz- und Wirtschaftskrise zum Ende des Jahrzehnts an den FuE-Investitionen der Wirtschaft nicht spurlos vorübergegangen. Deren Auswirkungen auf das FuE-Verhalten der Unternehmen sind im internationalen Vergleich unterschiedlich ausgefallen. Deshalb werden zusätzlich die internationalen Unterschiede in der Reagibilität der FuE-Investitionen auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung betrachtet und gefragt, inwieweit diese auch von der jeweiligen Wirtschaftsstruktur beeinflusst wird.

Angesichts der mittel- und langfristigen Ausrichtung und Wirkungen von FuE-Prozessen ist es zweckmäßig, nicht nur die aktuelle Entwicklung zu betrachten, sondern auch einen Blick zurückzuwerfen. Die Herausforderung besteht vor allem darin, aus der Analyse der mittel- und langfristigen Tendenzen Hinweise auf die richtige Einordnung der sich in den letzten Jahren abzeichnenden Anpassungen im FuE-Verhalten – sowohl als Reaktion auf forschungs- und technologiepolitische Initiativen als auch auf die Finanz- und Wirtschaftskrise – zu finden.

Deshalb wird im Folgenden den Veränderungen der Position Deutschlands im internationalen FuE-Wettbewerb vor dem Hintergrund langfristiger Trends (Strukturwandel) und kurzfristiger Anpassungserfordernisse (Konjunktur) nachgegangen (vgl. Schasse et al. 2011). Weitere Faktoren werden zum Beispiel in Zusammenhang mit der Diskussion von „nationalen Innovationssystemen“ diskutiert (vgl. dazu zum Beispiel den Überblick in OECD 1997). Hierzu zählen neben der Ausgestaltung der jeweiligen Technologie- und Innovationspolitik das öffentliche FuE-Umfeld an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen und die Verfügbarkeit der notwendigen Ressourcen an Humankapital. Diese werden an anderer Stelle ausführlich behandelt.¹

Die Analyse erfolgt aus der Makroperspektive, es geht nicht um das einzelbetriebliche FuE-Verhalten in verschiedenen Ländern. Die „aktuellen“ internationalen Daten zu den sektoralen FuE-Aktivitäten (OECD, Eurostat) enden bisher mit dem Jahr 2008, in dem sich die Krisenwirkungen noch wenig in wirtschaftlichen Kennzahlen niedergeschlagen haben. Für das Krisenjahr 2009 liegen für die meisten Länder jedoch Informationen über die Entwicklung der FuE-Aktivitäten

1 Vgl. dazu zum Beispiel Schmoch, Rammer und Legler (2006) oder auch aktuell die verschiedenen im Rahmen der Berichterstattung zu Forschung und Innovation im Auftrag der Expertenkommission erstellten Studien zum deutschen Innovationssystem 2011.

der Wirtschaft insgesamt vor. Der aktuelle Berichtsstand zu den sektoralen FuE-Aktivitäten der Wirtschaft in Deutschland geht bis zum Jahr 2009.

2 Einflussfaktoren: Wirtschaftsstruktur und Konjunktur

2.1 Wirtschaftsstruktur

Ein Großteil der international unterschiedlichen FuE-Intensitäten und -Entwicklungspfade kann auf unterschiedliche Wirtschaftsstrukturen zurückgeführt werden. Je größer die jeweilige Bedeutung forschungsintensiver Wirtschaftszweige² wie Elektronik/Elektro-, IuK- und Medientechnik, Pharmazeutische Industrie oder Automobilbau, desto höher dürfte c. p. auch die FuE-Intensität der Volkswirtschaft ausfallen.³ Außerdem spielt eine Rolle, wie stark in den Volkswirtschaften wissensintensive Dienstleistungen vertreten sind (zum Beispiel Telekommunikations-, Datenverarbeitungsdienste, Beratung, Planung, Forschung usw.), die zum einen besonders hohe Anforderungen an FuE in der Verarbeitenden Industrie stellen, zum anderen aber zunehmend selbst FuE betreiben.⁴

Zwar kommt FuE nach wie vor direkt überwiegend im industriellen Innovationsprozess zum Tragen. Im letzten Jahrzehnt hat die Durchführung von FuE im Dienstleistungssektor aber merklich an Bedeutung gewonnen.⁵ Dies betrifft sowohl die Durchführung von FuE für das eigene Unternehmen, zum Beispiel im Bereich der Informations- und Kommunikationsdienstleistungen als auch die Durchführung von FuE für andere Sektoren, etwa für Elektronik/Medientechnik, Chemie und die Automobilindustrie (vgl. Legler und Schasse 2009).

Zudem werden über die – immer engere – Verflechtung der Industrie mit dem Dienstleistungssektor⁶ zusätzliche gesamtwirtschaftlich wirkende Innovationsprozesse ermöglicht: Dienstleistungen stellen hohe Anforderungen an FuE und Innovationen in der Industrie, industrielle technologische Neuerungen liefern dann Lösungsansätze, die im Dienstleistungssektor ange-

2 Die Unterscheidung zwischen forschungsintensiven und weniger forschungsintensiven Industrien erfolgt nach dem Anteil der internen FuE-Ausgaben am Umsatz. Innerhalb der Gruppe forschungsintensiver Industrien wird nochmals zwischen Industrien der Spitzentechnik, in denen besonders aufwendig FuE betrieben wird (IuK/Elektronik, Nachrichtentechnik, Pharma, Luft- und Raumfahrzeugbau) sowie der Hochwertigen Technik (Chemie, Maschinen- und Automobilbau, Elektrotechnik) unterschieden. Spitzentechnologien haben häufig „Querschnittsfunktion“ (zum Beispiel IuK-Technologien, Bio- und Gentechnologie) und unterliegen vielfach staatlicher Einflussnahme durch Subventionen, Staatsnachfrage (zum Beispiel Raumfahrtindustrie), eigenständige staatliche Ziele (äußere Sicherheit, Gesundheit usw.) oder Importschutz. Zur Abgrenzung forschungsintensiver Industrien in der hier verwendeten WZ 2003 vgl. ausführlich Legler und Frietsch (2006).

3 Moncada-Paterno-Castello et al. (2010) haben gezeigt, dass die geringere durchschnittliche FuE-Intensität von EU-Unternehmen im Vergleich zu US-amerikanischen und japanischen Unternehmen zu großen Teilen auf sektorale Spezialisierungsunterschiede zurückzuführen ist.

4 Wissensintensive Dienstleistungen stehen in besonders intensivem Kontakt mit Technologielieferanten aus der Industrie, zum Beispiel Kommunikation, Mobilität, Gesundheit, innere und äußere Sicherheit, Umwelt usw. vgl. Cordes und Gehrke (2011); Belitz et al. (2011).

5 Inzwischen sind mehr als 15 Prozent des FuE-Personals in der deutschen Wirtschaft in Unternehmen des Dienstleistungssektors beschäftigt.

6 Vgl. die Auswertung der „Bezüge“ von FuE-Leistungen über die intersektorale Verflechtung bei Rammer und Legler et al. (2007).

wendet, dort in Arbeitsplätze umgesetzt und überregional gehandelt werden⁷. Damit werden aber auch weitere FuE-Prozesse im Dienstleistungssektor angestoßen. Allerdings hält sich der dafür erforderliche Einsatz von Ressourcen (FuE-Personal und FuE-Aufwendungen) in Grenzen, denn nach der Übernahme von Technologien aus der Industrie wird erst allmählich zu eigenen Entwicklungsaktivitäten übergegangen.⁸ Dies bedeutet eine höhere Innovationsbeteiligung bei niedriger Innovationsintensität mit relativ geringem FuE-Einsatz. Anders als in der Industrie ergibt sich dabei zunächst vor allem eine positive Wirkung auf die FuE-Beteiligung im Dienstleistungssektor.

Sektoraler Strukturwandel und FuE-Intensivierung gehen Hand in Hand. International gesehen gilt es deshalb nicht nur, die „komparativen Vorteile“ der Arbeitsteilung in Produktion und Außenhandel zu nutzen, sondern auch bei FuE und Innovationen. Das heißt: Keine Volkswirtschaft wird das Innovationspotenzial in jeder Branche voll ausschöpfen können; es wäre auch nicht sinnvoll. Vielmehr werden sich die einzelnen Volkswirtschaften gewisse Schwerpunkte suchen. Die „technologische Spezialisierung“ von Volkswirtschaften ist nicht vorgegeben und zudem nicht in beliebig kurzer Zeit entstanden oder revidierbar, sondern das Ergebnis von „pfadabhängigen Prozessen“ (vgl. dazu zum Beispiel Kline und Rosenberg 1986 oder auch Soskice 2000). So kann es dazu kommen, dass hoch entwickelte Volkswirtschaften mit ähnlicher Faktorausstattung (beispielsweise hoch qualifizierte Erwerbstätige) durchaus unterschiedliche FuE-Strukturen aufweisen.

Sektoraler Strukturwandel bei FuE vollzieht sich demnach in der Regel nur in langfristiger Sicht. Die Beispiel der nordischen Länder (Finnland, Schweden, Dänemark) zeigt jedoch, dass sich die FuE-Schwerpunkte zumindest bei kleineren Volkswirtschaften auch in mittlerer Frist verändern lassen. Diese sind vielfach Heimatländer erfolgreich expandierender Unternehmen, die sich im technologischen Aufholprozess vornehmlich jeweils auf ausgewählte Spitzentechnologien (Nachrichtentechnik, IuK, Pharmazie/Biotechnologie) mit entsprechend hohem FuE-Bedarf konzentrieren. Sie tun dies intensiver als die meisten anderen Länder und haben damit einen gehörigen binnenwirtschaftlichen Strukturwandel bewirkt. Allerdings birgt die Konzentration auf wenige Technologiefelder auch Risiken in sich, die bei sich rasch verändernden Märkten (zum Beispiel Telekommunikation) gravierende Konsequenzen haben können.⁹

Auf der anderen Seite haben die auf weitaus breiterer industrieller Basis FuE-aktiven größeren europäischen Volkswirtschaften ihre Ressourcen nicht so schnell für neue Spitzentechnologien mobilisieren können, wie dies kleineren Ländern gelungen ist, die sich notgedrungen auf wenige Kompetenzbereiche konzentrieren müssen. Deutschland mit seinen Stärken in der Hochwertigen Technik (Automobilbau) hat deshalb in der Summe relativ weniger von den Wachstumspotenzialen der Spitzentechnologiebranchen und insbesondere der Dienstleistungen profitieren können und damit auch eine insgesamt geringere FuE-Dynamik erfahren.

7 Dieser Zusammenhang ist Teil der „Interaktionsthese“ zwischen Industrie und Dienstleistungen. Vgl. dazu zum Beispiel Klodt, Maurer und Schimmelpfennig (1997) oder Grömling, Lichtblau und Stolte (2000).

8 Dies ist Konsequenz des sogenannten „reverse product cycle“ im Dienstleistungssektor, nach dem neue Technologien aus der Industrie zunächst Effizienz- und Qualitätsverbesserungen bei den angebotenen Dienstleistungen bewirken und erst danach die Dienstleistungsunternehmen anregen, auch neue Dienstleistungen zu gestalten, vgl. Barras (1986), auch Gehrke und Legler et al. (2009).

9 So zu sehen am Beispiel von Schweden im Jahr 2002 nach dem Ende der „new economy hype“.

2.2 Konjunktur und Wachstumserwartungen

Schon Ende des letzten Jahrhunderts wurde die konjunkturelle Abhängigkeit der FuE-Anstrengungen in der Wirtschaft deutlicher sichtbar.¹⁰ Gedämpfte Wachstumserwartungen und hohe Realzinsen übten zu Beginn der 90er Jahre eine restriktive Wirkung auf das FuE-Verhalten der Unternehmen aus. Mit der Verbesserung der Wachstumsperspektiven für die zweite Hälfte der 90er Jahre hat die FuE-Intensität in vielen Ländern wieder angezogen, insbesondere in den wachsenden Regionen Amerikas und Asiens.

Ähnlich ist die Entwicklung im Aufschwung 2003/04 bis 2008 verlaufen. Die in den meisten OECD-Ländern – Ausnahmen sind Japan und Korea – in diesem Zeitraum beobachtete weitgehende Parallelität in der Entwicklung von FuE und Wertschöpfung in der Wirtschaft deutet darauf hin, dass sich die Unternehmen bei den FuE-Investitionen verstärkt an kurzfristigen Nachfrageentwicklungen und den Wachstumsaussichten in naher Zukunft orientiert haben. Prozyklische unternehmerische FuE-Aktivitäten haben mehr Gewicht erhalten, wobei sie kurzfristig nach unten und oben recht elastisch, das heißt überdurchschnittlich stark, reagiert haben. Dies würde im Umkehrschluss aber auch bedeuten, dass grundlegende FuE mit strategischer Orientierung zugunsten von angewandter, projektorientierter FuE an Bedeutung verloren hat.

Gründe für die Konjunkturabhängigkeit von FuE sind vor allem in den Finanzierungsmöglichkeiten zu suchen. Da FuE, insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen, in hohem Maße aus Eigenkapitalmitteln finanziert wird, besteht bei ungünstigen Wachstumserwartungen und Liquiditätsengpässen im Abschwung immer das Risiko kurzfristiger Budgetanpassungen, wenn die Mittel für die Sicherung des täglichen Geschäfts benötigt werden. Bei positiven Wachstumserwartungen im Aufschwung und bei guter Liquiditätslage hingegen können zurückgestellte FuE-Projekte nachgeholt oder beschleunigt vorangetrieben werden, was dann mit überproportional steigenden FuE-Ausgaben verbunden ist.¹¹

Die OECD kommt in einer Langfristanalyse für die große Mehrzahl der Mitgliedsländer zu dem Ergebnis, dass die von der Wirtschaft finanzierten FuE-Aufwendungen zwischen 1981 und 2007 sehr viel stärker variiert haben als das Inlandsprodukt (OECD 2009, 2010, European Commission 2009, 2011). Auch in Deutschland reagiert die von der Wirtschaft finanzierte FuE überdurchschnittlich elastisch auf konjunkturelle Schwankungen. Wie in Schweden, Großbritannien, Japan und den USA liegt die Elastizität bei der FuE-Finanzierung der Wirtschaft deutlich über 1 (European Commission 2011). Nur in wenigen Ländern (zum Beispiel in Dänemark, Irland, Österreich, Italien und Portugal) ist von einer proportionalen Entwicklung auszugehen.

Inwieweit man aus diesen Vergangenheitserfahrungen Rückschlüsse auf das Verhalten im Jahr 2009 ziehen kann, ist vor dem Hintergrund der Besonderheiten der Finanz- und Wirtschaftskrise zumindest fraglich. Es liegt aber die Vermutung nahe, dass zumindest Teile der unterschiedlichen FuE-Anpassungen der Länder durch abweichende Wirtschaftsstrukturen und damit verbundene unterschiedliche Krisenbetroffenheit zu erklären sind (European Commission 2011). Auch gibt es Hinweise darauf, dass kleine und mittlere Unternehmen eine höhere konjunkturu-

10 Zum Zusammenhang zwischen FuE und der konjunkturellen Situation in den 90er Jahren vgl. Rammer, Grenzmann et al. (2004).

11 Vgl. zum Beispiel European Commission (2011). Aghion et al. (2008) haben darauf hingewiesen, dass mit wachsenden Kreditbeschränkungen die FuE-Investitionen in zunehmendem Maße prozyklisch erfolgen.

relle Reagibilität der FuE-Aufwendungen aufgewiesen haben als Großunternehmen (European Commission 2011). Hätten sich die Unternehmen wie in einer „normalen Rezession“ verhalten, könnte man schließen, dass Deutschlands Wirtschaft auch mit einem überdurchschnittlichen Abzug von FuE-Finanzierungsmitteln reagieren hätte müssen.

3 Internationale Entwicklungen und Sektorstrukturen

3.1 FuE in der Wirtschaft im Überblick

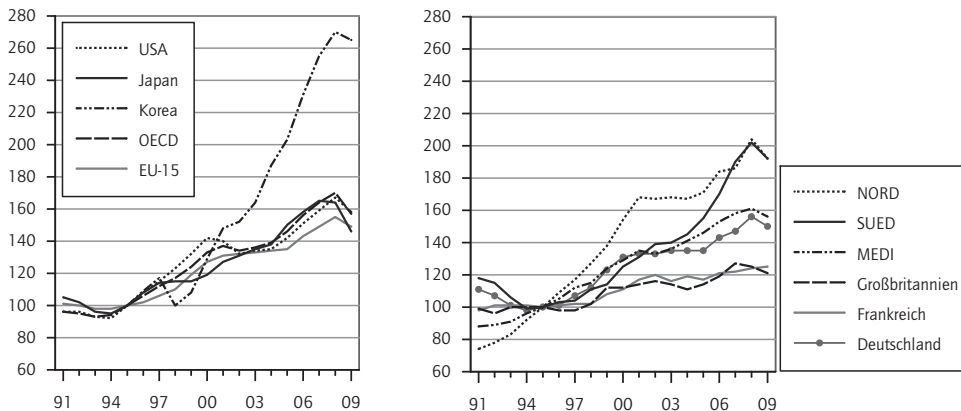
Verglichen mit dem OECD-Durchschnitt und den großen Volkswirtschaften USA und Japan, die zusammen mehr als die Hälfte der FuE-Kapazitäten in der OECD stellen, hat die deutsche Wirtschaft trotz wachsender eigener Anstrengungen ihre FuE-Kapazitäten seit Beginn des letzten Jahrzehnts nur unterdurchschnittlich ausgeweitet (Abbildung 1). Trotz weiterhin überdurchschnittlicher FuE-Intensität hat Deutschland zwischen 2004 und 2008 gegenüber wichtigen Konkurrenten an Boden verloren, weil andere Länder noch stärker zugelegt haben.

Die weltwirtschaftliche FuE-Szene hat im vergangenen Jahrzehnt durch die Integration der europäischen Peripherie sowie der asiatischen Aufhol-Länder einschließlich China und Indien ein anderes Gesicht bekommen. Die Industrieländer sehen sich auch bei FuE einer bemerkens-

Abbildung 1

Entwicklung der internen FuE-Ausgaben der Wirtschaft

In konstanten Preisen nach Weltregionen, 1991–2009



Halblogarithmischer Maßstab, Daten teilweise geschätzt.

NORD: Schweden, Finnland, Norwegen, Dänemark, Irland, Island; SUED: Italien, Portugal, Spanien, Griechenland;

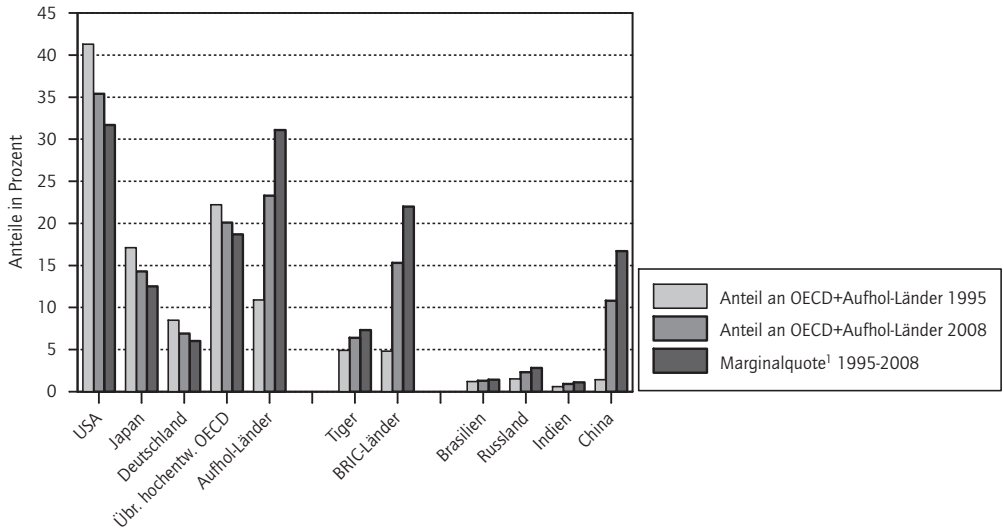
MEDI: Belgien, Niederlande, Österreich, Schweiz.

Quellen: OECD, Main Science And Technology Indicators (2011/1), SV Wissenschaftsstatistik, Eurostat-Datenbank, Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Abbildung 2

Anteil ausgewählter OECD- und Aufhol-Länder an der Entwicklung der FuE-Kapazitäten der Wirtschaft

Unternehmerische FuE-Aufwendungen (BERD)



1 Marginalquote: Anteil des jeweiligen Landes bzw. der jeweiligen Ländergruppe am gesamten Zuwachs der FuE-Aufwendungen in OECD- und Aufholländern 1995 bis 2008.

Übrige hochentwickelte OECD: OECD ohne USA, JPN, GER, KOR, TUR, POL, HUN, CZE, SVK, MEX. Aufhol-Länder: Tiger (Südkorea, Taiwan, Singapur), BRIC (Brasilien, Russland, Indien, China), Tschechische Republik, Slowakische Republik, Ungarn, Polen, Slowenien, Rumänien, Bulgarien, Estland, Lettland, Litauen, Türkei, Mexiko.

Quellen: OECD, MSTI 1/2011, Eurostat, MOST India (2009), MCT do Brasil (2010), Berechnungen des NIW.

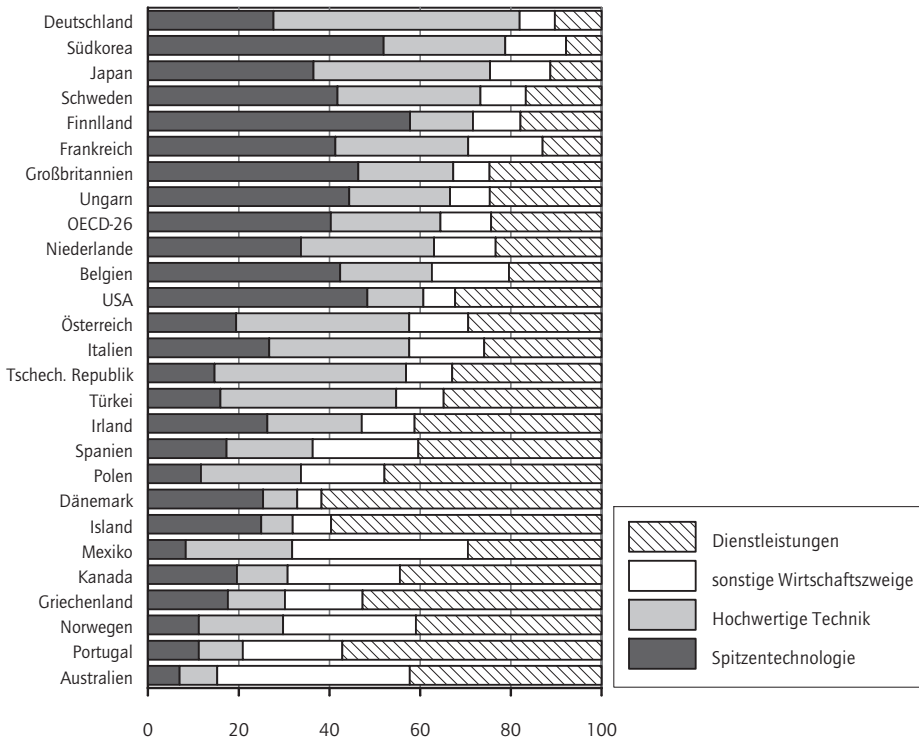
wert dynamischen Konkurrenz aus aufstrebenden, bevölkerungsreichen und wachstumsstarken Schwellenländern gegenüber. Diesen Ländern gelingt es immer mehr, sich auch in forschungs- und wissensintensiven Wirtschaftszweigen zu etablieren. Einige Aufhol-Länder, insbesondere die BRIC-Staaten, sind mit ihrem FuE-Volumen allein aufgrund ihrer Größe in die Weltspitze einzuordnen. Insbesondere China hat dabei eine enorme Eigendynamik entwickelt. Dies bedeutet einerseits eine deutliche Ausweitung des weltwirtschaftlichen Innovationspotenzials, andererseits haben sich jedoch – wenn man die Dynamik in den etablierten Ländern Korea und Japan mitzählt – die weltwirtschaftlichen FuE-Gewichte klar in Richtung Asien verlagert (Abbildung 2).

3.2 FuE-Sektoralstruktur im internationalen Vergleich

In den OECD-Ländern wurden im Jahr 2008 fast zwei Drittel der gesamten internen FuE-Ausgaben der Wirtschaft in forschungsintensiven Industriesektoren aufgewendet, wobei 40 Prozent auf Wirtschaftszweige des Spitzentechnologiesektors und 24 Prozent auf Zweige der Hochwertigen Technik entfielen. Fast ein Viertel wurde im Dienstleistungsbereich aufgewendet. Andere Wirtschaftszweige, worunter die nicht forschungsintensiven Industrien, die Energie- und Wasserversorgung, das Baugewerbe sowie die Landwirtschaft subsummiert sind, tätigten elf Prozent

Abbildung 3

Internationaler Vergleich der Verteilung der FuE-Aufwendungen auf Wirtschaftsbereiche 2008



Quellen: OECD, ANBERD Database, Eurostat-Datenbank, Berechnungen und Schätzungen des NIW.

der der FuE-Ausgaben (Tabelle A1 im Anhang). Damit hat sich der Anteil des Dienstleistungssektors deutlich erhöht (1995: 16 Prozent). Dieser Zuwachs ist ausschließlich zulasten des Bereichs der Hochwertigen Technik gegangen, auf den 1995 noch 31 Prozent der FuE-Aufwendungen der OECD-Länder entfielen (2008: 24 Prozent). Insofern ist in längerer Frist in den OECD-Ländern ein klarer FuE-Strukturwandel hin zu Spizentechnik und Dienstleistungen zu verzeichnen.

Deutschland weicht stark von der Struktur des Durchschnitts ab. Mit 82 Prozent erreichen forschungsintensive Industrien den höchsten Anteil der FuE-Aufwendungen unter den darstellbaren OECD-Ländern. Auf FuE im Dienstleistungsbereich entfällt mit lediglich gut zehn Prozent hingegen ein eher niedriger Anteil, ähnlich in Korea, Japan und Frankreich, wo dieser Sektor auf rund acht bis zwölf Prozent der FuE-Aufwendungen kommt (Abbildung 3). Den Schwerpunkt bildet in Deutschland seit Jahren der Sektor Hochwertige Technik, der 54 Prozent der FuE-Aufwendungen auf sich vereint. Ein ähnlich hohes Gewicht dieses Sektors ist in keinem anderen OECD-Land auch nur annähernd zu finden. In vielen Ländern werden zudem im Spizentechnologiesektor deutlich mehr FuE-Mittel verwendet als in der Hochwertigen Technik. In

Tabelle 1

Struktur der FuE-Ausgaben 2008 in der OECD-26

| Sektor | Vertikalstruktur ¹ in Prozent | Anteile von ... an der OECD-26 | | | | | |
|-------------------------|---|--------------------------------|------|------|------|-----|------------------|
| | | OECD ² | USA | JPN | KOR | GER | FRA ² |
| Spitzentechnologie | 40,4 | 52,4 | 16,3 | 6,4 | 6,0 | 4,6 | 4,4 |
| Pharmazeutika | 12,4 | 56,3 | 13,8 | 0,8 | 5,2 | 4,8 | 8,4 |
| Büromaschinen/EDV | 2,5 | 57,9 | 27,3 | 1,8 | 5,5 | 1,3 | 0,8 |
| Nachrichtentechnik | 13,9 | 39,3 | 23,3 | 17,5 | 4,5 | 3,4 | 1,2 |
| MSR-Technik | 5,7 | 53,6 | 16,0 | 1,0 | 10,9 | 4,9 | 2,5 |
| Luft- und Raumfahrzeuge | 6,0 | 71,4 | 0,8 | 0,8 | 6,6 | 8,0 | 6,9 |
| Hochwertige Technik | 24,1 | 22,3 | 29,0 | 5,7 | 19,7 | 5,4 | 3,3 |
| Industriechemikalien | 4,1 | 27,4 | 26,5 | 5,8 | 14,9 | 6,1 | 3,7 |
| Maschinenbau | 5,8 | 26,3 | 25,6 | 4,1 | 16,5 | 3,5 | 3,5 |
| Elektrotechnik | 3,1 | 15,7 | 44,4 | 3,6 | 8,8 | 6,4 | 4,5 |
| Automobilbau | 10,7 | 19,0 | 28,2 | 6,5 | 27,0 | 5,9 | 2,9 |
| übrige Fahrzeuge | 0,5 | 48,5 | 12,6 | 0,8 | 7,8 | 7,3 | 1,6 |
| Übrige Industriezweige | 8,9 | 31,5 | 24,0 | 4,6 | 6,9 | 6,6 | 2,8 |
| Dienstleistungen | 24,3 | 58,1 | 8,4 | 1,6 | 3,7 | 2,3 | 3,9 |
| Übrige Wirtschaft | 2,2 | 12,1 | 13,5 | 8,3 | 2,7 | 9,9 | 2,5 |
| Insgesamt | 100,0 | 43,7 | 18,0 | 5,1 | 8,8 | 4,5 | 3,8 |

1 Anteil der Sektoren an den internen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in Prozent.

2 Geschätzt.

OECD-26: vgl. Abbildung 3.

Quellen: OECD, ANBERD Database, Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Deutschland liegt dessen Anteil bei knapp 28 Prozent, im OECD-Durchschnitt sind es insgesamt gut 40 Prozent.

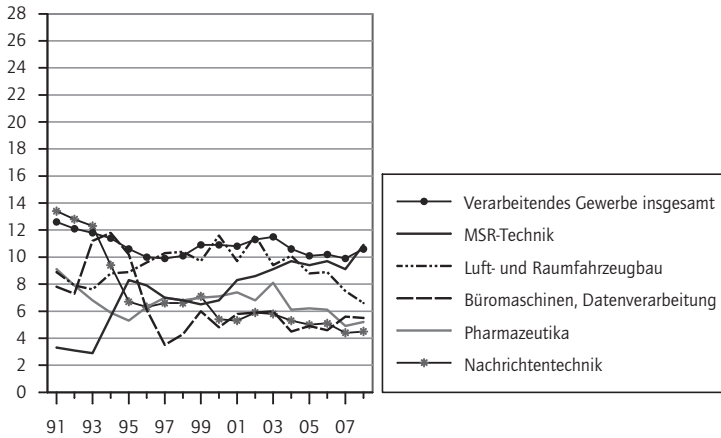
In den USA sticht zudem der im Vergleich zu Deutschland und Japan hohe Anteil des Dienstleistungssektors an den FuE-Aufwendungen (32 Prozent) hervor. Dies mag auch die Stärke der USA im Spitzentechnologiesektor begünstigen, denn die Verflechtungen zwischen hochwertigen Dienstleistungen und Spitzentechnologieproduktion sind besonders intensiv. Zu einem gewissen Teil ist die sehr viel höhere Bedeutung von FuE im Dienstleistungssektor in den USA aber auch auf unterschiedliche Erfassungs- und Zuordnungssystematiken in der FuE-Statistik zurückzuführen.

Dabei wird die sektorale Verteilung der FuE-Aufwendungen im OECD-Raum ganz maßgeblich von wenigen Ländern, insbesondere den USA, bestimmt (Tabelle 1): So wird über die Hälfte der Aufwendungen für die Durchführung von FuE in Spitzentechnologiesektoren in den USA investiert. Im Dienstleistungsbereich sind es sogar 58 Prozent. Absolut dominieren die USA auch

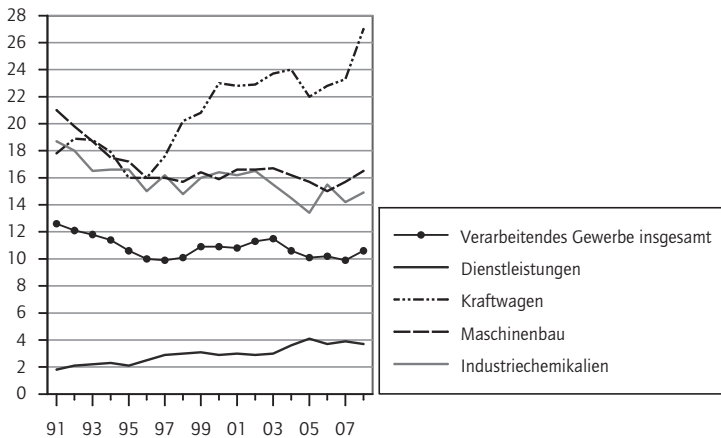
Abbildung 4

Anteil Deutschlands an den internen FuE-Aufwendungen der OECD in ausgewählten Sektoren¹
1991–2008 in Prozent

Sektoren der Spitzentechnik



Sektoren der Hochwertigen Technik und Dienstleistungen



1 OECD-26, vgl. Abbildung 3

2 2008 OECD geschätzt.

Quellen: OECD, ANBERD-Database, STI Database, Eurostat-Datenbank, Berechnungen und Schätzungen des NIW.

alle einzelnen Spitzentechnologiebranchen. Relative Stärken¹² weisen hier nur noch Japan in den Sektoren Büromaschinen/EDV und Nachrichtentechnik sowie Korea in der Nachrichtentechnik

¹² Gemessen im Vergleich des jeweiligen Anteils des Sektors eines Landes mit dem durchschnittlichen Anteil des jeweiligen Landes an den FuE-Aufwendungen der OECD insgesamt. Japan weist bei Büromaschinen/EDV einen Anteil von 27,3 Prozent an allen FuE-Ausgaben dieses Sektors in der OECD auf, aber nur einen Anteil von 18 Prozent an allen FuE-Ausgaben in der OECD (Tabelle 1).

auf. Deutschland ist in diesem Bereich nur in der MSR-Technik stark, Frankreich und Großbritannien im Bereich der Luft- und Raumfahrttechnik, Großbritannien zusätzlich auch noch in der Pharmaforschung.

Eine sehr viel ausgeglichene internationale Verteilung der FuE-Kapazitäten ergibt sich in den Sektoren der Hochwertigen Technik, wo Japan mit einem Anteil von 29 Prozent die Spitzenposition vor den USA hält. Insbesondere im Automobilbau wurden 2008 in Japan und in Deutschland jeweils mehr FuE-Mittel aufgewendet als in den USA. Japan weist mit Ausnahme des sehr kleinen „übrigen Fahrzeugbaus“ in allen Sektoren relative Stärken auf, Deutschland erreicht neben dem Automobilbau noch überdurchschnittlich hohe FuE-Anteile im Maschinenbau sowie bei Industriechemikalien. Darüber hinaus lassen sich auch für Korea und Frankreich relative Stärken im Automobilbau feststellen.

Eine längerfristige Betrachtung über die vergangenen 20 Jahre (Abbildung 4) verdeutlicht die verhältnismäßig hohe Stabilität von Strukturen beziehungsweise Trends bei FuE in der deutschen Wirtschaft, wenn man sie mit den westlichen Industrieländern vergleicht:

- Die Bedeutung der FuE-Kapazitäten der deutschen Industrie in der OECD ist am leichtesten an der Kurve der Verarbeitenden Industrie abzulesen. Bis 1997 sank der Anteil von 12,5 Prozent auf 10 Prozent ab und hat dieses Niveau seitdem in etwa gehalten.
- Deutschlands Stärken liegen im Automobilbau, im Maschinenbau und in der Chemischen Industrie. Darunter hat sich jedoch lediglich der Automobilbau mit einer Steigerung des Anteils an den FuE-Kapazitäten im OECD-Raum von 18 auf 27 Prozent von den für Deutschland allgemein zu beobachtenden Trends deutlich positiv absetzen können.
- In der Spitzentechnik erreicht Deutschland bei FuE in keinem einzigen Teilsektor Spezialisierungsvorteile, auch wenn es in der MSR-Technik klare Verbesserungen gegeben hat. Dienstleistungen spielen im deutschen FuE-Portfolio nur eine vergleichsweise untergeordnete Rolle. Zwar haben sie bis 2005 auf niedrigem Niveau leicht zugelegt, sind seitdem jedoch nicht mehr vorangekommen.

3.3 FuE-Intensitäten im internationalen Vergleich

Der Beitrag der einzelnen Sektoren der deutschen Wirtschaft zum erfassten weltweiten FuE-Aufkommen ist natürlich stark durch deren gesamtwirtschaftliche Bedeutung geprägt. Niedrige FuE-Anteile einzelner Wirtschaftszweige können nur dann als Indiz für Wettbewerbsnachteile gewertet werden, wenn sie im Vergleich zu ihren Konkurrenten weniger forschungsintensiv produzieren. Im Folgenden wird – gemessen am FuE-Ausgabenanteil am Produktionswert – untersucht, wie sich die Forschungsintensität einzelner Wirtschaftszweige in Deutschland im Vergleich zu den USA und Japan darstellt.

Bezogen auf die Gewerbliche Wirtschaft fällt der FuE-Anteil am Produktionswert in Deutschland mit 1,3 Prozent (2007)¹³ niedriger aus als in den USA (1,5 Prozent) und in Japan (1,8 Prozent). Gegenüber Japan ergibt sich aus deutscher Sicht im Hinblick auf die Industrie ein deutlicher Rückstand (Abbildung 5): Diese produzierte in Japan mit 3,4 Prozent 2008 mehr als doppelt so FuE-intensiv wie in Deutschland (1,5 Prozent) und auch deutlich FuE-intensiver als in den USA (2,1 Prozent). Demgegenüber zeichnen sich die USA gegenüber Deutschland und Japan durch eine sehr viel höhere FuE-Intensität im Dienstleistungssektor aus (1,0 Prozent). In Deutschland betragen die FuE-Ausgaben am Produktionswert dieses Sektors lediglich 0,3 Prozent (Japan: 0,4 Prozent 2007). FuE ist im deutschen Dienstleistungssektor also nach wie vor ein wesentlich weniger bedeutender Aktionsparameter als in der industriellen Produktion – trotz der vergleichsweise hohen Verbreitung von Innovationsaktivitäten (vgl. Rammer und Pesau 2011).

Innerhalb der forschungsintensiven Industrie weichen die Intensitäten in Deutschland zum Teil erheblich von den entsprechenden Werten für die USA und Japan ab (Abbildung 5).

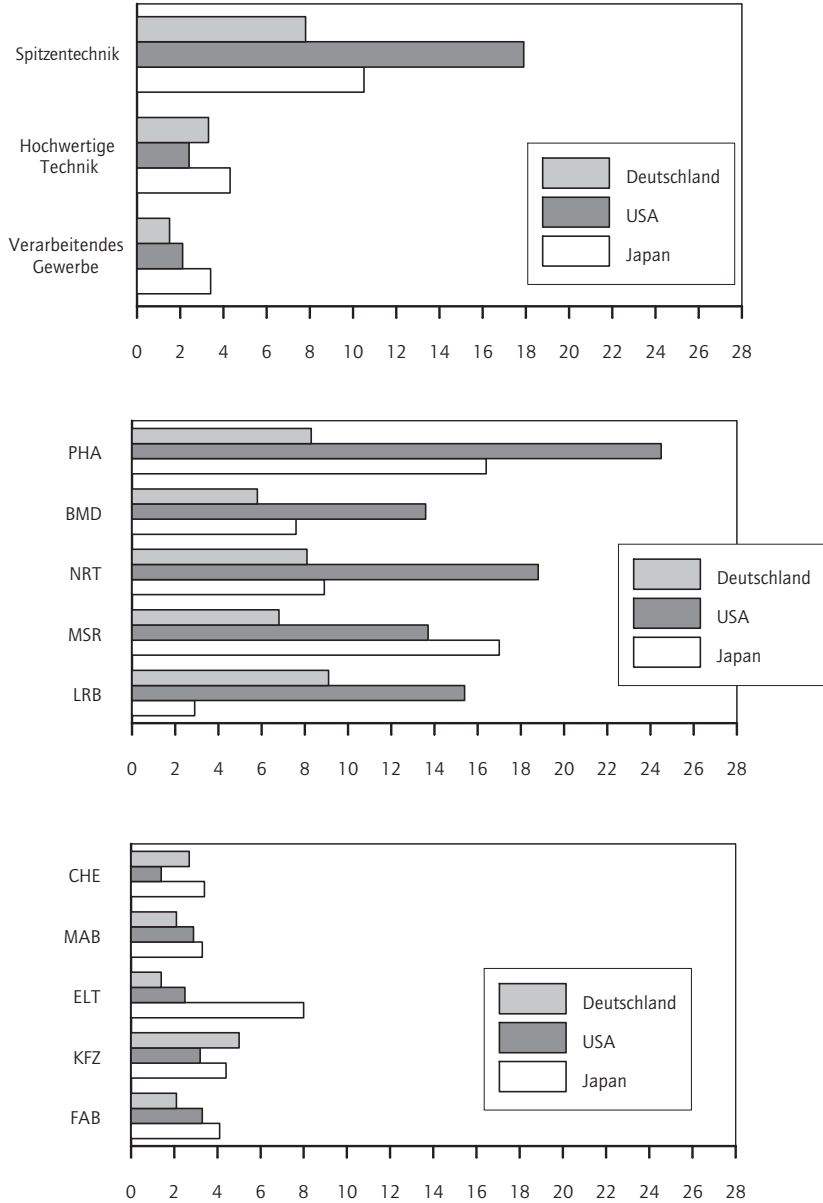
- Im Spitzentechniksektor ist Japan bei MSR-Technik an erster Stelle zu finden. Ansonsten liegen jeweils die USA deutlich vorn. Deutschland fällt insbesondere bei Pharmaprodukten und MSR-Technik deutlich hinter beide Vergleichsländer zurück. Im Luft- und Raumfahrzeugbau, bei Nachrichtentechnik/Elektronik und Büromaschinen/Datenverarbeitung schneidet Deutschland vergleichsweise günstiger ab; abgesehen vom Luft- und Raumfahrzeugbau ist die FuE-Intensität in den Spitzentechniksektoren nur höchstens halb so hoch wie in den USA.
- In der Hochwertigen Technik ergibt sich eine andere Hierarchie: Deutschland hat gegenüber beiden Vergleichsländern FuE-Intensitätsvorteile im Automobilbau, gegenüber den USA zusätzlich in der Chemieindustrie, produziert in Elektrotechnik und Maschinenbau sowie im übrigen Fahrzeugbau, der allerdings von seiner Größe her kaum ins Gewicht fällt, jedoch weniger FuE-intensiv als Japan und die USA. Japan liegt nur im Automobilbau knapp hinter Deutschland zurück und hat sonst jeweils die Spitzenposition inne, besonders ausgeprägt in der Elektrotechnik.

Soweit es an den sektoralen FuE-Intensitäten bis 2008 ablesbar ist, war die deutsche Industrieforschung lange Zeit – im Vergleich zu ihren internationalen Konkurrenten – in den meisten der Spitzentechnologiebereiche nicht so stark vertreten, wie es der an der Produktion gemessenen weltwirtschaftlichen Bedeutung entsprochen hätte. Über Jahrzehnte hinweg hat sie sehr stark auf die kompetente Anwendung und Umsetzung von (zu einem großen Teil importierten) Spitzenerforschungsergebnissen in Bereichen gesetzt, in denen zwar auch noch viel und anspruchsvoll geforscht und entwickelt werden muss, jedoch nicht so aufwendig wie im Spitzentechnologiebereich. Der Erfolg gab ihr lange Zeit Recht: Die FuE-Spezialisierung auf eine breite Palette von Gütern der Hochwertigen Technik hat Deutschland eine führende Position im internationalen Technologiewettbewerb beschert, Einkommen und Beschäftigung haben sich in diesen Bereichen der höheren und mittleren Technologie (Chemie, Elektroindustrie, Maschinen- und Fahrzeugbau) besser entwickelt als im Bereich der Spitzentechnologie – hier hat sich eine geschickte und kreative Kombination von angestammten Kompetenzen mit neuen Spitzentechnologien

13 Die für die Berechnungen notwendigen Produktionsdaten für den Dienstleistungsbereich und demzufolge auch für die Gewerbliche Wirtschaft insgesamt sind für Japan erst bis zum Jahr 2007 verfügbar.

Abbildung 5

FuE-Intensität in forschungsintensiven Industriezweigen 2008¹



PHA = Pharmazeutische Erzeugnisse, LRB = Luft- und Raumfahrzeugbau, NRT = Nachrichtentechnische Geräte und Einrichtungen, BMD = Büromaschinen, Datenverarbeitung, MSR = Mess, Kontrol-, Navigations- und ähnliche Instrumente und Vorrichtungen, FAB = sonstiger Fahrzeugbau, KFZ = Kraftwagen und Kraftwagenteile, ELT = Geräte der Elektrizitätserzeugung, -verteilung und Ähnliches, MAB = Maschinenbau.

¹ Interne FuE-Ausgaben in Prozent des Produktionswertes.

Quellen: OECD, ANBERD-Datenbank, OECD, STAN-Datenbank, Berechnungen und Schätzungen des NIW.

ausgezahlt (vgl. Cordes und Gehrke 2011 für die Entwicklung der Spitzentechnologie im letzten Jahrzehnt).

4 **Konjunkturabhängigkeit der FuE-Aufwendungen im internationalen Vergleich**

Die FuE-Aufwendungen der Wirtschaft variieren in der großen Mehrzahl der OECD-Länder im Konjunkturverlauf deutlich stärker als das Bruttoinlandsprodukt (vgl. Abschnitt 2). Dabei fällt das Ausmaß der Konjunkturreagibilität zwischen den Ländern sehr unterschiedlich aus. Dies ist nicht zuletzt auf die unterschiedliche sektorale Verteilung der FuE-Kapazitäten in den Ländern zurückzuführen, denn die Wirtschaftssektoren reagieren sehr unterschiedlich auf konjunkturelle Nachfrageveränderungen. Entsprechend unterschiedlich sind auch die Anpassungen der FuE-Investitionen im Krisenjahr 2009 ausgefallen.

Im Schnitt der OECD-Länder haben die FuE-Aufwendungen der Wirtschaft zwischen 1995 und 2008 mit einer Elastizität von 1,5 deutlich stärker variiert als das Bruttoinlandsprodukt (Tabelle 2). Deutschland weicht hier ähnlich wie die USA und Japan nur wenig von OECD-Schnitt ab. In anderen kleineren OECD-Ländern ist die Elastizität von FuE gegenüber dem BIP zum Teil deutlich höher. Es zeigt sich, dass die Konjunkturreagibilität nicht unabhängig von der Wirtschaftsstruktur ist: Im OECD-Schnitt reagieren Unternehmen aus Wirtschaftszweigen der Hochwertigen Technik mit einem Faktor 1,9 und solche aus Wirtschaftszweigen aus dem Bereich der Spitzentechnik sogar mit dem Faktor 2,5 auf konjunkturelle Schwankungen. Nach diesen Erfahrungswerten wäre demnach zu erwarten, dass die Unternehmen weltweit ihre FuE-Anstrengungen im Krisenjahr 2009 deutlich gesenkt haben.

Dabei weisen die einzelnen Länder allerdings erhebliche Unterschiede auf. Für Deutschland ist eine überdurchschnittliche Konjunkturreagibilität der FuE-Aufwendungen im wichtigen Bereich der Hochwertigen Technik (2,4) statistisch gesichert. Es wäre danach zu erwarten gewesen, dass in Deutschland besonders Wirtschaftszweige der Hochwertigen Technik im Krisenjahr 2009 überproportionale Rückgänge bei den FuE-Aufwendungen hinnehmen mussten.

Diese Erwartungen wurden nur zum Teil erfüllt (Tabelle 3): So sind die FuE-Aufwendungen im OECD-Schnitt zwar deutlich stärker gesunken als das BIP. Zudem sind in Ländern, in denen sich die FuE-Kapazitäten in besonderem Maße auf Wirtschaftszweige der Hochwertigen Technik konzentrieren, sowohl die FuE-Aufwendungen als auch das BIP deutlich stärker zurückgegangen als in anderen Ländern, auch in solchen mit FuE-Schwerpunkt im Bereich der Spitzentechnik.¹⁴ Deutschland, das ebenfalls zu den Ländern mit FuE-Schwerpunkt im Bereich der Hochwertigen Technik zählt, weicht jedoch in zweifacher Hinsicht deutlich vom internationalen Trend ab: Zum einen sind die FuE-Aufwendungen hier 2009 real mit einem Minus von 3,6 Prozent deutlich weniger geschrumpft als das BIP mit -4,7 Prozent. Zum anderen ist der FuE-Rückgang

¹⁴ Diese Differenzierung nach Ländern mit einem überdurchschnittlichen Anteil von Wirtschaftszweigen der Hochwertigen Technik (HT-Länder) und der Spitzentechnik (ST-Länder) an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft im Jahr 2008 wurde als Indikator für sektorale Wachstumsunterschiede gewählt (Tabelle 3), weil für die meisten OECD-Länder noch keine sektoral differenzierten FuE-Daten für 2009 verfügbar sind.

Tabelle 2

Reagibilität der FuE-Aufwendungen im Konjunkturverlauf 1995–2008 nach Wirtschaftsbereichen¹

| | Gewerbliche Wirtschaft | Hochwertige Technik | Spitzentechnik | Dienstleistungen |
|-----------------------------|---------------------------|------------------------|----------------|------------------|
| Belgien | 2,4 | (1,8) | 4,3 | (0,4) |
| Kanada | 2,9 | 8,7 | (3,3) | (1,1) |
| Finnland | (1,4) | 2,7 | 3,6 | (4,0) |
| Deutschland | 1,4 | 2,4 | (-0,5) | (1,8) |
| Japan | 1,4 | 2,2 | 1,5 | (-4,2) |
| Korea | 1,8 | (1,5) | 2,8 | 5,9 |
| Niederlande | 2,4 | (0,8) | (2,2) | (1,3) |
| USA | 1,6 | 4,0 | (1,2) | (0,7) |
| OECD insgesamt ² | 1,5 | 1,9 | 2,5 | (0,7) |

1 Jährliche Veränderung der FuE-Aufwendungen in Relation zur jährlichen Veränderung des Bruttoinlandsprodukts (in US-Dollar zu konstanten Preisen und um Kaufkraftparitäten bereinigt). Geschätzt als Parameter b der Funktion $\ln(\text{FuE-Aufwendungen}) = a + b \cdot \ln(\text{BIP})$ für jedes Land mit \ln = erste Differenzen des natürlichen Logarithmus; nur Länder mit signifikanten Koeffizienten in mindestens zwei der analysierten Wirtschaftsbereiche; vgl. OECD (2009).

2 OECD-26, vgl. Abbildung 3. Daten zum Teil geschätzt.

In Klammern: Parameter nicht signifikant auf dem 10-Prozent-Niveau.

Quellen: MSTI, ANBERD, Berechnungen und Schätzungen des NIW.

in Deutschland weitaus geringer ausgefallen als im OECD-Schnitt und noch viel deutlicher gegenüber anderen Ländern mit FuE-Schwerpunkten im Bereich der Hochwertigen Technik.

Offensichtlich haben die deutschen Unternehmen in der Krise länger an FuE festgehalten als es – für sich genommen – der wirtschaftlichen Entwicklung entsprochen hätte. Neben einer insgesamt positiveren Grundeinstellung zu FuE ist dabei eine Reihe von Faktoren zusammengekommen, die allesamt zur Verstärkung von FuE in der deutschen Wirtschaft beigetragen ha-

Tabelle 3

Veränderung der FuE-Aufwendungen in der Wirtschaft und des Bruttoinlandsprodukts 2008/2009 in OECD-Ländern

| | Deutschland | OECD ¹ | darunter: HT-Länder ² | ST-Länder ³ | Übrige Länder ⁴ |
|----------------------|-------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------------|
| FuE-Aufwendungen | -3,6 | -5,7 | -8,1 | -4,7 | -2,6 |
| Bruttoinlandsprodukt | -4,7 | -3,5 | -4,9 | -2,8 | -3,0 |

US-Dollar zu konstanten Preisen 2000 und um Kaufkraftparitäten bereinigt in Prozent

1 OECD-26, vgl. Abbildung 3. Daten zum Teil, insbesondere USA und Korea 2009, geschätzt.

2 HT-Länder: JPN, NED, GER, ITA, AUT, TUR, CZE.

3 ST-Länder: FIN, KOR, USA, GBR, HUN, BEL, SWE, FRA.

4 Übrige OECD-Länder: IRL, DEN, ISL, CAN, GRE, ESP, POL, NOR, MEX, AUS.

Quellen: MSTI (1/2011), ANBERD, Berechnungen und Schätzungen des NIW.

ben. Zu nennen sind dabei sowohl staatliche Gegensteuerungsmaßnahmen (Geldpolitik, Konjunkturprogramme, Arbeitsmarktregelungen) als auch die (sich bestätigende) Erwartung eines schnellen Wiederanziehens der Konjunktur. Hauptverantwortlich für den Rückgang der deutschen FuE-Aufwendungen im Jahr 2009 waren die Automobilindustrie (Hochwertige Technik) und die Hersteller von DV-Geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (Spitzentechnik) (vgl. Schasse et al. 2011 und Wissenschaftsstatistik 2011). Im Gegensatz dazu haben die weniger konjunkturabhängigen Branchen wie die Pharmazeutische Industrie und die Ernährungsindustrie, aber auch die Metallerzeugung und -bearbeitung ihre FuE-Aufwendungen 2009 gegen den Trend ausgeweitet. Auch die deutschen Dienstleistungsunternehmen (insbesondere IuK-Dienstleister) haben ihre internen FuE-Kapazitäten 2009 weiter ausgebaut, was dazu geführt hat, dass sich der sektorale FuE-Strukturwandel in der deutschen Wirtschaft im Gefolge der Finanz- und Wirtschaftskrise beschleunigt hat: So ist der Anteil von Dienstleistungsunternehmen an den internen FuE-Aufwendungen von 2007 bis 2009 von 10,5 Prozent auf 12,1 Prozent gestiegen. Dieser Effekt dürfte jedoch auch weltweit zu beobachten gewesen sein.

5 Ausblick

Das deutsche Spezialisierungsmuster – relativ schwache Präsenz bei Wirtschaftszweigen der Spitzentechnik und bei Dienstleistungen, Spitze bei Industrien der Hochwertigen Technik – zieht sich wie ein roter Faden durch das „deutsche Innovationssystem“, ist also nicht nur bei FuE, sondern auch in der Wirtschaftsstruktur und im Außenhandel (vgl. Döhrn, Engel und Stiebale 2008, Belitz et al. 2011) oder bei Patenten (vgl. Frietsch et al. 2011) sichtbar. Die darüber belegte hohe technologische Leistungsfähigkeit deutscher Unternehmen hat über Jahrzehnte maßgeblich zur Sicherung von Wachstum, Wohlstand und Einkommen in Deutschland beigetragen.

Im Verlauf der Krise sind die FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in Deutschland entgegen früherer Erfahrungen weniger stark zurückgenommen worden als in anderen hochentwickelten Ländern mit ähnlicher FuE-Spezialisierung, aber auch in solchen mit Schwerpunkt im Spitzentechnikbereich. Mittelfristig hat die deutsche Wirtschaft jedoch trotz gesteigerter Anstrengungen insgesamt nicht mit dem FuE-Wachstum in wichtigen Konkurrenzländern mitgehalten.

Insofern stellt sich die Frage, ob die deutsche FuE-Spezialisierung vor dem Hintergrund sich wandelnder gesamtwirtschaftlicher Rahmenbedingungen und Herausforderungen auch zukünftig Erfolg versprechend sein kann. Eine im internationalen Vergleich geringe FuE-Intensität der deutschen Wirtschaft im Bereich der Spitzentechnik und bei Dienstleistungen könnte sich langfristig nachteilig auswirken, wenn dadurch die Teilhabe an neuen Wachstumsfeldern und Querschnittstechnologien gefährdet ist (zum Beispiel Life Science, Biotechnologie, Nanotechnologie, Mobilitätsdienstleistungen und Ähnliches):

- Der Strukturwandel vollzieht sich immer schneller, die Lebenszyklen von Produkten und Leistungen verkürzen sich. Es bleibt weniger Zeit zum Importieren von Tech-

nologien und für zeitraubende Anpassung. Mehr eigene Spitzentechnologien sind dann von Vorteil.

- Deutschland schien lange Zeit in Bezug auf grundlegende Innovationen in neu entstehenden Technologiefeldern wie der Biotechnologie oder den Informations- und Kommunikationstechnologien eher komparative Nachteile aufzuweisen, die zumindest teilweise auf institutionelle Ursachen zurückgeführt werden konnten (vgl. Soskice und Hall 2000).
- Spitzentechnologien strahlen als „General-purpose“-Technologien auch erheblich auf FuE in anderen Bereichen aus und haben meist eine hohe Breitenwirkung. Ein Beispiel hierfür ist die Biotechnologie, die als Schlüsseltechnologie nicht nur für die Entwicklung von neuen Arzneimitteln gilt. So kann als sicher gelten, dass die über einen längeren Zeitraum hinweg relativ geringen FuE-Aufwendungen der Pharmazeutischen Industrie in Deutschland auch auf einen gewissen Entwicklungsrückstand biotechnologischer Forschung in Deutschland zurückgeführt werden können (Gaiser, Nusser und Reiß 2005, Nusser, Soete und Wydra 2007).
- In den entwickelten Industrienationen bildet unternehmerische FuE das Rückgrat der nationalen Innovationssysteme. Aber auch in den großen Schwellenländern wird FuE in den Unternehmen im Zuge des technologischen Aufholprozesses immer wichtiger. Vor allem China hat in den letzten 15 Jahren maßgeblich zur Ausweitung der weltweiten FuE-Kapazitäten der Wirtschaft beigetragen.¹⁵ Knapp ein Fünftel der FuE-Aufwendungen des Verarbeitenden Gewerbes entfällt in China auf den Elektronik- und IuK-Sektor. Fahrzeugbau, Maschinenbau, Eisenerzeugung und -verarbeitung sowie Elektrotechnik beanspruchen Anteile zwischen 15 und elf Prozent. Die Forschungskapazitäten sind also durchaus breit gestreut und betreffen nicht nur den IuK/Elektroniksektor, sondern durchaus auch deutsche Domänen (Maschinen- und Fahrzeugbau), auch wenn sich die FuE-Anstrengungen noch nicht in entsprechenden „Ergebnisindikatoren“ wie zum Beispiel der Zahl internationaler Patente niederschlagen.¹⁶ Zudem ist davon auszugehen, dass auch die öffentlichen FuE-Ausgaben, denen in Schwellenländern generell überproportional hohes Gewicht zukommt, in Ländern wie China und Indien weiter kräftig ausgeweitet werden. Die World Intellectual Property Organization (WIPO) begründet hieraus unter anderem die Erwartung, dass es im Gefolge der Wirtschaftskrise zu einer Beschleunigung der weltweiten Verschiebung von FuE-Aktivitäten in die schnell wachsenden Schwellenländer kommt, weil

15 Vgl. Abbildung 2 in Abschnitt 3.1. In China liegt der Anteil der Wirtschaft an den gesamten FuE-Kapazitäten mittlerweile bei knapp drei Viertel. Mit FuE-Ausgaben von 88 Milliarden Dollar KKP lag China damit in 2008 vor Deutschland (57 Milliarden Dollar KKP) und hinter den USA und Japan auf Rang 3 der forschungsreichsten Länder.

16 Zwar hat sich die Zahl internationaler Patentanmeldungen aus China seit dem Jahr 2000 etwa verachtfacht. Bezogen auf die Zahl der Erwerbspersonen sind die Patentaktivitäten Chinas bei Weitem noch nicht vergleichbar mit denen der entwickelten Industrienationen: Im Jahr 2007 kamen sieben High-Tech-Patentanmeldungen auf eine Million Erwerbspersonen, im Durchschnitt der EU waren es 229, in Deutschland 556 (vgl. Frietsch et al. 2010). Dies dürfte auch damit zusammenhängen, dass bisher noch 96 Prozent der unternehmerischen FuE-Aufwendungen in China in die experimentelle Entwicklung gehen, also die Verbesserung von Produkten und Prozessen. Zum Vergleich: Im Durchschnitt der OECD (21 Länder) werden rund 68 Prozent der Aufwendungen für experimentelle Entwicklung verwendet, in Deutschland beträgt der Anteil gar nur 46 Prozent.

diese sowohl in der Wirtschaft als auch im öffentlichen Bereich die Nase vorn haben werden (vgl. WIPO 2010).

Allerdings zeigt Deutschland sowohl in der Wirtschafts- als auch in der Außenhandelsstruktur in den Sektoren der Hochwertigen Technik ein großes Beharrungsvermögen und eine vergleichsweise hohe FuE-Intensität. Selbst wenn die mittelfristigen Expansionschancen hier geringer eingeschätzt werden sollten als in Spitzentechnikbranchen, können mit dieser Basis mögliche Wachstumsnachteile kompensiert werden, wenn es gelingt, FuE dort weiter zu intensivieren und die Innovationspotenziale noch besser auszuschöpfen. Zudem sind die technologischen Unsicherheiten und Risiken in diesen Sektoren kalkulierbarer als in den Zweigen, die besonders hohe FuE-Anforderungen je Produkteinheit erfordern.

Eine sehr schnelle und starke Ausrichtung auf extrem forschungsintensive Spitzentechnologien, deren Wertschöpfungsbeitrag oftmals zumindest über lange Zeit sehr gering ist, und auf wissensintensive Dienstleistungen wäre für einen „Universalanbieter“ wie Deutschland vor dem Hintergrund seiner gewachsenen Strukturen und traditionellen Ausrichtung nicht auf Anhieb Erfolg versprechend. Es geht aus deutscher Sicht auch nicht notwendigerweise um eine grundlegende Umwälzung bestehender Strukturen, die ohnehin kaum zu vollziehen wäre. Vielmehr stellt sich die Frage, ob die Spezialisierung Deutschlands auch noch in der Zukunft in die richtige Richtung weist, das heißt, ob sie für die Herausforderungen der Märkte von morgen wie Informationsverarbeitung, Gesundheit, Umwelt und Klimaschutz und so weiter ausreichend mit neuestem Wissen ausgestattet ist.

Insofern wäre zu überprüfen, ob die Produktions- und Marktbedingungen in Deutschland ausreichend Expansionsmöglichkeiten und damit genügend Anreize für FuE und Innovationen in den weltwirtschaftlich stärker wachsenden Spitzentechnologie- und Dienstleistungsbereichen bieten.¹⁷ Nicht unwichtig ist in diesem Zusammenhang das marktseitige und gesellschaftliche Umfeld für neue Technologien, wie es sich in hochwertiger und anspruchsvoller Nachfrage, Akzeptanz, Regulierungen, Wettbewerbsintensität und Ähnlichem widerspiegelt. Dies gilt nicht nur für Spitzentechnologien, sondern insbesondere für Innovationen im Dienstleistungssektor.

Literaturverzeichnis

- Aghion, P., P. Askenazy, N. Berman, G. Clette und L. Eymard (2008): *Credit Constraints and the Cyclicity of R&D Investment: Evidence from France*. Notes D'Études et de Recherche NER – R # 198, Banque de France. www.banque-france.fr/gb/publications/ner/I-198.htm
- Barras, R. (1986): Toward a Theory of Innovation in Services. *Research Policy*, 15, 161–173.
- Belitz, H. (2011): Internationalisierung von FuE deutscher MNU im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem 5-2011. Berlin.
- Belitz, H., M. Clemens, M. Gornig, F. Mölders, A. Schiersch und D. Schumacher (2011): Die deutsche forschungsintensive Industrie in der Finanz- und Wirtschaftskrise im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem 4-2011. DIW Berlin.

17 Innerhalb des Spitzentechnologiesegments hat sich das Wachstum in den IuK-orientierten Zweigen (DV, Nachrichtentechnik) mittlerweile in Nicht-OECD-Länder in Asien (vor allem China und Indien) verlagert. Dies wird auch in der regionalen Verteilung der Weltmarktpatente in diesem Technologiefeld deutlich, vgl. Frietsch et al. (2010). In den OECD-Ländern findet dagegen kein weiterer Ausbau der FuE-Kapazitäten statt.

- Cordes, A. und B. Gehrke (2011): Außenhandel, Strukturwandel und Qualifikationsnachfrage: Aktuelle Entwicklungen in Deutschland und im internationalen Vergleich. Studie zum deutschen Innovationssystem 3-2011. NIW, Hannover.
- Döhrn, R., D. Engel und J. Stiebale (2008): Außenhandel und ausländische Direktinvestitionen deutscher Unternehmen. Studie zum deutschen Innovationssystem 3-2008. RWI, Essen.
- European Commission (2009): The 2009 EU Industrial R&D Investment Scoreboard. Luxemburg.
- European Commission (2010): The 2010 EU Industrial R&D Investment Scoreboard. Luxemburg.
- European Commission (2011): Innovation Union Competitiveness Report. Luxemburg.
- Frietsch, R., U. Schmoch, P. Neuhäusler und O. Rothengatter (2010): Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments. Fraunhofer ISI Studie zum deutschen Innovationssystem 9-2010. Berlin.
- Frietsch, R., U. Schmoch, P. Neuhäusler und O. Rothengatter (2011): Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments. Fraunhofer ISI Studie zum deutschen Innovationssystem 9-2011. Berlin.
- Gaisser, S., M. Nusser und T. Reiß (2005): Stärkung des Pharma-Innovationsstandortes Deutschland. Fraunhofer ISI, ISI-Schriftenreihe „Innovationspotenziale“. Stuttgart.
- Grömling, M., K. Lichtblau und I. Stolte (2000): *Preussag Dienstleistungsreport 2000*. Köln.
- Klodt, H., R. Maurer und A. Schimmelpfennig (1997): *Tertiärisierung der deutschen Wirtschaft*. Institut für Weltwirtschaft, Kiel.
- Legler, H. und R. Frietsch (2006): Neuabgrenzung der Wissenswirtschaft – forschungsintensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen (NIW/ISI-Listen 2006). Studie zum deutschen Innovationssystem 22-2007. NIW und Fraunhofer ISI, Hannover/Karlsruhe.
- Legler, H. und U. Schasse (2009): *Produktionsstruktur und internationale Wettbewerbsposition der deutschen Umweltschutzwirtschaft*. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 03/09. Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Dessau und München.
- MCT Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil (2010): Indikatoren zu Wissenschaft und Technik (Indicadores nacionais de ciência e tecnologia. www.mct.gov.br/index.php/content/view/740.html?execview. 28.10.2010.
- Moncada-Paternò-Castello, P., C. Ciupagea, K. Smith, A. Tübke und M. Tubbs (2010): Does Europe Perform Too Little Corporate R&D? A Comparison of EU and Non-EU corporate R&D Performance. *Research Policy*, 39 (May 2010), 523–536.
- MOST Ministry of Science and Technology India (2009): Research and Development Statistics 2007-2008. www.nstmis-dst.org/rndststo7-08.htm. 28.10.2010.
- Nusser, M., B. Soete und S. Wydra (Hrsg.) (2007): *Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigungspotenziale der Biotechnologie in Deutschland*. Edition der Hans-Böckler-Stiftung. Nr. 197. Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.
- OECD (1997): *National Innovation Systems*. Paris.
- OECD (2000, 2010): *Science, Technology and Industry Outlook*. Paris.
- OECD (2005, 2007, 2009): *Science, Technology and Industry Scoreboard*. Paris.
- OECD (versch. Jgge.): *Main Science and Technology Indicators (MSTI)*. Paris.
- Rammer, C. und A. Pesau (2011): *Innovationsverhalten der Unternehmen in Deutschland 2009. Aktuelle Entwicklungen – Bundesländerunterschiede – internationaler Vergleich*. Studie zum deutschen Innovationssystem, 7-2011. ZEW, Mannheim.

- Rammer, C., C. Grenzmann et al. (2004): *FuE- und Innovationsverhalten von KMU und Großunternehmen unter dem Einfluss der Konjunktur*. Studie zum deutschen Innovationssystem 22-2004. Mannheim.
- Rammer, C., H. Legler et al. (2007): *Innovationsmotor Chemie 2007. Die deutsche Chemie-industrie im globalen Wettbewerb*. Studie des ZEW und des NIW im Auftrag der VCI mit Unterstützung der IGBCE. Mannheim/Hannover.
- Schasse, U., O. Krawczyk, B. Gehrke, G. Stenke und A. Kladroba (2011): *FuE-Aktivitäten von Wirtschaft und Staat im internationalen Vergleich*. Studie zum deutschen Innovationssystem 2-2011. Hannover/Essen.
- Schmoch, U., C. Rammer und H. Legler (Hrsg.) (2006): *National Systems of Innovation in Comparison. Structure and Performance Indicators for Knowledge Societies*. Dordrecht, Springer.
- Soskice, D. und P. Hall (2000): *Varieties of Capitalism*. Mimeo. Wissenschaftszentrum Berlin.
- Voßkamp, R. und J. Schmidt-Ehmcke (2006): FuE in der Wirtschaft – Auswirkungen auf Produktivität und Wachstum. In: H. Legler und C. Grenzmann (Hrsg.): *FuE-Aktivitäten der deutschen Wirtschaft*. Materialien zur Wirtschaftsstatistik, Heft 15, 7–18.
- Wirtschaftsstatistik (2011): FuE- facts. Zahlen und Fakten aus der Wirtschaftsstatistik GmbH im Stifterverband. Januar 2011. Essen.
- World Intellectual Property Organization (WIPO) (2010): *World Intellectual Property Indicators*. 2010 Edition. Genf.

Anhang

Tabelle A1

Deutschlands industrielle FuE-Struktur im internationalen Vergleich 1995–2008

| Sektor | OECD ¹ | | | | | | | | | | | | | | Deutschland | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Vertikalstruktur ² in Prozent | | | | | | | Horizontalstruktur ³ in Prozent | | | | | | | Vertikalstruktur ² in Prozent | | | | | | | Horizontalstruktur ³ in Prozent | | | | | | | | | | |
| | 1995 | 1997 | 1999 | 2001 | 2003 | 2005 | 2007 | 2008 | 1995 | 1997 | 1999 | 2001 | 2003 | 2005 | 2007 | 2008 | 1995 | 1997 | 1999 | 2001 | 2003 | 2005 | 2007 | 2008 | 1995 | 1997 | 1999 | 2001 | 2003 | 2005 | 2007 | 2008 |
| Spitzentechnologie | 40,3 | 42,1 | 37,6 | 37,6 | 36,7 | 40,8 | 40,5 | 40,4 | 32,9 | 33,9 | 30,5 | 29,3 | 30,2 | 30,6 | 27,9 | 27,7 | 7,5 | 6,9 | 7,3 | 6,8 | 7,5 | 6,5 | 6,5 | 6,0 | 7,5 | 6,9 | 7,3 | 6,8 | 7,5 | 6,5 | 5,8 | 6,0 |
| Pharmazeutika ⁴ | 8,0 | 8,1 | 8,0 | 7,3 | 9,0 | 12,3 | 13,2 | 12,4 | 4,7 | 6,5 | 6,2 | 6,3 | 8,0 | 8,8 | 7,7 | 7,4 | 5,3 | 7,0 | 7,0 | 7,4 | 8,1 | 6,2 | 4,9 | 5,2 | 5,3 | 7,0 | 7,0 | 7,4 | 8,1 | 6,2 | 4,9 | 5,2 |
| Büromaschinen/ EDV | 3,5 | 5,7 | 2,8 | 2,5 | 2,1 | 2,5 | 2,3 | 2,5 | 3,9 | 2,3 | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | 1,6 | 1,5 | 10,2 | 3,5 | 6,0 | 5,8 | 6,0 | 4,9 | 5,6 | 5,5 | 10,2 | 3,5 | 6,0 | 5,8 | 6,0 | 4,9 | 5,6 | 5,5 |
| Nachrichtentechnik ⁴ | 13,8 | 14,8 | 13,8 | 17,0 | 13,6 | 14,7 | 13,6 | 13,9 | 10,1 | 11,3 | 10,8 | 10,4 | 8,7 | 8,5 | 7,1 | 7,1 | 6,7 | 6,6 | 7,1 | 5,3 | 5,8 | 5,0 | 4,4 | 4,5 | 6,7 | 6,6 | 7,1 | 5,3 | 5,8 | 5,0 | 4,4 | 4,5 |
| MSR-Technik | 6,6 | 6,4 | 6,9 | 7,0 | 7,1 | 6,2 | 6,6 | 5,7 | 6,0 | 5,2 | 5,0 | 6,7 | 7,1 | 6,8 | 7,2 | 7,1 | 8,3 | 7,0 | 6,5 | 8,3 | 9,1 | 9,4 | 9,1 | 10,9 | 8,3 | 7,0 | 6,5 | 8,3 | 9,1 | 9,4 | 9,1 | 10,9 |
| Luft- und Raumfahrzeuge | 8,4 | 7,1 | 6,1 | 3,8 | 4,9 | 5,1 | 4,8 | 6,0 | 8,2 | 8,5 | 6,6 | 4,2 | 5,1 | 5,1 | 4,3 | 4,5 | 8,9 | 10,3 | 9,7 | 9,7 | 9,4 | 8,8 | 7,5 | 6,6 | 8,9 | 10,3 | 9,7 | 9,7 | 9,4 | 8,8 | 7,5 | 6,6 |
| Hochwertige Technik | 31,1 | 29,3 | 28,0 | 26,3 | 26,3 | 26,8 | 25,8 | 24,1 | 54,4 | 51,8 | 52,8 | 53,7 | 53,6 | 51,6 | 53,3 | 54,3 | 16,0 | 15,3 | 16,9 | 17,7 | 18,6 | 16,6 | 17,4 | 19,7 | 16,0 | 15,3 | 16,9 | 17,7 | 18,6 | 16,6 | 17,4 | 19,7 |
| Industriechemikalien | 7,4 | 6,5 | 6,0 | 5,4 | 5,1 | 5,0 | 4,3 | 4,1 | 13,4 | 12,2 | 10,7 | 10,0 | 8,7 | 7,7 | 7,3 | 7,0 | 16,6 | 16,2 | 16,0 | 16,2 | 15,5 | 13,4 | 14,2 | 14,9 | 16,6 | 16,2 | 16,0 | 16,2 | 15,5 | 13,4 | 14,2 | 14,9 |
| Maschinenbau | 6,1 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 5,4 | 5,9 | 6,0 | 5,8 | 11,4 | 11,0 | 10,1 | 10,4 | 9,9 | 10,7 | 11,1 | 10,9 | 17,2 | 16,0 | 16,4 | 16,6 | 16,7 | 15,7 | 15,7 | 16,5 | 17,2 | 16,0 | 16,4 | 16,6 | 16,7 | 15,7 | 15,7 | 16,5 |
| Elektrotechnik | 4,9 | 4,5 | 3,9 | 3,9 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,1 | 7,2 | 3,0 | 3,0 | 3,2 | 2,8 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 13,4 | 5,8 | 7,0 | 7,0 | 8,1 | 8,1 | 8,3 | 8,8 | 13,4 | 5,8 | 7,0 | 7,0 | 8,1 | 8,1 | 8,3 | 8,8 |
| Automobilbau | 12,2 | 11,9 | 12,1 | 11,1 | 12,2 | 11,7 | 11,3 | 10,7 | 21,3 | 24,2 | 28,0 | 29,3 | 31,8 | 29,8 | 31,4 | 32,8 | 16,0 | 17,6 | 20,8 | 22,8 | 23,7 | 22,0 | 23,3 | 27,0 | 16,0 | 17,6 | 20,8 | 22,8 | 23,7 | 22,0 | 23,3 | 27,0 |
| übrige Fahrzeuge | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 1,2 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 1,3 | 0,9 | 0,8 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 20,9 | 25,8 | 17,6 | 16,2 | 9,2 | 3,8 | 3,2 | 7,8 | 20,9 | 25,8 | 17,6 | 16,2 | 9,2 | 3,8 | 3,2 | 7,8 |
| Übrige Industriezweige | 10,5 | 10,3 | 9,1 | 8,8 | 9,2 | 9,0 | 8,9 | 8,9 | 8,0 | 7,7 | 7,6 | 7,4 | 7,1 | 7,1 | 7,5 | 7,0 | 6,9 | 6,5 | 7,5 | 7,3 | 7,1 | 6,9 | 7,1 | 6,9 | 6,9 | 6,5 | 7,5 | 7,3 | 7,1 | 6,9 | 7,1 | 6,9 |
| Dienstleistungen ⁵ | 15,7 | 16,1 | 23,4 | 25,8 | 26,1 | 21,4 | 22,8 | 24,3 | 3,6 | 5,4 | 8,2 | 9,0 | 8,5 | 10,1 | 10,6 | 10,3 | 2,1 | 2,9 | 3,1 | 3,0 | 3,0 | 4,1 | 3,9 | 3,7 | 2,1 | 2,9 | 3,1 | 3,0 | 3,0 | 4,1 | 3,9 | 3,7 |
| übrige Wirtschaft | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,6 | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 2,2 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 4,6 | 4,4 | 4,5 | 3,6 | 2,9 | 2,6 | 3,0 | 2,6 | 4,6 | 4,4 | 4,5 | 3,6 | 2,9 | 2,6 | 3,0 | 2,6 |
| Insgesamt | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

1 26 größte Länder, vgl. Abb.3; 2 Anteil der Sektoren an den internen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in Prozent; 3 Anteil Deutschlands an den 26 OECD-Ländern in Prozent; 4 Entwicklung bis 2003 in der OECD leicht unterschätzt; 5 Entwicklung bis 2003 in der OECD leicht überschätzt. Quellen: OECD, ANBERD Database, MSTI, Berechnungen und Schätzungen des NIW.