

Rammer, Christian; Sofka, Wolfgang; Legler, Harald; Gerke, Birgit; Krawczyk, Olaf

Research Report

Innovationsmotor Chemie 2009: FuE-Potenziale und Standortwettbewerb

ZEW-Gutachten

Provided in Cooperation with:

ZEW - Leibniz Centre for European Economic Research

Suggested Citation: Rammer, Christian; Sofka, Wolfgang; Legler, Harald; Gerke, Birgit; Krawczyk, Olaf (2009) : Innovationsmotor Chemie 2009: FuE-Potenziale und Standortwettbewerb, ZEW-Gutachten, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/110519>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

INNOVATIONSMOTOR CHEMIE 2009

FuE-Potenziale und Standortwettbewerb

Studie im Auftrag des Verbands der
Chemischen Industrie e. V.

mit Unterstützung der Industriegewerkschaft
Bergbau, Chemie, Energie

ZEW

Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH

niw

Niedersächsisches Institut
für Wirtschaftsforschung

ZEW

Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH

Kontakt und weitere Informationen:

Dr. Christian Rammer
Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)
Forschungsbereich Industrieökonomik und
Internationale Unternehmensführung
L 7, 1 · D-68161 Mannheim
Telefon +49 / (0) 621 / 1235-184
Telefax +49 / (0) 621 / 1235-170
E-Mail: rammer@zew.de

INNOVATIONSMOTOR CHEMIE 2009

FuE-Potenziale und Standortwettbewerb

**Studie im Auftrag des Verbands der
Chemischen Industrie e. V.**

**mit Unterstützung der Industriegewerkschaft
Bergbau, Chemie, Energie**

**Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim**

Christian Rammer und Wolfgang Sofka

**Niedersächsisches Institut für
Wirtschaftsforschung (NIW), Hannover**

Harald Legler, Birgit Gehrke und Olaf Krawczyk
unter Mitarbeit von Mark Leidmann

Mannheim und Hannover, August 2009

Inhalt

0	Zusammenfassung	1
0	Summary	3
1	Einleitung	5
2	Die Chemieindustrie im deutschen Innovationssystem	7
2.1	FuE-Aktivitäten der deutschen Chemieindustrie	7
	FuE-Dynamik in der deutschen Chemieindustrie	8
	Besonderheiten der FuE-Aktivitäten in der Chemieindustrie	9
	Lehr- und Forschungskapazitäten an Hochschulen	11
2.2	Innovationsprozesse in der Chemie	11
	Innovationsaktivitäten der Unternehmen	12
	Innovationspartner	13
	Innovationserträge und Schutz von Innovationsergebnissen	15
	Behinderung von Innovationsaktivitäten	18
2.3	Beitrag der Chemie zu Innovationen in anderen Sektoren	21
	Innovative Materialien aus der Chemieindustrie	21
	FuE-Vorleistungen durch die Chemie	22
	Technologieimpulse für andere Branchen	24
	Innovationsanstöße aus der Chemie	26
2.4	Beispiele für breitenwirksame Innovationen auf Basis der Chemie ..	28
	Energiespeicher der Zukunft: Lithium-Ionen-Batterien auf Basis neuer Materialien aus der Chemie	28
	Energieeffizienz und Klimaschutz: Innovative Baustoffe aus der Chemie	30
	Neue Möglichkeiten für Darstellung und Beleuchtung: Organische, lichtemittierende Dioden (OLED)	32
	Neue Werkstoffperspektiven durch Kohlenstoffnanoröhren (CNT) für Energie, Umwelt und Mobilität	33
3	Chemiestandort Deutschland im internationalen Wettbewerb	35
3.1	Forschung und Innovation	35
	FuE-Intensität und -Dynamik	35
	FuE in den größten forschenden Chemieunternehmen	37
	Patentaktivitäten	38
	Wissenschaftliche Forschung	40
3.2	Wertschöpfung, Beschäftigung und Außenhandel	42
	Wertschöpfung	42
	Beschäftigung und Investitionen	44
	Außenhandel	45
3.3	Globale Verschiebungen und Standortwettbewerb	47
	Wachstum von Produktion und Nachfrage	48
	Außenhandel	49
	Direktinvestitionen	50
	FuE, Patente, Publikationen	51
4	Herausforderungen für den Chemiestandort Deutschland	53
	Ausgangssituation	54
	Herausforderungen	54
	Innovationspolitische Rahmenbedingungen	55

0 Zusammenfassung

Die Chemieindustrie ist ein **unverzichtbares Element im Innovationssystem** von modernen Industriegesellschaften. Sie ist die mit Abstand **wichtigste Quelle für Neuerungen in der Material- und Werkstofftechnologie** und versorgt eine Vielzahl von anderen Industriebranchen mit innovativen Materialien. 60 % der gesamten Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) der deutschen Wirtschaft, die auf industrielle Vorprodukte abzielen, werden von der Chemieindustrie getätigt. Viele FuE-Projekte in der Chemie erbringen Ergebnisse, die unmittelbar für andere Branchen von Bedeutung sind – so hat beispielsweise jedes zweite Chemiepatent eine direkte Relevanz für andere Technologiefelder. Neue Materialien geben in den Kundenbranchen der Chemie wiederum vielfältige Anstöße für weitere Innovationen. Ein wichtiges Merkmal des Innovationsmotors Chemie ist seine **enorme Breitenwirkung**: Fast alle Industriebranchen profitieren von Innovationsvorleistungen aus der Chemie.

Grundlage für diese Innovationsmotor-Funktion sind eigene hohe FuE-Anstrengungen und eine leistungsfähige Wissenschaft. Im Jahr 2007 beliefen sich die **FuE-Aufwendungen** der deutschen Chemieindustrie (ohne Pharma) auf **3,7 Mrd. €**, das sind 7 % der gesamten FuE-Aufwendungen der deutschen Wirtschaft. Mit einer FuE-Intensität von 3,5 % (FuE-Aufwendungen als Anteil der Branchenerlöse) zählt sie zu den FuE-intensiven Branchen in Deutschland. In keiner anderen Branche betreiben so viele Unternehmen kontinuierlich intern FuE (62 %).

Mit dieser FuE-Bilanz zählt Deutschland zu den **wichtigsten FuE-Standorten** in der globalen chemischen Industrie. 13 % der FuE-Aufwendungen in der Chemieindustrie der OECD-Länder finden am Standort Deutschland statt. Gemessen an den internationalen Patentanmeldungen erreicht Deutschland sogar einen Anteil von fast 20 %. In der wissenschaftlichen Chemieforschung ist das Teilnehmerfeld breiter, der Anteil Deutschlands an allen wissenschaftlichen Chemie-Publikationen beläuft sich auf knapp 7 %.

Der Innovationsstandort Deutschland profitiert von der forschungsstarken heimischen Chemieindustrie in vielfältiger Weise. **Innovationsprozesse** der Chemieunternehmen sind durch die regelmäßige Einbeziehung von Kunden, Lieferanten und Wissenschaft geprägt. Dadurch wird Wissen ausgetauscht und können gemeinsam innovative Lösungen erarbeitet werden. Voraussetzung für erfolgreiche Innovationen ist ein innovationsfreundliches Umfeld. In den vergangenen Jahren haben **Innovationshemmnisse** wie Regulierung und lange Verwaltungsverfahren an Bedeutung verloren. Hier scheinen die Bemühungen von Unternehmen, Verbänden und Politik Früchte getragen zu haben. Auf der anderen Seite be-

klagen im Schutzrechtsbereich 39 % der innovativen Chemieunternehmen die **Beeinträchtigung ihres intellektuellen Eigentums**. Der Fachkräftemangel hat jüngst als Innovationshemmnis wieder an Bedeutung gewonnen und könnte im nächsten Aufschwung ein limitierender Faktor werden.

Der Innovationsmotor Chemie hat im vergangenen Jahrzehnt jedoch **an Schwung verloren**. Dies zeigt sich u.a. an der abnehmenden Bedeutung der Chemieindustrie als FuE-Vorleister: Stammen 1995 noch 20 % aller branchenübergreifenden FuE-Vorleistungen im Produktionssektor aus der Chemie, waren es 2005 nur mehr 15 %. Die Ursachen sind vielfältig:

- Die FuE-Aufwendungen der deutschen Chemieindustrie entwickelten sich langsamer als in der deutschen Industrie insgesamt. Andere Branchen gewannen innerhalb des Innovationssystems an Bedeutung. Die **niedrige FuE-Dynamik** gilt für die Chemieindustrie weltweit, sie war in Deutschland aber besonders ausgeprägt. Sie gilt jedoch nicht für das Wissenschaftsfeld Chemie – der Beitrag der Chemie zu wissenschaftlich-technologischen Lösungen bleibt ungebrochen hoch.
- Auch die **Lehr- und Forschungskapazitäten** in den chemischen Fachbereichen deutscher Hochschulen wurden deutlich langsamer ausgeweitet als in anderen Disziplinen.
- Die **weltweite Nachfrage** nach Chemiewaren wuchs besonders stark in den aufstrebenden Schwellenländern Asiens, allen voran in China. Dadurch verschoben sich auch die weltweiten Güterstrukturen und Produktionskapazitäten in der Chemieindustrie. Die Produktion von weniger forschungsintensiven Chemiewaren legte stärker zu, die Importkonkurrenz im Bereich der Grundstoff- und Petrochemieprodukte erhöhte sich deutlich.

Diese Entwicklung stellt aus mehreren Gründen eine **Herausforderung** für den Innovationsmotor Chemie dar:

- Eine geringe Ausweitung des Innovationspotenzials bedeutet, dass preisliche Wettbewerbsfaktoren an Bedeutung gewinnen.
- Für die Erschließung neuer Innovationsfelder etwa im Energie- und Umweltbereich sind deutlich erhöhte Forschungsanstrengungen notwendig.
- Einige Aufhol-Länder wie Korea und China erhöhen ihre wissenschaftlich-technologischen Kapazitäten in der Chemie rasant und werden mittelfristig zu ernsthaften Wettbewerbern bei Forschung und Innovation. Damit die Chemieindustrie am Standort Deutschland langfristig wettbewerbsfähig bleibt, ist eine weitere **Spezialisierung auf innovationsintensive Chemiesparten und -produkte** notwendig. Dabei sollte gezielt die Rolle der

Chemieindustrie als Innovationsmotor für andere Branchen gestärkt und auf Querschnittstechnologien mit hoher Anwendungsbreite gesetzt werden. Dies schließt auch die verstärkte Bildung von **Innovationsclustern** unter Beteiligung der Chemie mit ein. Für viele der globalen gesellschaftlichen Herausforderungen (Ernährung, Trinkwasserversorgung, Klimaschutz, Ressourcenschonung und -substitution, Energieeffizienz, neue Energieträger) bietet die Chemieindustrie umfangreiche Lösungskompetenzen. Angesichts der schwierigen wirtschaftlichen Lage sind für die Verfolgung einer solchen Strategie **innovationsfreundliche Rahmenbedingungen** von ganz besonderer Bedeutung:

- Die **Finanzierungssituation** für Innovationen muss deutlich verbessert werden, was sowohl die Risikoteilung bei langfristigen FuE-Vorhaben als auch die steuerliche Begünstigung von Zukunftsinvestitionen betrifft. Verbesserungen können hier im Bereich der Zinsschranke, der steuerlichen Behandlung von Verlustvorträgen sowie der steuerlichen FuE-Förderung erreicht werden.
- Ein effektiver internationaler **Schutz von Innovationen** muss gewährleistet werden, innovationshemmende Regulierungen und Verwaltungsabläufe sollten vermieden werden.
- Die Wissenschaftsdisziplin Chemie benötigt umfangreichere **Lehr- und Forschungskapazitäten**, um ihre Ausbildungs- und Forschungsfunktion für eine innovationsorientierte Chemieindustrie zu sichern.
- Um die Chancen neuer Technologien breit zu nutzen, ist eine **gesellschaftliche Aufgeschlossenheit gegenüber Wissenschaft und Technik** wichtig. Eine gute naturwissenschaftliche Ausbildung im schulischen Bereich ist hierfür ebenso zentral wie ein Dialog mit der Bevölkerung, der in offener und glaubwürdiger Form Potenziale und Grenzen neuer Technologien darstellt und zur Diskussion einlädt.

0 Summary

The chemical industry constitutes an **essential element of innovation systems** in modern industrial societies. The chemical industry is by far the most **important source for new materials** and supplies a large number of industrial sectors with material innovations. 60 percent of all research and development (R&D) expenditure aiming at industrial intermediaries take place in chemical enterprises. Chemical R&D generates results which are directly relevant to many industries. For instance, one out of two chemical patents is related to other fields of technology, too. New materials provide a multitude of innovation impulses to the chemical industry's customers. A particular role of the industry is to serve almost all other manufacturing branches. This **sectoral breadth of impact** is a key characteristic of the "innovation driver chemistry".

In order to stimulate innovation in other sectors, high own R&D efforts of the chemical industry and a capable science base in chemistry are prerequisites. In 2007, the German chemical industry (excluding pharmaceuticals) spent **€ 3.7bn on R&D**, which equals 7 percent of total R&D expenditures in the German business sector. 3.5 percent of the sector's total sales are invested into R&D, making the chemical industry one of the research-driven industries in Germany. No other sector reports a higher share of enterprises that are continuously engaged in in-house R&D (62%).

Germany is one of the **key R&D locations** of the chemical industry globally, with a share of 13 percent in total R&D expenditures of the sector. In terms of international patent applications, Germany holds a share of almost 20 percent. Within scientific chemical research, resources spread over a larger number of countries, resulting in a share of scientific publications of German researchers in the world's total number of chemical publications of nearly 7 percent.

Innovation in Germany is profiting in many ways from the strong, R&D-based domestic chemical industry. Chemical companies typically follow an **"open innovation"** approach. Through involving customers, suppliers and public science in its own innovation processes they facilitate the exchange of knowledge and promote innovative solutions based on joint efforts of various **innovation partners**. Successful innovation, however, requires an innovation-friendly environment. Over the past years, legal provisions and red tape became less important as an **obstacle to innovation** in the chemical industry, reflecting that initiatives of companies, associations and policy to reduce innovation burdens stemming from regulation and bureaucracy have been successful. However, 39 percent of innovative chemical companies complain that their intellectual property has been impaired by others. During the past economic upswing, shortage in high qualified personnel has once again gained in importance as a barrier to innovation.

Despite its key role for industrial innovation, the chemical industry has **lost in significance** as a driver for innovation in the past decade, which can be seen from its share in the total amount of incorporated R&D supplies to manufacturing sectors: From 20 percent in 1995, the figure dropped to 15 percent in 2005, albeit still being the highest share among all industries. The reasons for this gradual decline in supporting innovation in other sectors are manifold:

- **R&D expenditure** of the chemical industry has developed less dynamically than those of other manufacturing branches, both on a global scale and in Germany. The German chemical industry has shown a particularly slow increase in R&D expenditure. Adjusted for inflation, R&D spending actually has declined compared to the mid 1990s.
- The situation is different for scientific research in chemistry which could further strengthen its high share in the global production of new knowledge. In Germany, **resources for higher education and scientific research** have been expanded at a slower rate than in other fields of science, however. The share of German researchers in the world's total scientific publications in chemistry has declined markedly.
- **Global demand** for chemicals has strongly increased, particularly in emerging economies, notably China. Since these economies show a different demand pattern for chemical goods than industrialised countries, production of less R&D intensive chemicals expanded particularly fast, and production capacities for chemical commodities and petrochemicals have been shifted towards these new markets. Demand for high-tech chemicals was less dynamic, restricting investment in R&D and production in these areas.

These developments **challenge** the chemical industry's role as a driver of innovation:

- A slow expansion of the innovative potentials of German chemical companies may result in increased price competition, potentially limiting profits and available funds for R&D investment.
- Exploiting upcoming areas of chemical innovation in the fields of energy and environment will require significantly higher R&D investment, however.
- Some emerging economies have sharply increased their capacities for technology development and will become main competitors in chemical research and innovation.

In order to keep the chemical industry in Germany competitive in the long run, a further **specialisation on innovative chemical segments and products** is essential. In this process, the industry should reinforce its role as a driver for innovation in other manufacturing sectors by focussing on technologies with a large range of applications. For many

global challenges ranging from nutrition and water supply to climate change, resource shortage and energy supply, the chemical industry can offer innovative solutions. Creating **innovation clusters** together with companies from other sectors is a promising way to leverage the chemical industry's innovative potential. In order to pursue this strategy, an **innovation-friendly environment** is of utmost importance:

- In the light of the current economic crisis, better **conditions for financing innovations** are crucial. On the one hand, long-term and technologically ambitious R&D projects will require risk sharing between private and public actors. On the other hand, tax incentives could spur investment in R&D and new technologies. Improvements could address the interest rate cap introduced with the corporate tax reform 2008, the

treatment of loss carried forward and tax deductibility of R&D expenditure.

- **Protecting innovation** and intellectual property more effectively on an international level and avoiding innovation impeding regulations and administrative procedures.
- Chemistry at universities and public research organisations requires higher investment in **teaching and research resources** in order to fulfil its role in providing human capital and basic research results.
- **Acceptance of science and technology** is important for utilising the opportunities offered by new technologies. A solid science education at schools is critical as well as a dialogue between policy, industry and society which discusses potentials and limitations of new technologies in an open and credible way.

1 Einleitung

Diese Studie analysiert die **Innovationsleistung der Chemieindustrie** in Deutschland und ihren Beitrag zu Innovationen in anderen Wirtschaftsbereichen. Im Zentrum steht die Frage, welche Bedeutung der „Innovationsmotor Chemie“ für das deutsche Innovationssystem hat. Dabei geht es zum einen um die eigenen Anstrengungen der Chemie in Forschung und Entwicklung (FuE), zum anderen um die Nutzung von Innovationsimpulsen aus der Chemie durch andere Branchen. Die deutsche Chemieindustrie steht dabei in zweifachem Wettbewerb.

- Die zunehmende Internationalisierung, die auch nach dem Ende der aktuellen weltwirtschaftlichen Rezession weiter an Fahrt gewinnen wird, bringt **neue Wettbewerber und neue FuE-Standorte** hervor und verschiebt die globalen Gewichte innerhalb der Chemieindustrie. Dies hat Rückwirkungen auf die Rolle der Chemie im deutschen Innovationssystem. Die erfolgreiche Umsetzung von Innovationsimpulsen erfordert oft eine direkte Interaktion zwischen Produzenten und Nutzern neuer Technologien. Eine Verschiebung von FuE- und Produktionskapazitäten in der Chemieindustrie in Richtung der „Aufhol-Länder“ kann die Basis für solche branchenübergreifende Kooperationen schwächen. Eine starke und vielfältige Chemieindustrie am Standort Deutschland ist daher eine wichtige Voraussetzung, damit andere Industriezweige in Deutschland von Chemie-Innovationen profitieren können.
- Die Chemieindustrie in Deutschland steht aber auch im **Wettbewerb mit anderen forschungsorientierten Branchen** – und zwar sowohl um wichtige Produktionsfaktoren wie Humankapital als auch um die Hervorbringung neuer technologischer Lösungen für Wirtschaft und Gesellschaft. Für den Innovationsbeitrag der Chemie und anderer Branchen sind die Ausweitung der Innovationspotenziale und die effiziente Organisation der Innovationsprozesse von Bedeutung.

Vor diesem Hintergrund greift die Studie zwei Perspektiven auf: Einerseits werden die Entwicklung der **FuE- und Innovationsaktivitäten** dargestellt, die Besonderheiten von Innovationsprozessen in der Chemie diskutiert und die quantitative Bedeutung ihrer Innovationsbeiträge für die deutsche Wirtschaft analysiert, ergänzt um vier Fallbeispiele zu Innovationen aus der Chemie mit einer großen Breitenwirkung für Innovationen in anderen Branchen (Kapitel 2). Zum anderen wird die **Position** der deutschen Chemieindustrie **im internationalen Wettbewerb** am Beitrag zu Forschung und Entwicklung neuer Technologien und Produkte sowie zu Produktion, Beschäftigung,

Nachfrage und Außenhandel gemessen. Die globalen Veränderungen, die sich durch die enorm dynamische Entwicklung der Chemie in den aufstrebenden Schwellenländern ergeben, werden dabei gesondert betrachtet (Kapitel 3). Die Konsequenzen, die sich aus diesen Entwicklungen ergeben, und die resultierenden **Herausforderungen** für die Chemieindustrie selbst und für die Innovationspolitik in Deutschland werden abschließend diskutiert (Kapitel 4).

Wenn der Innovationsmotor Chemie betrachtet wird, so ist eine Unterscheidung zwischen der **Chemie als Wissenschafts- und Technologiefeld** und der **Chemie als Industriebranche** von Bedeutung. Das Wissenschafts- und Technologiefeld Chemie ist eine der zentralen wissenschaftlich-technologischen Säulen jeder modernen Wirtschaft und eine Grundlage für fast alle materialbe- und -verarbeitenden Prozesse. Dementsprechend wird chemische FuE auch nicht nur in der Chemieindustrie, sondern in vielen anderen Sektoren betrieben, und dementsprechend sind die Ergebnisse der wissenschaftlichen Grundlagenforschung in der Chemie nicht nur für die chemische Industrie, sondern für eine große Zahl von Anwendungsfeldern außerhalb der Chemieindustrie relevant. Die Beiträge des Wissenschafts- und Technologiefelds Chemie zu Innovationen sind daher insgesamt breiter als jener der Chemieindustrie, die all jene Betriebe und Unternehmen umfasst, die sich auf die Herstellung von chemischen Grundstoffen, Materialien und Spezialitäten spezialisiert haben.

Die **Chemieindustrie** wird in dieser Studie **ohne** den Bereich der **pharmazeutischen Industrie** betrachtet, obwohl beide Branchen sowohl von ihren wissenschaftlich-technischen Grundlagen als auch den Produktionstechnologien her eng verflochten sind. Die Trennung ist jedoch für eine Analyse der Innovationswirkungen sinnvoll, da beide Branchen sehr unterschiedlichen industriellen Mustern folgen. Die Pharmaindustrie wird aufgrund ihrer Einbindung in die Gesundheitswirtschaft weltweit stark durch gesundheitspolitische Entscheidungen geprägt und steht als Lieferant von Konsumgütern am Ende industrieller Wertschöpfungsketten. Die Chemieindustrie ist demgegenüber als zentraler Materiallieferant vieler Industrien stark von der wirtschaftlichen Entwicklung und der Innovationsdynamik ihrer Kundenbranchen abhängig und in vielfältige Formen der interindustriellen Arbeitsteilung eingebunden. Auch die Bedeutung der Globalisierung und des internationalen Wettbewerbs stellt sich für beide Branchen sehr unterschiedlich dar.

2 Die Chemieindustrie im deutschen Innovationssystem

Die Chemieindustrie nimmt im Innovationssystem eine besondere Rolle ein: Sie ist der mit Abstand bedeutendste Produzent innovativer Materialien und versorgt eine große Zahl anderer Industriesektoren mit Neuerungen in der Materialtechnik und liefert wichtige Vorleistungen für stoffliche Verarbeitungsprozesse in unterschiedlichen Branchen. Auf diesem Weg gibt die Chemieindustrie vielfältige Anstöße für Innovationen in anderen Branchen. Grundlagen hierfür sind

- hohe eigene Forschungs- und Innovationsanstrengungen (Abschnitt 2.1),
- eine enge Zusammenarbeit mit ihren Innovationspartnern sowohl auf Kunden- und Lieferantenseite als auch mit der Wissenschaft sowie effiziente interne Innovationsprozesse und ein innovationsfreundliches Umfeld (Abschnitt 2.2) und
- der Querschnittscharakter von chemischen Technologien, die für unterschiedlichste Produktionsprozesse relevant sind, und die breite Abnehmerstruktur von Chemiewaren, sodass Innovationsimpulse aus der Chemie in viele Anwendungsfelder ausstrahlen können (Abschnitt 2.3).

Anhand von vier aktuellen Fallbeispielen zu bedeutenden Chemie-Innovationen wird die Rolle des Innovationsmotors Chemie und dessen Potenzial illustriert, Neuerungen mit einer großen Breitenwirkung anzustoßen, die für unterschiedliche Branchen und Gesellschaftsbereiche von Bedeutung sind (Abschnitt 2.4).

2.1 FuE-Aktivitäten der deutschen Chemieindustrie

Forschung und Entwicklung (FuE) sind eine wesentliche Grundlage für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Chemieindustrie. Im Jahr 2007 wendete die Chemieindustrie in Deutschland **über 3,7 Mrd. € für interne und externe FuE** auf. Dies sind 7 % der gesamten FuE-Aufwendungen der deutschen Wirtschaft. Damit zählt die Chemieindustrie – hinter dem Fahrzeugbau, der Elektroindustrie, dem Maschinenbau und der Pharmaindustrie – bei FuE zu den fünf größten Branchen in Deutschland. Vergleicht man den Umfang der FuE-Aufwendungen mit dem anderer Branchen, die Materialien und Vorprodukte für andere Industriesektoren herstellen („Vorleistungsgüterhersteller“), so zeigt sich die herausragende Bedeutung der Chemieindustrie für die **technologische Weiterentwicklung der materiellen Grundlage des industriellen Produktionssystems**. 2007 entfielen rund 60 % der gesamten FuE-Aufwendungen in der deutschen Vorleistungsgüterindustrie¹ auf die Chemieindustrie (Tab. 2.1–1). Die Metallindustrie (Metallerzeugung und -bearbeitung) wendet mit gut 1 Mrd. € etwas mehr als ein Viertel der FuE-Aufwendungen der Chemieindustrie auf, die FuE-Aufwendungen der technologisch eng mit der Chemieindustrie verbundenen Gummi- und Kunststoffverarbeitung machen gut ein Fünftel des Chemiebetrags aus.

Das Wichtigste in Kürze

- Die deutsche Chemieindustrie gab im Jahr 2007 über **3,7 Mrd. € für Forschung und Entwicklung (FuE)** aus. Mit einem Anteil an den gesamten FuE-Aufwendungen der deutschen Wirtschaft von 7 % zählt sie zu den größten FuE-Betreibern. Unter allen Branchen, die Materialien und industrielle Vorprodukte herstellen, weist sie mit weitem Abstand die höchsten FuE-Aufwendungen auf (60 % der gesamten FuE-Aufwendungen dieser Branchen).
- Der Anteil der **FuE betreibenden Unternehmen** (62 % mit kontinuierlicher FuE) ist so hoch wie in keiner anderen Branche in Deutschland.
- Die Chemieindustrie zählt zu den forschungsintensiven Branchen. 7,2 % der Beschäftigten sind in FuE tätig, dies ist deutlich mehr als im Industriemittel (4,5 %). Charakteristisch für die Chemie ist vor allem, dass neben Wissenschaftlern und

Ingenieuren ein sehr hoher Anteil an **nicht-akademischen Fachkräften** in FuE tätig ist.

- Die Dynamik der **FuE-Aufwendungen** in der deutschen Chemieindustrie blieb deutlich hinter der der deutschen Industrie insgesamt zurück. Die in jeweiligen Preisen gerechneten FuE-Aufwendungen blieben von 1995 bis 2007 konstant, während sie in der Industrie insgesamt kräftig stiegen.
- In Folge der starken Umsatzausweitung ist die **FuE-Intensität** – d.h. der Anteil der FuE-Aufwendungen am Branchenumsatz – der deutschen Chemieindustrie **rückläufig**. Mit 3,5 % liegt die FuE-Intensität aber weiterhin über dem Industriemittel (3,3 %).
- Das **Lehr- und Forschungskapazitäten** in chemischen Fachbereichen deutscher Hochschulen wurden in der Periode 2000–2006 um 5 % ausgeweitet und damit schwächer als in den Naturwissenschaften insgesamt (+ 13 %) und im Mittel aller Disziplinen (+10 %).

¹ Die Abgrenzung ist hier sehr grob, sodass die einzelnen Branchen auch Bereiche der Konsumgüterherstellung umfassen. Dies gilt für die Chemieindustrie (Reinigungs- und Pflegemittel) ebenso wie für die anderen in Tab. 2.1–1 angeführten Branchen.

Tab. 2.1-1: FuE-Gesamtaufwendungen in der Chemieindustrie und anderen Branchen der Vorleistungsgüterindustrie in Deutschland 1995, 2001 und 2007

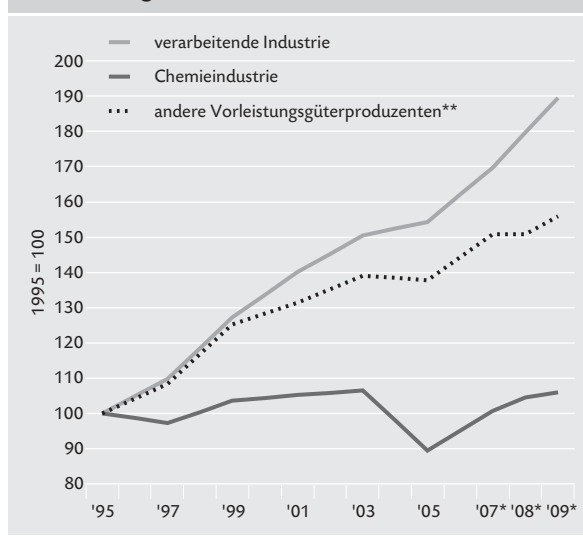
	1995		2001		2007	
	in Mio. €	in %	in Mio. €	in %	in Mio. €	in %
Chemieindustrie	3.700	69	3.891	64	3.724	60
Metallindustrie	668	12	920	15	1.055	17
Gummi-/Kunststoffverarbeitung	397	7	620	10	811	13
Glas-, Keramik-, Steinwarenindustrie	283	5	364	6	270	4
Textil-, Bekleidungs-, Lederindustrie	111	2	107	2	144	2
Holz-, Papier-, Druckindustrie	132	2	119	2	131	2
Mineralölverarbeitung	74	1	57	1	102	2
Vorleistungsgüterhersteller insgesamt	5.365	100	6.078	100	6.236	100
nachrichtlich:						
verarbeitende Industrie insgesamt	28.084		39.326		47.687	
deutsche Wirtschaft insgesamt	29.572		43.239		53.015	
Anteil an den FuE-Aufwendungen der deutschen Wirtschaft insgesamt						
Chemieindustrie		12,5		9,0		7,0
Vorleistungsgüterhersteller insgesamt		18,1		14,1		11,8

Quelle: Stifterverband-Wissenschaftsstatistik. – Berechnungen des NIW und ZEW.

FuE-Dynamik in der deutschen Chemieindustrie

In den vergangenen 12 Jahren nahm allerdings das Gewicht der Vorleistungsgüterindustrien innerhalb der gesamten FuE-Aufwendungen der deutschen Wirtschaft kontinuierlich ab. Entfielen 1995 noch rund 18 % der FuE-Gesamtaufwendungen auf diese Sektorgruppe, so waren es 2007 nur mehr knapp 12 %. Hauptverantwortlich für diesen Bedeutungsrückgang ist die Chemieindustrie. Ihr FuE-Gewicht in der deutschen Wirtschaft reduzierte sich von 12,5 % (1995) auf 7 % (2007). Die **FuE-Dynamik** in der Chemieindustrie war seit 1995 **ausgesprochen gering**. In jeweiligen Preisen gerechnet wurde

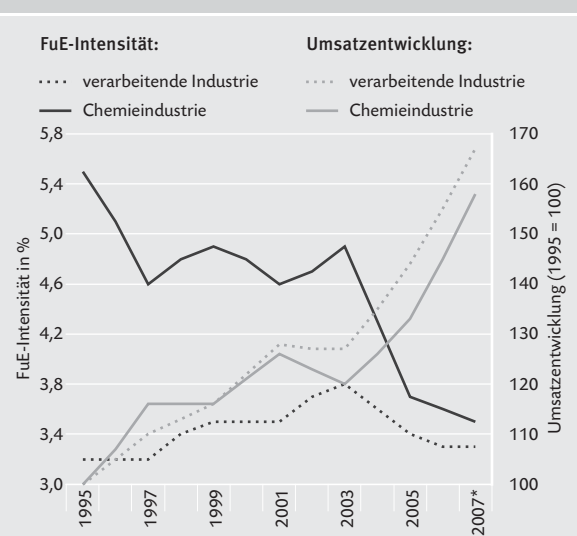
2007 genau so viel für FuE ausgegeben wie 1995, real bedeutet dies sogar einen Rückgang. Andere Industriezweige haben ihre FuE-Aufwendungen demgegenüber deutlich ausgeweitet. In der verarbeitenden Industrie insgesamt stiegen die FuE-Gesamtaufwendungen 1995–2007 nominell um 70 %, in den anderen Vorleistungsgüterindustrien immerhin um 50 % (Abb. 2.1-1). Die Planangaben aus dem Frühjahr 2008 – sprich zu Zeiten noch recht günstiger Konjunkturprognosen – für die Jahre 2008 und 2009 fielen in der Chemie ebenfalls eher vorsichtiger als in anderen Branchen aus, sodass in der Chemieindustrie mit einer Fortsetzung des vergleichsweise flachen FuE-Verlaufs zu rechnen ist.

Abb. 2.1-1: Entwicklung der FuE-Gesamtaufwendungen in Deutschland 1995 bis 2009


*) 2007 vorläufig, 2008/2009 Planangaben.

**) Metallindustrie, Gummi-/Kunststoffverarbeitung, Glas-/Keramik-/Steinwarenindustrie, Textil-/Bekleidungs-/Lederindustrie, Holz-/Papier-/Druckindustrie, Mineralölverarbeitung.

Quelle: Stifterverband-Wissenschaftsstatistik. – ZEW. – NIW. – Berechnungen des NIW und ZEW.

Abb. 2.1-2: FuE-Intensität und Umsatzentwicklung der deutschen chemischen Industrie 1995 bis 2007


*) vorläufig.

FuE-Intensität: FuE-Gesamtaufwendungen in % des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen

Quelle: Stifterverband-Wissenschaftsstatistik, Datenreport (versch. Jgge.). – Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 4.1.1. – Berechnungen des NIW.

Da der Umsatz der chemischen Industrie in Deutschland seit Mitte der 1990er Jahre stark ausgeweitet werden konnte, hat sich die **FuE-Intensität** – d.h. der Anteil der FuE-Aufwendungen am Umsatz – stark rückläufig entwickelt. 1995 betrug sie noch 5,5 %, 2007 lag sie bei 3,5 % (Abb. 2.1–2). In der verarbeitenden Industrie ist sie bis 2003 dagegen von 3,2 auf 3,8 % gestiegen und hat erst im letzten Wirtschaftsaufschwung auf 3,3 % nachgegeben. Die FuE-Ausgabenausweitung in Deutschland hat mit der Umsatzexpansion im Aufschwung nicht mithalten können. Trotz des starken Rückgangs der FuE-Intensität zählt die Chemieindustrie weiter zu den überdurchschnittlich forschungsintensiven Wirtschaftszweigen, der Abstand zum Industriemittel hat sich jedoch stark verringert.

Etwas anders ist das Bild in Bezug auf die **FuE-Personalintensität**, also den Anteil der FuE-Beschäftigten an allen Beschäftigten. Hier liegt die Chemieindustrie mit 7,2 % noch deutlich über dem Industriedurchschnitt (4,5 %). Allerdings ist in der Chemieindustrie auch der Anteil des FuE-Personals am Gesamtpersonalstand rückläufig, während er in der Industrie insgesamt seit 1995 leicht angestiegen ist (Tab. 2.1–2).

Besonderheiten der FuE-Aktivitäten in der Chemieindustrie

FuE-Prozesse in der Chemieindustrie sind häufig durch umfangreiche Laborarbeiten zur Neu- und Weiterentwicklung von Chemikalien, zur Entwicklung neuer Herstellungsprozesse, zur Optimierung von vorhandenen Produkten

und Prozessen und im Rahmen der kundenspezifischen Anwendungstechnik gekennzeichnet. In der Folge weist die Chemieindustrie eine **FuE-Personalstruktur** auf, die – im Vergleich zu anderen Branchen – durch einen sehr hohen Anteil von Technikern, Laboranten und anderen FuE-Beschäftigten ohne Hochschulabschluss geprägt ist. Mit 70 % liegt er deutlich über dem Industriemittel (46 %) und unterstreicht die hohe Bedeutung der beruflichen Ausbildung in der Chemie auch für die Fachkräfteversorgung im Bereich FuE. Wissenschaftler und Ingenieure stellten 2005 nur 30 % des FuE-Personals in der Chemie. In den zurückliegenden Jahren hat der Anteil der Wissenschaftler und Ingenieure an den FuE-Beschäftigten sowohl in der Chemieindustrie wie in der Industrie insgesamt zugenommen, d.h. es findet eine allmähliche „Akademisierung“ des FuE-Personaleinsatzes statt.

In der **FuE-Kostenstruktur** spiegeln sich die spezifischen FuE-Prozesse in einem überdurchschnittlich hohen Materialkostenanteil wider, während der Anteil der an Dritte vergebenen FuE-Aufträge („externe FuE“) mit zuletzt 14 % – bei allerdings starken jährlichen Schwankungen – unter dem Industriedurchschnitt (20 %) liegt. Der größte Teil der externen FuE geht an andere Unternehmen im In- und Ausland, darunter auch Unternehmen innerhalb von Konzernverbänden. An Hochschulen und Forschungsinstitute im Inland wurden 2005 etwa 25 Mio. € für Auftragsforschung vergeben. Für die Zusammenarbeit mit Dritten in FuE-Prozessen (Kunden, Lieferanten, Hochschulen, Forschungsinstitute) werden neben der Auftragsforschung jedoch noch vielfältige andere Wege genutzt, um Wissen auszutauschen

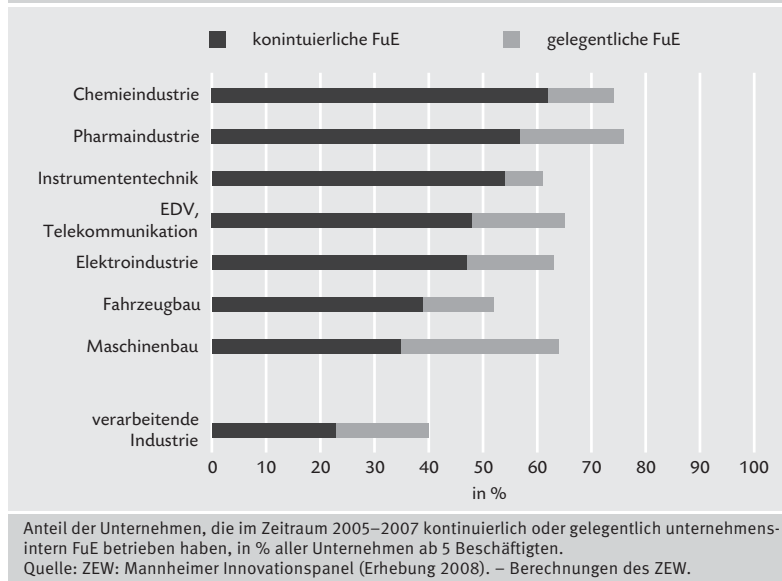
Tab. 2.1–2: FuE-Indikatoren der deutschen chemischen Industrie 1995 bis 2007 im Vergleich

	chemische Industrie							verarbeitende Industrie						
	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007
FuE-Gesamtaufwendungen in % des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen	5,5	4,6	4,9	4,6	4,9	3,7	3,5	3,2	3,3	3,5	3,6	3,8	3,5	3,3
FuE-Personal (Vollzeit) in % der Beschäftigten	8,2	7,5	7,7	7,3	7,2	6,8	7,2	4,0	4,2	4,3	4,2	4,3	4,4	4,5
Anteil der Großunternehmen ¹⁾ an den gesamten FuE-Aufwendungen in %	90,3	87,9	88,0	90,7	88,5	84,9	–	82,8	82,0	84,4	83,2	84,3	83,3	–
Anteil an der FuE-Finanzierung in %														
Staat	0,9	0,9	1,0	0,7	0,7	0,8	–	6,3	7,1	5,9	3,2	3,0	2,8	–
Ausland	0,8	*	2,7	2,5	0,5	0,9	–	2,1	3,8	2,8	3,1	2,4	3,3	–
FuE-Kostenstruktur in %														
Personalausgaben	57,4	55,5	51,3	51,1	48,0	50,4	–	54,0	53,7	49,9	47,9	47,1	47,8	–
Sachmittel	32,4	33,7	33,2	33,3	28,1	32,8	–	30,5	27,4	27,8	28,3	27,2	24,9	–
Investitionen	7,3	9,0	9,5	9,1	7,4	6,5	–	5,7	6,0	7,1	6,5	6,9	6,4	–
externe Aufträge	2,9	1,7	6,0	6,5	16,6	10,2	13,7	9,8	12,9	15,1	17,3	18,8	21,0	20,1
Anteile der Auftragnehmer in externer FuE in %														
Wirtschaft Inland	23,0	53,1	52,4	61,5	18,0	45,1	–	60,6	66,2	70,7	73,1	63,0	60,5	–
Hochschulen	15,3	24,5	7,1	10,3	3,2	4,7	–	10,4	7,1	5,0	5,2	9,2	10,2	–
außeruniversitäre Einrichtungen	1,8	5,1	1,3	1,9	1,4	2,8	–	9,4	5,7	4,4	4,1	4,7	10,5	–
sonstige	1,3	5,2	2,1	2,4	1,2	1,7	–	3,2	2,0	1,4	0,8	0,6	0,8	–
Ausland	58,5	12,1	37,1	24,0	76,2	45,7	–	16,5	19,0	18,6	16,9	22,6	18,1	–
Personalstruktur in %														
Wissenschaftler und Ingenieure	23,9	24,2	24,1	25,1	30,1	29,6	–	45,1	45,2	47,5	50,1	53,3	53,7	–
Techniker	45,4	45,7	44,2	43,1	41,5	42,7	–	28,0	28,4	26,9	24,9	24,3	26,0	–
sonstiges Personal	30,7	30,1	31,7	31,7	28,4	27,7	–	26,9	26,5	25,6	25,0	22,4	20,3	–

*) nicht verfügbar. – 1) Großunternehmen: 1.000 und mehr Beschäftigte.

Quelle: Stifterverband-Wissenschaftsstatistik, Datenreport (versch. Jgge.) sowie unveröffentlichte Angaben. – StaBuA, FS. 4, Reihe 4.1.1. – Angaben des DIW. – Zusammenstellung, Schätzungen und Berechnungen des NIW.

Abb. 2.1–3: Anteil von forschenden Unternehmen in Deutschland nach forschungsintensiven Branchen 2007



FuE-Aufwendungen bedeutet dies einen Rückgang der FuE-Aufwendungen in den Großunternehmen, die somit wesentlich für die schwache FuE-Dynamik in der deutschen Chemieindustrie verantwortlich sind. Die FuE-Intensität ist in der Chemieindustrie in jeder Unternehmensgrößenklasse höher als in der verarbeitenden Industrie insgesamt. Großunternehmen wenden dabei deutlich höhere Anteile ihres Umsatzes (2005: 5,7 %) für FuE auf als kleine und mittelgroße Unternehmen (KMU), die zwischen 0,9 und 1,8 % des Umsatzes in FuE reinvestieren.

Trotz der nachlassenden FuE-Intensität ist die **FuE-Beteiligung** in der Chemieindustrie, d.h. der Anteil der Unternehmen, die innerhalb eines Dreijahreszeitraum FuE betreiben, außerordentlich hoch. Im Jahr 2007 führten 62 % der Chemieunternehmen in Deutschland

und anderes Wissen für die eigenen FuE-Prozesse zu nutzen (siehe hierzu Abschnitt 2.2).

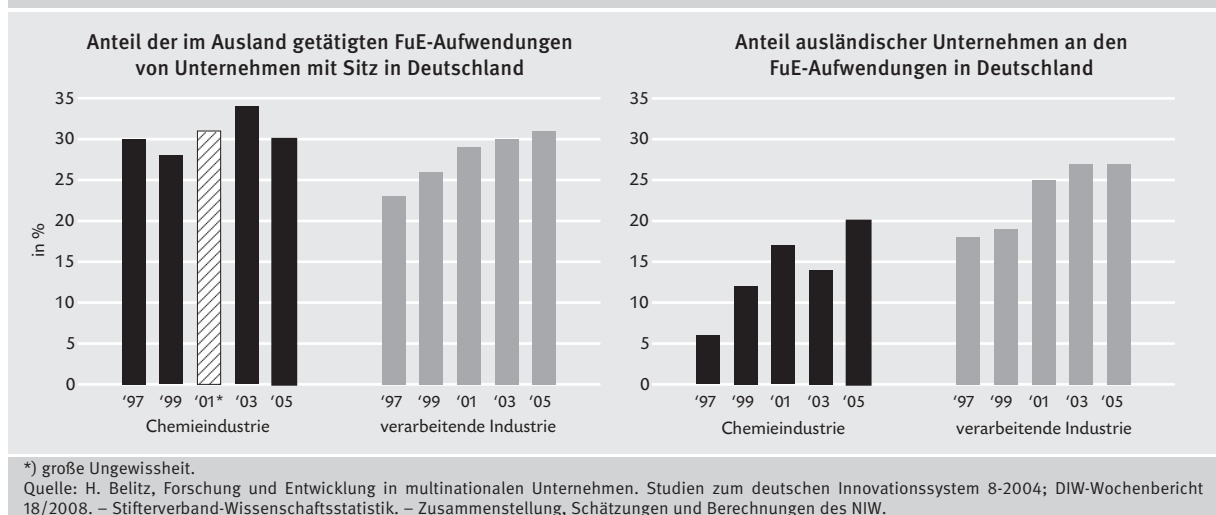
Die **Finanzierung von FuE** in der deutschen Chemieindustrie erfolgt traditionell aus den eigenen Mitteln der Unternehmen. Staatliche Förderungen spielen mit einem Anteil an den gesamten FuE-Aufwendungen der Branche von unter 1 % (2005: rund 26 Mio. €) quantitativ kaum eine Rolle. Jüngst haben allerdings staatliche Finanzierungsbeiträge im Rahmen von größeren Verbundprojekten an Bedeutung gewonnen (siehe hierzu Abschnitt 2.4).

85 % der FuE-Aufwendungen in der Chemieindustrie im Jahr 2005 wurden von **Großunternehmen** durchgeführt. Allerdings fiel der Anteil von Großunternehmen in früheren Jahren mit Werten zwischen 88 und 90 % deutlich höher aus (vgl. Tab. 2.1–2). Angesichts insgesamt konstanter

unternehmensintern kontinuierlich FuE durch, weitere 12 % befassten sich anlassbezogen mit FuE („gelegentliche FuE“) (Abb. 2.1–3). In keiner anderen Branche ist der Anteil kontinuierlich forschender Unternehmen höher. Dies unterstreicht die besondere Bedeutung von FuE als Wettbewerbsparameter in der deutschen Chemieindustrie.

FuE in der Chemieindustrie findet in den Großunternehmen meist im **Rahmen internationaler FuE-Verbünde** statt. Die Chemieunternehmen mit Sitz in Deutschland haben im Jahr 2005 rund 30 % ihrer gesamten (weltweiten) FuE-Aufwendungen im Ausland getätigt (Abb. 2.1–4). Dieser Anteil blieb in den vergangenen zehn Jahren recht konstant, während er in der Industrie insgesamt angestiegen ist. Aktuell entspricht das Internationalisierungsniveau bei FuE in der Chemieindustrie dem Durchschnitt in der deutschen

Abb. 2.1–4: Internationalisierung von FuE in der Chemieindustrie Deutschlands 1997 bis 2005



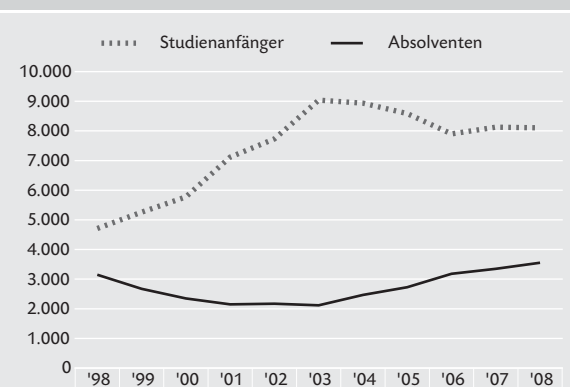
Industrie. Der Internationalisierungsprozess von FuE bedeutet gleichzeitig, dass auch ein bedeutender Anteil der in Deutschland durchgeführten FuE in Unternehmen mit Stammsitz im Ausland stattfindet. In der Chemieindustrie betraf dies 2005 rund 20 % der FuE-Aufwendungen, in der Industrie insgesamt sogar über 25 %. Der Anteil ausländischer Unternehmen an den FuE-Kapazitäten der deutschen Chemieindustrie ist bis 2005 deutlich gestiegen.

Lehr- und Forschungskapazitäten an Hochschulen

Die **wissenschaftliche Chemieforschung** ist eine wesentliche Grundlage für Innovationen in der Chemieindustrie. Zum einen ist die Wissenschaft ein direkter Partner in Innovationsprozessen (siehe Abschnitt 2.2) und liefert über Grundlagenforschungsergebnisse hinaus wichtige Inputs für die industrielle FuE. Zum anderen bilden Hochschulen die künftigen Generationen von Industrieforschern aus. Die Entwicklung der **Lehr- und Forschungskapazitäten** an den Hochschulen ist daher ein wichtiger Potenzialfaktor für künftige Innovationen in der Chemieindustrie. Nachdem in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre die Anzahl der an deutschen Hochschulen tätigen Wissenschaftler in der Chemie um 4 % pro Jahr abgenommen hat, konnten die Kapazitäten nach 2000 wieder sukzessive aufgebaut werden (Tab. 2.1–3). Die Anzahl des Lehr- und Forschungspersonals in den chemischen Fachbereichen nahm allerdings schwächer als in anderen Fächern zu. So waren im Jahr 2006 mit 9.400 Wissenschaftlern um 12 % weniger Personen in chemischer Forschung und Lehre tätig als 1995 (ca. 10.800). In den Naturwissenschaften insgesamt stieg die Anzahl des Lehr- und Forschungspersonals von 1995 bis 2006 dagegen um 10 %, in allen Wissenschaftsdisziplinen zusammen sogar um 17 %.

Ein Grund für die ungünstige Entwicklung in der 2. Hälfte der 1990er Jahre waren stark rückläufige **Studienanfängerzahlen** im Fach Chemie nach 1990, die bis 1995 auf unter die Hälfte des Niveaus von 1990 sanken. In der Folge nahmen ab 1997 auch die **Absolventenzahlen** ab und erreichten 2003 mit rund 2.100 einen Tiefpunkt. Allerdings stiegen

Abb. 2.1–5: Anzahl der Studienanfänger und Absolventen im Fach Chemie¹⁾ an deutschen Hochschulen 1998 bis 2008



1) Diplom-Chemie, Diplom-Biochemie, Lebensmittelchemie und Chemie an Fachhochschulen.

Studienanfänger: Anfänger in Diplom- oder Bachelorstudiengängen; Absolventen: bestandene Diplom- oder Masterprüfung bzw. 1. Staatsexamen (Lebensmittelchemie).

Quelle: Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). – Berechnungen des ZEW.

die Studienanfängerzahlen nach 1995 wieder kräftig an. In den Jahren 2003 und 2004 begannen jeweils rund 9.000 Studenten mit einem Chemiestudium (ohne Lehramtsstudien). Ab 2004 gingen dadurch auch die Absolventenzahlen (Diplom- und Masterabschlüsse) wieder in die Höhe. Mit über 3.500 Absolventen im Jahr 2008 konnte das Niveau von Mitte der 1990er Jahre (über 4.000 Absolventen pro Jahr) jedoch noch nicht wieder erreicht werden. Für die kommenden Jahre ist allerdings mit einem weiteren Anstieg der Zahl der Chemieabsolventen zu rechnen.

2.2 Innovationsprozesse in der Chemie

Effiziente Innovationsprozesse sind eine wichtige Voraussetzung, damit die Chemieindustrie ihrer Rolle als Anstoßgeber für Innovationen in anderen Branchen gerecht werden kann. Neben den Investitionen in die eigenen FuE-Kapazitäten und der Nutzung neuer wissenschaftlicher

Tab. 2.1–3: Veränderung der Anzahl des wissenschaftlichen Lehr- und Forschungspersonals an deutschen Hochschulen 1995 bis 2006

	jahresdurchschnittliche Veränderung in %		
	1995–2000	2000–2003	2003–2006
Naturwissenschaften, Mathematik			
Chemie	-1,1	3,4	1,8
Pharmazie	-4,0	1,2	1,6
Biologie	0,8	0,4	0,3
Physik, Astronomie	-0,5	3,1	2,9
Geowissenschaften	-1,5	1,4	1,0
Mathematik, Naturwissenschaften allgemein	-0,8	0,5	1,3
Informatik	-0,8	4,5	0,7
Ingenieurwissenschaften	2,6	11,3	3,0
Agrar-, Forst- u. Ernährungswissenschaften	-0,2	0,7	1,6
Medizinwissenschaften	-0,5	-0,3	-0,6
Medizinwissenschaften	1,7	2,8	1,9
Sozial-, Geistes- u. Kunstwissenschaften	1,4	3,1	1,8
Lehr- und Forschungsbereiche insgesamt	0,6	2,6	1,7

Quelle: Angaben des Statistischen Bundesamtes. – Berechnungen des NIW.

Das Wichtigste in Kürze

- **Innovationsaktivitäten** sind in der Chemieindustrie faktisch ein Muss: Im Zeitraum 2005-2007 befassten sich 87 % der Unternehmen mit Innovationen, mehr als in jeder anderen Branche.
 - Innovationsprozesse werden immer stärker geöffnet, die Zusammenarbeit mit **externen Partnern** (Kunden, Lieferanten, Wettbewerber, Wissenschaft) ist Innovationsalltag. Über 90 % der innovativen Chemieunternehmen beziehen Unternehmenskunden in Innovationsprozesse mit ein, 70 % integrieren Material- und Technologielieferanten, 50 % kooperieren mit der Wissenschaft. Aber auch innovationsbegleitende Dienstleister werden häufig kontaktiert.
 - Während **Kunden** in fast allen Phasen des Innovationsprozesses von großer Bedeutung sind, spielen **Material- und Technologielieferanten** vor allem für die Ideenfindung und den FuE- und Konstruktionsprozess eine wichtige Rolle. Die **Wissenschaft** fungiert ebenfalls als Ideengeber und FuE-Partner, wird aber auch häufig für produktionsvorbereitende Aktivitäten (inkl. Testen, Prüfen) genutzt. Wettbewerber werden nur selten direkt in Innovationsprojekte eingebunden, sie liefern in erster Linie Innovationsideen.
 - Die direkten **Innovationserträge** der Chemieindustrie – d.h. die Umsätze mit neuen Produkten sowie die Kosteneinsparungen durch neue Prozesse je investiertem Euro für FuE- und Innovationsprojekte – sind im Branchenvergleich
- niedrig. Dies ist ein Spiegelbild der langen und aufwendigen FuE-Prozesse und der langen Produkt- und Technologiezyklen, die auch lange Verwertungszeiten erfordern. Die **Produktinnovationserfolge** der Chemieindustrie konnten nach 2003 wieder merklich gesteigert werden.
 - Um sich Innovationserträge aneignen zu können, sind effektive Schutzmechanismen für geistiges Eigentum notwendig. 39 % der deutschen Chemieunternehmen, die 2005–2007 Innovationen eingeführt haben, berichten von einer **unbefugten Verwendung ihres intellektuellen Eigentums** durch Dritte. Am häufigsten werden Namen und Bezeichnungen unerlaubt übernommen. 60 % der betroffenen Unternehmen beklagen Schutzrechtsverletzungen durch inländische Unternehmen, in 26 % der Fälle sind Unternehmen aus China, in 21 % aus anderen westeuropäischen Ländern verantwortlich.
 - **Innovationshemmnisse** haben im Aufschwung tendenziell an Bedeutung verloren. Vor allem Regulierung/Bürokratie sowie Risiko und Kosten sind für weniger Chemieunternehmen Hemmfaktoren. Hier scheinen die Bemühungen von Unternehmen, Verbänden und Politik gefruchtet zu haben. Insgesamt nutzten viele Chemieunternehmen die günstige Konjunktur der letzten Jahre, um Innovationsprojekte aufzunehmen, der Anteil der Unternehmen, die wegen externer Hemmnisse auf Innovationsaktivitäten verzichtet haben, ist stark gesunken. Allerdings hat der **Fachkräftemangel** im Aufschwung stark an Bedeutung gewonnen.

Erkenntnisse kommt der Gestaltung von Innovationsprozessen und der erfolgreichen Umsetzung von FuE in neue Produkte und Prozesse eine entscheidende Bedeutung zu. Nur durch die umfassende Nutzung der Potenziale für neue Materialien und Verfahren können die Ausstrahlungseffekte der Chemie in vollem Umfang zur Geltung kommen. Ein effizienter Schutz der Innovationsergebnisse ist dabei ebenso von Bedeutung wie die Beseitigung von Hemmnissen, die Innovationsaktivitäten in der Chemie einschränken.

Innovationsaktivitäten der Unternehmen

FuE bildet das Fundament für die Innovationsbemühungen der Unternehmen. Dies gilt ganz besonders für die Chemieindustrie. Für die erfolgreiche Umsetzung von Innovationsideen sind neben FuE-Aufwendungen allerdings noch einige andere, „marktnahe“ Innovationsaktivitäten

erforderlich. Hierzu zählen u.a. Investitionen in neue Anlagen zur Herstellung neuer Produkte oder zur Umsetzung von Prozessinnovationen, Weiterbildungs- und Marketingaktivitäten im Rahmen von Innovationsprojekten sowie Tätigkeiten im Bereich Konzeption, Konstruktion und Produktionsvorbereitung. Die gesamten finanziellen Aufwendungen für Innovationen der chemischen Industrie beliefen sich im Jahr 2007 auf 6,0 Mrd. €, davon entfielen 63 % auf interne und externe FuE (Tab.2.2–1). Gut ein Fünftel waren Sachinvestitionen in neue Anlagen, Ausrüstungen und Gebäude außerhalb des FuE-Bereichs. Rund ein Sechstel waren Aufwendungen für Produktgestaltung, Konstruktion, Produktionsvorbereitung, Weiterbildung und Markteinführung. Gegenüber 2003 und 2005 haben im Jahr 2007 sowohl die investiven als auch die sonstigen Innovationsaufwendungen an Gewicht gewonnen, während der Anteil der (internen plus externen) FuE-Aufwendungen von 77 %

Tab. 2.2–1: Innovationsaufwendungen der deutschen Chemieindustrie 2003, 2005 und 2007

	2003	2005	2007
Innovationsaufwendungen insgesamt in Mrd. €⁵⁾	5,15	5,03	6,00
darunter: interne FuE-Aufwendungen ¹⁾	3,29	2,97	3,22
darunter: externe FuE-Aufwendungen ¹⁾	0,65	0,34	0,51
darunter: Sachinvestitionen für Innovationen ^{2) 5)}	0,63	0,96	1,27
darunter: sonstige Innovationsaufwendungen ^{3) 5)}	0,58	0,76	0,99
Innovationsintensität in %^{4) 5)}	4,77	4,30	4,53

1) auf Basis der FuE-Erhebung des Stifterverbandes.

2) ohne Investitionen für FuE lt. FuE-Erhebung des Stifterverbandes

3) u.a. Konstruktion, Produktgestaltung, Produktionsvorbereitung, Marketing, Weiterbildung für Produkt- oder Prozessinnovationen.

4) Innovationsaufwendungen in % des Gesamtumsatzes inkl. Umsatz mit Handelswaren und fachfremde Umsätze.

5) ohne Nicht-FuE-Innovationsaufwendungen von Unternehmen mit weniger als 5 Beschäftigten.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel. – Stifterverband-Wissenschaftsstatistik. – StaBuA. – Schätzungen und Berechnungen des ZEW.

Tab. 2.2–2: Innovationsindikatoren für die forschungsintensiven Wirtschaftszweige Deutschlands 2007

	Innovationsaufwendungen ¹⁾ in Mrd. €	Innovationsintensität ¹⁾ in %	Anteil innovationsaktiver Unternehmen ²⁾ in %	Innovatorenquote ²⁾ in %	Produktinnovatorenquote ²⁾ in %	Prozessinnovatorenquote ²⁾ in %	Umsatz mit neuen Produkten ³⁾ in Mrd. €	Umsatzanteil mit neuen Produkten ³⁾ in %	Umsatzanteil mit Markneuheiten ⁴⁾ in %	Kostenkennungsanteil ⁵⁾ in %
Chemieindustrie	6,0	4,5	87	77	68	46	23	17	4,0	4,5
Pharmaindustrie	5,9	14,4	86	75	75	42	7	17	6,1	3,7
Maschinenbau	11,8	5,2	83	76	66	47	64	28	7,1	3,8
Elektroindustrie	13,0	7,7	79	73	65	46	69	41	7,6	7,7
Instrumententechnik	4,2	9,4	86	77	72	40	14	31	7,1	4,2
Fahrzeugbau	30,7	7,8	73	67	54	45	219	56	12,2	6,2
verarbeitende Industrie	88,6	4,8	66	57	46	35	500	27	6,1	4,6
EDV/Telekommunikation	9,0	6,6	85	78	65	42	37	27	4,9	5,3
technische Dienste	3,7	9,3	69	59	44	40	5	14	2,8	1,8

1) Aufwendungen für FuE sowie innovationsbezogene Aufwendungen für Weiterbildung, Marketing, Produktionsvorbereitung, Konstruktion, externes Wissen und die Anschaffung neuer Anlagen; Innovationsintensität bezogen auf den Gesamtumsatz.

2) Anteil der Unternehmen, die im vorangegangenen Dreijahreszeitraum zumindest ein Innovationsprojekt durchgeführt haben bzw. zumindest eine Produkt- oder Prozessinnovation erfolgreich eingeführt haben.

3) Produkte, die im vorangegangenen Dreijahreszeitraum neu eingeführt wurden.

4) Produkte, die im vorangegangenen Dreijahreszeitraum neu eingeführt wurden und zuvor noch von keinem anderen Unternehmen im Markt angeboten wurden.

5) Anteil der Kosten, die durch die Einführung von Prozessinnovationen reduziert werden konnten, bezogen auf die Gesamtkosten der Branche.

Gesamtumsatz: inklusive Handelswaren und fachfremder Umsätze.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2008). – Berechnungen des ZEW.

(2003) auf 63 % (2007) fiel. In Zeiten günstiger weltwirtschaftlichen Rahmenbedingungen, wie sie besonders 2006 und 2007 gegeben waren, werden offenbar marktnahe Innovationsaufwendungen überproportional ausgeweitet. FuE-Aufwendungen scheinen in der Chemie dagegen weniger stark zu fluktuieren. Die Innovationsaufwendungen machten 2007 gut 4,5 % des Gesamtumsatzes der deutschen Chemieindustrie aus. Im Vergleich zu 2003 ging diese Quote um 0,3 Prozentpunkte zurück und liegt nun unter dem Durchschnitt in der verarbeitenden Industrie.

Beim Anteil der Unternehmen, die sich mit Innovationen befassen („**Innovationsbeteiligung**“), befindet sich die Branche dagegen an der Spitze: Im Zeitraum 2005–2007 führten 87 % aller Chemieunternehmen Innovationsprojekte durch (Tab. 2.2–2). 77 % der Unternehmen zählten zu den erfolgreichen Innovatoren, d.h. sie konnten zumindest ein Projekt durch die Einführung eines neuen Produkts oder Prozesses erfolgreich abschließen. Dass nicht alle innovationsaktiven Unternehmen auch erfolgreiche Innovatoren sind, deutet zum einen auf die teilweise langen Zeitdauern von Innovationsprojekten hin, zum anderen zeigt es auch das Risiko des Scheiterns an, das allen innovativen Vorhaben innewohnt.

Innovationspartner

Für erfolgreiche Innovationen ist es i.d.R. notwendig, Innovationsprozesse so zu gestalten, dass Impulse von außen aufgenommen und in die Entwicklung neuer Produkte und Prozesse integriert werden. Diese als „Open Innovation“ bezeichnete Strategie zielt darauf ab, das

Wissen von Kunden, Lieferanten, Wettbewerbern, der Wissenschaft und Dienstleistern so zu nutzen, dass Anforderungen und Möglichkeiten für innovative Lösungen frühzeitig erkannt und umgesetzt werden. Die technologischen Potenziale für Innovationen können so besser erschlossen und Innovationen besser an die Bedürfnisse der Nutzer angepasst werden. Die Kombination der eigenen innovativen Potenziale – insbesondere der Ergebnisse eigener FuE-Tätigkeit – mit den Anforderungen und Anregungen der „**Innovationspartner**“ ist gerade für die Chemieindustrie von zentraler Bedeutung, um ihre Rolle als Innovationsmotor durch die Entwicklung innovativer Materialien und ihren Einsatz in neuen Produkten und Prozessen ihrer Kunden wahrzunehmen.

„Open Innovation“ ist in der Chemie heute Standard. Fast kein Chemieunternehmen betreibt Innovationsprojekte, ohne externe Partner mit einzubeziehen. **Unternehmenskunden** sind dabei mit Abstand der wichtigste Partner bei der Zusammenarbeit zur Entwicklung und Einführung neuer Produkte und Prozesse. Für 92 % der innovativen Chemieunternehmen sind Kunden aus dem Unternehmenssektor wichtige Partner bei der Umsetzung von Innovationsprojekten (Abb. 2.2–1). Dies unterstreicht die hohe Bedeutung der Chemie als Innovationslieferant für seine Kundenbranchen. Die Zusammenarbeit kann dabei von formalen Kooperationen bis zum informellen Ideenaustausch reichen. Zweitwichtigster Innovationspartner sind **Material- und Technologielieferanten**, für 71 % der innovativen Chemieunternehmen sind sie wichtige Innovationspartner. Dabei dürfte es sich zum einen um Kooperationen mit Anlagenherstellern und zum anderen um eine Zusammenarbeit zwischen Che-

mieunternehmen auf unterschiedlichen Stufen der chemischen Wertschöpfungskette handeln.

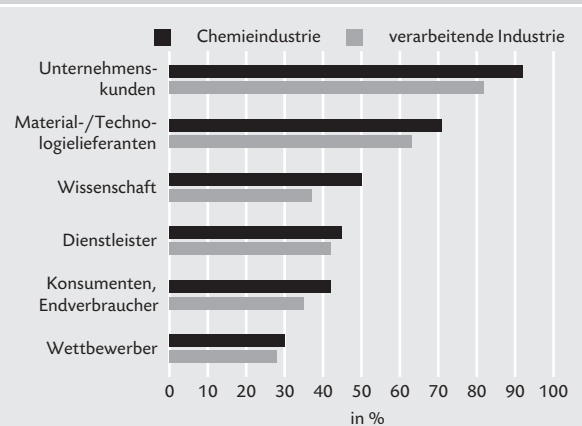
An dritter Stelle folgt die **Wissenschaft**, d.h. Hochschulen und staatliche Forschungseinrichtungen. Jedes zweite innovative Chemieunternehmen bindet die Wissenschaft als wichtige Partner in Innovationsprojekte ein. Aber auch Dienstleister und Konsumenten leisten wichtige Beiträge zur Umsetzung von Innovationsprojekten in der Chemie. Die Zusammenarbeit mit direkten Wettbewerbern ist relativ selten, wenngleich 30 % der innovativen Chemieunternehmen zumindest bei einzelnen Projekten gemeinsam mit Wettbewerbern an innovativen Lösungen arbeiten.

Chemieunternehmen weisen bei allen Partnern höhere Anteile als im Mittel der Industrie auf, d.h. Innovationsprojekte werden in der Chemie besonders stark in einem **offenen Prozess** unter Einbeziehung externer Partner umgesetzt. Diese intensive Zusammenarbeit spiegelt sich nur zu einem geringen Teil in der Vergabe externer FuE-Aufträge wider (vgl. Tab. 2.1–2). Viele Kooperationen basieren auf einer informellen Kooperation oder auf gemeinschaftlichen Innovationsprojekten, bei denen jeder Partner seine Beiträge selbst finanziert.

Die Bedeutung der Innovationspartner unterscheidet sich nach den einzelnen Phasen des Innovationsprozesses. **Ideen für Innovationen** werden in erster Linie aus der Interaktion mit Unternehmenskunden gewonnen, außerdem spielen Material- und Technologielieferanten hier eine wichtige Rolle (Tab. 2.2–3). Konsumenten kommt als Ideengeber eine geringere Bedeutung zu, da nur wenige Segmente der Chemieindustrie Konsumprodukte herstellen. Kunden sind auch die wichtigsten Innovationspartner bei **FuE und Konstruktion**, was auf die zentrale Rolle von arbeitsteiligen FuE-Prozessen zwischen Materialentwickler (Chemie) und industriellem Anwender hinweist. Material- und Technologielieferanten sind als FuE-Partner noch bedeutender als die Wissenschaft.

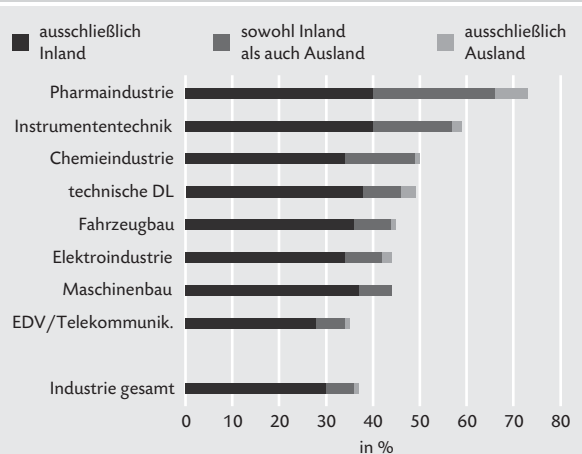
Dienstleistungsunternehmen wie Ingenieurbüros, technische und Unternehmensberater sowie Kreativunternehmen werden vor allem im Bereich Gestaltung/Design von Innovationen und in der Überleitungsphase von FuE/Konstruktion zur Implementierung und Markteinführung, die u.a. Test-, Prüf- und andere Vorbereitungsarbeiten umfasst, als Innovationspartner eingebunden. Der geringe Anteil von Chemieunternehmen, die in der Innovationsphase

Abb. 2.2–1: Innovationspartner der Chemieindustrie Deutschlands 2007



Anteil der innovationsaktiven Unternehmen (in %), die angaben, dass die jeweilige Gruppe im Zeitraum 2005–2007 ein wichtiger Innovationspartner war.
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2008). – Berechnungen des ZEW.

Abb. 2.2–2: Wissenschaftseinrichtungen als Innovationspartner 2007



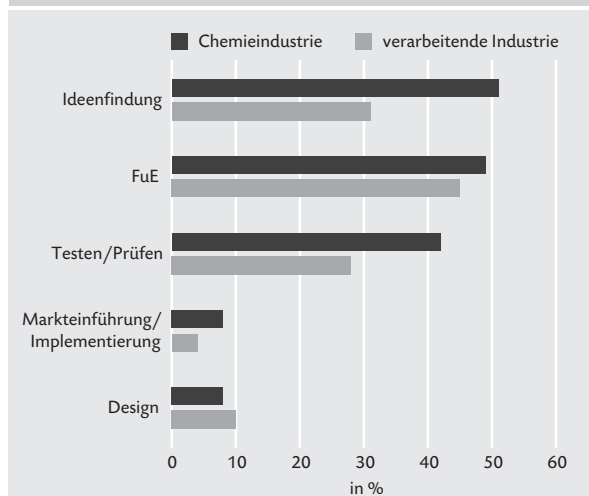
Lesehilfe: 50 % der Chemieunternehmen haben 2005–2007 mit Wissenschaftseinrichtungen in Innovationsprojekten zusammengearbeitet. 34 % arbeiteten ausschließlich mit Wissenschaftseinrichtungen aus Deutschland zusammen, 14 % sowohl mit inländischen als auch mit ausländischen Wissenschaftseinrichtungen und 2 % ausschließlich mit ausländischen.
Anteil der innovationsaktiven Unternehmen (in %), die im Zeitraum 2005–2007 mit Wissenschaftseinrichtungen in Innovationsprojekten zusammengearbeitet haben, differenziert nach dem Standort der Wissenschaftseinrichtungen.
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2008). – Berechnungen des ZEW.

Tab. 2.2–3: Bedeutung von Innovationspartnern der Chemieindustrie nach Innovationsphasen (in %)

	Innovationspartner für ...				
	Ideenfindung	FuE, Konstruktion	Gestaltung/Design	Testen/Prüfen, Produktions-/Vertriebsvorbereitung	Markteinführung/Implementierung
Unternehmenskunden	75	50	26	50	64
Material-/Technologielieferanten	51	43	11	22	8
Wissenschaft	33	32	5	28	6
Dienstleister	18	20	28	35	17
Konsumenten	27	11	5	9	14
Wettbewerber	18	6	5	5	2

Lesehilfe: 75 % der innovationsaktiven Unternehmen in der Chemieindustrie Deutschlands haben im Zeitraum 2005–2007 in der Ideenfindungsphase von Innovationsprojekten mit Unternehmenskunden zusammengearbeitet.
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2008). – Berechnungen des ZEW.

Abb. 2.2–3: Zusammenarbeit mit der Wissenschaft 2007 nach Innovationsphasen



Anteil der innovationsaktiven Unternehmen mit Wissenschaftseinrichtungen als Innovationspartner (in %), die in den jeweiligen Phasen von Innovationsprojekten mit Wissenschaftseinrichtungen zusammengearbeitet haben.
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2008). – Berechnungen des ZEW.

Gestaltung/Design mit externen Partnern zusammenarbeiten, spiegelt die – im Vergleich zu anderen Branchen – geringe Bedeutung des Produktdesigns in der Chemie wider. Für die **Markteinführung neuer Produkte** und die Implementierung neuer Prozesse wird naheliegender Weise vor allem auf das Wissen der Kunden (Unternehmen, Konsumenten) sowie externer Dienstleister (Werbeagenturen, Anlagentechniker etc.) zurückgegriffen.

Der Zusammenarbeit mit **Wissenschaftseinrichtungen** kommt in der Chemieindustrie als besonders stark forschungsorientierte Branche eine besondere Bedeutung zu (Abb. 2.2–2). Jedes zweite Chemieunternehmen mit eigenen Innovationsaktivitäten kooperiert mit Hochschulen oder staatlichen Forschungseinrichtungen, wobei hier nicht nur formale Kooperationen, sondern auch der informelle Austausch gezählt wird. Nur in der Pharmaindustrie und der Instrumententechnik (Medizin-, Mess-, Steuer-, Regeltechnik, Optik) sind Wissenschaftskooperationen noch häufiger anzutreffen. Fast alle deutschen Chemieunternehmen mit Wissenschaftskooperationen arbeiten mit Einrichtungen aus Deutschland zusammen, rund ein Drittel nutzt auch ausländische Einrichtungen. Der Fokus auf inländische Wissenschaftspartner unterstreicht die Bedeutung der räumlichen Nähe und eines über einen längeren Zeitraum aufgebauten gegenseitigen Vertrauensverhältnisses, das u.a. durch einen gemeinsamen Ausbildungshintergrund der beteiligten Forscher aus Industrie und Wissenschaft gefördert wird. Gleichwohl sind Wissenschaftskooperationen in der Chemieindustrie im Vergleich zu anderen forschungsorientierten Branchen in hohem Maße internationalisiert.

Die Zusammenarbeit mit der Wissenschaft beschränkt sich nicht nur auf FuE-Kooperationen. Gleich wichtig sind Ergebnisse aus der wissenschaftlichen Forschung als Im-

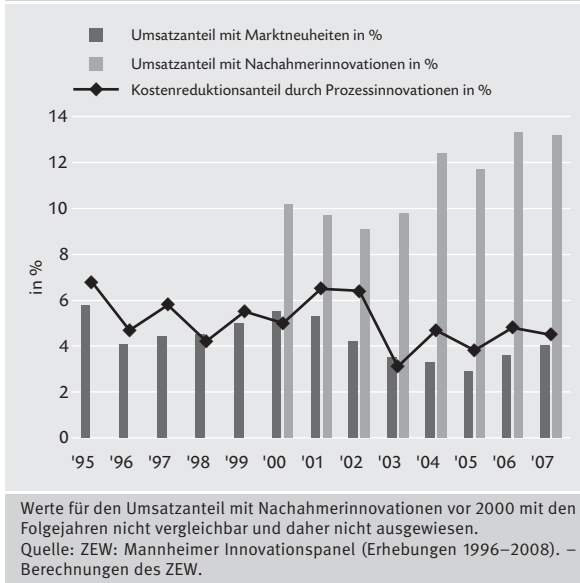
pulsgeber für neue Innovationsideen (Abb. 2.2–3). Die **Ideenlieferung** muss nicht notwendigerweise mit einer aktiven FuE-Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Wissenschaft einhergehen, denn tatsächlich nutzen sogar etwas mehr Chemieunternehmen Wissenschaftseinrichtungen als Ideengeber für Innovationen denn als FuE-Partner. Ein weiteres wichtiges Kooperationsfeld ist der Bereich **Testen/Prüfen/Produktionsvorbereitung**. Über 40 % der Chemieunternehmen mit Wissenschaftskooperationen binden Wissenschaftseinrichtungen auch in dieser Phase des Innovationsprozesses ein. Dies weist darauf hin, dass das an Wissenschaftseinrichtungen verfügbare Wissen durchaus auch für pragmatische technische Lösungen, die für diese Innovationsphase typisch sind, von Relevanz ist.

Innovationserträge und Schutz von Innovationsergebnissen

Die Entscheidungen von Unternehmen, finanzielle Mittel für FuE- und Innovationsprojekte bereitzustellen und sich um eine effektive Gestaltung von Innovationsprozessen zu bemühen, müssen sich letztlich an den damit erzielten finanziellen Rückflüssen messen lassen. Die unmittelbaren Erträge, die die Unternehmen mit ihren Innovationsanstrengungen aus neuen Produkten oder neuen bzw. verbesserten Verfahren erzielen, können – internationalen Konventionen folgend – anhand des Umsatzanteils mit neuen Produkten, die in den vorangegangenen drei Jahren auf den Markt gebracht wurden, sowie der durch Prozessinnovationen erzielten Stückkosteneinsparung gemessen werden.

Der **Umsatz mit neu eingeführten Produkten** (= Produkte, die nicht älter als 3 Jahre sind) trug im Jahr 2007 rund 23 Mrd. € zum Gesamtumsatz der deutschen Chemieindustrie bei. Das entspricht 17 % des Gesamtumsatzes der Branche. 4 % des Gesamtumsatzes entfielen auf Marktneuheiten, also auf originäre Innovationen, die erstmals im Markt angeboten wurden. Nachahmerinnovationen, also Produkte, die zwar für das entsprechende Unternehmen neu sind, zuvor aber bereits von anderen im Markt angeboten wurden, machen 13 % aus. Der Umsatzanteil mit neuen Produkten ist deutlich niedriger als in den anderen forschungsintensiven Branchen. In der Chemieindustrie haben zwar sehr viele Unternehmen neue Produkte in ihrem Angebot (68 %), erzielen damit jedoch im Mittel nur geringe Umsatzbeiträge. Ein wesentlicher Grund sind die langen Produktlebenszyklen sowie die langen Anlaufzeiten, bis Neuheiten auf hohe Umsatzzahlen kommen. Gerade in der Chemieindustrie stellen sich hohe Umsatzerfolge von Innovationen oft erst viele Jahre nach Markteinführung ein. Damit sich die Investitionen in neue Produkte rechnen, sind somit lange Verwertungszeiten notwendig.

Der Umsatzanteil mit **Marktneuheiten** ist in den vergangenen Jahren – parallel zur günstigen Chemiekonjunktur – wieder angestiegen, nachdem er zuvor von 5,5 % (2000) auf 2,9 % (2005) zurückgegangen war. Der Umsatzanteil mit Nachahmerinnovationen nimmt bereits seit

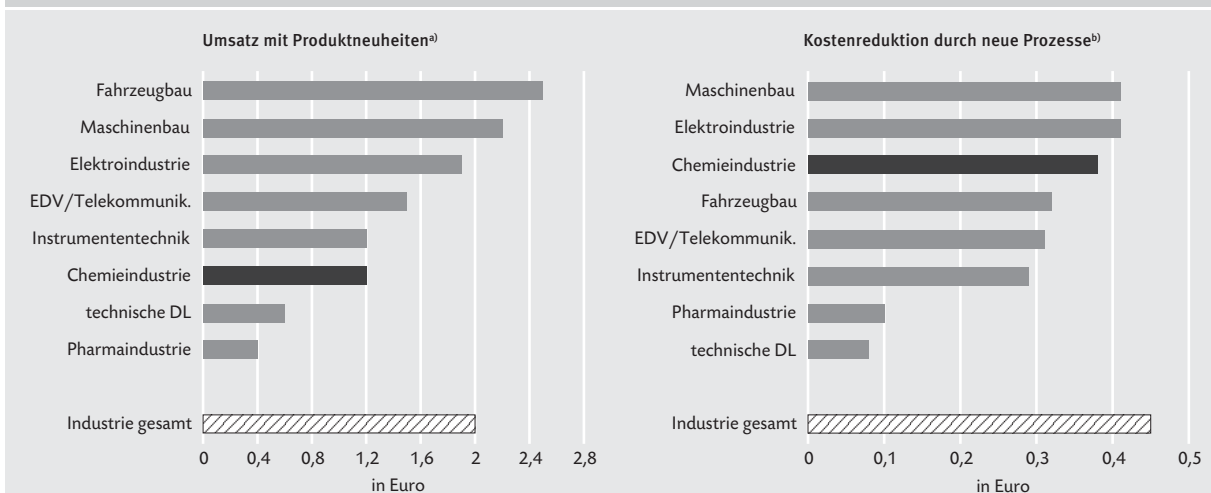
Abb. 2.2–4: Innovationserfolg in der Chemieindustrie Deutschlands 1995 bis 2007


2003 tendenziell zu (Abb. 2.2–4). Der **kostenseitige Innovationserfolg** – gemessen an der mit Hilfe von Prozessverbesserungen erreichten durchschnittlichen Senkung der Stückkosten – hat sich 2003 bei etwa 4 % eingependelt. Ende der 1990er Jahre war der jährliche Kosten-senkungsbeitrag von Prozessinnovationen mit 5 bis 6 % noch höher gewesen. Ein Grund für die geringeren Kosten-senkungserfolge können die gestiegenen Rohstoffpreise sein, die einen Teil der Rationalisierungserfolge durch verbesserte Prozesstechniken absorbieren.

Setzt man die Höhe des Innovationserfolgs in Relation zum Umfang der Innovationsaufwendungen, zeigt sich für die Chemie – im Vergleich zu anderen forschungsintensiven Branchen – ein eher ungünstiges **Input-Output-Verhältnis**: Einem Euro an Innovationsaufwendungen stehen – im Mittel der Jahre 2002 bis 2007 – in der Chemieindustrie Umsätze mit neuen Produkten von 1,20 € gegenüber.² Fahrzeugbau und Maschinenbau kommen demgegenüber auf Innovationsumsätze von 2,50 bzw. 2,20 €, die Elektroindustrie erreicht knapp 2 € (was auch dem Industriemittel entspricht) und die Dienstleistungsbranche EDV/Telekommunikation kommt auf etwa 1,50 € (Abb. 2.2–5). Eine ungünstigere Input-Output-Relation zeigen unter den forschungsorientierten Branchen nur die technischen Dienstleistungen (zu denen u. a. auch die FuE-Dienstleister zählen) und die Pharmaindustrie. Beim prozesseitigen Innovationserfolg (Kostenreduktion durch neue Verfahren) erreicht die Chemieindustrie ein im Vergleich zu den anderen forschungsintensiven Sektoren recht günstiges Input-Output-Verhältnis. Es liegt gleichwohl unter dem Industriemittel, da in den weniger forschungsorientierten Branchen besonders hohe Rationalisierungserfolge im Vergleich zu den für Innovationen eingesetzten finanziellen Mitteln erzielt werden.

Diese Situation einer relativ niedrigen Relation zwischen Input und Output von Innovationsaktivitäten – insbesondere bei Produktinnovationen – hat mehrere Konsequenzen für die Chemieindustrie:

- Um vergleichbare Innovationsrenditen wie andere Branchen zu erzielen, sind längere Amortisationszeiträume nötig, d.h. neue Produkte müssen länger im Markt bleiben und Umsätze erzielen. Dies bedeutet wiederum,

Abb. 2.2–5: Relation von Innovationserfolg und Innovationsaufwendungen


a) Durchschnittlicher Umsatz mit Produktneuheiten, die in den Jahren 2002–2007 neu eingeführt wurden, je € Innovationsaufwendungen der Jahre 2002–2007.
 b) Durchschnittliche Höhe der durch Prozessinnovationen der Jahre 2002–2007 eingesparten Kosten je € Innovationsaufwendungen der Jahre 2002–2007.
 Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebungen 2003–2008). – Berechnungen des ZEW.

² Hierfür wurden die jahresdurchschnittlichen Umsätze von neu eingeführten Produkten, die in den ersten drei Jahren nach Produkteinführung erzielt wurden, in Bezug zu den durchschnittlichen jährlichen Innovationsaufwendungen gesetzt.

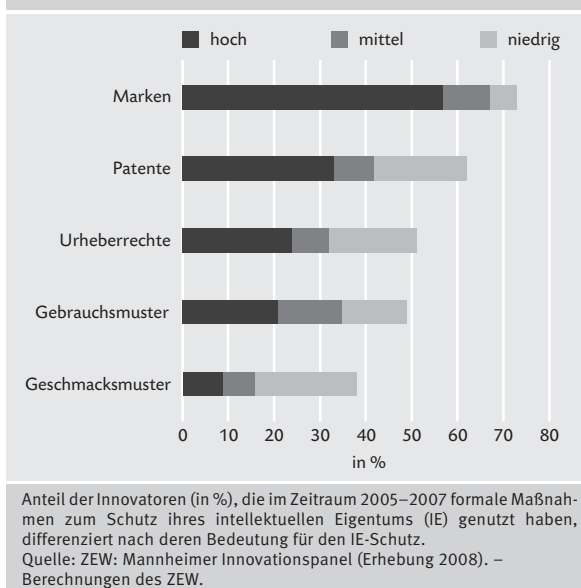
dass langfristig **stabile Vermarktungsbedingungen für Chemieprodukte von großer Bedeutung** sind. Wird beispielsweise durch Regulierungen der Einsatz innovativer Materialien aus der Chemie erschwert oder gar unterbunden, so gibt dies nicht nur keine Anreize für künftige Innovationen, es verschlechtert auch die Renditen bereits früher getätigter Innovationen und untergräbt damit die Finanzierungsbasis für FuE und Innovationen in der Chemieindustrie.

- Lange Rückflussperioden erfordern auch lange **Schutzzeiträume für geistiges Eigentum**. Diese sind mit der derzeit geltenden Regelung im Patentrecht zweifelsfrei gegeben. Die Situation in der Chemieindustrie (ebenso wie in der Pharmabranche) unterstreicht aber, dass eine Verkürzung solcher Schutzzeiträume weitreichende Folgen für Innovationsanreize in einzelnen Branchen hätte.
- Eine weitere Strategie ist die Erhöhung der **Anwendungsbreite von neuen Produkten**. Dies kann einerseits durch die Erschließung zusätzlicher regionaler Absatzmärkte für neue Produkte, sprich: Exporte, erfolgen. Andererseits sind auch noch lange nach der Markteinführung eines Produktes immer wieder neue Anwendungsfelder zu erschließen und damit neue Kundengruppen anzusprechen.

Lange Rückflussperioden bei gleichzeitig hoher Unsicherheit über die künftige Nachfrageentwicklung legen nahe, für innovative Produkte in der ersten Phase der Marktpräsenz hohe Margen anzusetzen, um den Amortisationszeitraum zu verkürzen. Hierfür wären allerdings eine temporäre, innovationsbedingte Marktmacht und eine hohe Zahlungsbereitschaft bei den Kunden notwendig. Angesichts der intensiven internationalen Konkurrenz und des Substitutionswettbewerbs gegenüber anderen Materialien, in welchem Chemiewaren fast immer stehen, ist eine **Hochpreisstrategie** jedoch nur **begrenzt durchsetzbar**. Zumal zu beachten ist, dass dadurch die Verbreitungsgeschwindigkeit neuer Produkte reduziert wird und nur langsam großvolumige Produktionen mit den entsprechenden Kostenvorteilen erreicht werden.

Um die Erträge aus Innovationsaktivitäten zu sichern, ist der Einsatz von **formalen Schutzmaßnahmen** notwendig. Fast jedes innovierende Chemieunternehmen greift auf solche staatlich garantierten Schutzinstrumente zurück. Mit 71 % setzte im Zeitraum 2005–2007 der größte Teil auf **Marken**, 62 % griffen auf **Patentschutz** zurück, jeweils 50 % nutzten Urheberrechte und Gebrauchsmuster, während Geschmacksmuster – die vor allem für den Designschutz dienen – nur von 39 % der Innovatoren in der Chemie eingesetzt werden (Abb. 2.2–6). Marken werden von den Unternehmen auch als ein besonders effektives Schutzinstrument angesehen, 56 % aller innovierenden Chemieunternehmen messen ihm eine hohe Bedeutung für den Schutz ihres intellektuellen Eigentums zu. Dies ist deutlich mehr als für Patente (34 %). Dieses Ergebnis unterstreicht, dass es für den Innovationserfolg von Chemieprodukten nicht nur um die technologischen Merkmale der neuen Produkte geht, sondern auch um die Marketingstrategie und die Ab-

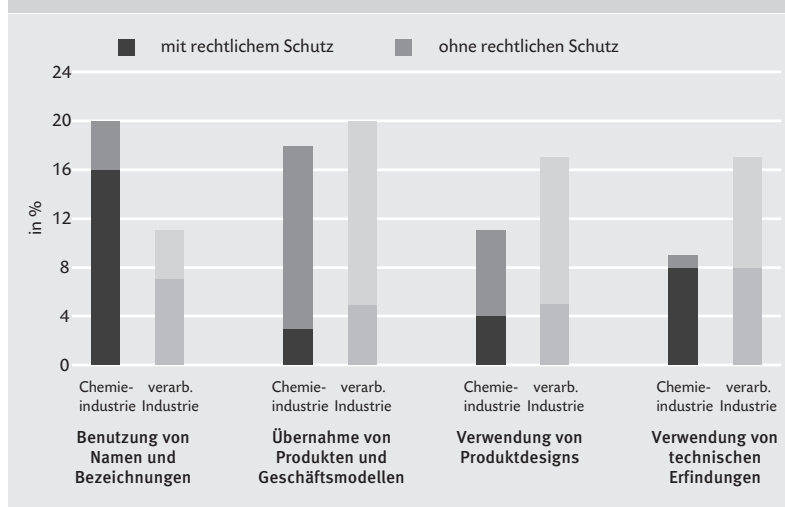
Abb. 2.2–6: Bedeutung formaler Maßnahmen zum Schutz von intellektuellem Eigentum in der Chemieindustrie Deutschlands 2007



grenzung der eigenen Produkte von Angeboten der Wettbewerber, wozu u.a. die Einführung von Marken eine zielführende Maßnahme ist.

Die Bedeutung von Marken für die erfolgreiche Verwertung von Innovationen in der Chemie wird auch daran deutlich, dass die unbefugte Benutzung eigener Namen und Bezeichnungen durch Dritte die am häufigsten vorkommende **Beeinträchtigung des intellektuellen Eigentums** von Chemieunternehmen ist. Mit einem Anteil von 20 % an allen Innovatoren weist die Chemieindustrie eine doppelt so hohe Quote wie im Industriemittel auf (Abb. 2.2–7). Vier Fünftel der betroffenen Chemieunternehmen hatten die entsprechenden Namen und Bezeichnungen rechtlich geschützt. Die unerlaubte Verwendung von technischen Erfindungen betrifft 9 % der Innovatoren in der Chemie, während im Durchschnitt aller Industriebranchen 16 % die Verwendung eigener Erfindungen durch Dritte beklagen. In der Chemieindustrie haben fast alle der betroffenen Unternehmen auch einen rechtlichen Schutz über Patente oder Gebrauchsmuster angemeldet, während in den anderen Industriebranchen mehr als jedes zweite Opfer einer unbefugten Nutzung eigener technischer Erfindungen auf diese keinen Schutzrechtstitel angemeldet hat. Dies zeigt, dass die Verfolgung von formalen Schutzrechtsstrategien in der Chemieindustrie weit verbreitet und das Schutzrechtssystem insoweit effektiv ist, als auf Inventionen aus der Chemieforschung i.d.R. auch der Patentschutz anwendbar ist.

„**Produktpiraterie**“ in Form der Übernahme von Produkten und Geschäftsmodellen durch andere Unternehmen kommt in der Chemieindustrie etwa gleich häufig vor wie in der deutschen Industrie insgesamt. 18 % der Chemie- und 19 % der Industrieunternehmen berichten derartige Beeinträchtigungen ihres intellektuellen Eigentums. Im Gegensatz

Abb. 2.2–7: Beeinträchtigung des intellektuellen Eigentums von Innovatoren 2007


Anteil der Innovatoren (in %), deren intellektuelles Eigentum (IE) im Zeitraum 2005–2007 durch andere Unternehmen beeinträchtigt wurde, differenziert nach der Art der IE-Beeinträchtigung und ob das beeinträchtigte IE rechtlich geschützt war.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2008). – Berechnungen des ZEW.

zu Namen/Bezeichnungen und Erfindungen sind die meisten Unternehmen allerdings nicht in der Lage, diese Produktkonzepte oder Geschäftsmodelle rechtlich zu schützen, sodass die Übernahme durch Dritte erleichtert wird. „Produktpiraterie“ in Form der Verwendung von Produktdesigns durch andere Unternehmen kommt in der Chemieindustrie seltener als im Mittel der anderen Branchen vor.

Die Übernahme von Produkten und Geschäftsmodellen sowie von Namen und Bezeichnungen erfolgt bei der Mehrzahl der betroffenen Unternehmen durch andere Unternehmen aus **Deutschland**, während für „Produktpiraterie“ im Bereich der Verwendung technischer Erfindungen und von Produktdesigns überwiegend Unternehmen aus dem Ausland verantwortlich sind (Tab. 2.2–4). Dabei spielt wiederum die Verletzung intellektuellen Eigentums durch Unternehmen aus **China** eine besondere Rolle, aber auch andere **westeuropäische** Unternehmen beeinträchtigen häufig das

intellektuelle Eigentum von Unternehmen der deutschen Chemieindustrie. Osteuropa spielt dagegen kaum eine Rolle, und Nordamerika wird nur im Bereich der Verwendung technischer Erfindungen häufiger als Herkunftsregion von Beeinträchtigungen des intellektuellen Eigentums genannt.

Behinderung von Innovationsaktivitäten

Innovationshemmnisse führen dazu, dass die in den Unternehmen vorhandenen Innovationspotenziale nicht voll ausgeschöpft werden. Innovationshemmnisse können erfolgreiche Innovatoren betreffen (indem sie einzelne Projekte verhindern oder verzögern), sie können aber auch Unternehmen gänzlich von der erfolgreichen Einführung einer Innovation abhalten. In der Chemieindustrie gaben 67 % aller **Innovatoren** an, im

Zeitraum 2004–2006 von Innovationshemmnissen so stark betroffen gewesen zu sein, dass sich dadurch die Laufzeit von Innovationsprojekten merklich verlängert hat, Projekte abgebrochen werden mussten oder bereits in der Konzeptionsphase eingestellt wurden (Abb. 2.2–8). In anderen forschungsintensiven Branchen ist der Anteil der durch Hemmnisse beeinträchtigten Innovatoren sogar noch höher, in der Pharmaindustrie gaben dies 4 von 5 Unternehmen an. Von den **Nicht-Innovatoren** in der Chemieindustrie wurden 30 % durch Hemmnisse von der Durchführung oder dem erfolgreichen Abschluss von Innovationsprojekten abgehalten. Im Vergleich zu früheren Jahren ist dies deutlich weniger. Das günstigere konjunkturelle Umfeld scheint offenbar einige Innovationshemmnisse, insbesondere im Finanzierungsbereich, aus dem Weg geräumt zu haben. Damit einher ging auch ein merklicher Anstieg der Innovationsbeteiligung, d.h. des Anteils von Unternehmen mit Innovationsaktivitäten. Er

Tab. 2.2–4: Regionale Herkunft der Unternehmen, die intellektuelles Eigentum von Innovatoren aus der deutschen Chemieindustrie beeinträchtigt haben (in %)

	Gesamt	Verwendung von technischen Erfindungen	Übernahme von Produkten/Geschäftsmodellen	Benutzung von Namen/Bezeichnungen	Verwendung von Produktdesigns
Anteil der Innovatoren mit IE-Beeinträchtigung	39	9	18	20	11
davon: durch Unternehmen aus Deutschland	60	36	64	56	44
davon: durch Unternehmen aus dem Ausland	54	66	39	45	56
darunter: Westeuropa	21	4	22	18	7
darunter: Osteuropa	4	0	0	7	0
darunter: Nordamerika	7	18	0	5	0
darunter: China	26	24	24	20	34
darunter: Südasien	4	4	0	0	11
darunter: Ost-/Südostasien, Australien	15	27	8	5	20
darunter: Naher Osten, Afrika, Lateinamerika	3	12	0	0	0

Mehrfachnennungen zu Herkunftsregionen möglich.

Lesehilfe: Bei 36 % der Innovatoren, deren technische Erfindungen im Zeitraum 2005–2007 von anderen Unternehmen unbefugt verwendet wurden, kamen diese aus Deutschland, bei 66 % aus dem Ausland, wobei alleine 24 % aus China und 27 % aus Ost-/Südostasien oder Australien kamen.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2008). – Berechnungen des ZEW.

erreichte 2006 in der Chemieindustrie mit 90 % einen einmaligen Spitzenwert. Gleichwohl ist der Anteil von 30 % Nicht-Innovatoren mit Innovationshemmnissen im Branchenvergleich ein sehr hoher Wert, nur in der Instrumententechnik liegt die Quote merklich höher.

Das am häufigsten genannte Innovationshemmnis in der Chemieindustrie ist das **hohe wirtschaftliche Risiko**. 29 % aller Innovatoren in der Chemie haben im Zeitraum 2004–2006 deshalb Innovationsprojekte verlängert, abgebrochen oder gar nicht erst begonnen (Abb. 2.2–9). Eine hohe Bedeutung kommt außerdem der mangelnden Kundenakzeptanz (27 % der Innovatoren), den hohen Innovationskosten (24 %), organisatorischen Problemen (23 %), dem Fachpersonalmangel (23 %) und fehlenden Marktinformationen (22 %) zu. Gegenüber den Jahren 2000–2002, für die direkte Vergleichszahlen vorliegen, hat die Bedeutung von Risiko und Kosten als innovationshemmende Faktoren deutlich abgenommen. Dies kann u.U. auf die starke Expansion des Absatzes und die verbesserten Finanzierungsbedingungen zurückgeführt werden: In wachsenden Märkten ist das wirtschaftliche Risiko, mit Innovationen nicht die notwendige Mindestabsatzmenge zu erreichen, geringer, und in Zeiten verbesserter Betriebsergebnisse fällt die Innovationsfinanzierung leichter.

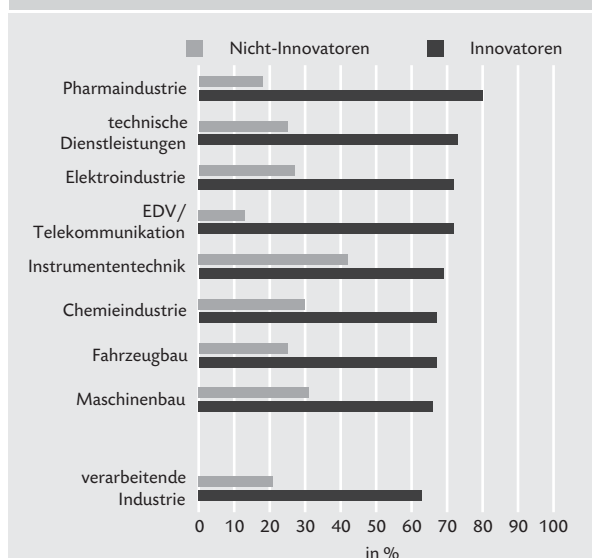
Leicht zugenommen hat dagegen die Bedeutung **mangelnder Kundenakzeptanz** und fehlender Marktinformation. Dies mag insbesondere bei KMU mit der Ausweitung des Absatzes in neue regionale Märkte und dem dadurch teilweise ungewohnten Marktumfeld zusammenhängen. Die anhaltend große Rolle der beiden Hemmnisfaktoren weist aber auch auf die stetige Herausforderung für die Chemieindustrie hin, ihre Innovationen frühzeitig auf Kunden-

bedürfnisse und -anforderungen abzustimmen sowie die Kunden von den Vorteilen der Innovationen zu überzeugen. Obwohl fast alle Chemieunternehmen in irgendeiner Form ihre Kunden in Innovationsprozesse einbinden, scheint noch ein großes Potenzial für eine verbesserte Abstimmung entlang der Wertschöpfungskette gegeben zu sein.

Besonders kräftig zugenommen hat das Innovationshemmnis **Fachpersonalmangel**. Während es 2000–2002 nur von 9 % der Innovatoren angeführt wurde und damit die geringste Bedeutung unter allen betrachteten Hemmnisfaktoren hatte, sahen sich 2004–2006 bereits 24 % der Innovatoren durch fehlendes qualifiziertes Personal in ihren Innovationsbemühungen merklich behindert. Dahinter steht zum einen die von Mitte der 1990er Jahre bis 2003 rückläufige Zahl der Hochschulabsolventen, der auf der anderen Seite eine zumindest leichte Expansion des FuE-Personals in der Chemieindustrie nach 2005 gegenübersteht. Hinzu kommt die stärkere (auch internationale) Konkurrenz um den knappen Faktor Humankapital, zumal auch die Chemieinstitute an den Hochschulen nach einer Phase des Personalabbaus wieder zusätzlich Forscher eingestellt haben.

Beachtenswert ist auch, dass die Bedeutung von **Gesetzen und Regulierungen** sowie von **Verwaltungs- und Genehmigungsverfahren** als Innovationshemmnis deutlich abgenommen hat. 2000–2002 waren Gesetze noch das wichtigste Innovationshemmnis gewesen (25 % aller Innovatoren mussten deshalb Innovationsprojekte verlängern, abbrechen oder von Anfang an aufgeben), sieht man von den quasi „natürlichen“ Hemmnisfaktoren Risiko und Kosten ab. 2004–2006 waren es nur mehr 18 %. Noch stärker zurückgegangen ist der Anteil der durch lange Verwaltungs- und Genehmigungsverfahren behinderten Unternehmen, er

Abb. 2.2–8: Verbreitung von Innovationshemmnissen in Deutschland nach Branchen 2006

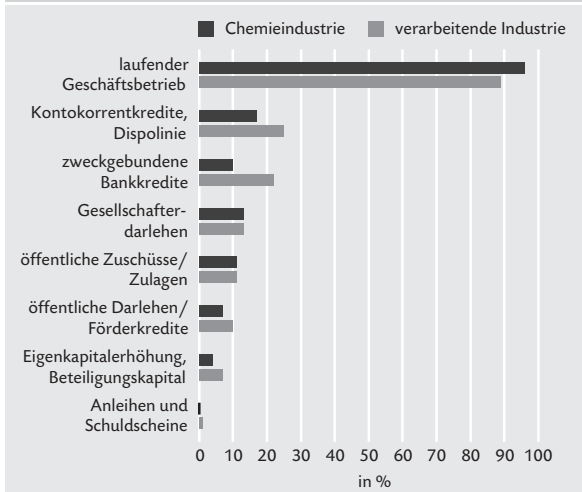


Anteil der Innovatoren bzw. Nicht-Innovatoren (in %), bei denen zumindest ein Innovationshemmnis zur Verlängerung, zum Abbruch oder zum Nicht-Beginn von Innovationsprojekten im Zeitraum 2004–2006 geführt hatte. Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2007). – Berechnungen des ZEW.

Abb. 2.2–9: Innovationshemmnisse in der Chemieindustrie Deutschlands 2002 und 2006



Anteil der Innovatoren (in %), bei denen das entsprechende Hemmnis zur Verlängerung, zum Abbruch oder zum Nicht-Beginn von Innovationsprojekten im Zeitraum 2000–2002 bzw. 2004–2006 geführt hatte. Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebungen 2003, 2007). – Berechnungen des ZEW.

Abb. 2.2–10: Nutzung von Finanzierungsquellen für Innovationsprojekte 2006


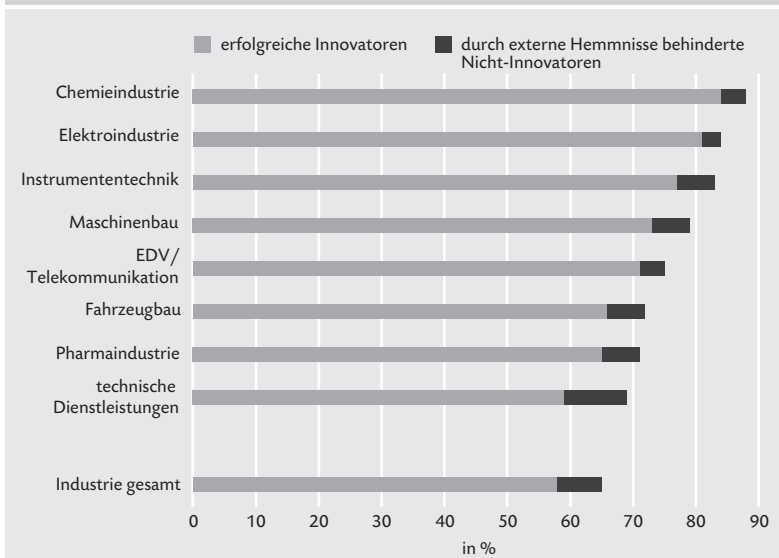
Anteil der innovationsaktiven Unternehmen, die im Zeitraum 2004–2006 die entsprechende Finanzierungsquelle zur Finanzierung von Innovationsaktivitäten genutzt haben, an allen innovationsaktiven Unternehmen in %; Mehrfachnennungen möglich.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2007). – Berechnungen des ZEW.

fiel von 24 % auf 14 %. Hier scheinen die Bemühungen der Innovationspolitik, die Rahmenbedingungen für Innovationsaktivitäten auch im Bereich von Regulierung und Bürokratie zu verbessern, gefruchtet zu haben. Auf der anderen Seite ist es auch denkbar, dass sich Unternehmen aus jenen Innovationsfeldern, die aufgrund von Regulierung und Bürokratie wenig attraktiv waren, gänzlich zurückgezogen haben, sodass an dieser Stelle keine Innovationshemmnisse mehr berichtet werden.

Ein Mangel an Finanzierungsquellen war jedenfalls bis zum Jahr 2006 kein wesentliches Innovationshemmnis in der Chemieindustrie, nur 17 % der Innovatoren sahen sich dadurch in ihren Innovationsaktivitäten behindert. Dies ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass Innovationsprojekte in der Chemieindustrie ganz überwiegend aus internen Mitteln (Cashflow) finanziert werden und nur 10 % der innovationsaktiven Unternehmen auf Bankkredite als (i.d.R. Zusatz-) Finanzierung zurückgreifen (Abb. 2.2–10). Angesichts der günstigen Ertragslage in den Jahren 2006 und 2007 war die Finanzierungsseite nur bei wenigen Unternehmen der Engpassfaktor. Dies hat sich mit dem scharfen Konjunkturreinbruch ab Herbst 2008 jedoch schlagartig geändert, sodass aktuell die Umsetzung von Innovationsvorhaben aufgrund fehlender Finanzmittel viel häufiger beeinträchtigt wird.

Innovationshemmnisse tragen dazu bei, dass der Innovationsoutput – d.h. die Einführung neuer Produkte im Markt oder neuer Herstellungsverfahren im Unternehmen – geringer als geplant ausfällt. Das Ausmaß dieser Effekte auf die Innovationsleistung in Unternehmen, die trotz Hemmnissen erfolgreich innovieren, ist schwierig zu erfassen, da in diesen Unternehmen häufig Substitutionseffekte auftreten: Die Ressourcen, die in Innovationsprojekten frei werden, deren Umsetzung be- oder verhindert wurde, werden in der Regel für andere Innovationsvorhaben genutzt. Direkt gemessen werden kann aber der Anteil der Unternehmen, die **wegen Hemmnissen gar kein Innovationsprojekt erfolgreich abschließen** konnten, sei es, weil sich die Projekte verzögert haben, weil sie abgebrochen werden mussten, oder weil schon in der Konzeptphase beschlossen wurde, das Projekt fallen zu lassen. Aus innovationspolitischer Sicht sind vor allem jene Behinderungen von

Abb. 2.2–11: Potenzial zur Erhöhung der Innovatorenquote bei Beseitigung von externen Innovationshemmnissen 2006


Anteil an allen Unternehmen in %; erfolgreiche Innovatoren: Unternehmen mit erfolgreich eingeführten Produkt- und/oder Prozessinnovationen im Zeitraum 2004–2006; externe Hemmnisse: Gesetzgebung/Regulierungen/Normen, lange Verwaltungsverfahren, Mangel an externen Finanzierungsquellen, Mangel an Fachpersonal, fehlende technologische Informationen, fehlende Marktinformationen, mangelnde Kundenakzeptanz, Marktbeherrschung durch etablierte Unternehmen.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2007). – Berechnungen des ZEW.

Bedeutung, deren Auftreten durch die Politik zumindest indirekt beeinflusst werden kann. Dabei handelt es sich typischerweise um Hemmnisse, die das institutionelle oder Marktumfeld der Unternehmen betreffen („**externe Hemmnisse**“). Hierzu zählen Gesetze, Regulierungen und Verwaltungshandeln, aber auch Angebotsdefizite auf den Faktormärkten (Fremdkapital, Fachpersonal), Defizite im Zugang zu externen Informationsquellen, Wettbewerbsbeschränkung aufgrund von Marktbeherrschung durch etablierte Unternehmen sowie die mangelnde Akzeptanz von Innovationen durch die (potenziellen) Kunden.

In der Chemieindustrie lag die Innovatorenquote im Jahr 2006 bei sehr hohen 84 % (Anteil der erfolgreich innovierenden Unternehmen an allen Unternehmen) und damit an der Spitze aller Branchen. Sie hätte jedoch noch um weitere 4 Prozentpunkte höher liegen können (d.h. bei 88 %), wenn kei-

nes dieser externen Hemmnisse aufgetreten wäre (Abb. 2.2–11). Im Vergleich zu früheren Jahren ist dieses **nicht genutzte Innovatorenpotenzial deutlich zurückgegangen**. Im Jahr 2004 lag der Anteil der wegen externer Hemmnisse nicht innovierenden Unternehmen noch bei 12 % und 2002 bei 8 %.

2.3 Beitrag der Chemie zu Innovationen in anderen Sektoren

Innovative Materialien aus der Chemieindustrie

Die Chemieindustrie ist einer der wichtigsten **Lieferanten von innovativen Vormaterialien**. Sie stellt für eine große Zahl unterschiedlichster Abnehmerbranchen neue Werkstoffe, neue Komponenten und neue Chemikalien bereit und unterstützt damit oft wesentlich die Entwicklung innovativer Produkte und effizienterer Herstellungsverfahren bei ihren Kunden. Im Jahr 2005 stammten 9,6 % des gesamten **Material- und Vorproduktebedarfs** der deutschen Produktionssektors (Bezug aus inländischer Produktion plus Importen, ohne brancheninterne Lieferungen und ohne den Bezug von Investitionsgütern und Dienstleistungen, zu aktuellen Marktpreisen gerechnet) aus der Chemie (Abb. 2.3–1).³ Damit sind Chemieprodukte – hinter Bergbauprodukten, Metallen und Glas/Keramik/Steinwaren – die **quantitativ wichtigste Materialgrundlage** der deutschen Wirtschaft.

Unter den Materiallieferanten sticht die Chemieindustrie mit ihrer hohen Forschungsintensität hervor. Der Herstellerpreis von Chemiewaren aus inländischer Produktion,

die an andere Branchen geliefert werden, beinhaltet im Schnitt 3,2 % an internen FuE-Kosten der Chemieindustrie. Alle anderen klassischen Materiallieferanten – Metallindustrie, Gummi- und Kunststoffverarbeitung, Glas-, Keramik- und Steinwarenindustrie, Elektrotechnik, Papierindustrie, Textilindustrie, Holzindustrie und der Energiesektor – bleiben unter der 2%-Marke. Die Chemie ist somit der wichtigste Lieferant von **forschungsintensiven Materialien**.

In einzelnen Branchen **dominiert die Chemieindustrie als Materiallieferant** ganz klar. So beziehen die Gummi-/Kunststoffverarbeitung, die Pharmaindustrie und die Textil-, Bekleidungs- und Lederindustrie mehr als die Hälfte ihrer Materialien und Vorprodukte aus der Chemie (Abb. 2.3–2). In der Holzindustrie und im Papier-, Druck- und Verlagsgewerbe ist die Chemieindustrie mit einem Anteil am branchenexternen Materialbezug von 38 bzw. 28 % jeweils die bedeutendste Zulieferbranche. Aber auch in der Land- und Forstwirtschaft (insbesondere Dünger), der Elektronik und Medientechnik (verschiedenste Spezialchemikalien), der Metallindustrie sowie der Glas-, Keramik- und Steinwarenindustrie (Zuschlagstoffe, Spezialchemikalien) zählt die Chemieindustrie zu einem der zentralen Materiallieferanten. Die Technologiebranchen Elektrotechnik, Fahrzeugbau, Maschinenbau, Instrumententechnik und Computerbau decken zwar nur zwischen 4 und 6 % des Materialbedarfs direkt aus der Chemie, zum Teil erhalten sie aber Materialinnovationen der Chemieindustrie indirekt über Zwischenproduzenten wie die Gummi- und Kunststoffverarbeitung oder die Textilindustrie. So erreichen Chemiewaren im Automobilbau einen indirekten Anteil von 23 % an den gesamten Materialbezügen. Viele der chemischen Produkte finden sich in

Das Wichtigste in Kürze

- Die Chemieindustrie ist der quantitativ bedeutendste **Lieferant innovativer Materialien** und damit ein unverzichtbarer Bestandteil des deutschen Innovationssystems. Sie liegt als Technologiegeber auf Augenhöhe mit dem Maschinenbau und der Elektroindustrie.
- Die Chemieindustrie ist der größte **FuE-Vorleister** für die Industrie: 15 % der in Lieferungen von Waren, Dienstleistungen und Investitionsgütern an andere Industriebranchen enthaltenen FuE stammen aus der Chemie.
- Jedes zweite Patent aus der Chemie ist auch für andere Technologiefelder von Bedeutung, 13 % aller **branchenübergreifenden Technologieimpulse** aus Patentanmeldungen entfallen auf die Chemie. Chemieunternehmen selbst melden einen beträchtlichen Teil ihrer Patente außerhalb des Technologiefelds Chemie an.
- Indirekte Anstöße der Chemie zu Innovationen in anderen Branchen beruhen vor allem in ihrer Funktion als Lieferant innovativer Materialien. Solche **Innovationsanstöße** gehen besonders häufig in den Automobilbau, was auch dessen enorme Bedeutung als Innovationsnachfrager in Deutschland widerspiegelt.
- Die **Hauptabnehmer** der Innovationsanstöße unterscheiden sich je nach Übertragungsweg: Direkte Technologiebeziehungen bestehen vor allem zu den unmittelbar nachgelagerten materialverarbeitenden Branchen (Gummi/Kunststoff, Glas/Keramik/Steinwaren, Textil, Metall) – für diese selbst meist wenig forschungsintensiven Branchen fungiert die Chemieindustrie als wichtiger Technologieproduzent. Indirekte Innovationsimpulse gehen stärker in die Technologiesektoren wie Automobil, Elektronik oder Maschinenbau (auch über Impulse im Bereich der chemischen Verfahrenstechnik).
- Zum dynamischen **Dienstleistungssektor** gibt es jedoch kaum technologische Beziehungen, daher kommen von dort auch wenig Innovations- und Wachstumsimpulse.
- Die **Bedeutung der Chemie als Impulsgeber** für Technologieentwicklung und Innovationen in anderen Branchen **nimmt** jedoch sukzessive **ab**. Dahinter stehen technologische Trends (Bedeutungsgewinn der Informations- und Kommunikationstechnologien), eine geringe Nachfragedynamik bei wichtigen Abnehmerbranchen, zunehmende Chemieimporte mit niedriger FuE-Intensität sowie stagnierende FuE-Aufwendungen der deutschen Chemieindustrie selbst.

³ Die Bedeutung von Chemiewaren für andere Branchen wird im Folgenden aus einer technologischen Perspektive betrachtet, unabhängig davon, ob die eingesetzten Produkte aus inländischer Produktion oder aus Importen stammen.

Kunststoffen für Elektronik, Fahrzeuginnenausstattungen, Tankbehältern, Beleuchtungsteilen oder Chemiefasern wieder.

FuE-Vorleistungen durch die Chemie

Mit der Lieferung von Materialien und Vorprodukten stellt die Chemieindustrie ihren Kundenbranchen die Ergebnisse der eigenen FuE-Aktivitäten zur Verfügung. Diese in den Lieferungen enthaltenen FuE-Ausgaben – die „**inkorporierte FuE**“ – ist ein Indikator für den Umfang der innovativen Vorleistungen einer Branche und für den Wissens- und Technologietransfer zwischen Sektoren. Im Jahr 2005 belief sich die über Materialien, Dienstleistungen und Investitionsgüter zwischen Branchen transferierte inkorporierte FuE in der deutschen Wirtschaft (Produktionssektor plus Dienstleistungen) auf rund 15,0 Mrd. €. ⁴ Hiervon stammten rund 10,5 Mrd. € aus inländischer Produktion und rund 4,5 Mrd. € aus Importen. ⁵ Aus der Chemieindustrie kamen 7,9 % der gesamten „inkorporierten FuE“. Damit liegt die Chemieindustrie auf dem fünften Rang, hinter dem Maschinenbau, der Software- und EDV-Branche, der Elektronik/Medientechnik und der Pharmaindustrie (Abb. 2.3–3).

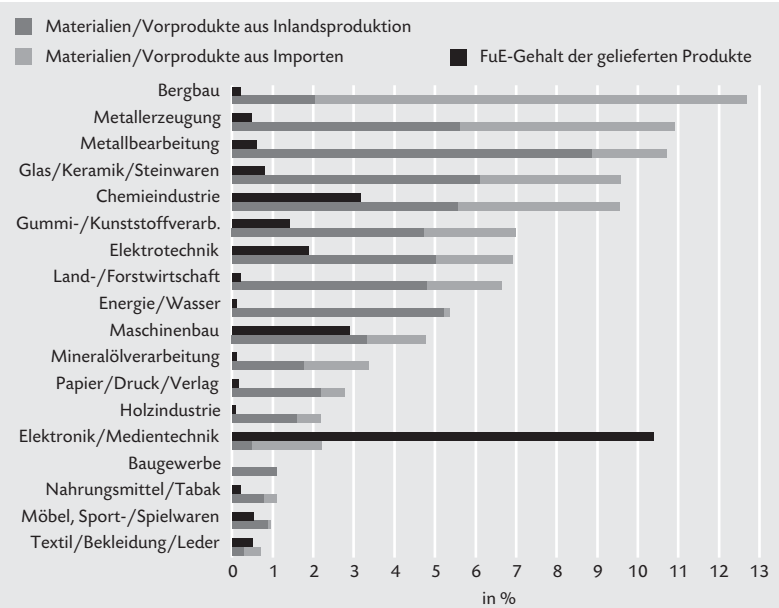
Die besondere Stellung der Chemieindustrie wird bei einer Unterscheidung zwischen Produktions- und Dienstleistungssektor als Empfänger von Vorleistungen und Investitionsgütern deutlich: Im **Produktionssektor** ist die **Chemie der wichtigste FuE-Geber** für andere Branchen: 15,0 % der gesamten vom deutschen Produktionssektor bezogenen inkorporierten FuE stammt aus Chemiewaren. Eine vergleichbar hohe Bedeutung als FuE-Geber haben nur noch der Maschinenbau und die Elektronik/Medientechnik. Von den rund 1,1 Mrd. € an inkorporierter FuE aus der Chemie im Jahr 2005, die an andere Produktionssektoren floss, kamen **drei Viertel aus inländischer Produktion**. Dies unterstreicht die hohe Bedeutung von Chemie-FuE am Standort Deutschland als Grundlage für Innovationsimpulse an die Abnehmer von Chemieprodukten in Deutschland.

Für den **Dienstleistungsbereich** spielt die Chemieindustrie als Lieferant von innovativen Vorprodukten dagegen kaum eine Rolle. Nur gut 1 % der im

Dienstleistungssektor von anderen Branchen bezogenen FuE-Vorleistungen stammt aus der Chemie. Die wichtigsten FuE-Inputs für den Dienstleistungssektor kommen aus der Pharmaindustrie (für Gesundheitsdienstleistungen), den EDV-Diensten (vor allem für unternehmensnahe Dienstleistungen sowie Banken und Versicherungen), dem sonstigen Fahrzeugbau (für Eisenbahn, Schiff- und Luftfahrt) und der Instrumententechnik (vor allem für technische Dienstleistungen).

Von den knapp 3,4 Mrd. € an internen FuE-Aufwendungen der Chemie im Jahr 2005 wurden rund 1,2 Mrd. € auf diesem indirekten Weg anderen Branchen in Deutschland bereitgestellt. Der ganz überwiegende Teil davon – 1,1 Mrd. € – entfiel auf Industriebranchen, nur rund knapp 0,1 Mrd. € auf Dienstleistungen. In Konsumgütern (z. B. Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika) finden sich etwa 0,2 Mrd. €. Die hohe Exportorientierung der Chemieindustrie bedeutet aber auch, dass 2,0 Mrd. € an heimischer Chemie-FuE (d.h. 60 % der internen FuE-Aufwendungen) über Chemieprodukte exportiert werden. Dieser intensive „internationale Technologietransfer“ ist auch für andere forschungsintensive Industriezweige Deutschlands typisch.

Abb. 2.3–1: Bezug von Materialien/Vorprodukten durch den Produktionssektor in Deutschland und durchschnittlicher FuE-Gehalt der gelieferten Produkte 2005



Anteil einer Branche an allen Lieferungen von Materialien und Vorprodukten an den Produktionssektor in Deutschland im Jahr 2005 in % (ohne brancheninterne Lieferungen), differenziert nach Inlandsproduktion und Importen, sowie interne FuE-Aufwendungen der zuliefernden Branche in Deutschland in % der gesamten branchenexternen Lieferungen und Leistungen („FuE-Gehalt der gelieferten Produkte“). Ohne Lieferungen von Investitionsgütern – Lieferungen des Maschinenbaus und der Elektronik/Medientechnik umfassen somit nur Vorleistungsprodukte (z.B. Maschinenteile, Speicherchips).
Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Rechnung 2005), Stifterverband-Wissenschaftsstatistik (FuE-Erhebung 2005). – Berechnungen des ZEW.

⁴ Brancheninterne Lieferbeziehungen sind hier nicht berücksichtigt. Es wurden 23 Branchen des Produktionssektors (inkl. Land- und Forstwirtschaft, Bergbau, Energie- und Wasserversorgung und Baugewerbe) und 14 Dienstleistungsbranchen berücksichtigt.

⁵ Diese Rechnung ist allerdings nur überschlägig, da mit dem durchschnittlichen FuE-Gehalt der aktuell hergestellten Produkte gerechnet wird. Der „tatsächliche“ FuE-Gehalt der heute produzierten Waren müsste jedoch über die historischen FuE-Aufwendungen zur Entwicklung dieser Produkte bestimmt werden. Bei den importierten Lieferungen aus OECD-Ländern wird der durchschnittliche FuE-Gehalt der Güter einer Branche im Mittel von 18 OECD-Ländern herangezogen, für Lieferungen aus Nicht-OECD-Ländern wird eine halb so hohe FuE-Intensität unterstellt.

Im Automobilbau fließen drei Viertel der inkorporierten FuE in Exporte, im Maschinenbau und im sonstigen Fahrzeugbau sind es zwei Drittel. Die Pharmaindustrie, die Instrumententechnik und die Elektronik/Medientechnik erreichen wie die Chemie Quoten von etwa 60 %.

Abb. 2.3–2: Bedeutung der Chemie als Materiallieferant 2005



Anteil von Chemiewaren am gesamten Bezug von Materialien und Vorprodukten einer Branche in Deutschland (ohne Investitionsgüter und ohne Dienstleistungen) aus inländischer und aus Importen, in %.
Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Rechnung 2005). – Berechnungen des ZEW.

Das **Gewicht der Chemie als FuE-Vorleister** nimmt sowohl innerhalb der Industrie als auch gesamtwirtschaftlich **deutlich ab** (Abb. 2.3–4). 1995 stammten noch über 20 % der inkorporierten FuE-Lieferungen an die Industrie aus der Chemie, d.h. 5 %-Punkte mehr als 2005. Gesamtwirtschaftlich reduzierte sich das Gewicht der Chemiewaren am gesamten über den Güterbezug stattfindenden FuE-Transfer zwischen Branchen von 11,5 % (1995) auf unter 8 % (2005).⁶ Die Entwicklung verläuft allerdings nicht linear. In den Jahren 2001–2003 nahm der Beitrag der Chemie zu den branchenübergreifenden FuE-Vorleistungen merklich zu, da in diesen Jahren ein wachsender Anteil der in anderen Branchen eingesetzten Chemiewaren aus inländischer Produktion stammte, die einen wesentlich höheren durchschnittlichen FuE-Gehalt aufweist als importierte FuE-Waren.

Der relative Bedeutungsverlust von FuE-Vorleistungen aus der Chemieindustrie hat verschiedene Gründe:

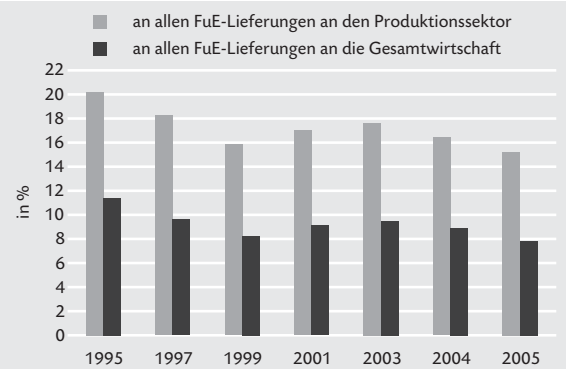
- Die **FuE-Aufwendungen** der chemischen Industrie **blieben** von 1995 bis 2005 in Deutschland wie in den meisten anderen Ländern in etwa **konstant**, während die anderen bedeutenden FuE-Vorleister-Branchen wie der Maschinenbau und die Elektroindustrie ihre FuE-Aufwendungen stark ausgeweitet haben (vgl. Abschnitte 2.1 und 3.1). Das verringerte Gewicht an der gesamten industriellen FuE reduziert auch das Gewicht an der in den branchenübergreifenden Lieferungen enthaltenen FuE.
- Seit 2004 wird wieder ein **steigender Anteil** der in Deutschland von anderen Branchen nachgefragten **Chemiewaren importiert**. Da importierte Chemiewaren im Durchschnitt einen geringeren FuE-Gehalt aufweisen als in Deutschland hergestellte – was ein Spiegelbild der

Abb. 2.3–3: „Inkorporierte FuE“: FuE-Vorleistungen an andere Branchen in Deutschland 2005



Anteil eines Sektors an der gesamten FuE, die in branchenexternen Lieferungen (aus inländischer Produktion und aus Importen) von Materialien, Vorprodukten, Investitionsgütern und Dienstleistungen enthalten ist (in %); FuE-Gehalt der Importe auf Basis der durchschnittlichen sektoralen FuE-Intensität von 18 OECD-Ländern (ohne Deutschland) berechnet.
Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Rechnung 2005), Stifterverband – Wissenschaftsstatistik (FuE-Erhebung 2005), OECD (ANBERD und STAN Datenbank). – Berechnungen und Schätzungen des ZEW und NIW.

⁶ Aufgrund von Revisionen in der Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamts weichen die hier präsentierten Zahlen bis 1995 zurück von denen der Berichte früherer Jahre ab.

Abb. 2.3–4: Anteil der Chemieindustrie an den gesamten FuE-Vorleistungen 1995 bis 2005 in Deutschland


Anteil an der Chemieindustrie an den gesamten branchenexternen „FuE-Lieferungen“ (aus inländischer Produktion und aus Importen), die in Vorprodukten, Investitionsgütern und Dienstleistungen enthalten sind (in %).
 Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Rechnung, versch. Jgg.), Stifterverband (FuE-Erhebung, versch. Jgg.), OECD (ANBERD- und STAN-Datenbank). – Berechnungen und Schätzungen des ZEW und NIW.

höheren FuE-Intensität der deutschen Chemieindustrie im Vergleich zur Chemieindustrie anderer Länder ist –, reduziert sich dadurch der durchschnittliche FuE-Gehalt von in Deutschland eingesetzten Chemiewaren.

- Die **wichtigsten Abnehmerbranchen** der Chemie weisen meist ein **niedrigeres Wachstum** als im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt auf. Baugewerbe, Kunststoffverarbeitung, Textil- und Bekleidungsindustrie, Papier- und Druckindustrie oder Land- und Forstwirtschaft haben ihre Güternachfrage zwischen 1995 und 2005 nur wenig ausgeweitet und teilweise sogar verringert. Einzig die Automobilindustrie und die Pharmazie als wichtige Nachfrager von Chemiewaren weichen von diesem Muster ab. Das Wachstum der deutschen Wirtschaft verschob sich zugunsten der wissensintensiven Dienstleistungssektoren (EDV, Gesundheitswesen, Unternehmensdienste, Finanzdienstleistungen) und Logistikkdienstleistungen (Großhandel, Transportgewerbe). Die Chemieindustrie spielt für diese Branchen als Lieferant kaum eine Rolle. Demgegenüber konnten Branchen, die den Dienstleistungssektor mit forschungsintensiven Gütern versorgen – z.B. Software, Instrumententechnik, Pharma, Computerbau, Fahrzeugbau – ihr Gewicht innerhalb des FuE-Transfers zwischen Branchen deutlich erhöhen.

Technologieimpulse für andere Branchen

Die Bereitstellung innovativer Materialien und Vorprodukte ist nur ein Beitrag der Chemieindustrie zu Innovatio-

nen in anderen Branchen. Ein weiteres wichtiges Feld sind Forschungsergebnisse aus der Chemie, die die technologische Entwicklung in anderen Branchen stimulieren und neue technische Lösungen in anderen Technikfeldern ermöglichen oder zumindest unterstützen. Einen Weg, solche **Technologieimpulse** zu messen, bietet die Patentstatistik. Technische Erfindungen, die zu Patenten angemeldet werden, müssen technologischen Bereichen („Technologieklassen“) zugeordnet werden, für die die Erfindung relevant ist. Dabei können im Prinzip beliebig viele Technologieklassen je Patentanmeldung angeführt werden, wobei ein einheitliches Klassifizierungsschema (International Patent Classification – IPC) anzuwenden ist. Ein Vergleich der zu einem Patent angegebenen Technologieklassen erlaubt Aussagen darüber, inwieweit Patente in einem bestimmten Technologiefeld auch für andere Technologiefelder Bedeutung haben. Über eine Zuordnung der IPC-Klassen zu Branchen⁷ kann diese Analyse auf Branchen übertragen werden.⁸ Grundlage der folgenden Auswertungen sind Patentanmeldungen am EPA und an der WIPO in den Jahren 1994 bis 2006. Über den Standort des Patentanmelders werden die Patente Ländern zugeordnet. Es werden nur die acht Länder mit der größten Zahl von Patentanmeldungen in der Chemie betrachtet (Deutschland, USA, Japan, Frankreich, Schweiz, Großbritannien und Niederlande/Belgien).

Auch auf Basis von Patentdaten zeigt sich die zentrale Bedeutung der Chemie als externer **Technologieimpulsgeber** für andere Branchen. Von allen von Patenten ausstrahlenden externen Technologieimpulsen entfallen in Deutschland 13,5 % auf Chemiepatente (Tab. 2.3–1).⁹ Dies ist etwas weniger als der Anteil der Chemie an den gesamten branchenübergreifenden FuE-Vorleistungen für den Produktionssektor. Im internationalen Vergleich ist die Bedeutung der Chemieindustrie als Technologieimpulsgeber in Deutschland höher als in den USA, Frankreich und Japan, während in den Niederlanden und Belgien, Großbritannien und vor allem in der Schweiz auf die Chemieindustrie ein größerer Anteil entfällt.

Die **Chemieindustrie** nimmt weltweit als Technologieimpulsgeber über Patente hinter dem Maschinenbau und der Instrumententechnik den dritten Platz ein. In Deutschland ist sie sogar der zweitwichtigste Bereitsteller von technologischem Wissen, das für die Technologieentwicklung in anderen Branchen relevant ist (Tab. 2.3–1). Zum einen hängen die externen Technologieimpulse von der Zahl der Patentanmeldungen ab. Zum anderen spielen auch die technologische Breite der Erfindungstätigkeit und das Potenzial für technologische Ausstrahlungseffekte eine Rolle. Wegen der Breitenwirkungen haben Branchen, die Materialien und

7 Eine eindeutige Zuordnung von IPC-Klassen zu Wirtschaftszweigen ist nicht möglich. Hier wird die von Schmoch, U., F. Laviell, P. Patel, R. Frietsch (2003), „Linking Technology Areas to Industrial Sectors“ (Karlsruhe, Paris, Brighton) entwickelte Konkordanztafel genutzt. Sie ordnet jede IPC-Klasse einem von 44 Wirtschaftszweigen des verarbeitenden Gewerbes eindeutig zu (d.h. es gibt keine Mehrfachzuordnungen).

8 Eine Patentanmeldung kann mehrere IPC-Hauptklassen („core classes“) aufweisen. Für die Analyse von branchenübergreifenden Technologieimpulsen wird ein Patent entsprechend der angegebenen IPC-Hauptklassen einer oder mehreren Branchen zugeordnet. Ein branchenübergreifender Technologieimpuls liegt vor, wenn ein Patent aus einer bestimmten Branche IPC-Haupt- oder IPC-Nebenklassen („additional classes“) anderer Branchen aufweist.

9 Die Pharmaindustrie wird dabei – wie auch in allen anderen Abschnitten dieser Studie – als ein eigenständiger Sektor betrachtet, Technologieimpulse zwischen Chemie- und Pharmaindustrie sind daher mitgezählt.

Tab. 2.3–1: Wichtige Herkunftsbranchen von branchenübergreifenden Technologieimpulsen nach Land der Patentanmelder (in %)

	GER	FRA	GBR	USA	JPN	SUI	NLB	Gesamt
Maschinenbau	17,8	15,6	15,2	14,0	13,0	14,4	13,3	14,9
Instrumententechnik	11,3	10,9	15,0	15,8	12,3	14,0	12,8	13,3
Chemieindustrie	13,5	12,6	14,0	13,1	11,4	16,0	13,9	13,0
Elektronik/Medientechnik	7,4	9,2	7,8	11,4	16,3	5,6	12,9	10,9
Computerbau	4,7	6,8	6,4	8,6	12,4	4,5	10,7	8,1
Pharmaindustrie	7,4	7,7	11,3	8,6	3,9	12,2	7,8	7,5
Automobilbau	8,3	6,3	4,1	3,5	5,8	2,9	2,4	5,4
Elektrotechnik	5,2	4,9	3,1	3,7	5,8	3,2	3,7	4,6
Gummi-/Kunststoffverarbeitung	5,0	6,0	5,4	4,2	3,3	6,9	4,6	4,5
Glas-/Keramik-/Steinwarenindustrie	4,7	4,4	3,0	4,3	4,2	4,2	4,1	4,3
Metallbearbeitung	4,3	3,7	3,0	2,7	2,4	3,3	2,5	3,2
Metallerzeugung	2,7	2,7	1,8	1,9	3,2	2,0	1,8	2,4
Papier-/Druckgewerbe	1,5	1,1	1,8	1,7	1,6	2,4	1,7	1,6
Textil-/Bekleidungs-/Lederindustrie	1,7	1,8	1,6	1,8	0,9	2,0	1,3	1,6
Alle anderen Branchen	4,6	6,2	6,6	4,6	3,4	6,5	6,7	4,7
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

In % aller Patente mit Technologieimpulsen für andere Branchen. – NLB: Niederlande und Belgien.

Grundlage: Patentanmeldungen am EPO und über das PCT-Verfahren 1994-2006.

Quelle: EPA. – Berechnungen des ZEW.

Vorprodukte entwickeln und herstellen, verhältnismäßig hohe Ausstrahlungseffekte auf andere Branchen. Da die Chemieindustrie die mit weitem Abstand forschungsintensivste Materialherstellerbranche ist, gehen von ihr die **stärksten Technologieimpulse auf andere Branchen unter allen Materialherstellern** aus. Im Weltmaßstab rangiert sie etwa auf gleicher Höhe wie der Maschinenbau und die Instrumententechnik, noch vor Elektronik/Medientechnik, dem Computerbau und der Pharmaindustrie.

Die **Branchen**, in die die meisten Technologieimpulse aus den Patentaktivitäten in der Chemie ausstrahlen, sind in allen Ländern die Pharmaindustrie, der Maschinenbau und die Instrumententechnik (Tab. 2.3–2). Der hohe Anteil der Pharmaindustrie spiegelt die enge wissenschaftlich-technologische Beziehung zwischen Chemie- und Pharmaforschung wider. Die hohen Anteile von Chemiepatenten, die auch für den Maschinenbau und die Instrumententechnik

technologische Relevanz haben, sind mit den hohen verfahrenstechnischen Anforderungen der Produktion neuer Chemikalien zu erklären, die i.d.R. auch neue Entwicklungen in der Prozesstechnologie erfordern und damit für Hersteller von Prozesstechnik und wissenschaftlichen Instrumenten relevant sind. Viele Technologieimpulse von der Chemie erhalten außerdem die Glas-, Keramik- und Steinwarenindustrie, die Gummi- und Kunststoffverarbeitung, die Elektronik/Medientechnik und die Textil-, Bekleidungs- und Lederindustrie. Während in Deutschland die weiterverarbeitenden Sektoren ein relativ hohes Gewicht haben, spielt in Japan die Elektroindustrie eine größere Rolle. Dies spiegelt auch die generell höhere Bedeutung dieses Industriezweigs im japanischen Innovationssystem wider.

Auffallend ist der geringe Anteil des Automobilbaus als Empfänger von chemieseitigen Technologieanstößen, obwohl er ein wesentlicher Abnehmer von innovativen

Tab. 2.3–2: Verteilung der branchenübergreifenden Technologieimpulse aus der Chemie nach Empfängerbranchen (in %)

	GER	FRA	GBR	USA	JPN	SUI	NLB	Gesamt
Pharmaindustrie	28,7	31,1	32,7	23,3	15,8	38,7	22,7	25,1
Maschinenbau	22,5	21,5	19,4	19,0	18,3	12,6	20,3	19,7
Instrumententechnik	8,4	7,9	11,5	14,6	11,2	12,4	10,2	11,3
Glas-/Keramik-/Steinwarenindustrie	7,6	7,5	3,8	7,6	8,5	4,7	8,0	7,4
Gummi-/Kunststoffverarbeitung	5,7	6,7	4,8	5,6	6,3	7,1	6,9	5,9
Elektronik/Medientechnik	3,8	2,5	3,8	5,7	10,4	2,5	4,0	5,5
Textil-/Bekleidungs-/Lederindustrie	4,7	3,5	3,8	3,3	2,0	5,1	3,2	3,6
Computerbau	2,5	1,0	2,8	3,1	6,8	3,3	2,4	3,4
Papier-/Druckgewerbe	2,8	1,7	3,2	3,5	3,4	4,7	3,5	3,2
Elektrotechnik	2,7	2,7	2,2	2,2	4,9	0,8	1,6	2,8
Metallerzeugung	2,5	3,1	2,0	2,5	4,0	1,6	2,0	2,7
Mineralölverarbeitung	1,4	4,2	3,1	3,3	1,0	0,5	7,0	2,5
Automobilbau	2,5	2,0	1,8	1,9	3,5	0,8	1,3	2,2
Nahrungsmittel-/Tabakindustrie	1,9	2,0	3,2	1,7	1,5	3,8	5,0	2,1
Metallbearbeitung	1,5	1,4	1,1	1,7	1,6	1,0	1,3	1,5
Schiffs-/Bahn-/Flugzeugbau	0,3	0,6	0,3	0,5	0,2	0,2	0,2	0,4
Möbel-/Sport-/Spielwarenindustrie	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,1	0,1	0,3
Holzindustrie	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,5	0,2
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

In % aller Chemie-Patente mit Technologieimpulsen für andere Branchen. – NLB: Niederlande und Belgien.

Grundlage: Patentanmeldungen am EPO und über das PCT-Verfahren 1994–2006.

Quelle: EPA. – Berechnungen des ZEW.

Tab. 2.3–3: Anteil der Chemie an allen branchenübergreifenden Technologieimpulsen nach Empfängerbranchen (in %)

	GER	FRA	GBR	USA	JPN	SUI	NLB	Gesamt
Mineralölverarbeitung	37	49	44	47	38	27	64	46
Pharmaindustrie	52	51	40	36	46	51	41	44
Textil-/Bekleidungs-/Lederindustrie	37	25	34	24	27	41	35	30
Papier-/Druckgewerbe	26	20	25	26	24	31	29	26
Glas-/Keramik-/Steinwarenindustrie	22	21	18	23	23	18	27	22
Nahrungsmittel-/Tabakindustrie	22	18	21	19	20	19	21	20
Maschinenbau	17	17	18	18	16	14	21	17
Gummi-/Kunststoffverarbeitung	16	14	12	17	22	17	21	17
Metallerzeugung	12	14	16	17	14	13	15	14
Holzindustrie	10	9	10	14	16	6	23	12
Instrumententechnik	10	9	11	12	10	14	11	11
Elektrotechnik	7	7	10	8	10	4	6	8
Elektronik/Medientechnik	7	3	7	7	7	7	4	7
Metallbearbeitung	5	5	5	8	7	5	7	6
Computerbau	7	2	6	5	6	12	3	6
Automobilbau	4	4	6	7	7	4	7	5
Schiffs-/Bahn-/Flugzeugbau	3	4	3	5	2	2	5	4
Möbel-/Sport-/Spielwarenindustrie	2	2	1	4	4	2	1	3
Gesamt	14	13	14	13	11	16	14	13

In % aller Patente aus anderen Branchen, die Technologieimpulse für die betreffende Branche geben. – NLB: Niederlande und Belgien.
 Grundlage: Patentanmeldungen am EPO und über das PCT-Verfahren 1994–2006.
 Quelle: EPA. – Berechnungen des ZEW.

Chemiewaren ist. Dies liegt vor allem daran, dass der Automobilbau hier technologisch (und nicht institutionell) abgegrenzt ist und im Wesentlichen Patente im Bereich der Antriebstechnik (Motor- und Getriebebau, Rad-/Lenktechnik, Fahrwerktechnik) und des Chassis umfasst. Für diese Technologien besteht eher selten eine direkte Beziehungen zu chemischen Technologien. Auch werden viele für den Automobilbau relevante Technologieanstöße aus der Chemie über andere Branchen vermittelt, wie die Gummi- und Kunststoffverarbeitung, die Textilindustrie oder die Elektronik.

Für eine Reihe von Branchen sind die Technologieanstöße aus der **Chemie** die wichtigste **externe Technologiequelle**. In der Mineralölverarbeitung stammen 46 % aller externen Technologieimpulse aus Patentaktivitäten aus der Chemie, in der Pharmaindustrie sind es 44 %, in der Textil-, Bekleidungs- und Lederindustrie 30 % und im Papier- und Druckgewerbe 26 % (Tab. 2.3–3). Unter den Patentanmeldungen aus Deutschland kommt Chemiepatenten eine im Vergleich zu anderen Ländern besonders wichtige impulsgebende Wirkung für die Pharmaindustrie (52 % aller externen Technologieimpulse durch deutsche Patente stammen von Chemiepatenten), die Textil-, Bekleidungs- und Lederindustrie (37 %) und die Nahrungsmittel- und Tabakindustrie (22 %) zu, während die Bedeutung für die Mineralölverarbeitung, die Metallerzeugung und die Holzindustrie unterdurchschnittlich ist. Dieses Muster spiegelt die unterschiedlichen technologischen und FuE-Schwerpunkte innerhalb der Chemieindustrie der einzelnen Länder und damit auch ihre Ausstrahlung auf die Technologieentwicklung in anderen Branchen wider.

Innovationsanstöße aus der Chemie

Die Bereitstellung von innovativen Materialien und Technologieimpulse aus der eigenen Forschung sind wich-

tige Voraussetzungen dafür, dass die Chemieindustrie Innovationen in anderen Wirtschaftssektoren anstoßen kann. Der Beitrag der Chemie zu Innovationen in **anderen Branchen** – d. h. ihre Rolle als Innovationsmotor – ist dabei vielfältig:

- **Neue Werkstoffe aus der Chemie** bilden oftmals die **Basis für Produktinnovationen** in den Kundenbranchen. Sie können z. B. die Belastbarkeit und Haltbarkeit von Produkten erhöhen, das Gewicht reduzieren, den Ressourcenverbrauch und die Umweltbelastung verringern, die optischen Eigenschaften verbessern oder eine Miniaturisierung von Produkten ermöglichen. Eine verbesserte Funktionalität und Performance von Materialien ist gleichermaßen für Investitionsgüter (z. B. Maschinen, Computer) wie für Konsumgüter (z. B. Autos, Telekommunikationsgeräte) von Bedeutung.
- Materialinnovationen der Chemie tragen häufig auch dazu bei, **Produktionsverfahren zu beschleunigen** sowie **kostengünstiger** und **umweltschonender** zu gestalten. Als Materiallieferant kommt der Chemie die Rolle zu, derartige neue Prozesse durch eine höhere Leistungsfähigkeit, vielfältigere Einsatzmöglichkeiten, einfachere Handhabbarkeit, höhere Belastbarkeit oder bessere Recyclebarkeit von Materialien und Wirkstoffen zu ermöglichen. Bei den Kunden kommen diese Innovationen der Chemie in Form von niedrigeren Fertigungskosten, d. h. Produktivitätsgewinnen, an.
- **Eigene Prozessinnovationen der Chemie** führen zu kontinuierlichen Produktivitätssteigerungen und Kostenersparnissen in der Herstellung von Materialien, die aufgrund des intensiven internationalen Wettbewerbs in der Chemie meist rasch an die Kunden über niedrigere Preise weitergereicht werden. Als Folge verbilligen sich Chemiewaren im Vergleich zu anderen Basismaterialien wie z. B. Metallen. Diese relative Verbilligung erhöht die preisliche Wettbewerbsfähigkeit

der Produkte der Chemie-Kunden und ermöglicht oft erst einen wettbewerbsfähigen Preis für deren Produktneuheiten. Dies ist für die Diffusion von Innovationen entscheidend: Denn die ganz überwiegende Zahl der potenziellen Kunden eines neuen Produkts reagiert sehr sensitiv auf das Preisniveau. Die Akzeptanz neuer Produkte auf breiter Front setzt neben einem höheren Nutzen gegenüber etablierten Substitutionsgütern in der Regel auch eine preisliche Wettbewerbsfähigkeit gegenüber den Substituten voraus. Wenn die Chemie durch Verfahrensverbesserungen entscheidende Preissenkungen für Materialien zustande bringt, kann dies somit den Innovationserfolg anderer Branchen wesentlich erhöhen.

- Die hohe Innovationsorientierung der Chemieindustrie selbst stellt auch besondere **Anforderungen an die Produkte ihrer Zulieferer**: Vormaterialien, Anlagen, Maschinen und produktionsbegleitende Dienstleistungen müssen mit dem Innovationstempo der Chemieindustrie Schritt halten. Die Chemie fordert als Kunde auch ihre eigenen Lieferanten zu Innovationen heraus und stimuliert auf diesem Weg die Einführung neuer Produkte in anderen Branchen.

Die Chemieindustrie zeichnet sich dadurch aus, dass sie im Gegensatz zu fast allen anderen Branchen sowohl als Lieferant als auch als Kunde Innovationsimpulse an andere Branchen gibt, und diese Impulse von den Kunden- und Lieferantenbranchen der Chemie sowohl in Produkt- als auch in Prozessinnovationen umgesetzt werden. Eine ähnliche **technologische Breite der Innovationsausstrahlung** kann sonst nur noch der Maschinenbau aufweisen. Herausragend ist die Bedeutung der Chemie in ihrer Funktion als **Lieferant für neue Industrieprodukte**. Von allen lieferantenseitigen branchenexternen Innovationsimpulsen an

die Industrie gehen fast 20 % von der Chemie aus.¹⁰ Dies ist hinter der Elektronik der **zweite Platz**, mit weitem Abstand zum Maschinenbau und der Softwareindustrie (Tab. 2.3–4). In der **Gesamtwirtschaft** ist die Bedeutung der Chemie geringer als in der Industrie, da sie als direkter Innovationslieferant für Dienstleistungsunternehmen fast ganz ausfällt. In den Dienstleistungen hat die Computer- und Softwareindustrie mit weitem Abstand die höchste Bedeutung. Trotzdem ist die Chemie auch aus gesamtwirtschaftlicher Betrachtung einer der zentralen Innovationslieferanten und liegt mit einem Anteil von gut 15 % hinter der Elektronik/Medientechnik und etwa gleichauf mit Software/EDV an der Spitze des Branchenrankings.

Die Chemieindustrie leistet als Materiallieferant außerdem beträchtliche **Innovationsimpulse für Prozessinnovationen**. Von allen lieferantenseitigen Innovationsanstößen für verbesserte Verfahren in der Industrie stammen knapp 15 % aus der Chemie. Hinter dem Maschinenbau und der Elektronik als klassische Anbieter von Verfahrenstechnologien ist die Chemie der dritt wichtigste Innovationslieferant für Prozesstechnik. Neue Materialeigenschaften, die von der Chemie entwickelt wurden, tragen wesentlich zu Kostensenkungen bei. Hierzu zählen z. B. neue Kunststoffe, die die Handhabung und Bearbeitung vereinfachen, umweltverträglich sind und mit geringerem Energieaufwand als alternative Materialien verarbeitet werden können. In der Gesamtwirtschaft ist der Beitrag der Chemie zu lieferantenseitigen Prozessinnovationsimpulsen mit knapp 14 % ebenfalls beträchtlich, da die Chemie auch für Dienstleistungsunternehmen wichtige Anstöße für Rationalisierungsmaßnahmen leistet.

Die Rolle der **Chemie als Nachfrager von innovativen Produkten** und Dienstleistungen ist geringer als die als Lieferant neuer Materialien, aber dennoch nicht vernachlässigbar. Von allen kundenseitigen Innovationsimpulsen

Tab. 2.3–4: Verteilung der Herkunftssektoren von branchenexternen Innovationsimpulse für neue Produkte und Prozesse (in %)

	Lieferantenimpulse						Kundenimpulse					
	für neue Produkte		DL	für neue Prozesse		DL	für neue Produkte		DL	für neue Prozesse		DL
Ges.	Ind.	Ges.		Ind.	Ges.		Ind.	Ges.		Ind.	Ges.	
Chemieindustrie	15,4	19,6	0,8	13,6	14,4	6,3	3,9	5,1	1,5	4,2	5,5	0,5
Pharmaindustrie	0,8	1,0	0,2	0,3	0,3	0,0	1,4	1,4	1,4	0,8	0,3	2,2
Maschinenbau	7,6	8,9	2,9	30,6	34,0	0,1	6,0	7,5	2,9	6,3	7,2	3,8
Elektronik/Medientechnik	18,9	23,8	2,0	22,2	24,6	1,3	1,3	0,9	2,2	0,3	0,1	0,9
Instrumententechnik	3,0	3,6	0,9	4,0	4,3	1,4	1,3	1,6	0,8	1,3	1,7	0,1
Automobilbau	1,7	0,0	7,4	2,6	0,0	25,2	14,5	14,3	15,0	54,9	70,1	12,1
Software/EDV	15,9	8,6	41,3	6,0	0,9	51,4	0,7	0,7	0,9	1,9	0,1	0,3
Computerbau	8,0	6,1	14,4	2,9	2,6	4,9	0,7	0,5	1,3	0,3	0,1	0,9
Elektrotechnik	2,0	2,2	1,5	9,7	10,7	0,0	0,8	1,0	0,5	0,7	0,9	0,2
Privathaushalte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	30,7	19,1	3,5	1,1	10,0
Öffentliche Verwaltung	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	5,2	5,2	5,2	0,8	0,3	2,5
Einzelhandel	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	6,0	3,8	10,7	0,8	0,3	2,5
Alle anderen Branchen	26,7	26,2	28,3	8,1	8,0	9,3	31,0	27,5	38,7	24,2	12,5	63,9
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

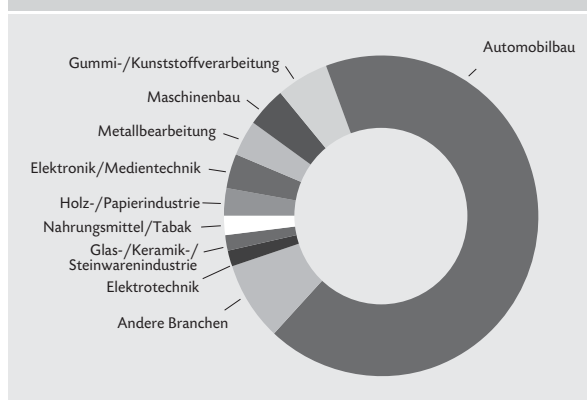
Anteil der jeweiligen Branche an allen lieferantenseitigen bzw. kundenseitigen Innovationsimpulsen für Produkt- oder Prozessinnovationen in Deutschland, gewichtet mit dem Umsatz bzw. den Kosteneinsparungen, die durch diese Innovationen im Jahr 2002 erzielt wurden (in %).
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003). – Berechnungen des ZEW.

¹⁰ Branchenexterne Innovationsimpulse wurden hier auf Basis von Ergebnissen der ZEW-Innovationserhebung des Jahres 2003 ermittelt. Die Methode ist in ZEW und NIW, „Innovationsmotor Chemie 2005 – Leistungen und Herausforderungen“, Mannheim/Hannover, 2005 beschrieben; zu weiteren methodischen Hinweisen siehe Rammer, C. et al., „Innovationen in Deutschland. Ergebnisse der deutschen Innovationserhebung 2003“, ZEW Wirtschaftsanalysen 76, Baden-Baden: Nomos, 2005.

für neue Produkte in der Industrie stammen 5 % aus der Chemie. Hinter den Privathaushalten (als weitaus größte Nachfragergruppe), dem Automobilbau, dem Maschinenbau und der öffentlichen Verwaltung (als zweitgrößte „Nachfragerbranche“) nimmt die Chemieindustrie einen der vorderen Plätze ein. Auch hier ist die Bedeutung der Chemie innerhalb der Industrie deutlich höher als im Dienstleistungssektor. Die Chemieindustrie ist darüber hinaus die drittwichtigste Kundenbranche der deutschen Industrie, wenn es um **Innovationsanstöße für neue Verfahren durch Kunden** geht. 5,5 % der dadurch ausgelösten Kostensenkungseffekte resultieren aus Innovationsideen, die die Chemie ihren Zulieferern geben konnte. Vor der Chemie liegen nur der Automobilbau, der hier eine herausragende Position einnimmt, und der Maschinenbau.

Der **Automobilbau** ist gleichzeitig der mit großem Abstand wichtigste Empfänger der Innovationsimpulse aus der Chemie. Zwei Drittel der durch neue Materialien aus der Chemie ausgelösten Innovationsumsätze und Kosteneinsparungen finden im Automobilbau statt (Abb. 2.3–5). Dieser enorm hohe Anteil hat drei Ursachen: Erstens dominiert der Automobilbau in Deutschland das Innovationsgeschehen wie keine andere Branche. Dies gilt nicht nur für den Umfang der FuE-Aufwendungen, sondern auch für die erzielten Innovationserfolge (Umsätze mit neuen Produkten, Kosteneinsparungen). Zweitens ist der Automobilbau im Innovationsprozess intensiver als andere Branche mit seinen Zulieferern vernetzt – lieferantenseitige Impulse spielen hier eine doppelt so große Bedeutung wie im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt. Drittens spielt schließlich die Chemie als Innovationslieferant für den Automobilbau eine erheblich größere Rolle als im Mittel aller Branchen: Rund ein Viertel aller externen, lieferantenseitigen Innovationsimpulse im Automobilbau stammen aus der Chemie. Damit ist sie nach der Elektronik der zweitwichtigste Innovationslieferant in dieser Schlüsselbranche der deutschen Wirtschaft.

Abb. 2.3–5: Empfänger der Innovationsimpulse der Chemie nach Branchen



Anteil der jeweiligen Branche an allen von der Chemie ausgehenden lieferantenseitigen Innovationsimpulsen für Produkt- und Prozessinnovationen, gewichtet mit dem Umsatz bzw. den Kosteneinsparungen, die durch diese Innovationen in der jeweiligen Branche im Jahr 2002 erzielt wurden (in %).
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003). – Berechnungen des ZEW.

Angesichts dieses Gewichts des Automobilbaus verblasen auf den ersten Blick die anderen Branchen, die ebenfalls stark von Chemieinnovationsimpulsen profitieren. In vielen dieser Branchen ist die **Chemie der mit weitem Abstand wichtigste Lieferant von Innovationsanstößen**: In den materialverarbeitenden Branchen Glas/Keramik/Steinwaren, Gummi- und Kunststoffverarbeitung und Metallerzeugung stammen zwischen zwei Drittel und 90 % der Lieferantimpulse für Innovationen aus der Chemie. Auch in der Möbel-, Sport- und Spielwarenindustrie, der Holz- und Papierindustrie und der Textil-, Bekleidungs- und Lederindustrie ist die Chemieindustrie der wichtigste externe Impulsgeber. Diese Branchen investieren selbst nur wenig in FuE, profitieren in ihrer Innovationstätigkeit aber enorm von den Materialentwicklungen der Chemie. Diese Rolle der Chemieindustrie als „**Forschungsvorleister**“ für **nicht-forschungsintensive Industriezweige** darf nicht unterschätzt werden.

2.4 Beispiele für breitenwirksame Innovationen auf Basis der Chemie

Energiespeicher der Zukunft: Lithium-Ionen-Batterien auf Basis neuer Materialien aus der Chemie

Der Einsatz elektrischer Energie zum Antrieb von Fahrzeugen und anderen mobilen Geräten und Maschinen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Durch elektrische Antriebe können direkte Schadstoffemissionen gänzlich vermieden werden, und auch die Lärmemissionen sind deutlich niedriger. Sie sind somit insbesondere für den Einsatz in dichter besiedelten Gebieten von besonderer Bedeutung und können dort einen wesentlichen Beitrag zum Umweltschutz leisten. Entscheidende Voraussetzung für die Verbreitung elektrisch betriebener mobiler Antriebe ist eine leistungsfähige und sichere Energieversorgung über mobile Energiespeicher. Die Chemieindustrie konnte durch neue Materialien wesentliche Verbesserungen in der Batterietechnologie anstoßen. Ein Beispiel hierfür ist eine neue Generation von Lithium-Ionen-Batterien, die speziell für den dauerhaften Hochleistungseinsatz z.B. in Kraftfahrzeugen geeignet sind. Durch Innovationen der Chemie werden Produktinnovationen nicht nur in der Batterieherstellung, sondern in der Folge auch im Fahrzeug- und Maschinenbau möglich, die unter anderem auch die Umweltbilanz der Produkte verbessern.

Bislang werden Lithium-Ionen-Batterien vorrangig für die Energieversorgung von kleineren elektrisch betriebenen Geräten wie Mobiltelefonen, tragbaren Computern, Digitalkameras, Camcordern oder Elektrowerkzeugen eingesetzt. Die Vorteile der Lithium-Ionen-Batterien gegenüber traditionellen Batterietechnologien wie Blei- oder Nickel-Cadmium-Batterien sind die höhere Zellspannung von 3,6 Volt, der höhere Wirkungsgrad (Entlade- zu Lademenge) und die geringere Selbstentladung, die höhere Energie- und Leistungsdichte (d.h. der Energieinhalt je Volumen-

und Gewichtseinheit), eine längere Lebensdauer und eine höhere Zahl von Lade- und Entladevorgängen, ohne dass die Leistungsfähigkeit merklich reduziert wird.

Für den Antrieb von Kraftfahrzeugen und anderen Maschinen sind die herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterien allerdings nur begrenzt geeignet. Erforderlich sind nicht nur eine höhere Leistungsfähigkeit und eine längere Lebensdauer, auch die hohen Sicherheitsanforderungen für einen Betriebseinsatz in Automobilen müssen erfüllt werden, etwa was die Stabilität der Batterie bei Unfällen betrifft. Evonik Degussa konnte durch die Entwicklung eines neuartigen keramischen Separatormaterials (SEPARION®) und neuer Elektroden (LITARION®) und deren Integration in Lithium-Ionen-Zellen einen technologischen Durchbruch erzielen, der die Verbindung von verbesserten Leistungsmerkmalen mit deutlich erhöhten Sicherheitsstandards erlaubt.

Wie so häufig bei grundlegenden Innovationen benötigte die Entwicklung des Separators bis hin zur Serienfertigung einen langen Zeitraum (8 Jahre) und verlief keineswegs linear. Zunächst wurde das Separatormaterial für den Anwendungsbereich Wasseraufbereitung entwickelt, konnte sich dort wegen der hohen Material- und Fertigungskosten jedoch nicht durchsetzen. Erst später wurde der Einsatzbereich Batterie entdeckt, wobei der Impuls hierzu von außen kam. 2006 startete ein Konsortium aus BASF, Bosch, Degussa, STEAG und Volkswagen eine gemeinsame Initiative zur Entwicklung von großvolumigen leistungsstarken Lithium-Ionen-Batterien, die auch vom Bundesforschungsministerium finanziell unterstützt wird und wesentlich auf dem Einsatz des neuen keramischen Separators beruht.

Zunächst verfolgte Evonik Degussa die Geschäftsstrategie, sich auf die Herstellung der Basischemikalien für großvolumige Lithium-Ionen-Batterien (Separator, Elektroden, Elektrolyt) zu konzentrieren und die Batteriezellenproduktion selbst einem darauf spezialisierten Unternehmen zu

überlassen. Hierfür wurde mit der SK Kassetten GmbH ein Partner gefunden, der Know-how in der vollautomatischen Fertigung von Speichermedien einbrachte. SK Kassetten gründete Anfang 2006 in Kamenz/Sachsen die Li-Tec Battery GmbH & Co. KG, wobei Produktionsanlagen eines zuvor insolvent gegangenen Herstellers von kleinvolumigen Lithium-Ionen-Batterien übernommen werden konnten. Gleichzeitig errichtete Evonik Degussa in Kamenz eigene Produktionskapazitäten für die Elektroden- und Separatorenfertigung. Dadurch war eine sehr enge Zusammenarbeit zwischen dem Chemieunternehmen und seinem Kunden möglich, die die Lösung der verschiedenen technologischen Herausforderungen zum Erreichen einer Massenfertigung erleichterte.

Im August 2007 stieg Evonik Degussa selbst in das Unternehmen Li-Tec Battery ein, um durch zusätzliche Investitionen rascher großvolumige Produktionszahlen zu erreichen und neue Anwendungsgebiete für die Batterietechnologie zu erschließen. Heute zeichnen sich drei große Anwendungsgebiete für großvolumige Lithium-Ionen-Batterien ab:

- Automotive (sowohl für reine Elektrofahrzeuge als auch für Hybrid-Antriebe),
- mobile Maschinen sowohl für industrielle Anwendungen (vorrangig als Alternative zu herkömmlichen Blei-Akkumulatoren) als auch im Haushalt (Freizeitgeräte, Rasenmäher etc.),
- stationäre Anlagen (z.B. Speicher für Windkraftanlagen, unterbrechungsfreie Stromversorgung bei Störfällen).

Zur Erschließung der beträchtlichen Absatzpotenziale beschreitet Evonik Degussa unterschiedliche Wege. Für den Einsatz im Automobilbereich ging Evonik Degussa eine strategische Allianz mit der Daimler AG ein. Im Dezember 2008 stieg Daimler mit 49,9 % bei Li-Tec ein, im Frühjahr 2009 wurde die Deutsche Accumotive GmbH als Joint-Venture unter der Führung von Daimler gegründet. Sie soll die Entwicklung und Produktion von Batteriesystemen für automobilen Anwendungen voranbringen. Ziel ist es, bis 2012

Das Wichtigste in Kürze

■ **Lithium-Ionen-Batterien** stellen die aussichtsreichste Technologie dar, um die hohen Anforderungen der Automobilwirtschaft an einen leistungsfähigen, sicheren und kosteneffizienten Energiespeicher für Elektro-Autos zu erfüllen. Chemie-Innovationen bei **Separatoren** und **Elektroden** sind eine unverzichtbare Voraussetzung, um eine neue, praxistaugliche Generation von Energiespeichern zu entwickeln.

■ Ein **energieeffizienterer Wohnungsbau** kann enorme Beiträge zum Klimaschutz leisten. Die besondere Herausforderung liegt dabei in der Altbauanierung. Mit Hilfe von Chemie-Innovationen kann heute der Energiebedarf von Wohnhäusern so weit reduziert werden, dass auf einen Einsatz von fossilen Brennstoffen verzichtet werden kann. Neben dem Einsatz von Solarenergie – die ebenfalls wesentlich auf innovativen Chemiematerialien beruht – spielen verschiedene innovative Baustoffe (isolierende Dämmstoffe, wärmereflektierende Pigmente, Betonadditive) eine herausragende Rolle.

■ **Organische, lichtemittierende Dioden** (OLEDs – organic light-emitting diodes) bieten zahlreiche neue Einsatzmöglich-

lichkeiten im Bereich der Bild Darstellung auf verschiedenen Medien. OLEDs erlauben nicht nur kontrastreichere Bilder als die etablierte Flüssigkristalltechnologie, sondern auch die Fertigung dünnerer und flexibler Displays, gleichzeitig ist der Energieverbrauch sehr gering. Sie können auch an völlig neuen Stellen wie beispielsweise als integriertes Element von Pkw-Windschutzscheiben oder großflächig für eine energieeffiziente Raumbelichtung eingesetzt werden.

■ **Kohlenstoffnanoröhren** (Carbon Nano Tubes, CNT) bieten enorm verbesserte Materialeigenschaften von Werkstoffen. So können Rotorblätter von Windkraftanlagen größer und stabiler gebaut und damit die Stromerzeugung aus Windkraft effizienter gemacht werden. Elektrisch leitfähige Tinten können für neuartige Solarzellen genutzt werden. In Lithium-Ionen-Batterien ermöglichen CNT verbesserte Elektroden und damit eine höhere Leistung und Lebensdauer. Als leichte und hochfeste Verbundwerkstoffe sind sie Innovationsgrundlage im Automobil- und Flugzeugbau. CNT erlauben die Herstellung neuer Spezialbetone mit hochfesten Gestaltungselementen bei geringem Gewicht und können so z.B. den Erdbebenschutz von Gebäuden erhöhen.

einen vollständig elektrisch angetriebenen Smart in Serie auf den Markt zu bringen. Angestrebt wird noch die Einbeziehung eines weiteren Partners aus dem Bereich der Elektrik und Elektronik, der Kompetenzen zur Systemintegration von Batteriesystemen mit der sonstigen Autoelektrik einbringen kann. Für industrielle Anwendungen verfolgt Li-Tec die Strategie, komplette Batteriesysteme inklusive des elektronischen Batteriemanagementsystems entsprechend den Kundenanforderungen zu entwickeln und zu fertigen.

Die vielfältigen Einsatzpotenziale für großvolumige Lithium-Ionen-Batterien versprechen einen Milliardenmarkt mit hohen Wachstumsaussichten. Alleine in Deutschland sollen den Planungen der Bundesregierung zufolge bis 2020 rund 1 Mio. Elektrofahrzeuge fahren. Andere Länder haben zum Teil noch ehrgeizigere Pläne. Gleichwohl gibt es noch mehrere Hürden, die auf dem Weg zu einer weiten Verbreitung der neuen Energiespeichertechnologie zu überwinden sind. Zuerst ist der sehr hohe Preis zu nennen. Die Produktionskosten belaufen sich derzeit noch auf rund 1.000 € je kWh Energieinhalt. Da für einen Einsatz in Elektroautos ein Energieinhalt von 10 bis 20 kWh benötigt wird, können die Anschaffungskosten für die Batterie den Kaufpreis des Autos übersteigen. Kostentreiber sind dabei die hohen Rohstoffkosten für die benötigten Metalle, sie machen 50 bis 70 % der gesamten Produktionskosten aus. Die starke Metallnachfrage der vergangenen Jahre hat die Preise weiter in die Höhe getrieben. Zwar sind durch Verbesserungen in der Batterietechnologie und den Herstellungsverfahren in den nächsten Jahren Kostensenkungen von etwa 50 % möglich. Allerdings werden auch dann Elektrofahrzeuge mit Lithium-Ionen-Batterien nur wirtschaftlich betrieben werden können, wenn entweder eine hohe Jahresfahrleistung erbracht wird oder die Treibstoffpreise deutlich zulegen. Denn den Ersparnissen im Betrieb aufgrund niedrigerer Energiekosten (sie liegen bei einem Elektroauto bei rund 1 € je

100 km) stehen auf ein Nutzungsjahr umgelegte Anschaffungskosten von rund 1.000 € (bei einer Lebensdauer einer Batterie von 7 bis 8 Jahren) gegenüber. Hier stellt sich die Frage, inwieweit durch öffentliche Subventionen der positive Umweltbeitrag von Elektroautos in die Kalkulation der Pkw-Nutzer eingepreist werden kann.

Hemmend wirkt des Weiteren das Fehlen von internationalen verbindlichen Standards für großvolumige Batterien, so dass derzeit noch unterschiedliche Systeme konkurrieren und Skaleneffekte nicht voll genutzt werden können. Weitere Unsicherheiten bestehen darin, welche Strategie die Automobilproduzenten zur Erreichung von Niedrigemissionsfahrzeugen verfolgen (reiner Elektroantrieb, Hybridantrieb, Brennstoffzelle) und in welchem Umfang und mit welcher Geschwindigkeit die infrastrukturellen Voraussetzungen (z.B. Aufladeeinrichtungen in Parkhäusern) geschaffen werden. Klare Vorgaben der Umwelt- und Verkehrspolitik sind hier notwendig, um die positiven Umwelteffekte der neuen Batterietechnologie in vollem Umfang nutzen zu können.

Energieeffizienz und Klimaschutz: Innovative Baustoffe aus der Chemie

Beim Thema energieeffizientes Bauen und Wohnen verbinden sich gute ökonomische und ökologische Gründe. Ein Fünftel der gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland (in 2006 ca. 1 Mrd. Tonnen CO₂-Äquivalente) entstehen allein durch die Beheizung von Gebäuden (Wohngebäude und Bürogebäude). Dies entspricht in etwa dem Anteil, der durch den Transport von Personen und Gütern verursacht wird. Die Potenziale zur Verringerung des Energieverbrauchs und damit der Umweltbelastung sind also beträchtlich. Gleichzeitig sind im Gebäudebereich Einsparungen verhältnismäßig kosteneffizient zu erzielen. Dies liegt vor allem daran, dass sich Investitionen in eine

Lithium-Ionen-Batterien von Evonik Degussa/Li-Tec

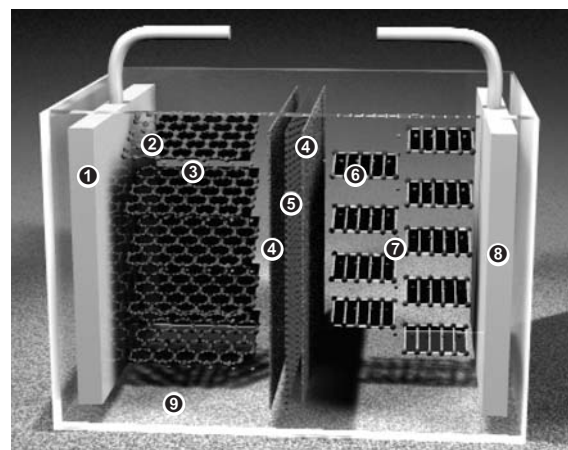
Die von Li-Tec und Evonik Degussa entwickelten Lithium-Ionen-Zellen bestehen aus vier Hauptkomponenten:

- einer positiven Elektrode aus einem Lithium-Metalloxid (Kathode – ⑥) auf einem Aluminiumableiter (⑧),
- einer negativen Elektrode aus einer Lithium-Graphit-Verbindung (Anode – ②) auf einem Kupferableiter (①),
- einem Separator aus porösem Keramikmaterial (SEPARION® – ④), der auf einem Trägermaterial (⑤) aufgebracht ist und Anode und Kathode voneinander trennt und somit den inneren Kurzschluss verhindert,
- einem Elektrolyten als flüssiges Medium (⑨).

Beim Laden der Zellen wandern die Lithium-Ionen (Elektronen) von der Kathode durch den Elektrolyten und den Separator zur Anode (③). Beim Entladen wandern die Lithium-Ionen zurück zur Kathode und setzen dabei elektrische Energie frei (⑦).

Der nanotechnologisch hergestellte keramische Separator ist physikalisch und chemisch stabiler als die bislang als Separatoren verwendeten Polyolefinfolien. Dadurch sind Li-Tec-Batterien hitzebeständiger und bleiben elektrisch und

mechanisch stabil. Dies erhöht die Sicherheit auch in Extremsituationen wie etwa bei Verkehrsunfällen, die die Batterie mechanisch schädigen können.



energiesparende Gebäudehülle angesichts der langfristig steigenden Energiepreise relativ schnell refinanzieren lassen. Bei Neubauten etwa liegen die Mehrkosten für ein energieeffizientes Gebäude mit einem gesetzlich vorgeschriebenen Verbrauch von maximal 7 Litern Heizöl pro Quadratmeter und Jahr bei nur etwa 5 % der Bausumme. Die besondere Herausforderung im Gebäudebereich besteht in der Altbauanierung. Aufgrund der Langlebigkeit der Immobilien amortisieren sich energetische Sanierungen hier ebenfalls, allerdings müssen lange Abschreibungszeiträume angesetzt werden. Der Durchschnittsverbrauch eines Mehrfamilien-Altbauhauses liegt in Deutschland momentan bei ca. 20 Litern. Die mehr als 60 % Differenz in Heizölverbrauch, Heizkosten und entstehenden Treibhausgasen gegenüber einem sanierten 7-Liter-Haus könnten also eingespart werden. Die Chemieindustrie und insbesondere BASF bieten dazu eine ganze Reihe von Produkten und Komponenten an. Diese reichen von der Außenhülle (z.B. isolierende Dämmstoffe, wärmereflektierende Pigmente) über die Innenausstattung (z.B. Latentwärmespeicher) bis hin zu Baumaterialien (z.B. Betonadditive). Wenn diese Komponenten gezielt zu Systemlösungen kombiniert werden, lässt sich damit der Heizkostenverbrauch bei Neubauten sogar auf drei Liter pro Quadratmeter und Jahr oder noch weniger senken.

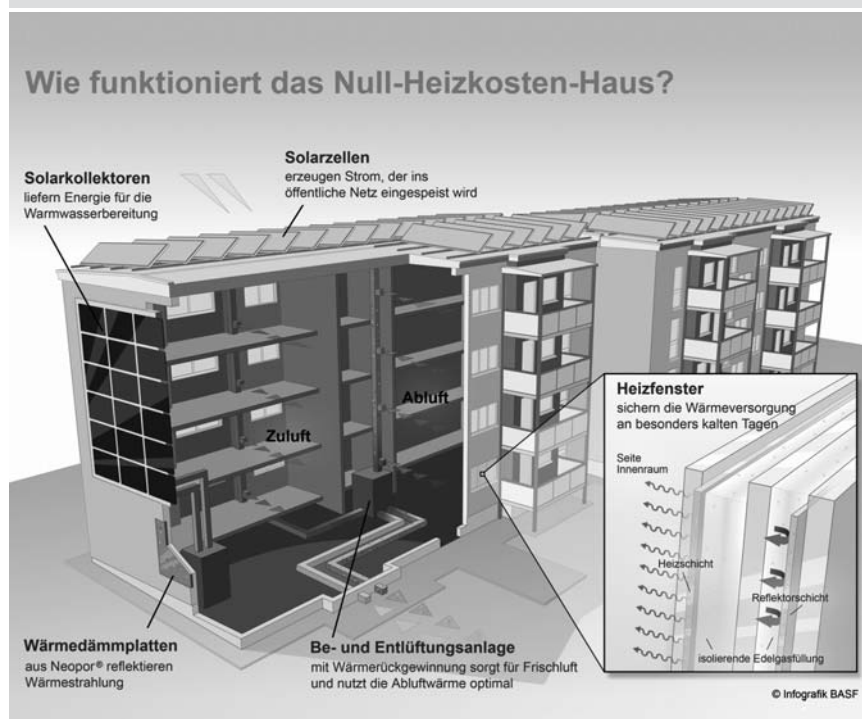
Die BASF ist eines der weltweit führenden Unternehmen, das neue Materialien für energieeffiziente Gebäude entwickelt und produziert. Die BASF kann dabei auf eine lange Erfahrung mit innovativen Baustoffen zurückgreifen. Fritz Stastny entdeckte dort 1951 Styropor®, eines der wichtigsten Produkte zur Herstellung von Dämmstoffen. Die aktuelle Generation von Wärmedämmplatten aus Neopor® erreicht

durch die Beimischung von Graphitteilchen, die Wärmestrahlung reflektieren, erheblich bessere Dämmleistungen als herkömmliches expandierbares Polystyrol. So erreichen Neopor®-Platten ihre wärmedämmende Wirkung bereits bei wesentlich geringerer Materialdicke. Dieser Platzvorteil ist von erheblicher Bedeutung in der Altbauanierung. Ein weiteres Beispiel ist das Latentwärmespeichermaterial Micronal PCM zur Steuerung der Raumwärme. Es enthält winzige, mit Wachs gefüllte Kunststoffkapseln. Bei steigender Temperatur verflüssigt sich das Wachs und schützt den Raum vor Überhitzung. Bei fallenden Temperaturen verfestigt es sich und gibt Wärme zurück an den Raum.

Dem BASF-Innovationsprozess liegt die Leitlinie zugrunde, Grundlagenforschung in Kooperation mit Universitäten zu betreiben, um die spezifische Produktentwicklung im Unternehmen konzentrieren zu können. Der Innovationsprozess ist darüber hinaus eine vernetzte Aktivität über Produktgruppen und oftmals Unternehmensgrenzen hinweg. Die energieeffizienteste Lösung für ein individuelles Gebäudemodernisierungsprojekt wird typischerweise nicht durch den Einsatz eines einzigen Produkts erreicht. Stattdessen hängt das Ergebnis häufig von der gezielten Kombination verschiedener Produkte und Materialien ab. In diesem Sinne kommt die innovative Breitenwirkung neuer chemischer Produkte, beispielsweise durch innovative Dämmstoffe, am stärksten zum Tragen, wenn sie in ein umfassendes Energieeffizienzkonzept eingebettet sind. Darum ist bei BASF das Innovationsmanagement im Bereich Bau eng verknüpft mit der geschäftsbereichsübergreifenden Plattform „Construction Network Team“. An dieser Plattform nehmen Partner teil, die eng mit der Wertschöpfungskette verbunden sind, beispielsweise Architekten, Baufirmen, Hersteller von Gebäudeausstattung und Dienstleister im Bereich Gebäudemangement.

In der Konsequenz stellt sich auf der Marktseite die Herausforderung, den innovativen Mehrwert komplexer Lösungen zu kommunizieren. Die neuartigen Produkte und Materialien sind häufig noch nicht in Bauordnungen und -normen integriert. Ihr Mehrwert kann häufig noch nicht in Standardsoftware zur Bauplanung dokumentiert werden. Hinzu kommt, dass Architekten und Baufirmen als die zentralen Ratgeber für die Immobilieninvestoren typischerweise nur lokal aktiv sind und man daher mit einer großen Zahl von kleinen Unternehmen in Kontakt treten muss. Dies erschwert die effektive Kommunikation. Der Gestaltung der

Abb. 2.4–1: Funktionsweise eines Null-Heizkosten-Hauses



Markteinführungsphase kommt deshalb eine hohe Bedeutung für den Innovationserfolg zu. Die BASF profitiert dabei von ihrem Wohnungsunternehmen LUWOG in Ludwigshafen. In Bau- und Modernisierungsprojekten der LUWOG können energieeffiziente Pilotlösungen demonstriert werden. Auf diese Weise wird die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit von „3-Liter-Häusern“ oder sogar „Null-Heizkosten-Häusern“ in der Praxis demonstriert. Gleichzeitig gewinnt das Innovationsmanagement wertvolles Nutzerfeedback, das wiederum in den Innovationsprozess eingespeist werden kann.

Politische Maßnahmen können dazu beitragen, den Einsatz von energieeffizienten Baustoffen zu fördern. Zu den wichtigen Schritten gehört beispielsweise die erhöhte Transparenz für Mieter bezüglich der Energieeffizienz ihrer Wohnung. In dem Maße, in dem Vermieter von energieeffizienten Wohnungen mit höherer Nachfrage belohnt werden, steigt auch der Anreiz zu Investitionen in die entsprechende Modernisierung des Wohnraums. Darüber hinaus sollte eine Vereinheitlichung von Bauvorschriften auf Bundesebene und innerhalb der EU dazu führen, dass innovative Produkte und Materialien schneller breite Nachfragemärkte erreichen können. Ambitionierte Zielvorgaben zum Klimaschutz können außerdem Rückenwind für den Erfolg innovativer Baustoffe liefern.

In Westeuropa liegen die Wachstumspotenziale für energieeffiziente Baustoffe vor allem im Modernisierungsbedarf von Altbauten. Bei Neubauten entscheiden sich bereits heute viele Investoren für Investitionen in energieeffiziente Lösungen. Hohe Energiepreise und gesteigertes Klimaschutzbewusstsein erzeugen neue Wachstumspotenziale im Neubaubereich in aufstrebenden Märkten wie China oder im arabischen Raum. Die Anwendung der Produkte ist zudem nicht auf den Baubereich beschränkt. Die Kombination aus hoher Wärmedämmung und geringem Gewicht und Raumbedarf schafft auch neue Absatzmärkte zum Beispiel im Automobil- und Flugzeugbau.

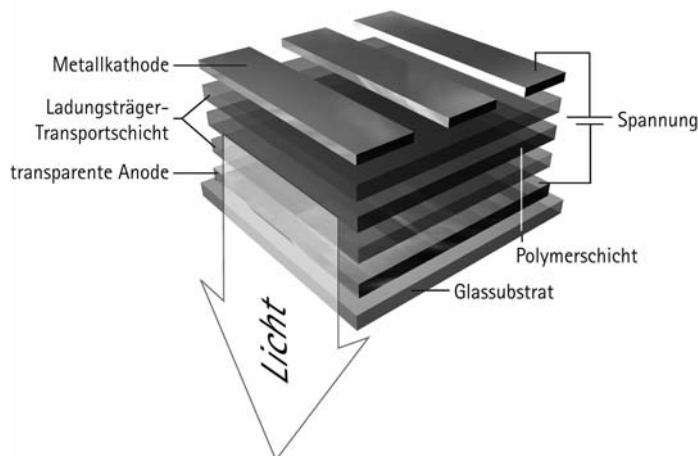
Neue Möglichkeiten für Displays und Beleuchtung: Organische, leuchtendende Dioden (OLED)

Elektronische Displays sind aus dem modernen Leben nicht mehr wegzudenken. Sie haben die Computernutzung durch Flachbildschirme und mobile Laptops geprägt, erschließen neue Darstellungs- und Nutzenpotenziale in Mobiltelefonen, Navigationssystemen, Digitalkameras sowie MP3-Playern und sind dabei, Röhrenfernseher aus den Wohnzimmern zu verdrängen. Diese Innovationen werden möglich durch den Einsatz von Flüssigkristallen. Merck ist der führende Flüssigkristall-Anbieter weltweit. Das Unternehmen blickt dabei auf eine lange Erfahrung zurück. Merck war bereits vor mehr als 100 Jahren im Flüssigkristallmarkt aktiv. Der Durchbruch für die technische Anwendung in Displays stammt jedoch aus dem Jahr 1967. Flüssigkristalle zeichnen sich dadurch aus, dass sie neben gasförmig, flüssig und kristallin auch noch einen flüssig-kristallinen Zustand annehmen können. Diese Eigenschaft lässt sich nutzen, um gezielt einzelne Bildpixel in einem Display ansteuern zu können. Aus der Summe der Pixel entsteht schließlich das Bild. Die Leistung dieser Flüssigkristall-Displays konnte in den letzten Jahren zusehends verbessert werden, insbesondere mit Blick auf die Ansteuergeschwindigkeit, den Energieverbrauch und den maximalen Blickwinkel für die Betrachter.

Eine mögliche Zukunft der elektronischen Displays liegt in organischen, leuchtendenden Dioden OLEDs (organic light-emitting diodes). Sie enthalten organische Halbleitermaterialien, die beim Anlegen elektrischer Spannung Licht abgeben. Im Gegensatz dazu benötigen Flüssigkristall-Displays eine zusätzliche Hintergrundbeleuchtung. Der Einsatz von OLEDs ermöglicht somit nicht nur die Darstellung kontrastreicherer Bilder, sondern auch die Fertigung dünnerer und flexibler Displays. Gleichzeitig ist der Energieverbrauch von OLED-Displays sehr gering. Die Kombination dieser Eigenschaften macht sie überaus attraktiv für den Einsatz in mobilen Geräten wie etwa Handys. Sie erlaubt darüber

hinaus die Positionierung von Displays an bislang nicht nutzbaren Stellen, wie beispielsweise als integriertes Element der Pkw-Windschutzscheibe zum Ablesen der Instrumente. Das Anwendungsspektrum ist jedoch nicht auf den Elektronik-Bereich beschränkt. OLEDs können auch großflächig für die energieeffiziente Raumbeleuchtung eingesetzt werden und erlauben neue, großflächige Lichtkonzepte und Designoptionen. Wohnungen und Büros der Zukunft könnten somit nicht mehr nur von Lampen, sondern durch OLED-Panels beleuchtet werden. Selbst eine leuchtende Tapete könnte in der Zukunft möglich werden. In dem Maße, in dem es zusehends möglich werden wird, OLEDs in kostengünstigen Druckverfahren zu fertigen, werden diese innovativen Produkte für die Konsumenten immer erschwinglicher.

Abb. 2.4–2: Funktionsprinzip von OLEDs



Quelle: Merck

Die ersten OLED-Mobiltelefone sind bereits erhältlich und OLED-Fernsehgeräte existieren als Prototypen. Allerdings müssen noch einige technologische Lösungen für den breiten Einsatz von OLEDs gefunden werden. Dies betrifft vor allem die Verbesserung der Robustheit und Langlebigkeit. Den enormen Marktpotenzialen stehen somit erhebliche Herausforderungen im Innovationsmanagement gegenüber. Es kommt hinzu, dass sich der Wettlauf um die Technologieführerschaft im OLED-Bereich in einem intensiven weltweiten Wettbewerbsumfeld abspielt.

Merck begegnet diesen Herausforderungen mit einer gezielten Kombination aus eigener Forschung und Entwicklung, selektiven Kooperationen mit anderen führenden Anbietern und der Wissenschaft sowie geeigneten Zukäufen. Das Innovationsmanagement darf jedoch nicht auf die Technologieentwicklung beschränkt bleiben. Merck profitiert insbesondere von seiner langjährigen Erfahrung und seinen wertvollen Netzwerken aus der Zusammenarbeit mit Displayherstellern im Flüssigkristallgeschäft. Die Produktion von Displays ist zum ganz überwiegenden Teil in Ostasien konzentriert, mit Schwerpunkten in Südkorea, Japan und Taiwan. Merck ist bereits seit vielen Jahren mit Entwicklungszentren in diesen asiatischen Märkten präsent. Auf dieser Basis lassen sich Nachfragetrends frühzeitig erkennen und sowohl organisatorische als auch persönliche Kanäle etablieren, auf denen Informationen umfassend ausgetauscht werden können. Die Qualität dieser Kontakte über geografische und kulturelle Distanzen hinweg stellt einen zentralen Vorteil gegenüber Wettbewerbern dar, die sie erst langfristig entwickeln müssen. Auf Seiten von Merck bedeutet dieser Kundenfokus jedoch auch, dass der Innovationsprozess nicht auf den Chemiebereich beschränkt bleiben kann. Das Innovationsmanagement schließt in erheblichem Maße physikalische Expertise ein, sodass Materialien für den Einsatz beim Kunden getestet und optimiert werden können.

Erfolgreiche Innovationsaktivitäten im OLED-Bereich können somit als vernetzte Aktivität verstanden werden. Wissenschaftliche Weiterentwicklung und technologische Potenziale bilden die zentrale Triebfeder. Sie bedürfen jedoch einer starken Marktorientierung, die Geschäftsmodelle entwickelt und Kundenfeedback an die Forschung und Entwicklung zurückgibt. Gleichzeitig bedarf es organisatorischer Innovationskraft, um Strukturen und Prozesse zu entwickeln, die diese Wissensflüsse über Kompetenz-, Firmen- und Landesgrenzen hinweg leisten können. Hinzu kommt die Notwendigkeit, Patentrechte zu schaffen und effektiv zu schützen. Die langjährige Erfahrung aus dem Flüssigkristallmarkt helfen Merck dabei, sich in diesem komplexen Innovationsumfeld aussichtsreich zu positionieren.

Neue Werkstoffperspektiven durch Kohlenstoffnanoröhren (CNT) für Energie, Umwelt und Mobilität

Kohlenstoffnanoröhren (Carbon Nano Tubes, CNT) bestehen aus Kohlenstoffatomen, die in einer Röhrenwand als regelmäßiges Sechseckgitter angeordnet sind. Sie kön-

nen ein- oder mehrwandig sein und besitzen in etwa einen Durchmesser von 2 bis 100 Nanometern und sind damit 25.000 bis 500 Mal dünner als ein menschliches Haar. Diese einzigartige Struktur verleiht ihnen erstaunliche Eigenschaften. Je nach Typ sind sie bis zu 20 Mal stärker als Stahl bei einem Sechstel des Gewichts, leiten Strom bis zu 1.000 Mal besser als Kupfer und transportieren Wärme bis zu doppelt so gut wie Diamant.

Diese Vorteile erlauben Werkstoffen, in die CNT eingearbeitet wurden, eine Fülle neuer Anwendungsfelder zu erschließen. Zentrale Bedeutung kommt den Einsatzgebieten bei Energiewandlung, -speicherung und -einsparung zu. Beispielsweise können die Rotorblätter von Windkraftanlagen größer und stabiler gebaut werden. Somit wird eine noch effizientere Umwandlung von Wind in elektrischen Strom möglich werden. Es können auch elektrisch leitfähige Tinten hergestellt werden, die in neuartigen Solarzellen genutzt werden könnten. CNT in Lithium-Ionen-Batterien ermöglichen verbesserte Elektroden und erhöhen somit Leistung und Lebensdauer. Sie ermöglichen auch neue, leichte und hochfeste Verbundwerkstoffe für Automobil- und Flugzeugbau. Damit spannen CNT-basierte Werkstoffe den Bogen zwischen Anwendungen für Energiespeicherung und Mobilität. Aber auch im Bereich Leichtbau ermöglichen CNT Spezialbetone, die hochfeste Gestaltungselemente bei geringem Gewicht gestatten und somit z.B. den Erdbebenschutz von Gebäuden erhöhen können. Am Horizont sind bereits weitere Einsatzfelder für die Zukunft erkennbar. Dazu zählen insbesondere der Elektronikbereich und die Entwicklung von Schaltelementen.

Bayer Material Science ist es gelungen, mehrwandige CNT im kommerziellen Maßstab, d.h. in hoher Reinheit, mit konstanter Qualität zu wettbewerbsfähigen Kosten herzustellen. Ihre Baytubes[®] entstehen in einem Reaktorofen, in dem kohlenwasserstoffhaltiges Gas (z.B. Methan) bei hohen Temperaturen mit Hilfe eines Katalysators zu den Kohlenstoffnanoröhren umgewandelt wird. Das Verfahren erlaubt es, CNT in großen Mengen, mit hoher und konstanter Qualität, d.h. zuverlässigen Eigenschaften, zu produzieren.

Die Verwendung von Kohlenstoffnanomaterialien kann als Querschnittstechnologie verstanden werden. Diese nutzt eine ganze Reihe von akademischen Disziplinen und liefert Materialien für viele unterschiedliche Abnahmemärkte. Entsprechend komplex ist die Aufgabe, CNT zu erforschen, zu synthetisieren, weiter zu verarbeiten und Anwendungen zu entwickeln. Bayer begreift sich in diesem dynamischen Innovationsfeld als zentrales Element eines breitgefächerten Systems, in dem Entwicklungen angestoßen werden und Feedback aus der Wertschöpfungskette integriert werden muss. Ein Abbild dieser Struktur bildet die Innovationsallianz Carbon Nanotubes, die mehr als 70 Unternehmen, Universitäten und Forschungszentren aus verschiedenen Branchen, Größenklassen und Disziplinen vernetzt.

Die Wertschöpfungskette für CNT-basierte Materialien besteht aus mehreren Stufen, die über Unternehmensgrenzen hinweg durchlaufen werden. Sie beginnt mit der Herstellung der CNT, deren Oberflächen dann oft modifiziert

werden müssen. Auf dieser Basis können sie in Kunststoffe, Lösungsmittel oder Metalle eingebracht werden, um diese Komposite in Anwendungen nutzbar zu machen, z.B. in den Bereichen Energie/Umwelt, Mobilität oder Leichtbau. Über diese Wertschöpfungsschritte hinweg muss bis zum Endprodukt optimiert werden. Für Bayer bedeutet das, insbesondere CNT mit klar spezifizierten Eigenschaften, zuverlässig, in große Mengen und mit hoher Qualität produzieren zu können. Gleichzeitig müssen die Feedbackkanäle etabliert werden, so dass Verbesserungspotenziale und Kundenanforderungen aus Funktionalisierung, Dispergierung und Anwendung berücksichtigt werden können.

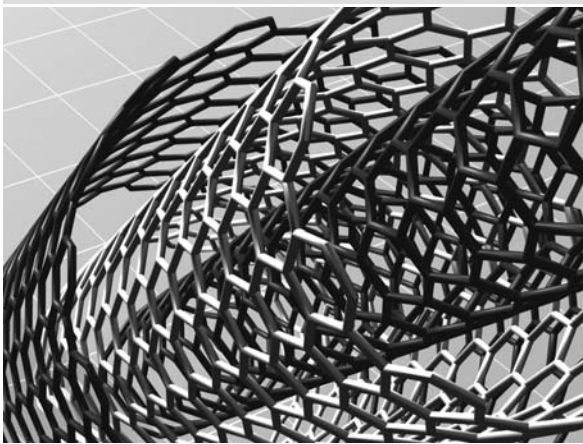
Die Chancen und Herausforderungen bleiben jedoch nicht auf die Schritte der Wertschöpfung begrenzt. Verschiedene Anwendungsfelder schaffen Potenziale, die wechselseitig Impulse geben können. So kann beispielsweise durch die Einführung eines hochfesten, CNT-basierenden Eishockey-Schlägers wichtiges Erfahrungswissen für

weitere Anwendungen gewonnen werden, wie z.B. für die Entwicklung von Rotorblättern der Windturbinen.

Erfolgreiche Unternehmen im CNT-Bereich müssen lernen, die technologische Dynamik und Komplexität durch die Verknüpfung diverser Kompetenzen in Wettbewerbsvorteile umzusetzen. Hierfür müssen individuelle und organisatorische Fähigkeiten entwickelt werden, damit sich Experten mit unterschiedlichem Ausbildungs- und Erfahrungshintergrund gegenseitig verstärken und Reibungsverluste vermieden werden können. Dies beginnt in der eigenen Forschung und Entwicklung, die mit führenden Universitäten und besonders deren Grundlagenforschung verzahnt werden muss. Die Kompetenzen erfordern einen interdisziplinären Ansatz über die reine Chemie hinaus. Erforderlich ist die Integration von Physikern und Ingenieuren. Besonders wertvoll erscheinen Experten mit klarem Profil, die jedoch durch bereichsübergreifende technologische Fähigkeiten und kommunikative Stärke die multidisziplinäre Diskussion bereichern und vorantreiben können. Letztendlich werden die Forschungsanstrengungen an ihrem ökonomischen Erfolg gemessen, d.h. Wirtschaftsexpertise ist unerlässlich. Zudem ist eine zeitnahe Sicherheitsforschung für die neuen Materialien ein essenzieller Bestandteil der Innovationsstrategie. Schließlich muss die breite Öffentlichkeit in die Diskussion mit einbezogen werden, um realistische Einschätzungen über den Nutzen der CNT-basierten Produkte und deren sichere Handhabung entlang ihres Lebenszyklus zu etablieren.

Für Bayer besteht der Ansatz gegenwärtig darin, sich als großer CNT-Anbieter mit klarem Fokus auf Baytubes® zu positionieren, der beträchtliche Produktionskapazitäten mit zuverlässiger Qualität und mit hohen Sicherheitsstandards der Produkte kombinieren kann. Auf dieser Basis kann die Komplexität reduziert und eine Basis geschaffen werden, um sichere Anwendungen schrittweise und durch gezielte Allianzen nachhaltig zu erschließen.

Abb. 2.4–3: CNT



Quelle: Bayer MaterialScience AG

3 Chemiestandort Deutschland im internationalen Wettbewerb

Die deutsche Chemieindustrie befindet sich seit langem im scharfen internationalen Wettbewerb. Die hohe Exportorientierung und der hohe Internationalisierungsgrad der deutschen Chemieunternehmen machen sie in besonderem Maße von internationalen Entwicklungen abhängig. Die Veränderungen in den globalen Rahmenbedingungen, die die Chemieindustrie in den vergangenen zehn Jahren wesentlich geprägt haben, sind deshalb von zentraler Bedeutung für den Innovationsmotor Chemie in Deutschland:

- Die Marktdynamik hat sich massiv in Richtung der aufstrebenden Schwellenländer („Aufhol-Länder“) verschoben. Ihr Wirtschaftswachstum fußt besonders stark auf Industrie und Baugewerbe, dies beflügelt die Nachfrage nach Chemiewaren überproportional.
- Von diesem Nachfrageschub profitierte die Chemieproduktion in den westlichen Industrieländern. Für die deutsche Chemieindustrie galt dies aufgrund der hohen Exportorientierung in besonderem Maße. Gleichzeitig wurden die Produktionskapazitäten in den Aufhol-Ländern kräftig ausgeweitet. Damit treten die Aufhol-Länder sukzessive als neue Wettbewerber am Weltmarkt auf – mit Wettbewerbsvorteilen bei Chemiewaren mit hohen Arbeits-, Energie- und Umweltschutzkostenanteilen.
- Die Nachfrageverschiebungen haben die Produktion von Chemiewaren mit tendenziell geringeren Innovationsanforderungen begünstigt. Die FuE-Aufwendungen der Branche stiegen seit 1995 kaum noch, die FuE-Intensität sank weltweit kontinuierlich. Gleichwohl bauen die Aufhol-Länder ihre eigenen FuE-Kapazitäten aus und können sich dabei auf eine auch international leistungsfähige wissenschaftliche Chemieforschung stützen.

Die hier dargestellten Strukturen und Entwicklungen zu Forschung und Innovation (Abschnitt 3.1), Produktion, Beschäftigung und Außenhandel (Abschnitt 3.2) sowie den globalen Verschiebungen durch den Eintritt der Aufhol-Länder in den Weltchemiemarkt (Abschnitt 3.3) bilden die Situation bis zum Höhepunkt des jüngsten Wirtschaftsaufschwungs (2007/08) ab. Die Konsequenzen der aktuellen Wirtschaftskrise können datenmäßig noch nicht abgebildet werden. Ob sie das internationale Wettbewerbsmuster in der Chemieindustrie nachhaltig ändern, kann heute nicht gesagt werden. Aber selbst die hier aufgezeigten Veränderungen machen klar, dass der Chemiestandort Deutschland

vor großen Herausforderungen steht (wie generell die Standorte in den westlichen Industrieländern): Die Wettbewerbsfähigkeit der großvolumigen Grundstoffchemieproduktion („Commodities“) in Deutschland wird angesichts der ungünstigeren Kostensituation und der großen Entfernung zu den dynamischen Absatzmärkten weiter abnehmen.

3.1 Forschung und Innovation

FuE-Intensität und -Dynamik

Deutschland ist traditionell einer der weltweit wichtigsten Standorte für Forschung und Innovation in der Chemieindustrie. Im Jahr 2005 entfielen **13,1 % der FuE-Aufwendungen der OECD-Länder** in der chemischen Industrie auf Deutschland. Mit einer **FuE-Intensität** von 2,9 % (interne FuE-Aufwendungen als Anteil am Produktionswert)¹¹ liegt die deutsche Chemieindustrie im internationalen Vergleich an vierter Stelle hinter Dänemark, Japan und Finnland (Abb. 3.1–1). Im Vergleich zum OECD-Durchschnitt in der Chemieindustrie (2,2 %) ist die FuE-Intensität als sehr hoch einzustufen. Allerdings ist die FuE-Intensität der chemischen Industrie weltweit betrachtet niedriger als in der Industrie insgesamt (2,5 %), d.h. die chemische Industrie gehört international gesehen nicht mehr zu den als forschungsintensiv zu bezeichnenden Industrien. Dies war vor wenigen Jahren noch anders: 1999 gehörte die Chemieindustrie mit einer globalen FuE-Intensität von 3 % noch eindeutig zu den forschungsintensiven Branchen.

Während viele andere Branchen ihre Innovationspotenziale etwa im Gleichschritt mit den Umsatzzuwächsen erhöht haben, blieben die FuE-Aufwendungen in der Chemieindustrie im weltwirtschaftlichen Aufschwung der letzten zehn Jahre – und zwar nicht nur in Deutschland, sondern weltweit – wenig dynamisch, wodurch die FuE-Intensität merklich sank. Von 1995 bis 2002 gab es kaum eine nominelle Ausweitung der FuE-Ausgaben, erst nach 2002 konnte ein merklicher Zuwachs verbucht werden (Abb. 3.1–2). Dieser reichte aber nur für einen Anstieg der **globalen FuE-Aufwendungen** in der Chemieindustrie von 20 % im Zeitraum 1995–2005, gegenüber 60 % im Industrieschnitt und 80 % in der Wirtschaft insgesamt (d.h. inklusive des auch bei FuE dynamischen Dienstleistungs-

¹¹ Im Unterschied zur nationalen Statistik (s. Abschnitt 2.1) liegen für den internationalen Vergleich nur Daten für die internen, nicht jedoch für die gesamten FuE-Aufwendungen vor, auch ist als Bezugsgröße nur der Produktionswert und nicht der Umsatz verfügbar. Dadurch ergibt sich eine geringere FuE-Intensität.

Das Wichtigste in Kürze

- Die deutsche Chemieindustrie zählt zu den **forschungsintensivsten** weltweit, unter den großen Industrieländern weist nur Japan eine stärker forschungsorientierte Chemieindustrie auf.
- Die **FuE-Dynamik** in der Chemieindustrie war im vergangenen Jahrzehnt **weltweit sehr verhalten**, die FuE-Intensität ist rückläufig. Global betrachtet zählt die Chemieindustrie heute nicht mehr zu den forschungsintensiven Branchen. Sie profitierte offenbar wenig von den zentralen FuE-Trends des vergangenen Jahrzehnts (Informations- und Kommunikationstechnologien, Biotechnologie, Umwelttechnik).
- Der **Anteil Deutschlands** an den OECD-weiten FuE-Aufwendungen in der Chemieindustrie war 2005 mit 13,1 % noch immer hoch, ist aber seit langem rückläufig.
- Die FuE-Kapazitäten der Chemieindustrie sind in Deutschland auf relativ **wenige große Unternehmen konzentriert**, in den USA und Japan ist die Konzentration nicht so stark.
- **FuE** ist in Deutschland stark **internationalisiert**, 20 % der FuE in Deutschland wird von ausländischen Unternehmen getätigt, ausländische Unternehmen tragen zum Wachstum bei FuE bei.

- 30 % der gesamten FuE-Aufwendungen der deutschen Chemieunternehmen finden **im Ausland** statt. Einschließlich ihrer FuE-Auslandsaktivitäten sind deutsche **Unternehmen** etwas stabiler einzuschätzen als der **FuE-Standort Deutschland**.
- Die deutsche Chemieindustrie ist für knapp 20 % der weltweiten **Patentanmeldungen** in der Chemie verantwortlich. Dieser Anteil ist tendenziell leicht rückläufig, stieg jüngst aber wieder an. Der Anteil Deutschlands an allen Chemiepatenten ist deutlich höher als der Anteil an den Patentanmeldungen in allen Technologiefeldern, d.h. Deutschland ist auf **Chemietechnologien spezialisiert**. Während Japan, Korea und China als Technologieproduzenten kräftig an Bedeutung gewinnen, verlieren die USA sehr stark.
- Die Zahl der **wissenschaftlichen Publikationen** steigt seit Jahren weltweit überdurchschnittlich an, angetrieben durch Länder wie China und Indien. Der Anteil Deutschlands an den wissenschaftlichen Publikationen sank kontinuierlich von 8,5 % (1995) auf 6,7 % (2007). Publikationen aus Deutschland sind allerdings qualitativ hochwertig und werden überdurchschnittlich stark beachtet.

sektors). Während Mitte der 1990er Jahre der Anteil der Weltchemieindustrie an den gesamten FuE-Kapazitäten der Wirtschaft noch bei 7 bis 8 % lag, ist er bis 2005 auf 5 % abgerutscht (Tab. 3.1–1).

Allerdings hat nicht nur die Chemieindustrie an Gewicht im weltweiten FuE-Geschehen verloren, auch die meisten anderen forschungsintensiven Industriebranchen mussten bis 2005 „**FuE-Marktanteile**“ abgeben (Elektrotechnik, Flugzeug-/Bahn-/Schiffbau, Elektronik/Medientechnik, Automobilbau) oder konnten diese gerade so halten (Maschinenbau, Instrumententechnik). Die großen Gewinner des

Strukturwandels bei FuE waren die Dienstleistungssektoren sowie die Pharmaindustrie. Zusammen erhöhten sie ihren Anteil an den weltweiten FuE-Ausgaben des Wirtschaftssektors von 22 % (1995) auf 34 % (2005). Für Deutschland sind ähnliche Entwicklungen festzustellen, mit der Ausnahme des Automobilbaus, der seinen Anteil an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft entgegen dem internationalen Trend sehr deutlich erhöhen konnte (Tab. 3.1–1).

Innerhalb der Chemieindustrie konnte Deutschland lange Zeit seinen **hohen Anteil an den weltweiten FuE-Aufwendungen** halten, dieser lag – bei leichten jährlichen

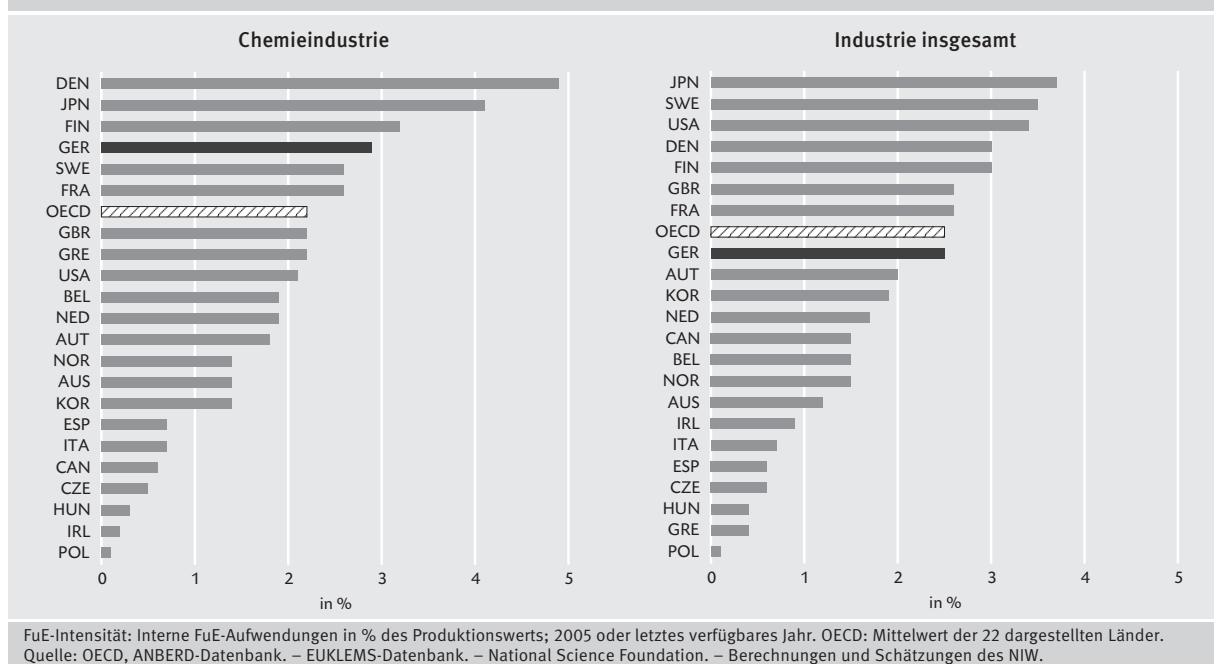
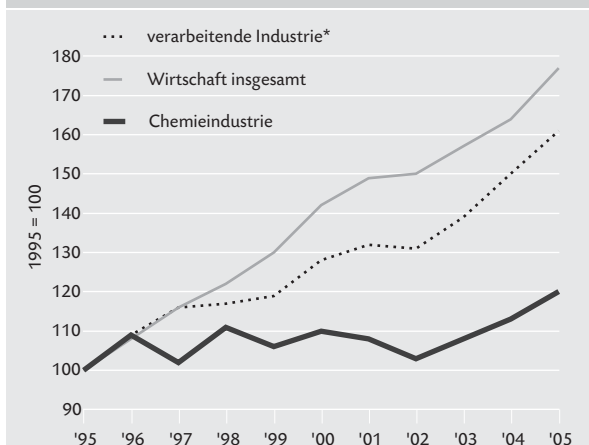
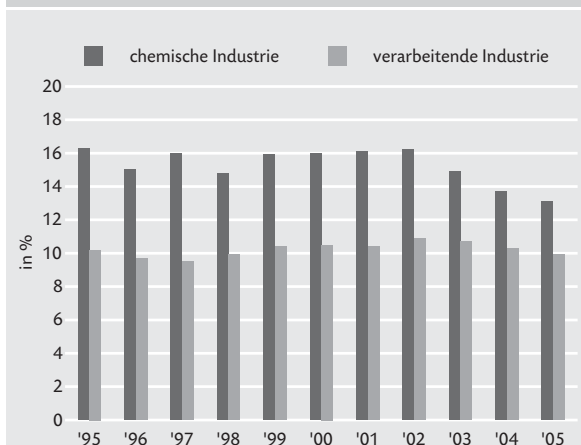
Abb. 3.1–1: FuE-Intensität der Chemieindustrie und der Industrie insgesamt in ausgewählten OECD-Ländern 2005


Abb. 3.1–2: Entwicklung der FuE-Ausgaben der größten OECD-Länder 1995 bis 2005


*) Vor 2004 leicht unterschätzte Dynamik.
Quelle: OECD, ANBERD-Datenbank. – OECD, Stat-Datenbank. – Berechnungen des NIW.

Abb. 3.1–3: Anteil Deutschlands an den internen FuE-Aufwendungen der OECD 1995 bis 2005


Quelle: OECD, ANBERD-Datenbank. – Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Schwankungen – von 1995 bis 2002 bei etwa 16 %. Nach 2002 blieb die deutsche chemische Industrie jedoch bei der Ausweitung der FuE-Kapazitäten hinter dem Tempo der Chemieindustrie in den anderen Ländern zurück, sodass der Anteil Deutschlands bis 2005 auf unter 14 % sank (Abb. 3.1–3). Dies ist gleichwohl noch mehr als der Anteil der deutschen Industrie an den weltweiten FuE-Aufwendungen, der 2005 bei 10 % lag und in den vergangenen Jahren ebenfalls leicht rückläufig war, wenngleich nicht in der Geschwindigkeit wie in der Chemieindustrie. Zu beachten ist, dass in diesen Zahlen die FuE-Dynamik in den aufstrebenden Schwellenländern wie China, Indien oder Brasilien nicht enthalten ist.

Insgesamt zeigt sich ein **Bedeutungsverlust** der Chemieindustrie innerhalb des weltweiten FuE-Geschehens, der in Deutschland überdurchschnittlich ausgeprägt ist. Die Konsequenzen sind – wie in den folgenden Abschnit-

ten dargestellt – bereits an einer geringeren Dynamik bei weltmarktorientierten Patenten, eine verschlechterten Wettbewerbsposition der großen Chemieländer und an einem **beschleunigten sektoralen Strukturwandel** zu erkennen. Denn eine geringe Ausweitung des Innovationspotenzials der Chemieindustrie bedeutet, dass andere Wettbewerbsfaktoren wie Arbeits-, Energie-, Transport- und Umweltkosten an Bedeutung gewinnen. Hier haben die hoch entwickelten Industrieländer wie Deutschland klare Standortnachteile.

FuE in den größten forschenden Chemieunternehmen

Die oben dargestellte Entwicklung der FuE-Aufwendungen in der Chemieindustrie in Deutschland beruht auf einer regionalen Zuordnung der FuE-Aufwendungen der Chemieunternehmen nach dem Standort der Durchführung. Ein et-

Tab. 3.1–1: Deutschlands industrielle FuE-Struktur im internationalen Vergleich 1995 bis 2005 (in %)

Sektor	OECD ¹⁾						Deutschland					
	1995	1997	1999	2001	2003	2005	1995	1997	1999	2001	2003	2005
Automobilbau	12,2	11,9	11,9	11,2	12,2	11,6	21,3	24,2	28,0	29,3	31,8	29,8
Maschinenbau	6,0	5,9	5,5	5,5	5,4	5,8	11,4	11,0	10,1	10,4	9,9	10,7
Elektronik/Medientechnik	19,4	22,6	18,4	21,0	17,6	17,6	14,0	13,7	12,7	12,1	10,1	9,9
Pharmaindustrie*	8,1	8,1	7,9	7,4	9,0	12,3	4,7	6,5	6,2	6,3	8,0	8,8
Chemieindustrie	7,4	6,5	6,0	5,4	5,1	5,0	13,4	12,2	10,7	10,0	8,7	7,7
Instrumententechnik	6,5	6,4	7,3	6,8	6,9	6,2	6,0	5,2	5,0	6,7	7,1	6,8
Flugzeug-/Bahn-/Schiffbau	9,0	7,9	6,9	4,7	6,1	5,7	9,1	9,9	7,5	5,0	5,5	5,6
Elektrotechnik	4,8	4,4	3,8	3,8	3,0	3,1	7,2	3,0	3,0	3,2	2,8	3,0
sonstige Industrie	10,4	10,0	8,8	8,7	8,7	9,1	8,0	7,7	7,6	7,4	7,1	7,1
Dienstleistungen**	13,9	14,1	20,8	24,0	24,1	21,8	3,6	5,4	8,2	9,0	8,5	10,1
übrige Wirtschaft	2,2	2,3	2,6	1,8	1,8	1,9	1,2	1,1	1,0	0,6	0,5	0,6
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*) Entwicklung bis 2003 in der OECD leicht unterschätzt. – **) Entwicklung bis 2003 in der OECD leicht überschätzt.

1) 24 große OECD-Länder: GER, FRA, GBR, ITA, BEL, NED, DEN, IRL, GRE, ESP, SWE, FIN, AUT, ISL, NOR, POL, HUN, CZE, CAN, USA, MEX, JPN, KOR, AUS.
Quelle: OECD, ANBERD-Datenbank (DSTI/EAS Division). – STI-Datenbank. – Berechnungen und Schätzungen des NIW.

was anderes Bild erhält man, wenn man die Entwicklung der globalen FuE-Aufwendungen in den größten Chemieunternehmen mit Sitz in Deutschland betrachtet.¹² Für diese Gruppe von Unternehmen, deren weltweite FuE-Aufwendungen im Bereich der Chemie im Jahr 2007 etwa 93 % der gesamten FuE-Aufwendungen der Chemieindustrie am Standort Deutschland ausmachten, zeigt sich zwischen 1997 und 2005 nur eine geringe Veränderung des Anteils an den weltweiten FuE-Aufwendungen der Chemieindustrie. 1997 lag ihr Anteil am globalen FuE-Aufkommen bei 13 %, 2005 bei knapp 14 %, wobei 2002 mit 15,7 % der höchste Anteilswert erreicht wurde (Abb. 3.1–4).¹³ Die im Vergleich zum Anteil des FuE-Standorts Deutschland an den weltweiten FuE-Aufwendungen in der Chemieindustrie unterschiedliche Entwicklung hängt insbesondere mit Übernahmen anderer Unternehmen im In- und Ausland zusammen, so dass der Anteil der neun größten deutschen Chemiekonzerne an den gesamten FuE-Aufwendungen der deutschen Chemieindustrie anstieg.

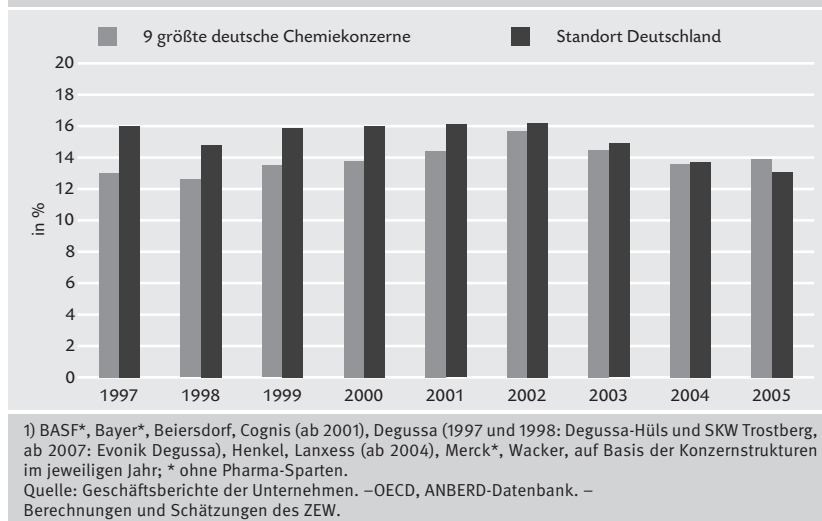
Die großen **Chemiekonzerne Deutschlands** nehmen im Konzert der größten forschenden Chemieunternehmen eine **Spitzenstellung** ein. Auf Basis des „R&D Scoreboard“ der Europäischen Kommission gab es 2007 weltweit insgesamt 117 Unternehmen der Chemieindustrie mit FuE-Aufwendungen von 25 Mio. € oder mehr.¹⁴ 13 dieser Unternehmen kommen aus Deutschland,¹⁵ auf die ein Fünftel der gesamten FuE-Aufwendungen dieser Gruppe (3,86 Mrd. € von insgesamt 18,58 Mrd. € FuE-Aufwendungen) entfallen (Tab. 3.1–2). Auch hier bestätigt sich die in globaler Sicht unterdurchschnittliche FuE-Intensität der Chemie mit 2,5 %

gegenüber 3,4 % bezogen auf alle größten forschenden Unternehmen. Mit einer FuE-Intensität von 2,7 % sind die deutschen Chemiekonzerne im Mittel forschungsintensiver als die US-amerikanischen, liegen jedoch hinter den großen forschenden Chemieunternehmen aus Japan (3,0 %) und der Schweiz (5,4 %).

Unter den größten forschenden Chemiekonzernen zeichnen sich die deutschen Unternehmen durch eine besonders hohe Durchschnittsgröße aus (11 Mrd. € Umsatz je Unternehmen, gegenüber 6,5 Mrd. € im Mittel), was gleichzeitig bedeutet, dass die **FuE-Aufwendungen** der Chemieindustrie in Deutschland viel stärker als in anderen Ländern **auf einige wenige Großunternehmen konzentriert** sind. Besonders augenfällig stellt sich dies im Vergleich zu Japan dar, wo im Schnitt auf drei Unternehmen ein ähnlich hoher Anteil an den globalen FuE-Aufwendungen entfällt wie in Deutschland auf ein Unternehmen.

Die **rückläufige FuE-Intensität**, die eingangs für die Chemieindustrie am Standort Deutschland gezeigt wurde (vgl. Abb. 2.1–2), zeigt sich auch für die Gruppe der größten Chemiekonzerne mit Sitz in Deutschland (Abb. 3.1–5). Von einem Höchststand im Jahr 2002 von 3,9 % sank der durchschnittliche Anteil der FuE-Aufwendungen am Konzernumsatz auf unter 3,0 % im Jahr 2008.¹⁶ Hinter dieser Entwicklung steht ein nach 2003 stark steigender Umsatz (+8,3 % pro Jahr) bei zunächst abnehmenden, ab 2005 dann wieder deutlich ansteigenden Ausgaben für FuE, die aber auch im Expansionszeitraum 2004–2008 mit +5,1 % pro Jahr hinter der Umsatzausweitung zurückblieben.

Abb. 3.1–4: Anteil Deutschlands an den FuE-Aufwendungen in der Chemieindustrie: Standortprinzip versus 9 größte deutsche Chemiekonzerne¹⁾



Patentaktivitäten

Die direkten Ergebnisse von FuE-Aktivitäten misst man in erster Annäherung vielfach an Hand der technologischen Erfindungen. Insbesondere Patente, die an internationalen Patentämtern angemeldet werden, geben einen Überblick über die am Weltmarkt orientierten technologischen Neuerungen, für die durch die Anmeldung Schutzwirkungen erzielt werden sollen. Wegen der schlechten Vergleichbarkeit von Patentanmeldezahlen zwischen einzelnen nationalen Patentämtern ist die Wahl des betrachteten Patentamts wichtig. Hier werden die Anmeldungen am Europäischen Pa-

12 Hierfür werden die neun Unternehmen BASF, Bayer, Beiersdorf, Cognis, Degussa, Henkel, Lanxess, Merck und Wacker bzw. deren Vorgängerunternehmen betrachtet, wobei für BASF, Bayer und Merck die Werte der Pharmasparten nicht berücksichtigt werden.

13 Diese Rechnung ist insofern unpräzise, als die FuE-Aufwendungen der Konzerne auch Kosten für externe FuE enthalten.

14 Einschließlich Evonik, das im R&D Scoreboard der Kategorie „Allgemeine Industrie“ zugeordnet ist, und Beiersdorf, das in der Aufstellung fehlt. Für Chemieunternehmen mit großen Pharmasegmenten wurden die Werte der Pharmasegmente herausgerechnet.

15 Zusätzlich zu den neun in Abb. 3.1–4 angeführten Unternehmen noch Linde, Altana Chemie, Symrise und Südchemie.

16 Für die langfristige Analyse können nur neun der 13 größten Chemiekonzerne analysiert werden: Aus diesem Grund weicht die durchschnittliche FuE-Intensität von der in Tab. 3.1–2 für Deutschland ausgewiesenen ab.

Tab. 3.1–2: Globale FuE-Aufwendungen der größten forschenden Chemieunternehmen nach Ländern 2007

	Zahl der Unternehmen	FuE-Aufwendungen in Mio. €	Umsatz	FuE-Intensität* in %	Anteil an FuE-Aufw. in %	Umsatz
USA	38	6.157	254.859	2,4	33,1	33,8
JPN ²⁾	39	4.535	151.518	3,0	24,4	20,1
GER ¹⁾	13	3.864	143.448	2,7	20,8	19,0
SUI	7	1.256	23.397	5,4	6,8	3,1
FRA	6	1.076	58.375	1,8	5,8	7,7
NED	2	652	22.259	2,9	3,5	3,0
BEL ³⁾	3	293	18.899	1,5	1,6	2,5
GBR	3	291	43.970	0,7	1,6	5,8
Sonstige Länder	7	453	36640	1,2	2,4	4,9
Gesamt	117	18.577	753.365	2,5	100,0	100,0
nachrichtlich: alle größten forschenden Unternehmen	1.403	372.883	11.126.005	3,4	–	–

*) FuE-Aufwendungen in % des Umsatzes. – 1) Bayer AG ohne Segment Health Care; Merck KGaA ohne Segment Pharma.

2) Sumitomo Chemicals ohne Segment Pharma. – 3) Solvay SA ohne Segment Pharma.

Quelle: Europäische Kommission: R&D Scoreboard 2008. – Berechnungen des NIW und ZEW.

tentamt (EPA) sowie bei der World Intellectual Property Organisation über das so genannten PCT-Verfahren betrachtet. Diese machen zusammen rund zwei Drittel der Weltchemiepatentanmeldungen aus.

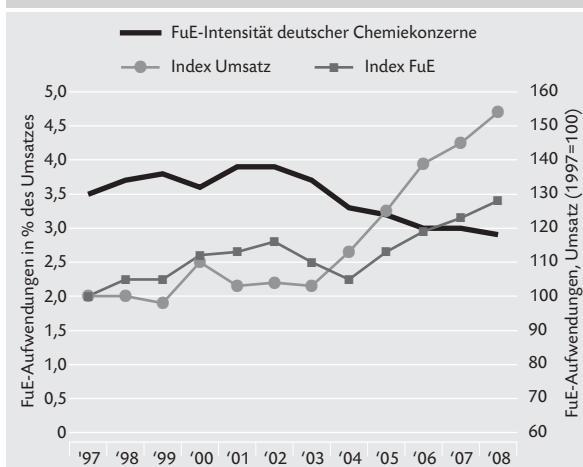
Die Dynamik der internationalen Patentanmeldungen hängt neben dem Umfang der FuE-Aktivitäten von einer Reihe von anderen Faktoren ab: Die Umsetzungseffizienz von FuE, die Schärfe des internationalen Technologiewettbewerbs, die Auslandsmarktorientierung der Innovatoren sowie die internationale Durchsetzbarkeit von Rechten an geistigem Eigentum werden am häufigsten genannt. Aber auch strategische Überlegungen spielen eine wichtige Rolle, z. B. bei Kooperationen, beim Lizenztausch und bei Firmenübernahmen, Blockade der Konkurrenz, technologische Reputationsgewinne, interne Leistungsanreize und erleichterter Kapitalmarktzugang. Eine rein technologische Interpretation des Patentgeschehens wäre daher falsch,

ein enger Zusammenhang mit den Strukturen und der Dynamik von FuE ist keineswegs zwingend.

Die **Patentdynamik** war zwischen 1995 und 2006 im **Technologiefeld Chemie** geringer als in allen Technologiefeldern (Abb. 3.1–6). 2006 wurden weltweit rund 75 % mehr Chemiepatente angemeldet als 1995, gegenüber 130 % in allen Technologiefeldern. In Deutschland stieg die Zahl der Chemiepatentanmeldungen mit 60 % weniger stark als im weltweiten Mittel. Die langfristig geringere Dynamik bei den Chemiepatenten kann wohl vor allem auf die geringen Steigerungen der FuE-Aufwendungen zurückgeführt werden. Dies gilt für die weltweite Entwicklung ebenso wie für die deutsche.

In den 1990er Jahren war Deutschland mit einem Weltmarktanteil von 21 bis 22 % noch das zweitgrößte Anmelde-land für Chemiepatente (wobei die regionale Zuordnung über den Sitz des Erfinders erfolgt). Durch den Rückgang der Chemiepatentanmeldezahlen in Deutschland nach dem Jahr 2000 ging dieser Anteilswert bis auf 18 % im Jahr 2004 zurück. Japan konnte dagegen seine Patentaktivitäten im Bereich der Chemie kontinuierlich steigern. Im Jahr 2002 meldeten japanische Erfinder erstmals mehr Chemiepatente am EPA und bei der WIPO an als Erfinder aus Deutschland – obwohl das EPA faktisch als „Heimat-Patentamt“ für die deutsche Chemieindustrie gewertet werden kann. Diese Beobachtung deckt sich mit der Tatsache, dass die FuE-Kapazitäten in der chemischen Industrie in Deutschland in den letzten Jahren schwächer ausgeweitet worden waren als im Schnitt der westlichen Industrieländer. Allerdings hat Deutschland seit 2004 wieder leicht an Anteilen gewonnen, was insbesondere auf starke **Anmeldungszuwächse** in den Jahren 2005 und 2006 bei Patenten der allgemeinen Chemie zurückzuführen ist.

Mit 27 % kamen im Jahr 2006 weiterhin die meisten Chemiepatentanmeldungen aus den USA, wenngleich ihr Anteil seit 1995 (35 %) besonders stark gesunken ist. Neben Japan konnten auch die anderen asiatischen Länder ihre Position im Patentwettbewerb stärken, sie lagen 2006 mit einem Anteil von 7,5 % vor Frankreich (7 %) und Großbritannien (5 %) (Abb. 3.1–7). Gleichwohl bleibt die Technolo-

 Abb. 3.1–5: Umsatz, FuE-Aufwendungen und FuE-Intensität 1997 bis 2008 der 9 größten Chemiekonzerne Deutschlands¹⁾


1) BASF*, Bayer*, Beiersdorf, Cognis (ab 2001), Degussa (1997 und 1998: Degussa-Hüls und SKW Trostberg, ab 2007: Evonik Degussa), Henkel, Lanxess (ab 2004), Merck*, Wacker, auf Basis der Konzernstrukturen im jeweiligen Jahr; * ohne Pharma-Sparten.

Quelle: Geschäftsberichte der Unternehmen. – Berechnungen und Schätzungen des ZEW.

Abb. 3.1–6: Dynamik der Patentanmeldungen im Technologiefeld Chemie 1995 bis 2006 in Deutschland und weltweit

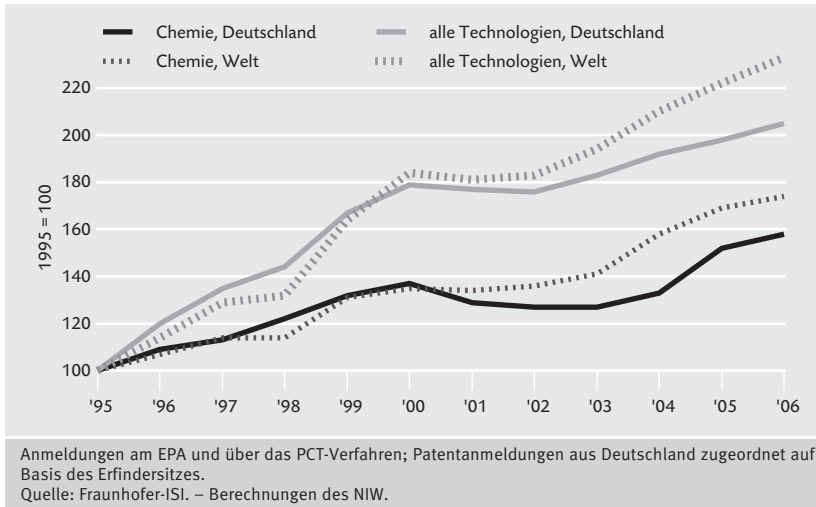
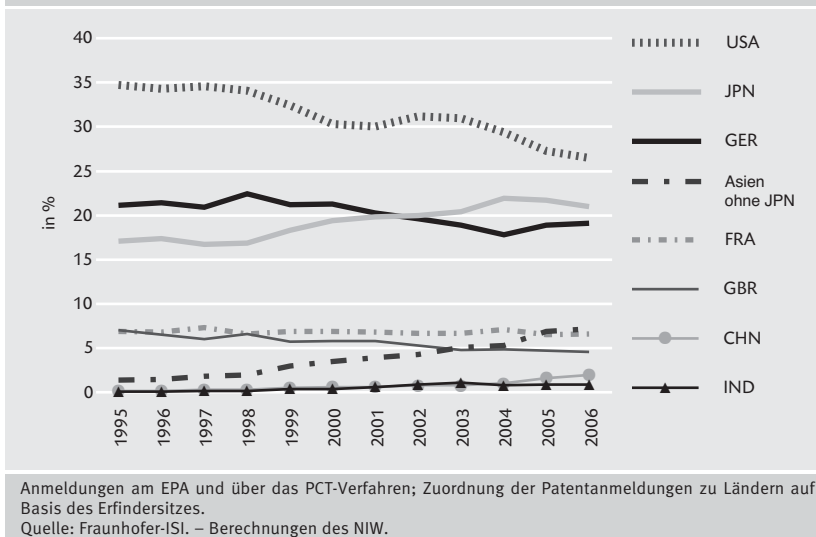


Abb. 3.1–7: Anteil ausgewählter Länder an den internationalen Patentanmeldungen in der Chemie 1995 bis 2006



gieproduktion in der Chemie eine Domäne der hoch entwickelten Industrieländer: Aus den USA, Japan und den EU-15-Ländern¹⁷ kamen knapp 90 % aller internationalen Patentanmeldungen im Feld Chemie. Betrachtet man die Bedeutung von Chemiepatenten für das gesamte Patentportfolio, dann zeigt sich, dass innerhalb der Triade Europa – und hier besonders Deutschland – und Japan auf das **Technologiefeld Chemie „spezialisiert“** sind, d.h. der Anteil der Chemiepatente an den gesamten Patentanmeldungen ist überdurchschnittlich hoch. Die USA sind zwar bedeutendster Anmelder bei Chemiepatenten, im Technologieangebot der USA spielen Chemiepatente hingegen eine nicht ganz so starke Rolle.

außeruniversitäre Bereich spielt für die Forschungsexzellenz der deutschen Chemie eine große Rolle. Die starke Forschungsleistung der Universitäten ist im internationalen Vergleich besonders hoch zu bewerten, da sie vor dem Hintergrund einer sehr hohen Belastung der Wissenschaftler durch die universitäre Lehre erfolgt. Denn trotz stark steigender Studienanfängerzahlen zu Beginn der 2000er Jahre (vgl. Abb. 2.1–5) stieg die Zahl des Lehr- und Forschungspersonals in der Chemie an den deutschen Hochschulen kaum.

Nimmt man die **Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen** als Maßstab, um die Forschungsleistung zwischen Technikfeldern und Ländern zu vergleichen, so zeigt sich für Deutschland in den vergangenen zwölf Jahren ein Zuwachs

Wissenschaftliche Forschung

Die Ausbildung hoch qualifizierten Nachwuchses ist eine wichtige Funktion des Wissenschafts- und Forschungssystems. Die andere wichtige Aufgabe ist die wissenschaftliche Forschung. Gerade in der Chemie mit ihrem hohen Anteil an industriefinanzierter Forschung gibt es vielfältige Wechselbeziehungen zwischen der Wissenschaftsentwicklung und Innovationen. Einerseits geben Ergebnisse der Grundlagenforschung Orientierung für die anwendungsorientierte Industrieforschung oder für die Technologieentwicklung in den Unternehmen. Andererseits gibt der Wechsel von Wissenschaftlern aus Hochschulen und anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen in die Wirtschaft dem FuE- und Innovationsgeschehen Impulse. Insofern stellt sich auch die Frage nach der Leistungsfähigkeit deutscher Wissenschaftler in den Feldern der Chemie.

Das **Forschungsrating** des Wissenschaftsrats¹⁸ hat gezeigt, dass die wissenschaftliche Forschung in der deutschen Chemie insgesamt sehr gut aufgestellt ist. Eine große Zahl der universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in der Chemie ist bei zumindest einem der angelegten Kriterien – Qualität, Impact und Effizienz der Forschungsleistung, Nachwuchsförderung, Transfer und Wissensvermittlung – als sehr gut oder sogar exzellent einzustufen. Gerade der

¹⁷ EU-Mitgliedsländer vor der fünften EU-Erweiterungsrunde 2004 („Osterweiterung“).

¹⁸ Steuerungsgruppe der Pilotstudie Forschungsrating im Auftrag des Wissenschaftsrates: Forschungsleistungen deutscher Universitäten und außeruniversitärer Einrichtungen in der Chemie, Köln, 2007.

um knapp 20 %, der angesichts der geringen Ausweitung der für Forschung verfügbaren Personalkapazitäten in der Wissenschaft beachtlich ist (Abb. 3.1–8). Im internationalen Vergleich lässt der quantitative Beitrag Deutschlands zum wissenschaftlichen Fortschritt in der Chemie jedoch nach. Denn weltweit wurde die Publikationsmenge um über 50 % ausgeweitet, und damit auch rascher als im Mittel aller Technikfelder (+45 %). Diese hohe Publikationsdynamik könnte ein Vorbote für einen neuen Wissenschafts- und Technologieschub sein, von dem in der Folge auch der industrielle „Innovationsmotor Chemie“ profitieren kann.

Deutschlands Anteil an den weltweiten wissenschaftlichen Publikationen im Feld Chemie ist – ähnlich wie bei der Industrieforschung und den weltmarktrelevanten technologischen Erfindungen – **rückläufig**. Mit 6,7 % (Abb. 3.1–9) liegt Deutschlands Beitrag in der Chemie mittlerweile unter dem Anteil, den es bei allen Wissenschaftsbereichen insgesamt erreicht (7,3 %). Bis zur Jahrtausendwende gehörte die Chemie noch klar zu den Disziplinen der wissenschaftlichen Forschung, in denen Deutschland überdurchschnittlich viele Forschungsergebnisse in die internationale Diskussion einbringen konnte. Mit der weltweiten Expansion der Chemieforschungsergebnisse aus der Wissenschaft konnte Deutschland allerdings nicht mithalten. Dies gilt für alle Teilfelder innerhalb der Chemie.

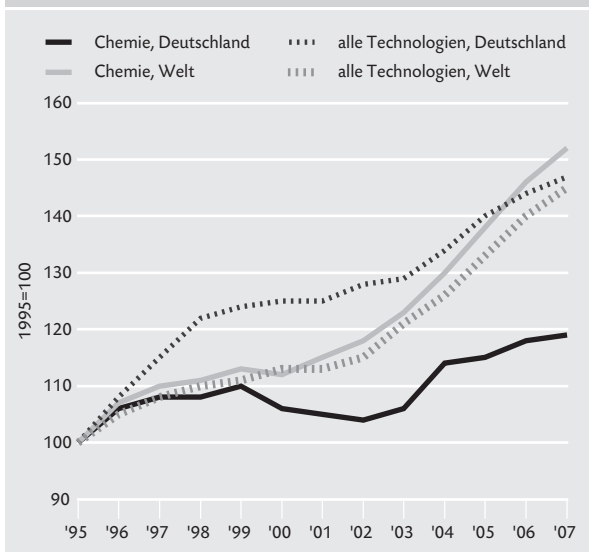
Der gemessen am Maßstab der internationalen Dynamik bei Chemie-Publikationen abwärts gerichtete Prozess hängt in Deutschland sicherlich mit dem merklichen Rückgang der Zahl der Stellen für wissenschaftliches Personal im Lehr- und Forschungsbereich Chemie in den 1990er Jahren zusammen (vgl. Abschnitt 2.1), der durch die zögerliche Ausweitung im neuen Jahrtausend in keiner Weise ausgeglichen werden konnte. Insofern ist – Status Quo bei der

Produktivität der Wissenschaftler unterstellt – mit einem weiteren Bedeutungsverlust deutscher Chemieforschung zu rechnen, der auch schneller eintreten dürfte als in anderen naturwissenschaftlich-technischen Forschungsbereichen, wo die Personalzuwächse in letzter Zeit höher und die „Verluste“ der 1990er Jahre bei weitem nicht so groß waren. Der jüngste Zuwachs bei Lehr- und Forschungspersonal in der Chemie ist darüber hinaus allein auf Drittmittelpersonal zurückzuführen, denn die Anzahl des aus Grundmitteln finanzierten Personals ist zwischen 2003 und 2006 zurückgegangen.

Quantitativ betrachtet lässt Deutschlands Beitrag zur wissenschaftlichen Entwicklung in der Chemie deutlich nach. Es ist jedoch in Rechnung zu stellen, dass auch der Publikationsanteil anderer hoch entwickelter Länder wie der USA, Großbritanniens, Frankreichs oder Japans stetig abnimmt. Der Grund ist das sehr expansive Verhalten aus den übrigen asiatischen Ländern (ohne Japan). Ihr Beitrag hat sich seit Mitte der 1990er Jahre auf rund 27 % fast verdreifacht. Verglichen mit der Zahl der publizierten Forschungsergebnisse in allen Wissenschaftsbereichen (17,3 %) sind die übrigen asiatischen Länder also ausgesprochen stark auf wissenschaftliche Chemieforschung spezialisiert. Dies ist anders als derzeit noch bei den Ergebnissen aus der Unternehmensforschung – soweit man sie an Hand der Patentanmeldungen messen kann: Dort stehen trotz der unbestritten hohen Aufholeffekte in der Chemie andere Technologiefelder noch stärker im Vordergrund.

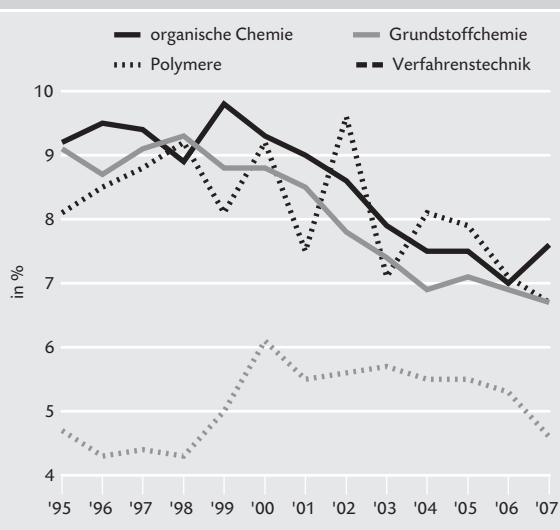
Quantität ist jedoch nicht **Qualität**. Zusammengefasst kann man die Qualität an der Häufigkeit messen, mit der wissenschaftliche Publikationen in den ersten zwei Jahren nach Erscheinen in anderen hochrangigen wissenschaftlichen Publikationen zitiert werden, also als Quelle für die

Abb. 3.1–8: Dynamik von wissenschaftlichen Chemiepublikationen 1995 bis 2007 im Vergleich



Publikationen im Science Citation Index; Publikationen aus Deutschland zugeordnet auf Basis des Arbeitsorts des Wissenschaftlers.
Quelle: Fraunhofer-ISI. – Berechnungen des NIW.

Abb. 3.1–9: Anteil Deutschlands an den weltweiten wissenschaftlichen Publikationen in der Chemie 1995 bis 2007 nach Feldern



Publikationen im Science Citation Index; Publikationen aus Deutschland zugeordnet auf Basis des Arbeitsorts des Wissenschaftlers.
Quelle: Fraunhofer-ISI. – Berechnungen des NIW.

Tab. 3.1–3: Indikatoren zur wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit in Technikfeldern der Chemie 2005

Technikfeld	GER	USA	JPN	GBR	FRA	SUI	SWE	NED	CAN	CHN	KOR
Standardisierte Zitatrate*											
Organische Chemie	7	29	-2	15	-5	31	9	35	20	-1	18
Polymere	13	45	-25	40	16	57	-15	24	21	-7	-9
Grundstoffchemie	20	48	-10	27	3	30	21	41	23	-24	-2
Verfahrenstechnik	-1	27	-18	-2	8	56	14	39	-30	-12	3
Zeitschriftenspezifische Beachtung*											
Organische Chemie	8	7	-8	1	-12	17	3	15	-2	17	8
Polymere	8	14	-22	19	-7	24	-28	-14	2	8	12
Grundstoffchemie	-2	9	-13	1	-10	-1	2	6	-1	14	6
Verfahrenstechnik	17	20	-17	1	-10	22	0	7	-17	-11	5
Internationale Ausrichtung*											
Organische Chemie	-1	23	6	14	7	14	6	20	22	-18	10
Polymere	5	31	-3	21	23	33	13	37	19	-16	-21
Grundstoffchemie	21	39	3	26	13	31	19	36	24	-38	-8
Verfahrenstechnik	-18	7	-2	-4	19	34	13	31	-14	0	-3

*) Abweichung vom Weltdurchschnitt. Positive Werte zeigen an, dass das betreffende Land auf diesem Technikfeld beim gewählten Merkmal überdurchschnittlich positiv einzuschätzen ist.

Quelle: Berechnungen und Zusammenstellung des NIW auf der Basis von Angaben des Fraunhofer-ISI.

wissenschaftliche Weiterentwicklung benutzt werden oder aber Gegenstand der Erörterung sind. Hieran kann man eher erkennen, welchen qualitativen Einfluss deutsche Wissenschaftler in den Feldern der Chemie auf die wissenschaftliche Entwicklung nehmen.

- Auf Forschungsergebnisse deutscher Chemiker wird überdurchschnittlich häufig bei **Polymeren**, in der **organischen Chemie** und in der **Grundstoffchemie** verwiesen, in der chemischen Verfahrenstechnik ist dies hingegen nicht der Fall (Tab. 3.1–3). Besonders eindrucksvoll sind die Verweise auf die US-amerikanische, schweizerische und niederländische Chemieforschung, aber auch Großbritannien und Kanada stehen – von der Verfahrenstechnik abgesehen – sehr stark da. Frankreich und Schweden zeigen ein ähnliches positives Bild wie Deutschland. Chemieforschungsergebnisse aus asiatischen Ländern werden hingegen in den internationalen Journals nur unterdurchschnittlich häufig zitiert, Korea hat allerdings schon Stärken bei Organika und Verfahrenstechnik.
- Ein Faktor, der in die Berechnung der Zitatrate eingeht, ist die „zeitschriftenspezifische **Beachtung**“, die eine wissenschaftliche Publikation im Schnitt auf sich zieht. Hier schneiden Deutschlands Chemiewissenschaftler im internationalen Vergleich bei Organika, Polymeren und in der Verfahrenstechnik seit Jahren überdurchschnittlich gut ab. Allerdings gibt es in dieser Hinsicht bei der Grundstoffchemie Schwachstellen. In diesem Zusammenhang ist interessant, dass Chemiepublikationen aus China und Korea – Verfahrenstechnik ausgenommen – bereits recht starke Beachtung finden.
- Dass die Leistungen **chinesischer Wissenschaftler** dennoch recht selten zitiert werden, liegt vor allem an der Tatsache, dass die Publikationen nicht stark genug auf international renommierte Zeitschriften ausgerichtet sind. Denn im Zuge der immer stärkeren Internationalisierung der Wissenschaft und der damit steigenden Bedeutung englischsprachiger Fachzeitschriften erhält internationale Publikationstätigkeit mit hoher Sichtbar-

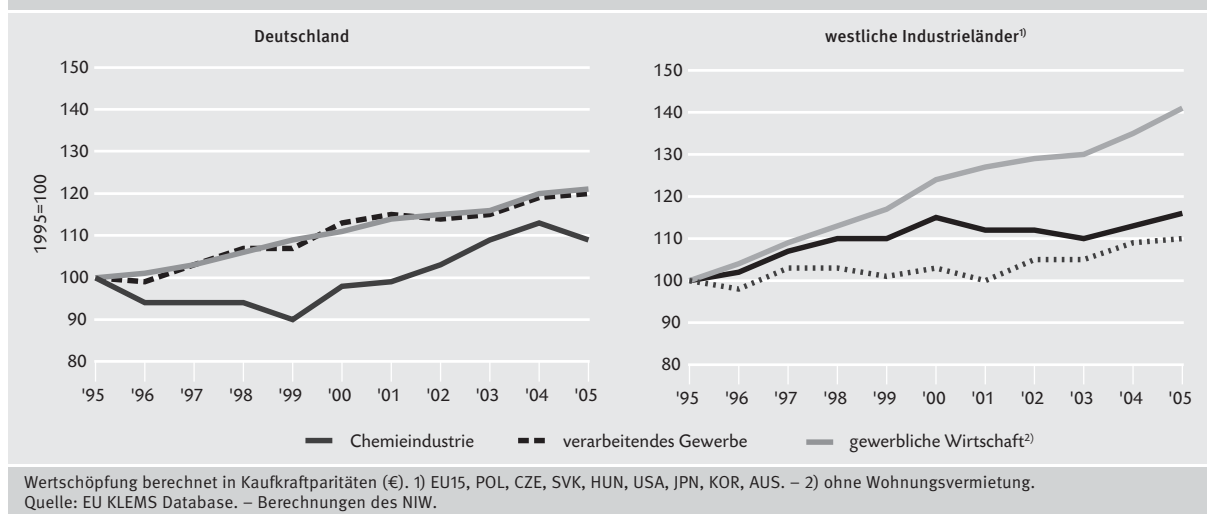
keit immer größeres Gewicht. Allein die Präsenz in viel zitierten Zeitschriften ist schon ein Gütesiegel. Hohe Offenheit nach außen und die Einbindung in die international geführte Diskussion sind neben einem exzellenten Wissenschaftssystem entscheidend. Gerade die meistzitierten Chemieforschungsländer haben sich darauf eingerichtet. Angesichts des Trends zur Globalisierung hätte man gerade in dieser Beziehung aber auch von deutschen Chemikern eine Beschleunigung erwarten können – insbesondere von der chemischen Verfahrenstechnik und der organischen Chemie.

3.2 Wertschöpfung, Beschäftigung und Außenhandel

Wertschöpfung

Die Chemieindustrie verzeichnet in den westlichen Industrieländern seit 2001 ein **stabiles Wachstum**, das im Trend sogar höher ausgefallen ist als im verarbeitenden Gewerbe insgesamt (Abb. 3.2–1). Die Chemieindustrie konnte damit vom weltwirtschaftlichen Aufschwung der Jahre 2002 bis 2005 (und fortgesetzt bis Mitte 2008) stärker als andere Industriebranchen profitieren. Dieser war wesentlich durch eine zusätzliche Nachfrage aus Aufhol- und Schwellenländern wie China, Indien, Osteuropa und Lateinamerika getragen. Dort spielen Chemiegüter in der Gesamtwarennachfrage eine größere und weiterhin gewichtiger werdende Rolle, wovon auch die Chemieproduktion in den Industrieländern profitierte. Dies steht im deutlichen Kontrast zum vorherigen Konjunkturzyklus: Von 1995 bis 2000 stagnierte die Wertschöpfung der chemischen Industrie faktisch, während andere Industriebranchen kräftig expandierten. Der damalige Aufschwung war auch stärker von den Industrieländern selbst und dort von der Nachfrage nach Technologiewaren, insbesondere aus

Abb. 3.2–1: Entwicklung der Wertschöpfung in der deutschen Chemieindustrie 1995 bis 2005 im Vergleich



dem IKT-Bereich, getragen. Mit der gesamtwirtschaftlichen Dynamik, die vor allem vom Dienstleistungssektor angetrieben wird, kann jedoch weder die Chemieindustrie noch das verarbeitende Gewerbe insgesamt mithalten.

In Deutschland hat die chemische Industrie seit Ende der 1990er Jahre **höhere Expansionsraten** erzielen können als im Durchschnitt der westlichen Industrieländer. Von 2001 bis 2004 ist die Wertschöpfung der chemischen Industrie in Deutschland sogar stärker gewachsen als in der Industrie bzw. in der gewerblichen Wirtschaft insgesamt. Hieran lässt sich in gewisser Weise die Motorfunktion der Chemieindustrie im industriellen Aufschwung festmachen. Im Jahr 2005 (aktuellere vergleichbare Daten aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung liegen bisher noch nicht vor) ist jedoch ein deutlicher Abfall zu verzeichnen, der aber u.U. auch auf statistische Sondereffekte zurückzuführen ist.

Als Folge der günstigen Chemiekonjunktur in der ersten Hälfte der 2000er Jahre stieg in Deutschland wie in den westlichen Industrieländern insgesamt der **Wertschöpfungsanteil** der Chemieindustrie am gesamten verarbeitenden Gewerbe wieder an und erreichte 2003/04 fast wieder das Niveau von Mitte der 1990er Jahre (Abb. 3.2–2). Gemessen an der gesamten Wertschöpfung in der gewerblichen Wirtschaft konnte die Chemieindustrie in Deutschland ebenfalls leichte Anteilsgewinne verbuchen, was auch das im internationalen Vergleich schwächere Wachstum des Dienstleistungssektors in Deutschland – der wesentlich die Wertschöpfung und deren Dynamik in der gewerblichen Wirtschaft bestimmt – widerspiegelt.

Mit 8,0 % war 2005 der Wertschöpfungsanteil der Chemieindustrie an der gesamten industriellen Wertschöpfung in Deutschland höher als im Mittel der Industrieländer

Das Wichtigste in Kürze

- Die deutsche Chemieindustrie hat im zurückliegenden Aufschwung ihre **Wertschöpfung** stärker **ausgeweitet** als die deutsche Industrie insgesamt. Auch im weltweiten Maßstab stieg die Chemieproduktion rascher als die gesamte industrielle Produktion. Die Chemie ist somit ein **Gewinner der weltwirtschaftlichen Expansion**. Dabei spielt auch der hohe Bedarf der Aufhol-Länder an Chemiewaren eine zentrale Rolle.
- Mit einem Anteil an der gesamten **industriellen Wertschöpfung** von 8 % hat die deutsche Chemieindustrie eine größere wirtschaftliche Bedeutung als in vielen anderen Ländern. Von den großen Industrieländern ist nur die US-Industrie noch stärker auf die Produktion von Chemiewaren spezialisiert (9,4 %). Gemessen an der Wertschöpfung der gesamten gewerblichen Wirtschaft erreicht die deutsche Chemieindustrie mit 2,4 % ebenfalls einen weit überdurchschnittlichen Anteil (weltweit: 1,7 %).
- Der **Beschäftigungsbeitrag** der Chemieindustrie ist in Deutschland weiterhin sehr hoch: 4,7 % der gesamten Industriebeschäftigten und 1,1 % der gesamten gewerblichen Beschäftigten sind in der Chemieindustrie tätig. Kaum ein

anderes Land kann so ein hohes Beschäftigungsgewicht der Chemie aufweisen.

- Nach einem starken Rückgang Ende der 1990er Jahre entwickelte sich die **Beschäftigung** in der deutschen Chemieindustrie **nach 2000 günstiger** als in der Chemieindustrie weltweit.
- Die **Investitionsquote** in der deutschen Chemieindustrie erreichte 2004 mit 3,3 % einen Tiefstand und stieg im Aufschwung leicht an (2007: 3,6 %).
- Deutschland konnte seinen hohen **Anteil am Weltexportmarkt** für Chemiewaren (11,5 % in 2007) weitgehend halten und liegt gleichauf mit den USA (11,8 %), deutlich vor Japan. Weiter steigenden Exportüberschüssen bei Spezialchemikalien, Pflegemittel, Polymeren und Anorganika steht eine verschlechterte Außenbilanz bei Petrochemikalien gegenüber, da hier die Importe stark angestiegen sind.
- Die **Entwicklung** der deutschen Chemieindustrie in den vergangenen Jahren war **getrieben** von einer starken Zunahme der **Ausfuhren** und des Exportüberschusses, der starken Nachfrage aus dem **Automobilbau** und generell der hohen Bedeutung der Industrie in Deutschland, die eine hohe Nachfrage nach Chemiewaren induziert.

(7,5 %). Unter den großen Volkswirtschaften weist nur noch die USA (9,4 %) eine industrielle Spezialisierung auf die Chemieindustrie auf (Tab. 3.2-1). Bezogen auf die Wertschöpfung der gesamten gewerblichen Wirtschaft ist der Anteil der Chemieindustrie in Deutschland mit 2,4 % jedoch höher als in den USA (1,8 %). Eine überdurchschnittlich hohe gesamtwirtschaftliche Bedeutung besitzt die Chemieindustrie innerhalb der Gruppe der westlichen Industrieländer ansonsten nur noch in Korea, Belgien, den Niederlanden und Irland.

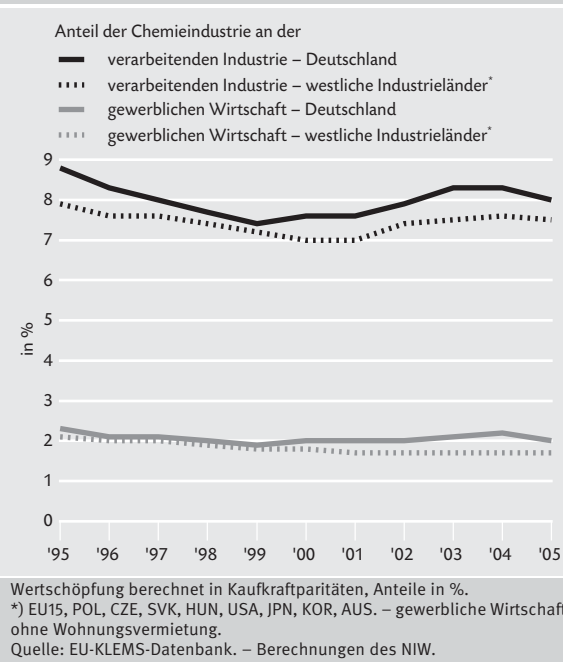
Beschäftigung und Investitionen

Die Beschäftigungsentwicklung der chemischen Industrie zeigt in den westlichen Industrieländern seit langem nach unten, worin sich u.a. die hohen Produktivitätsgewinne spiegeln. Weltweit hat sich die Beschäftigung in der chemischen Industrie seit 1995 trendmäßig etwas ungünstiger entwickelt als im verarbeitenden Gewerbe insgesamt. Ein Zuwachs an Arbeitsplätzen findet in den Industrieländern schon seit langem nur in den Dienstleistungssektoren statt. In Deutschland gingen in der Chemieindustrie im zweiten Drittel der 1990er Jahre besonders viele Arbeitsplätze verloren, danach fiel die Beschäftigungsbilanz ähnlich aus wie in anderen westlichen Industrieländern, zwischenzeitig (2002/ 2003) war sie sogar positiv (Abb. 3.2-3).

Der **gesamtwirtschaftliche Beschäftigungsbeitrag** von 1,1 % liegt in Deutschland deutlich höher als im Mittel aller Industrieländer (0,7 %). Unter den westlichen Industrieländern weist nur Belgien ein höheres Beschäftigungsgewicht der Chemieindustrie auf, Korea und Italien kommen auf ähnliche Werte wie Deutschland. Nach 1998 hat die Chemieindustrie kaum mehr an Bedeutung für die Gesamtbeschäftigung verloren, ihr Anteil verringerte sich lediglich von 1,2 auf 1,1 % (Abb. 3.2-4). Innerhalb der Industrie liegt das Beschäftigungsgewicht der Chemieindustrie in Deutschland seit 1998 konstant bei etwa 4,8 %, im Vergleich zu 3,8 % im Mittel aller Industrieländer.

Die **Investitionsquote** der deutschen chemischen Industrie hat über einen längeren Zeitraum hinweg eine recht steile Talfahrt hinter sich gebracht: Der Anteil der Zugänge zu den Sachanlagen am Umsatz sank von 6 % (1998) auf unter 3,5 % (2004) und unterschied sich damit nicht mehr von der Investitionsquote der verarbeitenden Industrie insgesamt (Abb. 3.2-5). Dies ist für eine im

Abb. 3.2-2: Wertschöpfungsanteile der chemischen Industrie 1995 bis 2005 im Vergleich



Tab. 3.2-1: Anteil der chemischen Industrie an der Wertschöpfung¹⁾ in ausgewählten Ländern 1995 bis 2005 (in %)

Land	verarbeitendes Gewerbe = 100 %										gewerbliche Wirtschaft ²⁾ = 100 %											
	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05
GER	8,8	8,3	8,0	7,7	7,4	7,6	7,6	7,9	8,3	8,3	8,0	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	2,4
FRA	6,4	6,3	6,2	6,1	6,1	5,8	5,6	5,1	5,1	5,2	5,3	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
GBR	7,8	7,7	6,9	6,6	6,5	6,3	6,4	6,6	6,6	6,5	6,3	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1
ITA	5,3	4,9	5,1	4,8	4,7	4,5	4,2	4,3	4,1	4,1	4,1	1,6	1,4	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0
BEL	14,5	14,6	15,1	14,5	14,4	14,1	14,1	14,2	14,0	13,6	14,4	4,0	4,0	4,1	3,9	3,7	3,7	3,5	3,5	3,3	3,2	3,3
NED	14,5	13,8	13,8	12,7	12,0	11,8	12,3	13,6	13,6	14,3	13,6	3,3	3,0	2,9	2,7	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,5
DEN	4,7	5,0	4,9	4,4	4,3	3,8	3,8	4,0	4,1	4,2	4,5	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
IRL	20,3	21,6	23,2	29,5	23,2	25,6	28,9	34,9	30,0	27,0	26,1	7,9	8,2	9,2	12,3	10,1	10,5	11,5	14,1	10,7	8,8	7,9
GRE	5,0	5,0	4,7	4,5	4,7	4,4	4,6	4,3	4,2	3,2	3,2	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,5	0,5
ESP	6,5	6,0	6,4	6,2	6,3	6,4	6,4	6,7	6,8	6,3	6,4	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3
POR	4,9	4,5	4,4	3,8	3,3	3,4	3,3	3,3	3,5	3,8	3,7	1,3	1,2	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SWE	5,1	4,9	5,0	4,9	4,4	4,6	4,8	4,5	3,7	3,8	4,1	1,6	1,4	1,5	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0
FIN	5,4	5,2	5,1	5,0	5,1	4,2	4,6	4,3	4,3	4,8	4,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5
AUT	3,7	3,5	3,6	3,6	3,8	4,0	3,8	3,8	3,9	4,0	3,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
POL	6,6	6,4	6,2	5,8	5,6	5,8	5,7	5,7	5,3	5,2	5,2	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3
CZE	5,6	6,6	6,1	5,9	5,1	5,6	4,9	4,3	4,3	4,5	4,4	1,8	2,2	2,1	1,9	1,7	1,9	1,6	1,3	1,3	1,5	1,4
SVK	10,9	7,5	6,2	3,9	6,0	5,9	5,7	6,5	3,9	3,3	3,6	3,8	2,6	1,8	1,2	1,9	1,9	1,9	2,0	1,2	1,0	1,1
HUN	6,6	5,7	6,0	5,9	5,4	5,7	5,8	5,4	5,3	5,2	5,0	2,0	1,7	1,9	1,9	1,7	1,9	1,8	1,6	1,6	1,6	1,5
USA	9,2	8,9	9,0	8,5	8,2	8,0	8,1	8,7	9,1	9,5	9,4	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8
JPN	6,1	5,9	5,9	5,8	6,1	5,6	5,6	5,7	5,6	5,4	5,2	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
KOR	8,3	7,3	7,6	8,9	7,5	6,9	6,9	7,4	7,7	7,7	7,4	3,0	2,6	2,7	3,3	2,8	2,7	2,5	2,6	2,6	2,9	2,7
AUS	5,3	5,3	5,3	5,0	5,1	5,0	5,1	4,9	5,0	5,4	5,4	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Insg.	7,9	7,6	7,6	7,4	7,2	7,0	7,0	7,4	7,5	7,6	7,5	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

1) Wertschöpfung berechnet in Kaufkraftparitäten, Anteile in %. 2) ohne Wohnungsvermietung.
 Quelle: EU-KLEMS-Datenbank. – Berechnungen des NIW.

Schnitt sehr sachkapitalintensiv produzierende Branche wenig. Dahinter verbarg sich einerseits die wenig günstige Chemiekonjunktur, zum anderen aber auch ganz offensichtlich der Verzicht auf Ersatz- und Erweiterungsinvestitionen im besonders sachkapitalintensiven Grundstoffsektor der Chemieindustrie und damit die Einleitung eines signifikanten Strukturwandels zugunsten der Spezialchemie. Der Aufschwung ab 2005 hat wieder Anlass zu einer Aufstockung der Sachinvestitionen und Kapazitätserweiterungen gegeben. Vor allem in der Frühphase des Aufschwungs hat sich die Investitionsquote in der chemischen Industrie recht schnell – und schneller als in den übrigen Industriezweigen – erholt und erreichte 2006 einen Wert von 3,7 %. Im Boomjahr 2007 wurden die Investitionen etwa im Gleichschritt mit dem (starken) Umsatzanstieg erhöht. Mit 4,8 Mrd. € blieben sie jedoch weiter deutlich unter dem Niveau von Ende der 1990er Jahre (rund 5,5 Mrd. €) zurück. Besonders stark rückläufig ist die Investitionsquote dabei in der Grundstoffchemie.

Außenhandel

Der Markt der chemischen Industrie ist der Weltmarkt. Dies gilt ganz besonders für Deutschland. Knapp 65 % des Chemieumsatzes in Deutschland im Jahr 2007 wurden mit Kunden aus dem Ausland erzielt (Abb. 3.2–6). Damit ist die deutsche Chemieindustrie absatzseitig stärker internationalisiert als die britische (57 %) oder die französische (50 %). Der **Exportanteil** der Chemieindustrie in Japan (35 %) und den USA (25 %) ist aufgrund der größeren Binnenmärkte deutlich geringer. In allen fünf großen Industrieländern stieg die Exportorientierung während des vergangenen Wirtschaftsaufschwungs merklich an, in Deutschland erhöhte sich die Exportquote von 2002 bis 2007 um 8 Prozentpunkte. Die deutsche Chemieindustrie profitiert somit nicht nur von Innovationsimpulsen aus der Wissenschaft und aus dem deutschen Absatzmarkt, sondern sie holt sich die Anregungen zu einem relevanten Teil aus dem Aus-

Abb. 3.2–4: Beschäftigtenanteil der deutschen Chemieindustrie 1995 bis 2005 im Vergleich (in %)

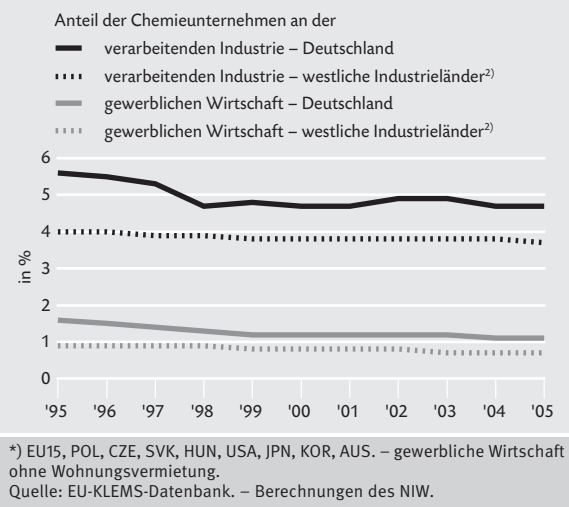


Abb. 3.2–5: Investitionsquote der deutschen Chemieindustrie 1995 bis 2005

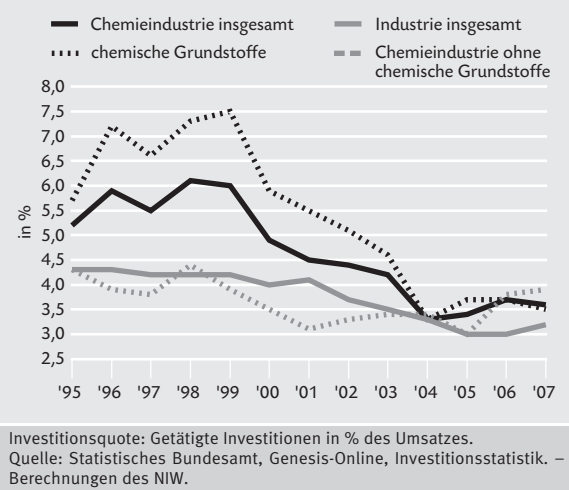


Abb. 3.2–3: Entwicklung der Beschäftigung in der deutschen Chemieindustrie 1995 bis 2005 im Vergleich

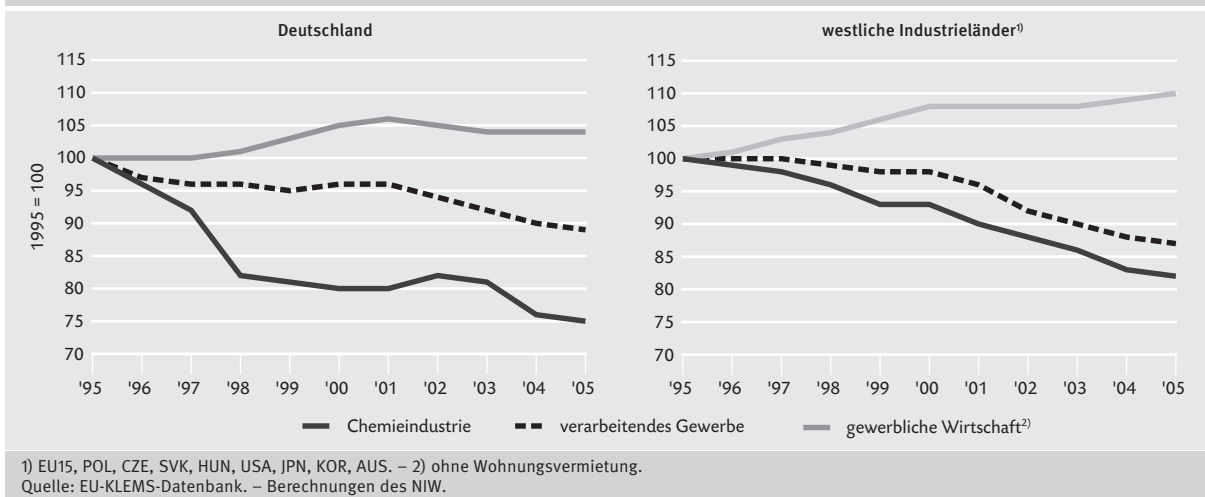
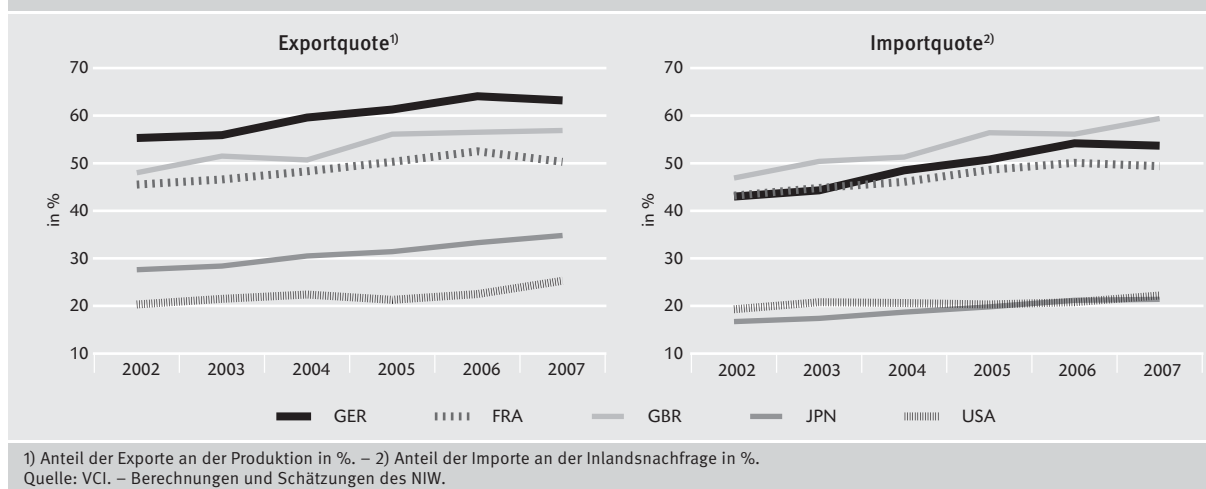


Abb. 3.2–6: Export- und Importquoten bei Chemiewaren im internationalen Vergleich 1995 bis 2007


landsmarkt. Die Globalisierung der Produktion ist eine entscheidende Triebfeder im Innovationswettbewerb.

Die Internationalisierung ist auch auf dem Inlandsmarkt stärker spürbar geworden: Knapp 55 % des Inlandsbedarfs an Chemieprodukten wird mittlerweile aus ausländischer Produktion gedeckt. Dies ist nicht zuletzt Ergebnis eines bedeutenden konzerninternen Handels im Rahmen von **grenzüberschreitenden Produktionsverbänden**. Dahinter steht in erster Linie eine intensivere Arbeitsteilung innerhalb der europäischen Chemieindustrie, die auch die Chemieaußenhandelsquoten von Frankreich und Großbritannien hoch hält. Gemessen an der Einbindung der deutschen Chemieindustrie in den internationalen Handel sind die entsprechenden Industrien in noch größeren Volkswirtschaften wie den USA und Japan hingegen beinahe als „autark“ anzusehen.

Trotz der zunehmenden Exportorientierung der deutschen Chemieindustrie ist ihr **Welthandelsanteil** zurückgegangen. Gemessen an den Gesamtexporten von Chemiewaren sank dieser von 12,1 % (2002) auf 11,5 % (2007)

(Tab. 3.2–2). Gleichwohl ist damit Deutschland die zweitgrößte Chemie-Exportnation, nur knapp hinter den USA (Weltexportanteil 2007: 11,8 %). Größte Gewinner auf den Weltchemiemärkten waren – trotz der verstärkten Inlandsmarktorientierung – die chinesischen Produzenten. Ihr Anteil am Gesamtexport erhöhte sich von 4,7 % auf 6,4 %. Hohe Bedeutungsgewinne auf den Exportmärkten konnten auch Korea (von 3,0 auf 3,7 %) und Taiwan (von 2,5 % auf 3,2 %) verbuchen. Auch Indiens Weltexportanteil (mittlerweile 1,2 % nach 0,8 % in 2002) ist beachtlich.

Neben Deutschland verbuchen auch andere große Chemieländer wie Frankreich und Großbritannien erhebliche Anteilsverluste bei den Chemieexporten. Insbesondere haben jedoch Japan und die USA auf dem Weltmarkt mit Chemiewaren Einbußen erlitten. Auf der anderen Seite hat Deutschland als Nachfrager von Chemieimporten kontinuierlich an Gewicht gewonnen. Mit einem Anteil an den Gesamtimporten von 7,5 % war es im Jahr 2007 der drittgrößte Importmarkt für Chemiewaren, hinter China und den USA.

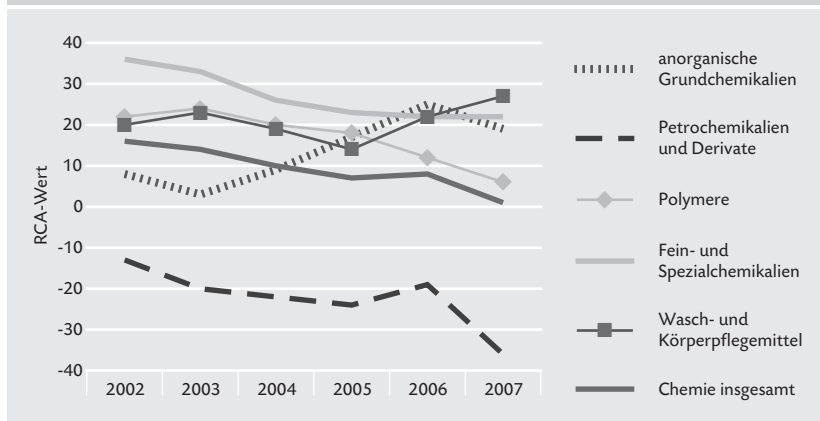
Tab. 3.2–2: Weltexport- und Weltimportanteil im Außenhandel mit Chemiewaren nach ausgewählten Regionen und Ländern 2002 bis 2007 (in %)

	Weltexportanteil						Weltimportanteil					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2002	2003	2004	2005	2006	2007
USA	13,6	12,5	12,1	11,8	11,9	11,8	12,2	11,5	10,6	10,7	10,5	9,7
GER	12,1	12,1	11,9	11,4	11,6	11,5	7,0	7,3	7,4	7,1	7,4	7,5
BEL	6,9	7,1	7,3	7,3	7,2	7,4	4,8	4,7	4,8	5,3	5,6	5,6
CHN	4,7	4,8	5,2	5,7	6,0	6,4	10,3	10,6	11,4	11,7	11,6	11,4
JPN	7,3	7,0	6,9	6,7	6,5	6,3	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4	3,1
NED	4,9	5,2	5,6	5,6	5,7	5,6	3,3	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
FRA	6,2	6,3	6,0	5,7	5,6	5,5	5,4	5,6	5,3	5,2	5,0	5,1
GBR	5,0	5,0	4,6	4,4	4,3	4,3	4,6	4,6	4,5	4,3	4,1	4,6
KOR	3,0	3,1	3,5	3,6	3,7	3,7	2,7	2,6	2,7	2,8	2,8	2,8
TPE	2,5	2,6	2,8	3,1	3,3	3,3	2,5	2,4	2,6	2,6	2,4	2,2
IND	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	1,8
Europa	52,9	54,0	53,0	52,1	51,7	51,8	46,0	47,6	47,0	46,4	47,0	48,4
Asien-Pazifik	24,0	24,8	25,8	26,7	27,3	27,5	27,0	26,8	28,1	28,7	28,5	27,7
NAFTA	17,3	15,7	15,4	15,2	15,2	14,9	18,0	16,9	15,7	15,8	15,6	14,4
Lateinamerika	2,1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	4,0	3,8	4,0	4,0	4,1	4,4
Mittelost	1,8	1,8	1,9	2,1	2,0	2,0	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Afrika	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,8	1,7	1,8	1,8	1,7	1,8

Weltexportanteil: Anteil der Ausfuhren eines Landes an den Weltausfuhren insgesamt. Weltimportanteil: Anteil der Einfuhren eines Landes an den Einfuhren der Welt insgesamt.

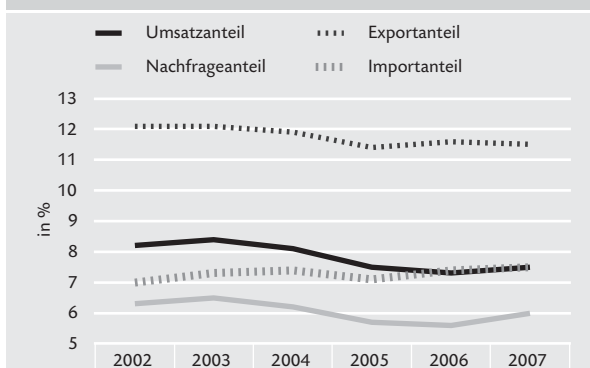
Quelle: VCI. – UN COMTRADE Database. – WTO. – OECD, International Trade by Commodity Statistics (versch. Jgge.). – Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Abb. 3.2–7: Außenhandelsspezialisierung (RCA-Werte) Deutschlands bei Chemiewaren 2002 bis 2007



RCA (Revealed Comparative Advantage): Positives Vorzeichen bedeutet, dass die Export-Import-Relation bei dieser Produktgruppe höher ist als bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt.
Quelle: Zusammenstellung des VCI nach Auswertungen von Global Insight. – Berechnungen des NIW.

Abb. 3.2–8: Anteil Deutschlands an Umsätzen, Nachfrage, Exporten und Importen von Chemiewaren weltweit 2002 bis 2007



Quelle: VCI. – UN COMTRADE Database. – WTO. – OECD, International Trade by Commodity Statistics (versch. Jgge.). – Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Per Saldo hat die deutsche Chemieindustrie – strukturell klarer Nettoexporteur – in den letzten fünf Jahren also einen immer geringeren Beitrag zum Außenhandelsüberschuss geleistet. Deutschland hat seine einstmaligen positiven **komparativen Vorteile im Außenhandel** bei Chemiewaren mittlerweile verloren, was an dem beinahe auf Null gesunkenen Indikator RCA (Abb. 3.2–7) deutlich wird. Die zunehmende Abflachung des Spezialisierungsprofils ist auch ein Ergebnis der verstärkten innereuropäischen Arbeitsteilung innerhalb der Chemieindustrie. Die zunehmende Verflechtung führt neben der ständigen Ausweitung der Absatzmöglichkeiten (Exporte) auch zu einem erweiterten Angebot an hochwertigen Chemiegütern auf dem Inlandsmarkt (Importe).

Wird die Palette der chemischen Produkte differenziert betrachtet, so zeigt sich, dass Deutschland in den Bereichen Wasch- und Körperpflegemittel, bei Fein- und Spezialchemikalien sowie bei anorganischen Grundstoffen noch erheb-

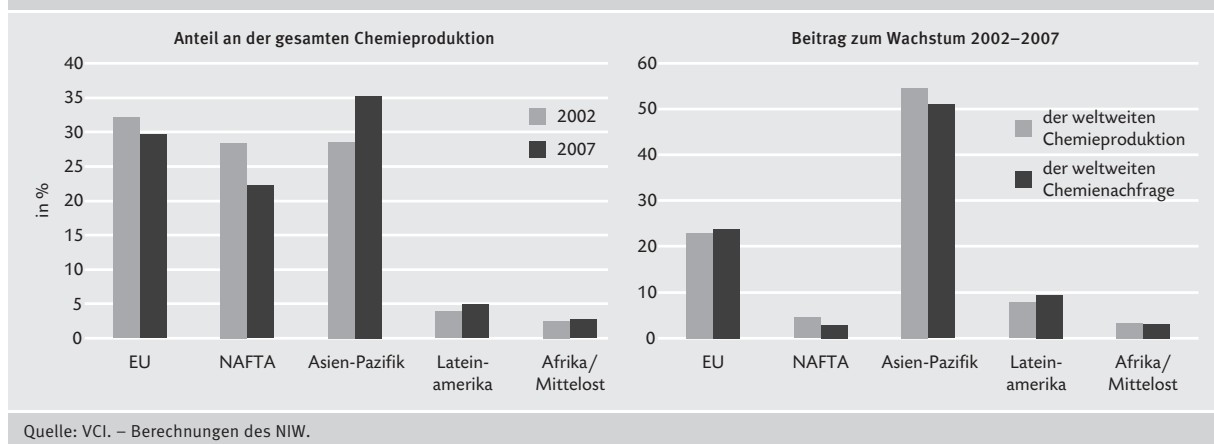
liche Wettbewerbsvorteile besitzt. Lediglich bei Petrochemikalien und deren Derivaten ist der RCA-Wert weit ins Negative gerutscht. Eine Verbesserung der relativen Wettbewerbsposition in den vergangenen Jahren kann nur bei Wasch- und Körperpflegemitteln festgestellt werden, bis 2006 auch noch bei anorganischen Grundchemikalien, alle anderen Bereiche haben eine sinkende Tendenz.

Trotz einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate der Umsätze von gut 4 % zwischen 2002 und 2007 konnte Deutschland dem Wachstumstempo der Welt-Chemie (6,2 %) nicht folgen. Gleichwohl expandierte die deutsche Chemieindustrie stärker als die Japans oder

der USA, die mit jahresdurchschnittlich 0,5 % Umsatzwachstum seit 2002 nahezu stagnierten. Insbesondere der NAFTA-Raum konnte bei der Umsatzdynamik kaum mithalten. In Deutschland stieg die Nachfrage nach Chemieprodukten mit 4,5 % p.a. zwischen 2002 und 2007 zwar etwas stärker als die Umsätze der chemischen Industrie, blieb damit jedoch ebenfalls unter dem jahresdurchschnittlichen Weltnachfragewachstum von 6,2 %. In dieser Phase hat Deutschland als Chemieproduktionsstandort **Positionsverluste** hinnehmen müssen (Abb. 3.2–8): Ihr Anteil an der globalen Produktion ist von 8,5 % auf 7,5 % gesunken. Parallel dazu fiel auch der Anteil Deutschlands an der weltweiten Nachfrage (von 6,5 % auf unter 6 %).

3.3 Globale Verschiebungen und Standortwettbewerb

Dass die traditionellen Industrieländer längst kein Monopol mehr auf FuE-intensive Produktion haben, ist spätestens seit dem rasanten ökonomischen Aufstieg der ostasiatischen „kleinen Tigerstaaten“ – Taiwan, Südkorea, Singapur und Hongkong – in den 1980er und 1990er Jahren deutlich geworden. Sie setzen den Weg der exportorientierten Weltmarktintegration fort, den Japan seit den 1960er Jahren vorgezeichnet hat. Im neuen Jahrhundert stehen vor allem die bevölkerungsreichen Staaten China und Indien, aber auch Brasilien, Russland und die mittel- und osteuropäischen Länder im Mittelpunkt dieser Entwicklung. Sie exponieren sich nicht mehr allein als Rohstofflieferanten und Hersteller von Produkten, die aufgrund niedriger Arbeitskosten dort ihre Standorte gefunden haben, sondern zunehmend auch als Anbieter technologieintensiver Produkte. Dies gilt auch für die chemische Industrie, die als Vorleistungsindustrie in besonderem Maße an der Dynamik des industriellen Aufholprozesses der Entwicklungs- und Schwellenländer („Aufhol-Länder“) beteiligt ist.

Abb. 3.3–1: Umsatz und Inlandsnachfrage bei Chemiewaren nach ausgewählten Regionen


Wachstum von Produktion und Nachfrage

Wesentliche Triebkraft für die relativ günstige Entwicklung von Wertschöpfung und Beschäftigung im weltwirtschaftlichen Aufschwung nach 2001 war das starke Wachstum der Nachfrage in Asien, insbesondere in den asiatischen Aufhol-Ländern. Die Ländergruppe Asien/Pazifik hat im Zeitraum 2002–2007 rund 55 % des weltweiten Zuwachses an Chemieumsatz sowie gut die Hälfte der Chemienachfrageausweitung (in jeweiligen Preisen und Wechselkursen gerechnet) an sich gezogen und damit ihre globale Bedeutung als Produktionsstandort auf 35 % gesteigert (Abb. 3.3–1). Europa (EU-27) verliert sowohl als Chemieabsatzmarkt als auch als Produktionsstandort an Gewicht: Mit einem Beitrag zur globalen Chemienachfrageausweitung von 24 % ist Europas Anteil am Chemieabsatz auf 28 % gesunken. Dies hat sich auch auf die Produktionsstandorte ausgewirkt: Waren 2002 die EU-27, die NAFTA und der asiatisch-pazifische Raum nahezu gleich starke Chemieproduktionsstandorte, auf die rund 28 % bzw. 32 % (EU-27) der Weltproduktion entfielen, stellt Asien 2007 35 % der Weltproduktion, die EU-27 noch 30 % und die NAFTA lediglich 22 %.

Gruppiert man die einzelnen Länder nach ihrem industriellen Entwicklungsstand, so zeigt sich, dass 70 % der **zusätzlichen Nachfrage** nach Chemiewaren und zwei Drittel der zusätzlichen Chemieproduktion im Zeitraum 2002–2007 auf aufholende Schwellenländer entfallen. Der jüngste Wirtschaftsaufschwung war primär durch die Zusatznachfrage aus dieser Ländergruppe getragen, zu der hier China, Indien, Taiwan, Korea, Russland, die Türkei, die neuen Mitgliedstaaten der EU (EU-12), die Länder des Mittleren Ostens sowie alle lateinamerikanischen Staaten (inkl. Mexiko) gerechnet werden (vgl. Tab. 3.3–1). Angeführt wurde die Chemiedynamik von **China**, das alleine für 38 % des Nachfragezuwachses in der Chemieindustrie verantwortlich ist. Lateinamerika trug 10 % bei, und der Anteil Indiens am Zuwachs ist mit 4,5 % so hoch wie der Deutschlands.

Die chemische Industrie hat in diesen Ländern auf den Nachfrageboom mit einer kräftigen **Ausweitung der Produktionskapazitäten** reagiert: Wie erwähnt entfielen auf sie zwischen 2002 und 2007 rund zwei Drittel der zusätzlichen Umsätze mit Chemiewaren weltweit. Wiederum wird das Feld von China angeführt, das gut 36 % beigetragen hat, gefolgt von Lateinamerika mit 8 % und Korea (5 %). Weltweit hat sich der Umsatz mit Chemiewaren zwischen

Das Wichtigste in Kürze

- Der **Zuwachs an Nachfrage** und Produktion zwischen 2002 und 2007 konzentrierte sich bei Chemiewaren im zurückliegenden Aufschwung vor allem auf Asien: 55 % der zusätzlichen Produktion und 51 % der zusätzlichen Nachfrage entfielen auf diese Region. China alleine war für 36 % des Umsatzzuwachses und 38 % der zusätzlichen Nachfrage verantwortlich. Ein weiterer Gewinner war **Lateinamerika**. Europa konnte knapp ein Viertel zur Dynamik der Chemiemärkte beisteuern. Nordamerika fiel dagegen stark zurück, Chemieproduktion und -nachfrage expandierten kaum noch, sodass sein Anteil am Weltchemiemarkt von 28 auf 22 % absank.
- Die „**Chemieintensität**“, d.h. der Anteil von Chemiewaren an der gesamten Güternachfrage, nahm im Wirtschaftsaufschwung weltweit zu, besonders stark stieg sie in Asien an. Aber auch in den entwickelten Industrieländern gewannen Chemiewaren im industriellen Warenkorb an Bedeutung.

Dies gilt vor allem für Länder mit einem hohen Wertschöpfungsanteil der Industrie, so auch für Deutschland.

- Die **expandierenden Chemiestandorte** in Asien und Lateinamerika dehnten Produktion und Nachfrage deutlich schneller aus als ihren Außenhandel. Das Wachstum der Chemieindustrie ist in erster Linie **binnenwirtschaftlich** getrieben. Insbesondere China verfolgt eine ausgeprägte **Importsubstitutionsstrategie**: Sowohl die Exportquote wie die Importquote sind rückläufig. Korea und Indien verfolgen dagegen stärker eine exportorientierte Weltmarktintegration.
- Der Ausbau der Chemieproduktionskapazitäten in den Aufhol-Ländern wird wesentlich durch **Direktinvestitionen** angetrieben. Investitionsmotive sind vorrangig im Produktions- und Markterschließungsbereich. FuE spielt mit Ausnahme einzelner Länder (wie z.B. Indien) eine sehr geringe Rolle.

Tab. 3.3–1: Dynamik der chemischen Industrie in den Aufhol-Ländern 2002 bis 2007

	Umsatz			Inlandsnachfrage			Exporte			Importe		
	Weltanteil 2007 in %	Weltanteil 2007 in %	Jahresdurchschn. Verän- derung 2002–2007 in %	Weltanteil 2007 in %	Anteil am Weltzuwachs 2002–2007 in %	Jahresdurchschn. Verän- derung 2002–2007 in %	Weltanteil 2007 in %	Anteil am Weltzuwachs 2002–2007 in %	Jahresdurchschn. Verän- derung 2002–2007 in %	Weltanteil 2007 in %	Anteil am Weltzuwachs 2002–2007 in %	Jahresdurchschn. Verän- derung 2002–2007 in %
EU12	1,7	2,6	7,4	3,3	3,9	7,6	2,8	4,5	16,2	4,5	6,6	12,9
RUS	1,3	3,1	16,2	1,2	3,2	27,8	1,3	2,1	14,6	1,2	2,3	20,8
TUR	0,5	0,7	6,4	1,1	1,7	11,3	0,3	0,3	9,0	1,7	2,4	12,8
Mittelost	1,6	1,8	4,9	1,4	1,3	6,0	2,0	2,4	10,4	1,4	1,6	9,2
CHN	15,1	36,4	15,1	17,0	37,9	18,8	6,4	9,9	14,9	11,4	13,9	10,0
IND	2,6	4,0	7,7	2,8	4,5	11,5	1,2	2,0	16,2	1,8	3,2	17,0
TPE	2,6	3,9	7,1	2,2	2,2	6,1	3,3	4,9	14,3	2,2	1,7	5,6
KOR	3,8	4,8	5,9	3,3	3,6	6,8	3,7	5,1	12,6	2,8	3,0	8,6
Lateinamerika	4,9	7,8	8,0	5,8	9,4	11,3	1,9	1,6	6,3	4,4	5,2	9,7
MEX	1,5	1,7	5,1	2,1	2,4	7,0	0,8	0,3	2,3	2,3	1,6	5,0
Aufhol-Länder insgesamt	35,5	66,7	10,0	40,1	70,3	12,8	23,8	33,1	12,7	33,8	41,5	10,2
GER	7,5	5,4	4,2	5,8	4,5	4,5	11,5	10,2	7,0	7,5	8,6	9,2
USA	19,1	2,2	0,6	18,0	0,2	0,1	11,8	8,1	5,1	9,7	4,1	2,9
JPN	7,5	0,5	0,4	6,1	–	-0,5	6,3	4,3	5,1	3,1	2,0	4,6
Welt	100,0	100,0	6,2	100,0	100,0	6,1	100,0	100,0	8,1	100,0	100,0	7,8

Quelle: VCI. – Berechnungen des NIW.

2002 und 2007 um gut ein Drittel erhöht, in den Aufhol-Ländern insgesamt hat er sich verdoppelt. Lediglich Mexiko, Korea und der mittlere Osten haben jahresdurchschnittliche Wachstumsraten unter dem Weltdurchschnitt von 6,2 %, China und Russland haben ihre Umsätze mit Chemiewaren seit 2002 jährlich um gut 15 % steigern können.

Die Umsätze mit Chemieprodukten stiegen allein in China mit einem Volumen von 172 Mrd. € zwischen 2002 und 2007 um deutlich mehr, als die Gesamtproduktion in Deutschland im Jahr 2007 ausmachte (136 Mrd. €). Die Chemieproduktion Chinas machte Anfang der 1990er Jahre erst ein Drittel der deutschen Chemieproduktion aus, 2002 waren es schon über 90 %, 2007 sind Chinas Umsätze mit Chemiewaren doppelt so hoch wie die Umsätze in Deutschland. Aber auch in anderen Aufhol-Ländern und Regionen, in Russland, in Lateinamerika, in den mittelosteuropäischen EU-Mitgliedstaaten (EU-12), Indien und Taiwan, selbst in der Türkei waren die jahresdurchschnittlichen Umsatzzuwächse der Chemieprodukte besonders hoch. 2002 hatten die Aufhol-Länder einen Anteil an der Weltchemieproduktion von 25 %, fünf Jahre später waren es schon 35 %, während Deutschlands Anteil bei 7 % lag.

Dass die asiatischen Aufhol-Länder für das Wachstum der weltweiten Chemieindustrie von so großer Bedeutung sind, liegt nicht nur an der allgemein hohen wirtschaftlichen Dynamik der Region. Sie weisen darüber hinaus auch eine besondere und weiter steigende **Affinität für Chemiewaren** auf. Bezieht man die Inlandsnachfrage nach Chemiewaren auf das jeweilige Inlandsprodukt (Tab. 3.3–2), so zeigt sich, dass die spezifische Nachfrage nach Chemieprodukten in den asiatischen Aufhol-Ländern nicht nur vergleichsweise hoch ist, sondern zudem im Zuge ihres fortschreitenden und forcierten Industrialisierungsprozesses auch überdurchschnittlich zu-

genommen hat. Dahinter steht eine hohe Nachfrage nach Kunststoffen für die Konsumgüterindustrie, Bauchemikalien sowie chemischen Grundstoffen für die industrielle Weiterverarbeitung. Die mit Abstand höchste „**Chemieintensität der Nachfrage**“ ergibt sich für China (12,4 %) und Taiwan (14,7 %) – in beiden Ländern waren in den letzten fünf Jahren auch die höchsten Zuwachsraten der Chemiewarennachfrage zu verzeichnen. In Deutschland ist die Chemieintensität in der Aufschwungphase ebenfalls wieder spürbar gestiegen (von 4,0 % in 2004 auf 4,5 % in 2007).

Außenhandel

Die stark expansive Inlandsnachfrage nach Chemiewaren in den Aufhol-Ländern hat auch zu steigenden Importen geführt. Mit Ausnahme der Tiger-Staaten sowie der Länder des Mittleren Ostens sind die jeweiligen Anteile am Importzuwachs der Länder und Regionen größer als ihr jeweiliger Anteil am **Exportzuwachs**, wenn auch hier vielfach überdurchschnittlich hohe Wachstumsraten erzielt wurden (vgl. Tab. 3.3–1). Dies hat dennoch nicht immer auch zu steigenden Importquoten geführt (Tab. 3.3–3):

- In Lateinamerika, Russland und China sind die Importquoten bei Chemiewaren gesunken, parallel zu **sinkenden Exportquoten**. In diesen Ländern und Regionen werden vor allem Importe substituiert. Da die Produktionsausweitung jedoch nicht mit dem Nachfragewachstum in diesen Ländern mitkommt, sinkt auch die Exportquote.
- In den anderen Aufhol-Ländern sind sowohl Importquoten als auch Exportquoten gestiegen. Dies ist ein Ausdruck einer zunehmenden **globalen Integration** und Arbeitsteilung dieser Länder. Besonders tritt dieses in den mittelosteuropäischen Staaten hervor, die als ver-

Tab. 3.3–2: Anteil der Inlandsnachfrage nach Chemiewaren am Inlandsprodukt in ausgewählten Ländern und Regionen 2002 bis 2007 (in %)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
EU27	4,1	4,0	4,1	4,1	4,2	4,3
EU15*	3,9	3,8	3,8	3,9	4,0	4,1
EU12	8,1	8,1	8,6	7,4	7,4	7,1
GER	4,0	4,0	4,0	4,1	4,3	4,5
FRA	4,3	4,2	4,1	4,1	4,0	4,2
GBR	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,9
BEL	5,7	5,1	4,7	5,5	5,7	5,7
NED	5,5	5,2	5,6	6,3	7,1	7,1
JPN	2,8	2,9	3,0	3,2	3,4	3,5
CHN/HKG	7,8	9,2	10,2	11,7	12,3	12,4
TPE	9,7	11,0	13,5	13,2	13,1	14,7
KOR	7,7	7,7	8,3	8,3	8,5	8,8
IND	5,7	5,6	5,9	6,2	6,2	6,4
USA	3,0	3,0	3,2	3,5	3,5	3,3
alle ausgew. Länder	3,8	4,0	4,2	4,6	4,8	4,9

*) ohne Luxemburg.

Quelle: VCI. – EUROSTAT. – IMF. – Bundesbank. – Berechnungen des NIW.

gleichsweise kleine Staaten per se höhere Außenhandelsquoten ausweisen, aber auch als Mitglieder der EU in die regionalen Standortstrategien der europäischen Chemieunternehmen eingebunden sind. Sie erreichen Export- und Importquoten von über 50 %.

Dennoch hat der Export von Chemiewaren vor allem aus den asiatischen Aufhol-Ländern auch aufgrund der Größeneffekte und der Dynamik einen immer größeren Anteil des Welthandels ausgemacht: Der gemeinsame Welthandelsanteil von China, Indien, Korea, Taiwan sowie den Ländern des Mittleren Ostens ist mäßig von 18 auf 20 % gestiegen. Die chemische Industrie der asiatischen Aufhol-Länder hat auf den internationalen Märkten jedoch noch nicht die Bedeutung wie andere Industrien des verarbeitenden Gewerbes dieser Länder, denn ihr Weltexportanteil bei allen Industriewaren beträgt 22 %. Ihr Weltimportanteil bei Industriewaren ist mit 18 % hingegen geringer als bei Chemiewaren.

Direktinvestitionen

Einen nicht unerheblichen Anteil an der Ausweitung der Produktionskapazitäten in den Aufhol-Ländern haben mul-

tinationale Konzerne aus den westlichen Industrienationen. Ausländische Produzenten bedienen diese stark wachsenden Märkte zunehmend mehr über eigene Produktionsstätten in den Ländern als über Exporte. China nimmt als Investitionsstandort dabei die Spitzenposition ein. Fast 28 % aller weltweiten ausländischen Direktinvestitionsprojekte (ADI-Projekte) in der chemischen Industrie zwischen 2003 und 2007 fanden in China statt (Tab. 3.3–4), sie machten gut 38 % des investierten Kapitals und 42 % der weltweit durch Direktinvestitionen geschaffenen Arbeitsplätze in der chemischen Industrie aus. Verglichen mit Chinas Anteil an allen weltweiten ADI-Projekten von 12 % haben

die Investitionen in die chemische Industrie Chinas eine erheblich höhere Bedeutung. Das zweite große asiatische Aufhol-Land Indien fällt demgegenüber deutlich zurück: Auf Indien entfallen 4,5 % aller ADI-Projekte in der Chemie. Nur 2,5 % aller ADI-Projekte in Indien landen im Chemiesektor. Der Anteil Indiens am weltweiten Investitionskapital in der chemischen Industrie sowie an den dadurch geschaffenen Arbeitsplätzen beläuft sich auf nur 1 %. Fast 80 % der ADI-Projekte in China im Chemiesektor zwischen 2003 und 2007 waren zum Aufbau bzw. zur Erweiterung von **Produktionsstätten** bestimmt, um die Inlandsnachfrage bedienen zu können (Tab. 3.3–5). 7 % waren FuE-Projekte, 11 % dienten dem Vertrieb. Diese Verteilung der „Investitionsmotive“ entspricht in etwa dem weltweit vorzufindenden Muster. Die Errichtung von Produktionskapazitäten zur Versorgung des Inlandsmarktes stellt meist einen der ersten Schritte des Auslandsengagements dar, meist parallel zu Vertriebsaktivitäten. Erst in späteren Phasen werden auch hochwertige Dienstleistungen wie FuE internationalisiert. Insofern ist das Verteilungsmuster der „Investitionsmotive“ in Indien anders zu bewerten. Denn FuE-Projekte sind mit 19 % aller ADI-Projekte in der chemischen Industrie

Tab. 3.3–3: Export- und Importquoten von Aufhol-Ländern bei Chemiewaren 2002 und 2007 (in %)

	Exportquote		Importquote	
	2002	2007	2002	2007
EU12	51,9	66,9	44,7	56,8
Mittelost	43,9	51,5	37,6	43,6
Lateinamerika	20,1	16,0	33,5	31,1
RUS	63,6	43,9	54,3	40,9
TUR	20,8	20,9	60,1	64,1
CHN/HKG	23,3	17,4	41,0	28,0
TPE	42,1	50,7	43,2	42,1
KOR	33,5	40,7	31,8	34,6
IND	15,4	19,4	21,4	27,2
MEX	28,5	22,6	49,6	45,2

Exportquote: Anteil der Exporte an der Produktion in %. Importquote: Anteil der Importe an der Inlandsnachfrage in %.

Quelle: VCI. – UN COMTRADE Database. – WTO. – OECD, International Trade by Commodity Statistics (versch. Jgge.). – Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Tab. 3.3–4: Ausländische Direktinvestitionen (ADI) in China und Indien 2003 bis 2007 (kumuliert)

	Projekte	Investitionen	Beschäftigte
Anteil an allen ADI weltweit in %			
China	12,1	13,3	15,5
Indien	6,2	5,2	9,4
Anteil an allen ADI im Chemiesektor weltweit in %			
China	27,7	38,6	41,8
Indien	4,4	1,0	2,7
Anteil des Chemiesektors an allen ADI in %			
Welt	3,5	4,5	1,9
China	8,1	12,9	5,0
Indien	2,5	0,8	0,5

Quelle: OCO Global 2008. – Berechnungen des NIW.

Tab. 3.3–5: ADI-Projekte in China und Indien nach Investitionsmotiven (2003 bis 2007 kumuliert, Anteile in %)

	China		Indien	
	alle ADI	Chemie	alle ADI	Chemie
Produktion	41,9	78,1	22,7	57,0
Vertrieb und Logistik	29,8	10,9	28,6	20,9
FuE	8,3	7,4	23,4	18,6
andere	20,1	3,5	25,3	3,5

Quelle: OCO Global 2008. – Berechnungen des NIW.

sehr viel bedeutender als in China und im Weltdurchschnitt. Die als leistungsfähig angesehene Wissenschafts- und Forschungslandschaft in der indischen Chemie mit britischer Tradition mag für multinationale Unternehmen ein Anreiz sein, in Indien schon relativ frühzeitig in FuE-Einrichtungen zu investieren. 57 % der ADI-Projekte in der indischen Chemieindustrie waren zum Aufbau bzw. zur Erweiterung von Produktionsstätten bestimmt, 20 % zielten auf Vertriebsaktivitäten ab.

In China sind japanische Unternehmen am stärksten vertreten, auf sie entfallen etwa 25 % aller ADI-Projekte im Chemiesektor, gefolgt von den USA (20 %). Deutschland liegt mit einem Anteil von 14 % noch vor Großbritannien (6 %). In Indien halten Unternehmen aus den USA 20 % aller ADI-Projekte im Chemiesektor und sind damit die größte Investorengruppe. Es folgen hier Japan (18 %) und Großbritannien mit 13 % noch vor Deutschland (10 %).

Die **deutschen Direktinvestitionen** (Kapitalbestand) in den Chemiesektor (inkl. Pharma)¹⁹ in den Aufhol-Ländern sind zwischen 2000 und 2006 jahresdurchschnittlich um 3 % gestiegen (Tab. 3.3–6), und damit genauso stark wie alle deutschen Investitionen im Chemie- und Pharmasektor weltweit. Insgesamt entfielen auf die Aufhol-Länder im Jahr 2006 fast 17 % des ADI-Bestandes des deutschen Chemie- und Pharmasektors. Dies ist etwas mehr als im Mittel aller Sektoren (15 %), gegenüber 2000 hat sich dieser Anteil jedoch nicht verändert. Während China und

Korea als Investitionsstandort im Chemie- und Pharmasektor an Bedeutung gewonnen haben, haben Brasilien und Mexiko Anteile verloren.

FuE, Patente, Publikationen

Der internationale Wettbewerb, aber auch ein zunehmender Qualitätsanspruch der Inlandsnachfrage in den Aufhol-Ländern erfordert von der Branche auch in diesen Ländern zunehmende Innovationsaktivitäten und damit verbunden steigende Aufwendungen für FuE. Im Jahr 2005 befanden sich – bei Umrechnung der nationalen Aufwendungen zu Kaufkraftparitäten – fast **ein Fünftel der Welt-FuE-Kapazitäten** im Chemiesektor in den Aufhol-Ländern. Dies entspricht auch dem Anteil, den die Aufhol-Länder an den gesamten FuE-Aufwendungen im verarbeitenden Gewerbe haben. **China** alleine zeichnet für gut 5 % der weltweiten FuE-Ausgaben der chemischen Industrie verantwortlich (Tab. 3.3–7). Anders ist das Bild bei einer Bewertung zu Wechselkursen: Danach gab die chemische Industrie in China im Jahr 2003 für FuE rund 560 Mio. € aus; dies entspräche etwa 17 % der FuE-Ausgaben der chemischen Industrie in Deutschland und 2 % der weltweiten FuE in der Chemieindustrie. Gemessen an den gesamten FuE-Aufwendungen der chinesischen Industrie entfallen auf die Chemieindustrie 7,6 %. Mit einem FuE-Ausgabenanteil an der Wertschöpfung von 3,4 % liegt die FuE-Intensität der Chemieindustrie in China über dem Industriedurchschnitt (2,6 %). Die FuE-Dynamik war in der chinesischen Chemieindustrie Anfang der 2000er Jahre mit einem Wachstum von 5 % p.a. geringer als in den anderen forschungsintensiven Wirtschaftszweigen des Landes (+15 %).

Eine weitaus größere Bedeutung im FuE-Portfolio der Industrie hat der Chemiesektor in Mexiko und Brasilien. Die Chemieindustrie stellt in diesen Ländern 11 % bzw. 9 % der gesamten FuE-Ausgaben des verarbeitenden Gewerbes. Fast 3 % der weltweiten FuE-Kapazitäten in der Chemie-

Tab. 3.3–6: Deutsche Direktinvestitionen in Aufhol-Ländern

	alle Länder	Aufhol-Länder insg.	POL	CZE	SVK	HUN	RUS	TUR	KOR	CHN/HKG	IND	SIN	MEX	ARG	BRA
Durchschnittliches jährliches Wachstum des deutschen ADI-Bestands 2000–2006 in %															
alle Wirtschaftszweige	5,7	10,6	11,5	17,1	23,4	14,9	39,8	13,1	10,5	9,4	11,0	5,3	0,1	-14,1	0,9
Chemie-/Pharmaindustrie	3,0	3,0	12,4	-9,9	3,3	-1,4	29,5	10,1	10,5	19,8	11,0	-4,5	-3,9	-23,9	-1,3
Anteil des Landes am Gesamtbestand deutscher ADI in %															
Chemie-/Pharmaind. 2000	100,0	16,6	0,6	0,4	0,1	0,6	0,2	0,4	1,5	1,6	0,4	1,6	3,8	1,3	3,8
Chemie-/Pharmaind. 2006	100,0	16,5	0,9	0,2	0,1	0,4	0,7	0,6	2,3	4,0	0,7	1,0	2,5	0,2	3,0
alle Wirtschaftszweige 2006	100,0	14,6	1,9	2,3	0,7	2,0	1,4	0,5	0,7	1,9	0,4	0,8	0,7	0,1	1,1
Anteil ausgewählter Branchen am Gesamtbestand deutscher ADI 2006 in %															
Chemie-/Pharmaindustrie	7,8	8,8	3,9	0,6	1,4	1,6	4,0	8,3	26,5	16,0	15,6	9,6	26,4	11,5	20,7
Maschinenbau	2,6	4,6	2,3	1,7	9,2	2,1	0,8	7,7	9,5	10,0	9,5	0,9	0,8	1,5	11,1
Elektroindustrie	1,9	4,3	2,4	3,7	3,6	2,0	0,8	4,1	5,0	6,7	17,7	.	6,5	4,9	9,9
Fahrzeugbau	4,6	17,1	8,9	21,8	29,4	25,9	1,4	18,9	6,5	19,2	5,6	0,0	33,9	10,3	24,3

Quelle: Deutsche Bundesbank. – Berechnungen des NIW.

¹⁹ Die veröffentlichten Daten der Direktinvestitionsstatistik der Deutschen Bundesbank erlauben keine Differenzierung zwischen Chemie- und Pharmaindustrie.

Tab. 3.3–7: Anteil der Aufhol-Länder an den Welt-FuE-Kapazitäten in der chemischen Industrie und im verarbeitenden Gewerbe 2005¹⁾

	chemische Industrie	verarbeitendes Gewerbe
CHN ¹⁾	5,3	4,5
IND ¹⁾	0,1	0,1
KOR	4,2	4,5
TPE	1,1	1,9
MOE	0,4	0,6
RUS+TUR	3,9	5,3
MEX+BRA	2,9	2,0
Aufhol-Länder insgesamt	18,1	19,3
GER	11,1	8,3
USA	27,2	34,1
JPN	22,5	18,7
OECD ²⁾	87,3	86,3
OECD + Aufhol-Länder ³⁾	100,0	100,0

Bewertet zu Kaufkraftparitäten.

1) China und Indien Werte für 2003. 2) OECD inkl. OECD-Aufhol-Länder.

3) OECD + Nicht-OECD-Aufhol-Länder.

Quelle: OECD. – MCT do Brasil. – MOST of India. – Berechnungen des NIW.

industrie entfallen auf diese beiden Länder. Russland und die Türkei sowie Korea haben zusammen genommen mit 4 % ebenfalls bedeutende Anteile an den weltweiten FuE-Aufwendungen in der Chemie, während Indien lediglich 0,1 % beiträgt. Sehr viel bedeutender in der Industrieforschung ist in Indien der Pharmasektor, der das fünffache FuE-Ausgabenvolumen der chemischen Industrie erreicht.

Vor allem in Mexiko sind die FuE-Ausgaben in der chemischen Industrie zwischen 2000 und 2005 weit überdurchschnittlich ausgeweitet worden (vgl. Tab. 3.3–8): Mit jahresdurchschnittlich 25 % **Wachstum** liegt Mexiko unter den Aufhol-Ländern an der Spitze. Auch Slowenien und Korea haben Jahreswachstumsraten von weit über 10 %, Brasilien hat 10 %, Russland und Ungarn mit jeweils 7 % folgen noch vor China. In Singapur und Indien wie auch in Tschechien und Polen gingen die FuE-Ausgaben im Chemiesektor zwischen 2000 und 2005 sogar zurück, ebenso wie in Deutschland, Japan und den USA.

Bei einem Vergleich der unternehmerischen FuE-Aktivitäten der Aufhol-Länder ist in Rechnung zu stellen, dass sich in den einzelnen Ländern eine unterschiedliche **Arbeitsteilung zwischen Unternehmen und öffentlicher Forschung** etabliert hat. In China ähnelt die FuE-Arbeitsteilung zwischen Wirtschaft und Staat bereits sehr stark den in westlichen Industrieländern vorzufindenden Strukturen mit einem deutlichen Übergewicht der Wirtschaft bei FuE. Indien wählt hingegen einen anderen Weg, bei dem die technologische Entwicklung noch sehr stark durch FuE an Hochschulen und wissenschaftlichen Einrichtungen geprägt wird. Diese werden jedoch als recht leistungsfähig eingestuft. In „technologischen Inseln“ wird eine mit westlichen Industrieländern vergleichbare Forschung in Spitzentechnologiebereichen durchgeführt. Als „chemieaffine“ Felder sind hier die Lebenswissenschaften und die Agrarforschung zu nennen. Auch hierin mag ein Grund dafür liegen, dass ein überdurchschnittlich hoher Anteil ausländischer Direktinvestitionen in der chemischen Industrie Indiens in den Auf- bzw. Ausbau von FuE-Kapazitäten geht, auch wenn sich dies noch nicht in den FuE-Ausgaben im Chemiesektor Indiens niederschlägt.

Die Ergebnisse der **wissenschaftlichen Chemieforschung** in den Aufhol-Ländern gewinnen zunehmend an Relevanz für den globalen wissenschaftlichen Fortschritt in der Chemie. Wissenschaftler aus China und Indien zeichnen heute für über 20 % aller im Science Citation Index im Bereich Chemie erfassten **Publikationen** verantwortlich. China (15,7 %) war 2007 die zweitgrößte Quelle für wissenschaftliche Chemiepublikationen der Welt, hinter den USA (17,2 %), aber noch vor Japan (8,5 %) und Deutschland (6,7 %). Indien (5,5 %) holte Großbritannien und Frankreich beim Anteil an allen Chemie-Publikationen ein, auch Russland (3,8 %) und Korea (3,3 %) haben aufgeschlossen und liegen in einer Größenordnung gemeinsam mit Italien (3,5 %). Die Chemie steht damit außer in Latein-

Tab. 3.3–8: Veränderung der FuE-Ausgaben in der Chemieindustrie in den Aufhol-Ländern sowie in Deutschland, USA und Japan 1995 bis 2005¹⁾

	CZE	POL	HUN	SLO	RUS	TUR	KOR	SIN	TPE	CHN	IND	BRA	MEX	USA	GER	JPN
1995–2000	2,9	–	-0,8	5,3	32,3	87,8	0,6	1,5	–	–	–	–	19,8	2,4	0,0	-0,7
2000–2005	-1,0	-0,1	7,3	18,6	7,3	–	16,0	-8,9	3,1	5,4	-6,0	9,6	29,5	-0,4	-3,8	-0,1

1) China und Indien: Werte für 2003 statt 2005.

Quelle: OECD. – MCT do Brasil. – MOST of India. – Berechnungen des NIW.

Tab. 3.3–9: Dynamik der wissenschaftlichen Chemie-Publikationen in Aufhol-Ländern 1995 bis 2007 (in %)

	EU12		RUS		TUR		Mittelost		KOR		CHN		TPE/SIN		IND		Lateinamerika	
	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000
organische Chemie	8,6	3,1	4,7	0,7	0,8	3,9	6,0	6,5	4,9	-3,6	21,1	44,2	1,7	3,6	3,7	29,5	9,9	0,8
Polymere	6,1	2,2	-7,4	-4,7	2,4	11,9	2,7	20,3	17,7	7,4	35,1	140,4	10,6	3,9	4,1	20,8	6,3	13,5
Grundstoffchemie	5,9	4,1	-1,3	-0,3	2,9	2,5	4,6	4,6	9,3	5,4	35,9	32,0	4,9	4,3	3,1	7,5	9,5	4,3
Verfahrenstechnik	8,5	13,2	8,0	-0,8	6,3	7,5	7,4	9,1	15,9	6,8	19,9	45,7	8,7	5,0	6,1	11,3	23,8	8,0
Chemie insgesamt	6,3	4,5	-0,2	-0,5	2,9	3,5	5,4	5,9	10,3	5,9	33,1	40,4	1,5	0,5	4,2	10,9	11,4	4,9
nachrichtlich:																		
Biotechnologie	5,9	5,4	1,9	-0,6	1,5	2,9	1,7	3,4	7,1	7,0	10,0	33,4	2,6	6,0	2,3	8,1	7,1	7,0
Pharmazie	55,9	2,6	-0,3	0,3	18,9	5,0	42,2	4,6	104,7	8,4	109,3	26,1	30,7	3,9	68,3	9,1	73,6	7,9

Anteil am weltweiten Zuwachs 1995–2000 und 2000–2007 der im Science Citation Index erfassten Chemie-Publikationen in %.

Quelle: Fraunhofer-ISI. – Berechnungen des NIW.

Tab. 3.3–10: Dynamik von Chemiepatenten in Aufhol-Ländern 1995 bis 2006 (in %)

	EU12		RUS		TUR		KOR		CHN		TPE/SIN		IND		Lateinamerika	
	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000	1995	2000
	2000	2006	2000	2006	2000	2006	2000	2006	2000	2006	2000	2006	2000	2006	2000	2006
Polymere	0,7	0,9	0,5	0,1	0,1	0,3	4,9	8,8	1,3	7,8	0,7	2,2	0,6	2,7	0,4	2,4
übrige Chemie	0,7	0,9	1,6	0,8	0,0	0,3	4,1	5,8	1,9	6,5	0,7	1,7	1,8	2,6	0,4	1,9
Chemie insgesamt	0,7	0,9	1,1	0,5	0,0	0,0	4,5	7,0	1,7	6,9	0,7	1,9	1,3	2,6	0,5	-0,5

Anteil am weltweiten Zuwachs der Patentanmeldungen an EPA und WIPO 1995–2000 und 2000–2006 in %.
Quelle: Fraunhofer-ISI. – Berechnungen des NIW.

amerika in allen anderen Aufhol-Ländern und Regionen klar im Zentrum der wissenschaftlichen Anstrengungen, denn für alle Wissenschaftsbereiche zusammen genommen liegen die Publikationsanteile jeweils unter denen der Chemie. Der Aufholprozess beschleunigt sich rasch: Die Aufhol-Länder haben seit 2000 rund drei Viertel des Zuwachses der globalen Chemiepublikationen produziert (Tab. 3.3–9), mit Schwerpunkten in der Polymerchemie und der chemischen Verfahrenstechnik. Allein gut 50 % des weltweiten Zuwachses sind auf China (40 %) und Indien (11 %) zurückzuführen.

Der umfangreiche Output bei wissenschaftlichen Chemieforschungsergebnissen hat sich allerdings noch nicht in allen Aufhol-Ländern in einer vergleichbaren Steigerung der Ergebnisse aus der Industrieforschung niedergeschlagen – zumindest soweit dies an den Anmeldungen von **internationalen Patenten** abgelesen werden kann. Hier entfielen 2006: 2,6 % aller Chemie-Patente auf Erfinder

aus Korea, 1,6 % auf Erfinder aus China sowie 0,9 % auf Erfinder aus Indien. Alle anderen Aufhol-Länder liegen darunter. Dabei ist in Rechnung zu stellen, dass es sich hauptsächlich um Erfindungen handelt, für die überwiegend für den europäischen Absatzmarkt Patentschutz angestrebt wird.

Die **Dynamik** der jüngsten Zeit in der Anmeldung von Chemiepatenten ist allerdings schon bemerkenswert: Die Aufhol-Länder zusammengenommen haben seit 1995 zum Zuwachs des weltmarktrelevanten Patentaufkommens einen Beitrag von 10 % geleistet (Tab. 3.3–10), seit 2000 gar einen von 20 %. Die größten Anteile unter den Aufhol-Ländern entfallen auf Korea und China (7 %), aber auch Indien trägt mit 2,6 % zwischen 2000 und 2006 weitaus mehr bei als noch zwischen 1995 und 2000. Der Beitrag zu den weltmarktrelevanten Erfindungen in der Polymerchemie ist parallel zur Expansion in der Wissenschaft oder in der Produktion überdurchschnittlich.

4 Herausforderungen für den Chemiestandort Deutschland

Das Wissenschafts- und Technologiefeld Chemie ist eine der zentralen wissenschaftlich-technologischen Säulen jeder modernen Wirtschaft und eine Grundlage für fast alle materialbezogenen Prozesse. Die Chemieindustrie, in der sich die industrielle Kompetenz bündelt, hat daher in mehrfacher Hinsicht große Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft:

- Mit einem Wertschöpfungsanteil von 8 % und einem Anteil an der Gesamtbeschäftigung im verarbeitenden Gewerbe von rund 5 % ist sie ein wesentlicher Pfeiler der deutschen Industrie. Als besonders exportorientierte Branche trägt sie wesentlich zur starken Stellung Deutschlands auf den Weltmärkten und zum Exportüberschuss der deutschen Wirtschaft bei.
- Die Chemieindustrie ist der quantitativ bedeutendste Lieferant von Materialien und Werkstoffen, die in anderen Industriebranchen zum Einsatz kommen. Die Chemieindustrie versorgt dabei alle Branchen des verarbeitenden Gewerbes, ihre Produkte bilden die materielle Grundlage für die Industrieproduktion.

- Mit jährlichen FuE-Aufwendungen von rund 3,7 Mrd. € zählt die Chemieindustrie zu den forschungsintensiven Branchen und rangiert damit auf Platz fünf der deutschen Industriezweige.
- Ihre besondere Rolle im Innovationssystem ergibt sich aus der Kombination von (a) starker Forschungsorientierung, (b) der Funktion des wichtigsten Material- und Vorproduktelieferanten und (c) einem sehr breiten Spektrum an industriellen Abnehmerbranchen. Material- und Werkstoffinnovationen stammen ganz überwiegend aus der Chemieindustrie und ermöglichen Innovationen in vielen Anwendungsbereichen. Diese Innovationsmotor-Funktion ist gerade auch in den Bereichen Energie, Umwelt, Mobilität und Ernährung von besonderer Bedeutung, in denen die globalen Herausforderungen des Klimawandels und der Ressourcenknappheit hohe Innovationsanstrengungen erfordern.

Um die Rolle des Innovationsmotors für zukunftsweisende Materialien und Werkstoffe im deutschen Innovationssystem wahrzunehmen, sind zum einen umfangreiche

eigene FuE- und Innovationsanstrengungen der Chemieindustrie notwendig. Zum anderen müssen die Unternehmen ein flexibler Innovationspartner für ihre Kunden sein. Für eine direkte Zusammenarbeit in konkreten Innovationsprojekten ist räumliche Nähe ein wichtiger Faktor. Eigene FuE- und Produktionsaktivitäten der Chemie am Standort Deutschland sind Voraussetzung dafür, wirkungsvolle Beiträge zu den Innovationsanstrengungen der Chemiekunden zu leisten. Aus diesem Grund sind die Forschungs- und Produktionsbedingungen für die Chemieindustrie in Deutschland von großer Bedeutung für den „Innovationsmotor Chemie“.

Ausgangssituation

Die Chemieindustrie profitierte von der günstigen weltwirtschaftlichen Konjunktur der Jahre 2002 bis 2008 in besonderem Maße: Die Nachfrage nach Chemiewaren stieg überproportional, vor allem die „Aufhol-Länder“ in Asien, Lateinamerika und Osteuropa bescherten neue Produktionsrekorde. Die deutsche Chemieindustrie profitierte dank ihrer hohen Exportorientierung von dieser weltweiten Dynamik, die starke Umsatzausweitung ging mit hohen Produktivitätsfortschritten sowohl beim Faktor Arbeit als auch bei der Energie- und Materialeffizienz einher. Deutschland hat weiterhin eine starke Stellung am Weltchemiemarkt, wenngleich sich die Konkurrenz durch Anbieter mit günstigeren Kostenstrukturen verschärft, vor allem in der Grundstoffchemie. Dort – insbesondere in der Petro- und Polymerchemie – ist die Investitionstätigkeit am Standort Deutschland bereits seit geraumer Zeit sehr verhalten. Dies kann als Vorbote für eine Restrukturierung in Richtung Spezialchemie gewertet werden, denn in der Grundstoffchemie sind die Wettbewerbsvorteile Deutschlands bereits stark abgeschmolzen.

Die FuE-Aufwendungen konnten in den westlichen Industrieländern mit der hohen Absatzdynamik nicht mithalten: Die FuE-Kapazitäten in der Chemieindustrie wurden in den vergangenen zwölf Jahren kaum mehr ausgeweitet, Deutschland blieb selbst hinter diesem geringen Tempo zurück und verzeichnete real gerechnet seit 1995 einen Rückgang der Ausgaben für FuE. Andere Branchen haben den jüngsten Aufschwung dagegen zu einer deutlichen Ausweitung der FuE-Aufwendungen genutzt. Im Branchenvergleich fiel die Chemieindustrie damit zurück.

Ein Grund für die unterschiedlichen FuE-Dynamiken der einzelnen Branchen liegt im sektoralen Strukturwandel und in unterschiedlichen technologischen Möglichkeiten. Nicht nur in der Elektroindustrie, sondern auch im Maschinenbau, im Fahrzeugbau und in zahlreichen Dienstleistungsbranchen setzt weiterhin die Nutzung neuer mikroelektronischer Anwendungsmöglichkeiten einen wichtigen Impuls für FuE- und Innovationsprojekte. Hinzu kommt eine sehr hohe FuE-Dynamik im Pharmasektor, die sowohl technologisch (Biotechnologie) als auch „nachfrageseitig“ (Bekämpfung neuer Krankheitsformen, Alterung der Gesellschaft) angetrieben wird. Die Chemie-FuE konnte von diesen technologischen

Trends wenig profitieren. Der starke Nachfrageschub der letzten Jahre scheint ebenfalls wenig zusätzliche Innovationsimpulse geliefert zu haben. Die Chemienachfrage in den Aufhol-Ländern ist vor allem auf Grundstoffchemikalien ausgerichtet. Hier sind die Innovationsanforderungen und -möglichkeiten begrenzt, sodass zusätzliche Nachfrage kaum in zusätzliche FuE-Aktivitäten mündet.

Gleichzeitig fördert das Marktwachstum in den neuen Märkten auch den Aufbau von Produktionen und produktionsbegleitenden Entwicklungskapazitäten vor Ort. Dies verschiebt tendenziell die FuE-Ressourcen zu den stark wachsenden Absatzgebieten. Der Prozess wird dadurch begünstigt, dass einige der Aufhol-Länder über eine leistungsfähige wissenschaftliche Chemieforschung verfügen, sodass sowohl Fachkräfte als auch Kooperationspartner für Unternehmens-FuE verfügbar sind.

Erfreulich ist: Innovationshemmnisse am Standort Deutschland haben im Aufschwung in der Wahrnehmung der Unternehmen gegenüber Anfang der 2000er Jahre deutlich weniger Spuren hinterlassen. Vor allem Regulierungen und lange Verwaltungsverfahren wurden von deutlich weniger Unternehmen als Hemmnis wahrgenommen. Auch Risiko und Kosten spielten als Hemmfaktoren eine geringere Rolle, was im Zusammenhang mit der dynamischen Nachfrage und der verbesserten Ertragslage stand. Zugenommen hat dagegen die Bedeutung des Fachpersonalmangels als Innovations- und damit auch Wachstumshemmnis. Dies ist möglicherweise auf die bis 2003 rückläufigen Hochschulabsolventenzahlen in der Chemie zurückzuführen, die allerdings aktuell wieder deutlich ansteigen.

Herausforderungen

Die geringen Zuwächse bei den FuE-Aufwendungen gingen mit rückläufigen Sachinvestitionen einher, sodass die „Zukunftsinvestitionen“ der Chemieindustrie aktuell unter dem Niveau des letzten Wirtschaftsaufschwungs Ende der 1990er Jahre liegen. Diese Entwicklung stellt aus mehreren Gründen eine Herausforderung für den Innovationsmotor Chemie dar:

- Eine geringe Ausweitung des Innovationspotenzials bedeutet, dass andere Wettbewerbsfaktoren an Bedeutung gewinnen, für die Deutschland kaum komparative Vorteile besitzt, nämlich Arbeits-, Energie-, Transport- und Umweltkosten. Dies kann auf lange Sicht den Chemieproduktionsstandort Deutschland gefährden, da Produktionen sukzessive an kostengünstigere Standorte verlagert werden. Bislang wurden die Kostennachteile durch stetige Prozessinnovationen und die Nutzung von Skalen- und Verbundvorteilen ausgeglichen. Je mehr sich aber die Hauptabsatzgebiete in Richtung der wachstumsstarken Märkte in Asien verschieben, desto schwieriger wird es, Effizienzgewinne zu erzielen, die nicht nur die Produktionskostennachteile, sondern auch die Transportkostendifferenz kompensieren. Eine Chemieproduktion am Standort Deutschland muss daher auf Innovationen setzen, um langfristig bestehen zu können.

- Eine anhaltend geringe FuE-Dynamik kann auf lange Sicht auch die wichtige Rolle der Chemieindustrie im Innovationssystem als Lieferant innovativer Werkstofflösungen untergraben. Zwar ist es kurzfristig durchaus möglich, über Effizienzgewinne bei gleichbleibenden Entwicklungsaufwendungen höhere unmittelbare Innovationserfolge zu erzielen. Doch gerade bei der Erschließung neuer Innovationsfelder wie im Energie- und Umweltbereich sind langfristige Forschungsanstrengungen in unterschiedlichen Gebieten der Chemie und in benachbarten Technologiefeldern erforderlich. Für diese Umsteuerung sind auch zusätzliche Investitionen notwendig – nicht nur in der chemischen Industrie, sondern flankierend auch im Bereich der öffentlichen Wissenschaft und Forschung.
- Nicht nur das Wachstum von Produktion und Nachfrage verschiebt sich in Richtung aufholender Schwellenländer, sondern allmählich auch die Ausweitung der wissenschaftlich-technologischen Kapazitäten in der Chemie. Vor allem China und Korea holen kräftig auf und weiten ihre Anteile an wissenschaftlichen Forschungsergebnissen und weltmarktrelevanten technologischen Erfindungen deutlich aus. Um im Wettbewerb mit diesen neuen Innovationsanbietern zu bestehen, sind verstärkte eigene Innovationsanstrengungen der deutschen Chemieindustrie unverzichtbar. Die universitäre und außeruniversitäre Forschung in Deutschland ist auf dem Feld der Chemie zwar weiterhin qualitativ sehr gut aufgestellt, kann aber mit der hohen Dynamik der Aufhol-Länder nicht mithalten.

Mit dem Einbruch der Absatzzahlen Ende 2008 dürfte sich der Konkurrenzdruck gerade aus den „Aufhol-Ländern“ wesentlich verstärken. Dort wurden in den vergangenen Jahren umfangreiche Produktionskapazitäten geschaffen, um die boomenden Nachfrage nach Chemiewaren zu befriedigen. Diese Kapazitäten sind nun nur mehr teilweise durch die Inlandsnachfrage ausgelastet, sodass die Produzenten in den Aufholländern vermehrt auf den Weltmarkt drängen und ihre Preisvorteile dank günstigerer Arbeits- und Umweltkosten in Marktanteilsgewinne umzumünzen versuchen werden. Vor allem die großvolumige Grundstoffchemieproduktion in den westlichen Industrieländern könnte durch diese Entwicklung gefährdet sein und den auch in Deutschland seit längerer Zeit eingeleiteten Strukturwandel in Richtung Spezialchemie beschleunigen.

Damit eine Chemieindustrie am Standort Deutschland langfristig wettbewerbsfähig bleibt, ist eine weitere Spezialisierung auf innovationsintensive Chemiesparten und -produkte notwendig. Dabei sollte gezielt die Rolle der Chemieindustrie als Innovationsmotor für andere Branchen gestärkt und auf Querschnittstechnologien mit hoher Anwendungsbreite gesetzt werden. Neue Energietechnologien zur Erhöhung der Energieeffizienz, die Speicherung und Verwertung von CO₂, die Erschließung neuer (nachwachsender) Rohstoffgrundlagen für die Industrie sowie die Nutzung der vielfältigen Innovationsmöglichkeiten der Nanotechnologien bieten dabei gute Ansatzpunkte.

Voraussetzung dafür, dass die Chemieindustrie ihre zentrale Rolle im deutschen Innovationssystem als Motor im Bereich von Materialinnovationen wahrnehmen kann, sind merklich höhere Investitionen in FuE und Innovationen und eine engere Kooperation mit den Abnehmern und Nutzern von Chemieinnovationen. FuE muss wieder stärker als strategischer Parameter gesehen werden, der nicht nur an in kurzer Frist zu realisierenden Innovationserfolgen gemessen werden darf. Eine aktive Einbindung der Chemieunternehmen in branchenübergreifende FuE- und Produktionsverbände zur Entwicklung von Innovationen („Innovationscluster“) kann – wie die Fallbeispiele zeigen – dabei ein probates Mittel sein. Die Innovationspolitik ist in diesem Zusammenhang gefordert, günstige Rahmenbedingungen für eine innovationsorientierte Chemieindustrie zu sichern.

Innovationspolitische Rahmenbedingungen

Angesichts der tiefen Rezession liegt die besondere Herausforderung für Unternehmen wie Innovationspolitik darin, neben den kurzfristigen Antworten auf Krisenphänomene die notwendigen, langfristig wirkenden Investitionen in Forschung und Innovation nicht aus den Augen zu verlieren.

In der absehbaren Zukunft dürfte sich die **Finanzierung von Innovationen** als starker Hemmfaktor erweisen: Die hierfür verfügbaren Innenfinanzierungsmittel dürften viel weniger Spielraum zulassen als noch während der vergangenen Aufschwungphase. An dieser Stelle ist der Staat gefordert wie schon lange nicht mehr: Die Bereitstellung von FuE-Mitteln für die Wirtschaft und die **Ausweitung der FuE-Kapazitäten** in den eigenen Reihen war in Deutschland jahrelang hinter den Standards der großen Konkurrenzländer zurückgeblieben. Aktivitäten wie Hightech-Strategie, Exzellenzinitiative, Hochschulpakt usw. dürfen in ihrer Umsetzung nicht der Krise der öffentlichen Finanzen zum Opfer fallen. Allein eine Strategie, die Bildung und Wissenschaft, Forschung und Technologie Vorrang gibt und Priorität in den öffentlichen Haushalten einräumt, wird Deutschland dem proklamierten Ziel näher bringen, gestärkt aus der Krise herauszukommen. Dies gilt auch für die chemische Technik und die chemische Industrie.

Damit die Unternehmen ihre finanziellen Mittel für Forschung und Innovationen ausweiten können, braucht es geeignete **steuerliche Rahmenbedingungen**. Eine steuerliche Förderung von FuE kann hier wichtige Anreize setzen. Darüber hinaus sind auch andere Unternehmenssteuerregelungen investitions- und innovationsfreundlich zu gestalten. Dies gilt beispielsweise für die steuerliche Behandlung von Fremdkapitalzinsen. Die 2008 eingeführte Zinsschranke verteuert in ihrer derzeitigen Form die Fremdkapitalfinanzierung von Investitionen und senkt damit die Investitionsbereitschaft. Bei der Anrechenbarkeit von Verlustvorträgen ist darauf zu achten, dass dadurch die Bereitstellung von Eigenkapital zur Finanzierung von jungen Unternehmen oder von Investitionen und Innovationen in Unternehmen mit einer aktuell schwierigen finanziellen Situation nicht behindert werden.

Eine Stärkung der Innovationsmotor-Funktion bedeutet für die Chemieindustrie, vermehrt in **neue Technologiefelder** einzusteigen und nach neuen technologischen Lösungswegen zu suchen. Dies erfordert oftmals „systemische“ Innovationen, d.h. eine gewisse Koordination und Parallelität von Innovationsaktivitäten verschiedener Akteure. Der Staat kann dies durch eine (auch indirekte) Kofinanzierung von besonders risikobehafteten Projekten sowie über die Gestaltung der Rahmenbedingungen für systemische Innovationen (gerade im Bereich der Energie- und Umwelttechnologien) fördern. Das Instrument der Innovationsallianzen auf nationaler Ebene und die Technologieplattformen auf EU-Ebene können hierfür Ansatzpunkte sein.

Bei der von der Bundesregierung geplanten Weiterentwicklung der Hightech-Strategie kann die Chemieindustrie in verschiedenen Feldern ihre technologische Kompetenz einbringen. Die möglichen Beiträge zur Lösung globaler gesellschaftlicher Herausforderungen reichen von Ernährung, Wasser und Klimaschutz, Ressourcenschonung und -substitution sowie Energieeffizienz und neuen Energieträgern bis zu verschiedenen Schlüssel- und Querschnittstechnologien (Nanotechnologie, Biotechnologie, Werkstofftechnologien, aber auch Optik, Informationstechnik und Produktionstechnik). Die Innovationspotenziale, die sich aus der Nutzung neuer Werkstoffe und innovativer Materialien ergeben, sollten so umfassend wie möglich aufgegriffen werden. Die Stärkung und Ausweitung von **Innovationsclustern**, die Technologieproduzenten und -anwender zusammenbringen und die gemeinsame Erarbeitung von Innovationslösungen beschleunigen, sind hierfür ein sinnvoller Weg.

Investitionen in neue Produkte werden nur getätigt, wenn auch Innovationserträge erwartet werden können. Dies erfordert u.a. einen effektiven internationalen Schutz von intellektuellem Eigentum. Fast 40 % der innovativen Chemieunternehmen beklagen, dass intellektuelles Eigentum durch Dritte beeinträchtigt wurde. Dabei spielen vor allem Verletzungen von Markennamen eine große Rolle. Hier muss gerade auf internationaler Ebene die **Durchsetzbarkeit von intellektuellen Eigentumsrechten** verbessert werden.

In den vergangenen Jahren konnten beim **Abbau von Innovationshemmnissen** im Bereich von Regulierung und Bürokratie Erfolge erzielt werden. Dies hat sich u.a. auch in einer höheren Zahl von innovativen Chemieunternehmen niedergeschlagen. Dieser Weg sollte fortgesetzt werden. Gerade beim Einsatz neuer technologischer Lösungen für Energie-, Umwelt- und Rohstofffragen ergeben sich immer wieder Regulierungsanlässe und neue Anforderungen an Zulassungsverfahren. Diese sollten von Anfang an auf ihre positiven und negativen Innovationsanreize geprüft werden, um eine Balance zwischen notwendiger staatlicher Regulierung und den Chancen und Wachstumspotenzialen von Innovationen zu finden.

Der **Fachkräftemangel** hat jüngst als Innovationshemmnis in der Chemieindustrie wieder an Bedeutung gewonnen. Dies zeigt, dass selbst bei einer vergleichsweise bescheidenen FuE-Dynamik rasch die Grenzen des Fachkräfteangebots erreicht werden können – und zwar sowohl bei Akademikern als auch bei Absolventen der beruflichen Ausbildung. Die in den vergangenen Jahren wieder deutlich steigenden Studienanfängerzahlen treffen auf ein kaum erhöhtes Lehr- und Forschungspersonal an den deutschen Hochschulen. Um die nicht zu unterschätzende Rolle der Wissenschaft als Ausbildungs- und Forschungseinrichtung für eine innovationsorientierte Chemieindustrie zu sichern, sind zusätzliche Investitionen in Lehr- und Forschungskapazitäten sowie eine qualitativ hochwertige akademische Ausbildung sicherzustellen. Parallel dazu sind die **Wissens- und Technologietransferaktivitäten** zwischen Hochschulen, außeruniversitären Einrichtungen und Unternehmen auf dem erreichten hohen Niveau zu halten und weiterzuentwickeln – vor allem, um den unvermeidbaren Ressourcenengpässen bei Innovationskapital und -personal zu begegnen. Enge Kooperationsbeziehungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft waren immer ein Vorteil des deutschen Innovationssystems.

Ein starker Innovationsmotor Chemie ist schließlich auch darauf angewiesen, dass die Gesellschaft gegenüber den Chancen, die neue Technologien bieten, aufgeschlossen ist. Denn für die Lösung vieler der drängendsten globalen Probleme – vom Klimaschutz über die effiziente Ressourcennutzung bis hin zur Energieversorgung – erschließt der wissenschaftlich-technische Fortschritt in der Chemie zentrale Innovationsbeiträge. Voraussetzung für eine **Akzeptanz neuer Technologien** in der Bevölkerung ist zum einen eine gute naturwissenschaftliche Ausbildung, um eine sachorientierte und informierte Auseinandersetzung mit Wissenschaft und Technik zu ermöglichen. Zum anderen sind Wirtschaft, Wissenschaft und Politik gefordert, in einem offenen Dialog mit der Bevölkerung Potenziale und Grenzen neuer Technologien glaubwürdig darzustellen und zu diskutieren. Die vielfältigen Initiativen – von den einzelnen „Wissenschaftsjahren“ über Maßnahmen wie Biotech-Mobil und Nano-Mobil und der „Wissensfabrik“ bis hin zur Öffentlichkeitsarbeit von Wissenschaftseinrichtungen und Unternehmen – sind hierfür wichtige Ansatzpunkte.

Ein starker Innovationsmotor Chemie ist schließlich auch darauf angewiesen, dass die Gesellschaft gegenüber den Chancen, die neue Technologien bieten, aufgeschlossen ist. Denn für die Lösung vieler der drängendsten globalen Probleme – vom Klimaschutz über die effiziente Ressourcennutzung bis hin zur Energieversorgung – erschließt der wissenschaftlich-technische Fortschritt in der Chemie zentrale Innovationsbeiträge. Voraussetzung für eine **Akzeptanz neuer Technologien** in der Bevölkerung ist zum einen eine gute naturwissenschaftliche Ausbildung, um eine sachorientierte und informierte Auseinandersetzung mit Wissenschaft und Technik zu ermöglichen. Zum anderen sind Wirtschaft, Wissenschaft und Politik gefordert, in einem offenen Dialog mit der Bevölkerung Potenziale und Grenzen neuer Technologien glaubwürdig darzustellen und zu diskutieren. Die vielfältigen Initiativen – von den einzelnen „Wissenschaftsjahren“ über Maßnahmen wie Biotech-Mobil und Nano-Mobil und der „Wissensfabrik“ bis hin zur Öffentlichkeitsarbeit von Wissenschaftseinrichtungen und Unternehmen – sind hierfür wichtige Ansatzpunkte.

ZEW

Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH

L 7, 1 · D-68161 Mannheim
Postfach 10 34 43 · D-68034 Mannheim
Telefon +49 / (0) 621 / 12 35 - 01
Telefax +49 / (0) 621 / 12 35 - 224
Internet: www.zew.de, www.zew.eu
E-Mail: info@zew.de