

# **INNOVATIONSMOTOR**

## **Leistungen CHEMIE 2005** **und Herausforderungen**

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](mailto:rammer@zew.de)

# **INNOVATIONSMOTOR CHEMIE 2005**

**Leistungen  
und Herausforderungen**

**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, Oliver Heneric

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

Harald Legler

Mannheim und Hannover, April 2005



# Inhalt

0	Das Wichtigste in Kürze .....	1
1	Chemie als Impulsgeber für Innovationen .....	4
1.1	Die Chemieindustrie im deutschen Innovationssystem .....	4
1.2	Innovative Materialien aus der Chemieindustrie .....	5
1.3	Chemie als Impulsgeber für Innovationen in anderen Branchen .....	9
1.4	Bedeutung der Chemie für das deutsche Innovationssystem .....	13
2	Innovationskraft der chemischen Industrie .....	17
2.1	FuE-Aktivitäten der deutschen Chemieindustrie .....	17
2.2	Wissenschaft als Basis für Chemie-Innovationen .....	21
2.3	Innovationserfolge .....	26
2.4	Innovationswege, -hemmnisse und -potenziale .....	30
3	Herausforderungen für die deutsche Chemieindustrie .....	37
3.1	Neue Wachstumsmärkte und Globalisierung der Produktion .....	37
3.2	Exportwachstum und Importkonkurrenz .....	38
3.3	Preisdruck und Produktivitätssteigerungen .....	40
3.4	Abnehmende gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Chemieindustrie .....	42
3.5	Internationalisierung von FuE und zunehmender Technologiewettbewerb .....	43
3.6	Herausforderungen im Umweltschutz .....	46
3.7	Restrukturierung der Chemieunternehmen .....	46
3.8	Fazit .....	48
4	Stärkung des „Innovationsmotors Chemie“ .....	49
4.1	Innovationsfördernde Rahmenbedingungen .....	49
4.2	Abbau von Innovationshemmnissen .....	50
4.3	Sicherung der Zusammenarbeit mit der Wissenschaft .....	51
4.4	Bildung als Fundament für Innovation .....	52



## 0 Das Wichtigste in Kürze

### „Innovationsmotor Chemie“

- Die Chemieindustrie<sup>1</sup> nimmt eine **herausgehobene Position im deutschen Innovationssystem** ein: Als mit **Abstand wichtigster Lieferant von neuen Materialien** versorgt sie eine Vielzahl anderer Branchen mit Innovationsideen und ermöglicht neue Produkte und neue Verfahren in vielfältigen Anwendungsbereichen. Ohne die forschungsintensiven Vorleistungen der Chemie wären viele Innovationen nicht möglich.
- Die hohe Forschungsorientierung der Chemieindustrie ist das Fundament ihrer besonderen Stellung im Innovationssystem. Auf die **Chemie entfallen 9 % der gesamten Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) der deutschen Industrie**. Im Jahr 2003 wurden 4 Mrd. € für FuE bereitgestellt. 5 % der Umsatzerlöse der chemischen Industrie werden in FuE investiert. Der Anteil der regelmäßig FuE betreibenden Chemieunternehmen ist mit über 50 % mehr als doppelt so hoch wie im Industriedurchschnitt.
- Deutschland ist einer der wichtigsten FuE-Standorte der chemischen Industrie weltweit: **17 % der globalen Aufwendungen für industrielle chemische Forschung und Entwicklung werden in Deutschland ausgegeben**. Im Jahr 2002 kamen 21 % aller Patentanmeldungen in der Chemie von Erfindern aus Deutschland. Die Außenhandelsüberschüsse Deutschlands mit Chemiewaren – vor allem mit forschungsintensiven Produkten – sind beträchtlich.
- Gleichzeitig ist die **internationale Verflechtung** der deutschen Chemie besonders hoch: Im Jahr 2002 wurden 60 % der Produktion exportiert und über 50 % des Inlandsverbrauchs importiert. Die **deutschen Chemieunternehmen investieren jeden zweiten Euro im Ausland** – um Absatzpotenziale zu erschließen, aber auch um günstige Produktionsbedingungen zu nutzen.
- **Importkonkurrenz und Preisdruck nehmen laufend zu**. Der intensive Wettbewerb führt zu stagnierenden Erzeugerpreisen. Die Preise für Chemiewaren lagen 2003 insgesamt auf dem gleichen Niveau wie 1995. Dies führt zu Preisvorteilen für die Kunden der Chemieindustrie, erfordert aber gleichzeitig die konsequente Ausschöpfung von Produktivitätsreserven.
- Die chemische Industrie nutzt intensiv neue wissenschaftliche Erkenntnisse und setzt sie in neue Produkte und Verfahren um. Die qualitativ hochwertige Forschungsinfrastruktur und Ausbildung an den Hochschulen ist ein entscheidender Wettbewerbsfaktor für

den Chemiestandort Deutschland. Kaum eine andere Branche arbeitet so intensiv mit der Wissenschaft zusammen: Im Jahr 2003 unterhielten **44 % der innovierenden Chemieunternehmen Forschungsk Kooperationen mit Hochschulen**; in der Industrie insgesamt sind es nur knapp 27 % der Innovatoren.

- Die Chemie weist ein so breites Spektrum an Industriekunden auf wie keine andere Branche: **Fast 80 % des Gesamtabsatzes der chemischen Industrie gehen als Vorprodukte an Industrieunternehmen**. Die chemische Industrie ist damit eine der drei großen Schlüsselindustrien Deutschlands mit Querschnittsbedeutung für die gesamte Wirtschaft – neben dem Maschinen- und Anlagenbau und der Informationstechnik. Innovationen der Chemieindustrie strahlen in alle Industriebranchen aus.

### Ausstrahlung auf andere Branchen

- Die größte Bedeutung der Chemie als Innovationsmotor ergibt sich aus dem hohen Innovationsgehalt ihrer Vorleistungen. „Inkorporiert“ in den von anderen Branchen bezogenen Chemiewaren liefert die chemische Industrie auch 1,6 Mrd. € (2001) an FuE-Leistungen an die deutsche Wirtschaft. **Mit gut 10 % dieses branchenübergreifenden FuE-Transfers nimmt die chemische Industrie unter allen Branchen die Spitzenposition ein**. Betrachtet man nur die **inkorporierten FuE-Lieferungen an die Industrie**, beträgt der Anteil der Chemie **sogar 18 %**.
- Impulse für neue Industrieprodukte kommen oftmals von Kunden oder Lieferanten. Die chemische Industrie gibt unter allen Lieferanten die meisten Anstöße für neue Produkte: Im Jahr 2002 erzielten **andere Branchen**, die von der chemischen Industrie beliefert wurden, **mit „chemiegetriebenen“ Produktneuheiten einen Umsatz von gut 3,0 Mrd. €**. Auch als Kunde befördert die chemische Industrie die Entwicklung von Produktneuheiten in anderen Branchen. Sie **löste bei ihren Zulieferern Innovationsumsätze von etwa 2,9 Mrd. € im Jahr aus**. Der Gesamtumsatz in Deutschland **mit Produktneuheiten, die auf Innovationsimpulse aus der Chemie zurückgehen, belief sich 2002 auf 17½ Mrd. €**.
- Darüber hinaus ist die Wirkung der Chemie als Auslöser von Prozessinnovationen nicht zu unterschätzen: Jeder achte Euro, der in der Industrie aufgrund von **Verfahrensverbesserungen** durch Technologielieferungen eingespart werden konnte, geht auf das Konto der Chemie.

1 Herstellung von chemischen Produkten ausgenommen Pharmazeutika.

Umsatz mit Produktneuheiten durch Innovationsimpulse aus der Chemie		
	Mrd. € (2002)	Anteil der Chemie am branchenübergreifenden Innovationstransfer
Innovationsumsatz in der Chemie aufgrund eigener FuE	11,6	./.
Innovationsumsatz in anderen Branchen, der von der Chemie als Innovationslieferant angestoßen wurde	3,0	15,4 %
Innovationsumsatz in anderen Branchen, der von der Chemie als Innovations-Kunde angestoßen wurde	2,9	3,9 %
<b>Summe</b>	<b>17,5</b>	<b>./.</b>

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

Das ist Platz 3 hinter dem Maschinenbau und der Elektronik. Auf Basis von Chemie-Impulsen konnten 2002 andere Branchen rund **1,75 Mrd. € an Kosten einsparen**. Insgesamt werden in Deutschland mit „chemiegetriebenen“ Prozessinnovationen Kosten in Höhe von **11½ Mrd. € jährlich eingespart**.

- Als Materiallieferant auf international offenen Märkten ist die chemische Industrie einem starken Preiswettbewerb ausgesetzt. Durch den Einsatz effizienterer Produktionsverfahren gelingt es ihr, die Herstellungskosten immer wieder zu senken. Die in der Tendenz **fallenden Preise für Chemieprodukte** sind für die Abnehmer der Chemie ein wichtiger Innovationstreiber: Sie eröffnen neue Einsatzmöglichkeiten und fördern die rasche Diffusion neuer Produkte, indem sie die Preise der Endprodukte niedrig halten. Preissenkungen durch die Chemie tragen somit zur Ausbreitung von Produktinnovationen in anderen Branchen bei.

### Herausforderungen für den „Innovationsmotor Chemie“

Ein **starker Chemiestandort** ist für die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands von **zentraler Bedeutung**. Die Innovationskraft vieler Branchen – auch der exportstarken Zweige wie Automobilindustrie, Maschinenbau und

Nachrichtentechnik – basiert unter anderem auf der raschen Nutzung neuer Werkstoffe aus der Chemie. Innovationsimpulse entstehen dabei oft erst durch die direkte Zusammenarbeit zwischen Lieferanten und Kunden. Es ist daher nicht gleichgültig, ob Vorprodukte aus der Chemie in Deutschland von Chemieunternehmen kundengerecht in Kooperation mit den Abnehmern produziert oder als „Commodities“ am Weltmarkt bezogen werden.

In den 90er Jahren hat in Deutschland die wirtschaftliche Dynamik der chemischen Industrie nachgelassen, und auch Anfang des neuen Jahrtausends blieb die Entwicklung verhalten: Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung sind hinter der gesamten Industrie zurückgeblieben, und die Investitionstätigkeit im Inland – vor allem die FuE-Aufwendungen – stagniert real seit zehn Jahren. Die deutsche chemische Industrie sieht sich heute mehreren Herausforderungen gleichzeitig gegenüber:

- Die weltweite Dynamik in der Chemieindustrie – sowohl was die Produktion als auch was die Nachfrage nach Chemiewaren betrifft – verschiebt sich **zugunsten Asiens und Amerikas**. Die deutsche Chemieindustrie folgt durch Auslandsinvestitionen konsequent dieser Marktdynamik. Die Kehrseite sind stagnierende Investitionen an den Standorten in Europa.
- Neue Märkte treiben die **Exporte** an. Sie führen aber auch zu einer **verstärkten Importkonkurrenz**. Gerade dort, wo die Investitionen in den Heimatstandort ausgeblieben sind, können Importprodukte rasch Marktanteile gewinnen.

Kosteneinsparungen mit Prozessinnovationen durch Innovationsimpulse aus der Chemie		
	Mrd. € (2002)	Anteil der Chemie am branchenübergreifenden Innovationstransfer
Kosteneinsparungen in der Chemie aufgrund eigener FuE	9,4	./.
Kosteneinsparungen in anderen Branchen, die von der Chemie als Innovationslieferant angestoßen wurden	1,75	13,6 %
Kosteneinsparungen in anderen Branchen, die von der Chemie als Innovations-Kunde angestoßen wurden	0,45	4,2 %
<b>Summe</b>	<b>11,6</b>	<b>./.</b>

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

teile gewinnen. Die Weltmarktposition Deutschlands im Handel mit Chemiewaren verschlechtert sich von einer starken Stellung aus sukzessive.

- Die Internationalisierung führt auch zu **neuen Wettbewerbern im Technologiemarkt**. Asiatische und osteuropäische Hersteller sind in den vergangenen zehn Jahren zu bedeutenderen Technologieproduzenten geworden. So stammen 10 % der Zunahme an Patentanmeldungen in der Chemie zwischen 1991 und 2002 aus China, Korea und Indien.
- Der Preisdruck erfordert laufend Anstrengungen zur Verbesserung der Produktionsprozesse. Der deutschen Chemieindustrie ist dies in den vergangenen Jahren gut gelungen: Zwischen 1991 und 2000 konnte die Produktionsmenge je Beschäftigten verdoppelt werden. Der **Produktivitätsanstieg ist damit fast doppelt so hoch wie in der Industrie insgesamt**. Dies sichert die Wettbewerbsfähigkeit auf den Märkten, führt aber zu einem kontinuierlichen Rückgang der Beschäftigung.
- Der Umbau von integrierten Chemiekonzernen, die Fokussierung auf Kernkompetenzen und der Marktzutritt von finanzstarken Unternehmen der Erdölindustrie haben die Wettbewerbsverhältnisse in der Chemie in den vergangenen zehn Jahren stark verändert. Die deutschen Chemiekonzerne konnten sich bislang **in dem neuen Umfeld gut behaupten**. Mit dem starken Wachstum von Unternehmen aus den aufstrebenden asiatischen Schwellenländern kommen jedoch neue Herausforderungen auf sie zu.

Damit der Innovationsmotor Chemie auch in Zukunft rund läuft, sind Industrie und Politik gleichermaßen gefordert:

- **Innovationsfreundliche Rahmenbedingungen:** Wirtschaftliche Dynamik, eine breite industrielle Basis, hoher Wettbewerb, ein ausreichendes Fachkräfteangebot, finanzielle Anreize für FuE-Aktivitäten von KMU, ein „Innovationscheck“ aller wirtschaftsrelevanten Regulierungen und ein effizientes Patentsystem sind einige der wichtigsten Voraussetzungen, damit Unternehmen in Innovationen investieren.
- **Abbau konkreter Innovationshemmnisse:** Einige Regulierungsbereiche behindern Innovationsaktivitäten in der Chemieindustrie, aber auch in anderen Branchen. REACH, die Biozid-Produkte-Richtlinie und das Gentechnikgesetz sind drei konkrete Regulierungsvorhaben, deren Effekte auf Innovationen sorgfältig geprüft werden sollten.
- **Ausweitung der FuE-Anstrengungen:** Die Ausweitung der Mittel für FuE und Innovationen ist Aufgabe der Unternehmen. Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Chemieindustrie kann nur über neue Produkte und effizientere Produktionsverfahren gesichert werden. Verbesserungen in den Rahmenbedingungen für FuE und Innovationen müssen von den Unternehmen genutzt werden, wieder mehr Mittel für diese Zukunftsinvestitionen bereitzustellen.
- **Stärkung der wissenschaftlichen Chemieforschung:** Die Kapazitäten für wissenschaftliche Forschung in der Chemie in Deutschland müssen weiter ausgeweitet werden. Der starke Einschnitt im Lehr- und Forschungspersonal der Chemie an deutschen Hochschulen von 1995 bis 2000 macht sich heute bereits in rückläufigen Publikationsanteilen Deutschlands bemerkbar. Keine andere Branche ist so auf die Interaktion mit der Wissenschaft angewiesen wie die Chemie. Eine starke Chemieindustrie benötigt eine leistungsfähige Wissenschaft als Partner.
- **Verbesserung der Kooperation Unternehmen-Wissenschaft:** Für eine enge Zusammenarbeit braucht es ein entsprechendes Anreizsystem in der Wissenschaft. Eine „Forschungsprämie“ für wissenschaftliche Institute im Fall der Einwerbung von Wirtschaftsdrittmitteln ist hierfür ein geeignetes Instrument. Zu achten ist darauf, dass kleine, forschende Unternehmen und akademische Startups dabei nicht benachteiligt werden. Der Wissens- und Technologietransfer muss aber auch in Evaluierungen von wissenschaftlichen Einrichtungen adäquat berücksichtigt werden.
- **Bildung als Fundament für Innovation:** Die naturwissenschaftliche Ausbildung an Schulen muss gestärkt und stärker praxisorientiert werden, damit den Schülern jene Kenntnisse vermittelt werden, die sie als Erwachsene für informierte Entscheidungen benötigen. Lehrerfortbildung ist dafür ein wichtiger Schritt. Die Qualität des Hochschulstudiums muss auch nach einer Umstellung auf Bachelor- und Masterstudiengänge in vollem Umfang gesichert werden. Dem mittelfristig stark wachsenden Bedarf an hoch Qualifizierten ist durch ein flexibleres Einwanderungsrecht zu begegnen.

# 1 Chemie als Impulsgeber für Innovationen

## 1.1 Die Chemieindustrie im deutschen Innovationssystem

Die chemische Industrie<sup>2</sup> gehört im Jahr 2003 mit 325.000 Beschäftigten und einem Umsatz aus eigener Erzeugung von 85 Mrd. € (davon über die Hälfte im Ausland abgesetzt, nämlich 45 Mrd. €) zu den größten Industriezweigen in Deutschland. Sie beansprucht aber auch die natürlichen Ressourcen (Primärenergie, Rohstoffe und Umwelt) recht stark und hat von daher im internationalen Standortwettbewerb aus deutscher Sicht gewisse Nachteile. Sie gleicht dies jedoch durch hohe Innovationskraft, den Rückgriff auf Wissenschaft und Forschung, hohe eigene FuE-Anstrengungen sowie den Einsatz von hoch qualifiziertem Personal mehr als aus. Die chemische Industrie spielt für das deutsche Innovationssystem aus mehreren Gründen eine **zentrale Rolle**:

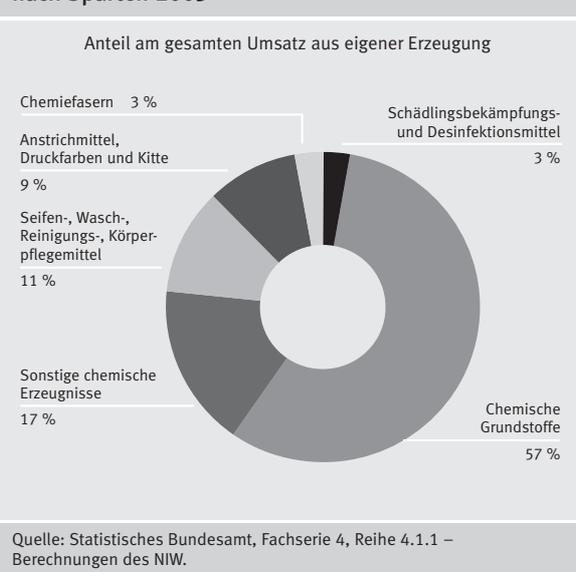
- Die Chemieindustrie ist eine der **Stützen von FuE** in der deutschen Wirtschaft: Mit Gesamtaufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) von 4,05 Mrd. € im Jahr 2003 (ohne Pharma) stellt sie knapp 9 % der gesamten FuE in der deutschen Wirtschaft. Rund 27.000 Personen waren 2003 in der Chemieindustrie mit FuE befasst. Die Chemie nimmt hinter dem Automobilbau und fast gleichauf mit dem Maschinenbau und der Elektronik/Medientechnik den vierten Platz in der FuE-Rangliste Deutschlands ein (vgl. Abschnitt 2.1).
- Der **Chemiestandort Deutschland** ist gleichzeitig eines der **weltweit führenden Zentren für Innovationen** in der Chemie: Rund 17 % der weltweiten FuE-Ressourcen in der Chemieindustrie befinden sich in Deutschland, 21 % aller Patentanmeldungen in der Chemie stammen von Erfindern aus Deutschland. Die Forschungsorientierung der deutschen Chemieindustrie liegt mit einem FuE-Anteil am Umsatz von 5 % deutlich über dem weltweiten Branchendurchschnitt von 3,8 %. Die chemische Industrie Deutschlands ist somit im internationalen Vergleich ein besonders innovationsträchtiger Partner für andere Branchen, wenn es um die Entwicklung neuer Produkte oder Verfahren geht.
- Im System der Lieferbeziehungen zwischen Branchen kommt der Chemie eine exponierte Stellung zu: Sie ist nicht nur einer der *quantitativ* wichtigsten Lieferanten von Materialien und Vorprodukten, vor allem ist sie die mit Abstand forschungsintensivste Branche unter den Materialherstellern und somit auch *qualitativ* von her-

ausragender Bedeutung. Die chemische Industrie stellt über die Lieferung ihrer Produkte anderen Branchen FuE-Vorleistungen zur Verfügung, die dort Grundlage für Innovationen sind.

- Gleichzeitig versorgt die Chemieindustrie ein **sehr breites Spektrum an Branchen**. Einzig die Hersteller von Querschnittstechnologien wie Maschinen, Software und Informations- und Kommunikationstechnologien erreichen ein so breit gestreutes Abnehmerspektrum wie die Chemie. Es gibt keine Branche des Produktionssektors (inklusive Landwirtschaft und Baugewerbe), die nicht im nennenswerten Umfang Chemiewaren einsetzt und weiterverarbeitet.
- Die Chemieindustrie ist ein zentrales **Bindeglied zwischen Wissenschaft und Innovation** in Deutschland und setzt neue wissenschaftliche Erkenntnisse in neue Produkte um. Wenige andere Branchen pflegen ein so enges Verhältnis zur wissenschaftlichen Forschung wie die Chemie (vgl. Abschnitt 2.2).

Das Zusammenspiel von hoher Innovationskraft, starker Wissenschaftsorientierung, wichtigstem Materiallieferanten für FuE-intensive Waren und starker Breitenwirkung ist das „Alleinstellungsmerkmal“ der Chemie im deutschen Innovationssystem. In diesem Zusammenhang ist auch der Ausdruck „**Innovationsmotor Chemie**“ gerechtfertigt: Die Chemie-

**Abb. 1-1: Struktur der deutschen Chemieindustrie nach Sparten 2003**



<sup>2</sup> Die Chemieindustrie wird in dieser Studie durch Unternehmen abgegrenzt, die **chemische Produkte und Erzeugnisse im engeren Sinne** herstellen. Ausgenommen sind daher Arzneimittel und deren Vorprodukte, denn die Rahmenbedingungen für Wissenschaft, Forschung, Innovationen und Vermarktung sind in der Arzneimittelindustrie grundverschieden von denen in der übrigen chemischen Industrie. In der Sprache der amtlichen Statistik umfasst die Chemieindustrie in dieser Studie die Wirtschaftszweige der WZ 24 exklusive WZ 24.4.

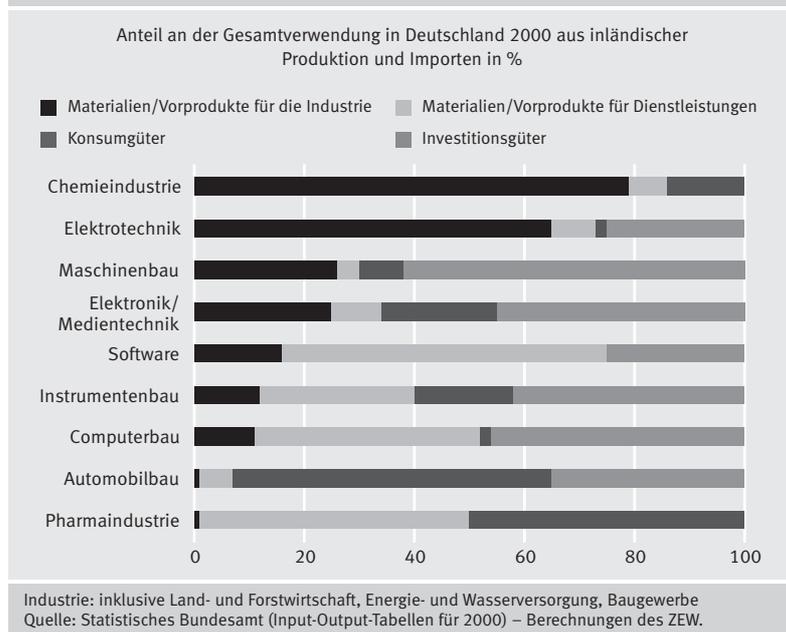
industrie bringt über eigene Forschung, die Kooperation mit der Wissenschaft und eine breite Ausrichtung auf viele unterschiedliche Abnehmerbranchen neue Produkte hervor, die Grundlage für Innovationen in anderen Wirtschaftszweigen und Anwendungsgebieten sind. Dies wird im Folgenden dargelegt.

Die besondere Bedeutung der Chemieindustrie im Innovationssystem rührt aus ihrer **Vorleistungsfunktion** für andere Branchen: In der Chemie werden neue Materialien und Komponenten entwickelt, die die materielle Grundlage der Produktion in anderen Sektoren bilden. **Neue Materialeigenschaften** ermöglichen neue Funktionalitäten und Einsatzbereiche von Produkten. Sie erlauben aber oftmals auch eine effizientere, umweltfreundlichere und kostengünstigere Produktion. Innovationen der Chemie stimulieren somit die Innovationsaktivitäten der Kunden der Chemie, sowohl auf der Produkt- wie auf der Prozessseite.

Fundament für diese Funktion im Innovationssystem ist die breite Produktpalette der Chemieindustrie, die eine große Vielfalt an chemischen Stoffen und chemiebasierten Materialien umfasst (Abb. 1-1):

- Die **Grundstoffchemie** produziert Industriegase (wichtige Abnehmer sind die Metallindustrie und die Chemie selbst), Farbstoffe und Pigmente, Anorganika und Organika (jeweils überwiegend zur Weiterverarbeitung in der übrigen chemischen Industrie), Primärkunststoffe (Kunststoffverarbeitung), Synthesekautschuk (Gummi- und Reifenindustrie). Chemiefasern (Textil, Bekleidung, technische Verwendung) und etherische Öle (Nahrungs- und Pflegemittel).
- **Agrarchemikalien** (Dünger sowie Schädlingsbekämpfung- und Pflanzenschutzmittel) werden in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt.
- **Farben und Anstrichmittel** reagieren in ihren Wachstumsaussichten besonders empfindlich auf Veränderungen der Bau- und Autokonjunktur.
- **Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Pflegemittel** dienen Gesundheit, Umwelt und dem privaten Konsum.
- **Fotochemie sowie Ton-, Bild- und Datenträger** sind eng mit der technologischen Entwicklung in der IuK-Technik verknüpft.
- **Klebstoffe, Gelatine und pyrotechnische Erzeugnisse** sowie eine breite Palette „sonstiger“ chemischer Erzeugnisse<sup>3</sup> finden verschiedenartige Verwendung als Zwischen- oder Endprodukte im Industrie- und Dienst-

**Abb. 1-2: Verwendung von Gütern aus forschungsintensiven Wirtschaftszweigen in Deutschland**



leistungsbereich sowie für private oder militärische Zwecke.

Fast 80 % der in Deutschland verwendeten Chemieprodukte dienen als Materialien und Vorprodukte für Produktionsprozesse in anderen Industriebranchen (Abb. 1-2).<sup>4</sup> Unter den forschungsintensiven Wirtschaftszweigen reicht einzig die Elektrotechnik mit einer Quote von 65 % an die Bedeutung der **Chemie als Materiallieferant** heran. Vorleistungen für Dienstleistungsunternehmen (inkl. Handel) spielen unter den Chemieprodukten dagegen eine untergeordnete Rolle.

Im Gegensatz zu den anderen forschungsintensiven Branchen tritt die Chemieindustrie als Lieferant von Investitionsgütern (Prozesstechnologie) gar nicht in Erscheinung. Die Verwendungsstruktur der Produktion macht auch deutlich, wie wichtig eine Trennung zwischen der Chemieindustrie und der Pharmaindustrie ist, wenn es um die Wirkung von Innovationen auf andere Branchen geht: Während die Chemie vorrangig auf **Industriekunden** ausgerichtet ist, finden Pharmaprodukte in erster Linie als Konsumgüter und Vorprodukte für Dienstleistungen (Gesundheitswesen) Verwendung.

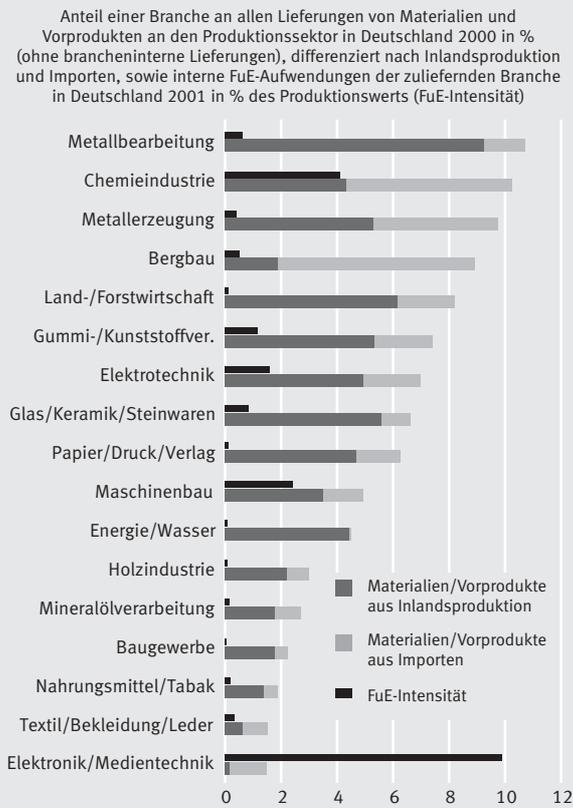
## 1.2 Innovative Materialien aus der Chemieindustrie

Gut 10 % des gesamten **Material- und Vorproduktebedarfs** der deutschen Industrie (Bezug aus inländischer

<sup>3</sup> Hierzu gehören u. a. Tinte, Tusche, Schmiermittel, Additive, Hydraulikflüssigkeiten und Gefrierschutzmittel, aber auch die verschiedensten Diagnostika und Laborreagenzien.

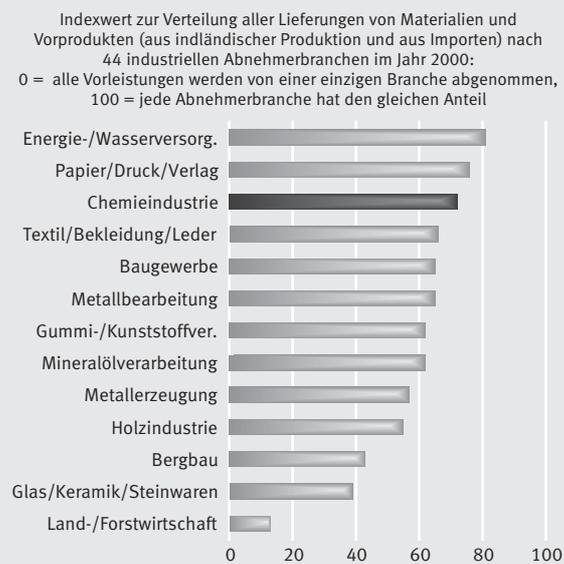
<sup>4</sup> Aus inländischer Produktion und aus Importen. Hierbei sind die brancheninternen Lieferungen herausgerechnet, da diese von Branche zu Branche sehr unterschiedlich sind und im Wesentlichen durch die Form der industriellen Arbeitsteilung innerhalb einer Branche bestimmt werden.

**Abb. 1-3: Bezug von Materialien/Vorprodukten\* durch den Produktionssektor und FuE-Intensität der zuliefernden Branchen**



\* ohne Lieferungen von Investitionsgütern – Lieferungen des Maschinenbaus und der Elektronik/Nachrichtentechnik umfassen somit nur Vorleistungsprodukte (z.B. Maschinenteile, Speicherchips)  
 Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Tabellen für 2000), Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (FuE-Erhebung 2001) – Berechnungen des ZEW.

**Abb. 1-4: Breite der Abnehmerstruktur der Lieferanten von Materialien/Rohstoffen/Vorprodukten**



Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Tabellen für 2000) – Berechnungen des ZEW.

Produktion plus Importen, ohne brancheninterne Lieferungen und ohne den Bezug von Investitionsgütern und Dienstleistungen) stammen aus der Chemie (Abb. 1-3).<sup>5</sup> Damit sind Chemieprodukte die **quantitativ zweitwichtigste Materialgrundlage** für die deutsche Wirtschaft, knapp hinter der Gruppe der Metallwaren. In drei Punkten unterscheidet sich die Chemie von den meisten anderen Materiallieferanten deutlich:

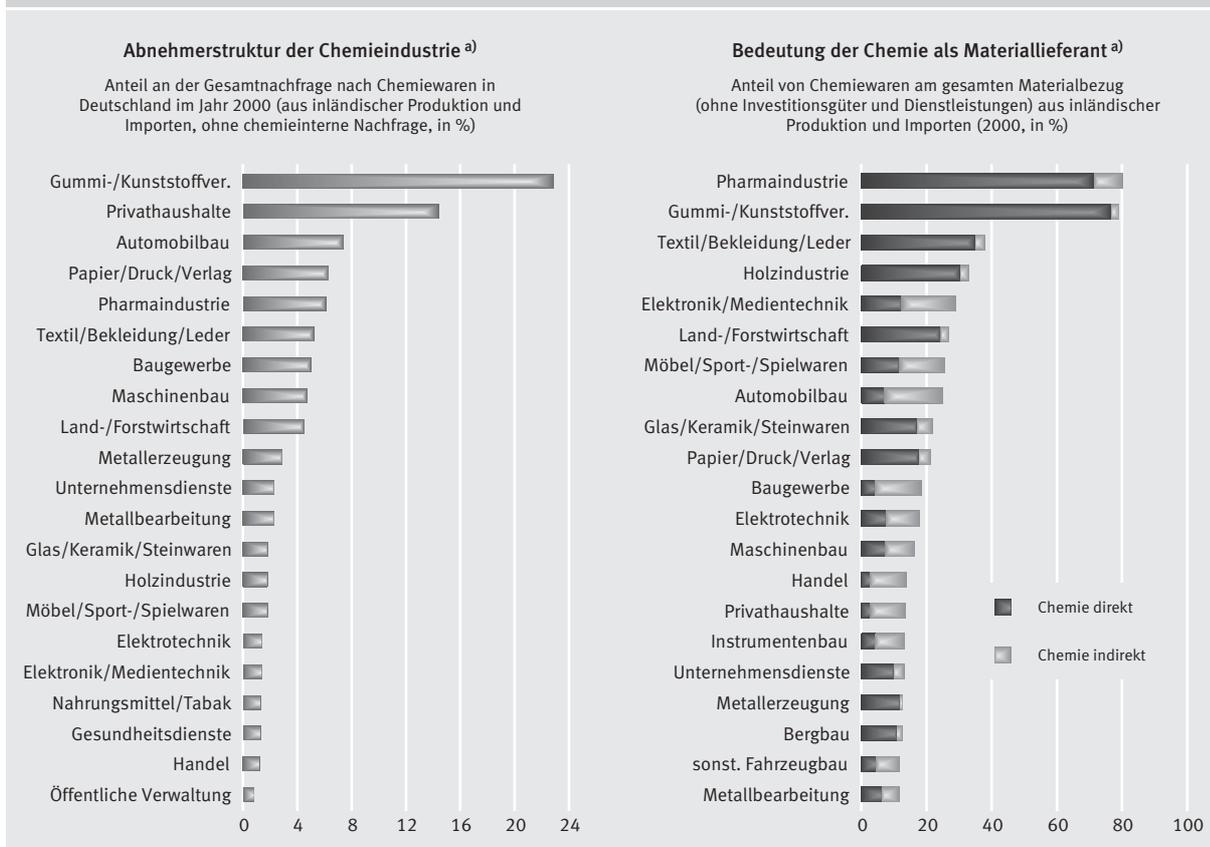
- Erstens ist die FuE-Intensität der Chemieindustrie deutlich höher als die der anderen quantitativ bedeutenden Materiallieferanten. Der Herstellerpreis von Chemiewaren aus inländischer Produktion beinhaltet im Schnitt 4 % an FuE-Kosten. Alle anderen klassischen Materiallieferanten – Metallindustrie, Gummi- und Kunststoffverarbeitung, Glas-, Keramik- und Steinwarenindustrie, Papierindustrie, Textilindustrie, Holzindustrie und der Energiesektor – erreichen kaum die 1%-Marke. Die Chemie ist somit der **wichtigste Lieferant** an forschungsintensiven, das heißt gleichzeitig: **besonders innovativen Materialien**.
- Zweitens ist der **Bezug von Chemiewaren** durch andere Industriebranchen so **stark internationalisiert** wie in keiner anderen Lieferantenbranche, vom Bergbau einmal abgesehen. Über die Hälfte der in der deutschen Industrie verwendeten Chemiewaren stammt aus ausländischer Produktion. Auch für die aus dem Ausland bezogenen Chemieprodukte gilt, dass sie im Schnitt deutlich forschungsintensiver hergestellt werden als Produkte anderer Materiallieferanten.
- Drittens versorgt die Chemie alle Produktionszweige mit innovativen Materialien. Eine ähnlich **breite Ausstrahlung** weisen von den Branchen, die Materialien, Rohstoffe oder Vorprodukte an die Industrie liefern, nur noch die Energieversorgung und die Papier- und Druckindustrie auf (Abb. 1-4). Es gibt keinen Verarbeitungssektor, der nicht in nennenswertem Umfang Chemieprodukte einsetzt.

Nimmt man den Gesamtverbrauch von Chemiewaren in Deutschland zusammen, so ist der quantitativ **größte Abnehmer** die gummi- und kunststoffverarbeitende Industrie, gefolgt von den privaten Haushalten (vor allem über die Nachfrage nach Reinigungs- und Pflegemitteln), dem Automobilbau, der Papier- und Druckindustrie, der Pharmaindustrie, dem Textil-, Bekleidungs- und Ledergewerbe und dem Baugewerbe (Abb. 1-5). Aber auch zahlreiche andere Wirtschaftszweige – Maschinenbau, Land- und Forstwirtschaft, Metallerzeugung, Unternehmensdienste (Reinigung), Metallbearbeitung, Glas- und Keramikindustrie, Holzindustrie, Möbel-, Sport- und Spielwarenindustrie, Elektrotechnik, Elektronik – setzen eine beträchtliche Menge an Chemieprodukten – oft mit hohem Innovationsgehalt – ein.

In einzelnen Branchen dominiert die Chemieindustrie als Materiallieferant ganz klar, so beziehen die Pharmaindustrie

5 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.

Abb. 1-5: Abnehmerbranchen von Chemiewaren in Deutschland und Bedeutung der Chemie als Materiallieferant



a) ohne brancheninterne Materiallieferungen; „Chemie indirekt“: Lieferung von Gummi- und Kunststoffwaren sowie von Textilien  
Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Tabellen für 2000) – Berechnungen des ZEW.

und die Gummi-/Kunststoffverarbeitung 80 % ihrer Materialien und Vorprodukte aus der Chemie (Abb. 1-5). Die Technologiebranchen Elektroindustrie, Fahrzeugbau, Maschinenbau und Instrumentenbau decken zwar nur zwischen 4 und 12 % 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 und in der Elektronik/Medientechnik einen Anteil von 25 bis 30 % an den gesamten Materialbezügen. Viele der chemischen Produkte finden sich in Kunststoffen für Elektronik, Fahrzeuginnenausstattungen, Tankbehältern, Beleuchtungsteilen oder Chemiefasern wieder.

Die Bedeutung der Chemie als Lieferant von innovativen Vorprodukten kann näherungsweise durch die Höhe der FuE-Aufwendungen, die im Durchschnitt in den gelieferten Produkten der einzelnen Branchen beinhaltet sind, ermittelt werden.<sup>6</sup> Im Jahr 2001 erhielt die deutsche **Industrie** vermittelt über die Lieferung von Materialien, Dienstleistungen

und Investitionsgütern aus anderen Branchen rund 8,4 Mrd. € „inkorporierte“ FuE.<sup>7</sup> Hiervon stammen rund 5,6 Mrd. € aus inländischer Produktion und rund 2,8 Mrd. € aus Importen. Aus der Chemieindustrie kommen 18 % dieser „inkorporierten FuE“ (Abb. 1-6).

**Chemiewaren** nehmen damit klar die **Spitzenposition als indirekte FuE-Lieferanten an die Industrie** ein, deutlich vor Produkten des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und der Elektronik/Medientechnik. Von den rund 1,5 Mrd. € an inkorporierter FuE aus der Chemie stammen 58 % aus inländischer Produktion, 42 % sind in importierten Chemiewaren enthalten.

Im **Dienstleistungsbereich**, der im Jahr 2001 rund 7,6 Mrd. € an inkorporierter FuE erhielt, ist die Chemie von untergeordneter Bedeutung (knapp 2 % aller FuE-Inputs). Dies gilt auch für andere Technologielieferanten innerhalb der Industrie, wie den Maschinenbau oder die Elektrotechnik. Die wichtigsten über Vorleistungsbeziehungen übertragenen FuE-Inputs erhalten Dienstleistungen vom Fahrzeugbau, von der Informationstechnik (Elektronik/Medientechnik, Com-

<sup>6</sup> Diese Rechnung ist allerdings nur überschlagsmäßig, da mit dem durchschnittlichen FuE-Gehalt von Produkten gerechnet wird. Bei den inländischen Lieferungen ist zu vermuten, dass der durchschnittliche FuE-Gehalt der Exporte tendenziell höher ist als derjenige von im Inland verwendeten Produkten. Bei den importierten Lieferungen wird der durchschnittliche FuE-Gehalt der Güter einer Branche im Mittel der größeren OECD-Länder herangezogen. Tatsächlich unterscheidet sich dieser aber je nach Bezugsland und Zusammensetzung der Chemieimporte deutlich. Mangels Daten kann eine detailliertere Berechnung jedoch nicht vorgenommen werden.

<sup>7</sup> Brancheninterne Lieferbeziehungen sind hier nicht berücksichtigt.

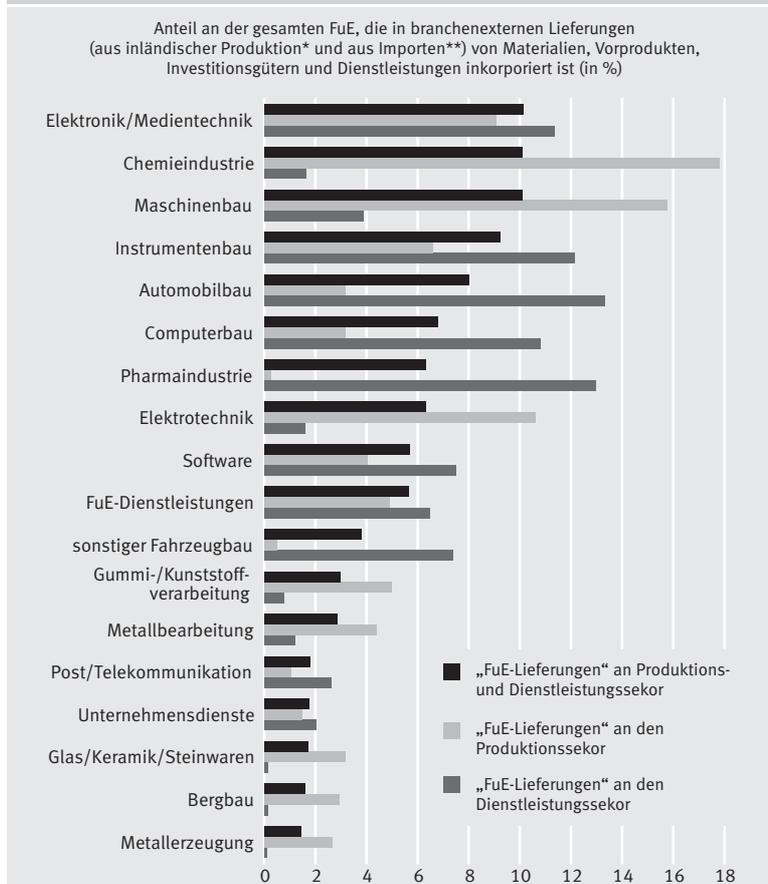
puter/Software), der Pharmabranche und dem Instrumentenbau (z.B. Medizintechnik, Sicherheitstechnik). Umgelegt auf die **Gesamtwirtschaft** – also Industrie plus Dienstleistungen – ist der Anteil der Chemie an der gesamten inkorporierten FuE mit gut 10 % beträchtlich. Die Chemieindustrie liegt auch in der Gesamtbetrachtung über alle Wirtschaftssektoren gleichauf mit Elektronik/Medientechnik und Maschinenbau **an der ersten Position der FuE-Lieferanten**.

Von den 3,65 Mrd. € an internen FuE-Aufwendungen der Chemie im Jahr 2001 wurden rund 0,95 Mrd. € auf diesem indirekten Weg anderen Branchen in Deutschland bereitgestellt. Der ganz überwiegende Teil davon – über 0,85 Mrd. € – entfiel auf Industriebranchen. In Konsumgütern (z. B. Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika) finden sich etwa 0,25 Mrd. €. Die hohe Exportorientierung der Chemieindustrie bedeutet aber auch, dass knapp 2,3 Mrd. € an FuE über Chemieprodukte exportiert werden.<sup>8</sup> Dieser intensive „internationale Technologietransfer“ ist auch für andere forschungsintensive Industriezweige Deutschlands typisch. So kommen auch der Automobilbau, die Elektronik/Nachrichtentechnik, der sonstige Fahrzeugbau und die Pharmaindustrie auf Quoten von rund 65 % an in den Exporten enthaltener inkorporierter FuE.

Seit Mitte der 90er Jahre hat allerdings das **Gewicht der Chemie als FuE-Vorleister** sowohl innerhalb der Industrie als auch gesamtwirtschaftlich betrachtet **deutlich abgenommen** (Abb. 1-7). 1995 stammten noch 23½ % der „inkorporierten“ FuE-Lieferungen an die Industrie aus der Chemie, d. h. 5½ %-Punkte mehr als 2001. Gesamtwirtschaftlich reduzierte sich das Gewicht der Chemiewaren am gesamten über den Güterbezug stattfindenden FuE-Transfer zwischen Branchen von 13,8 auf 10,3 %, d. h. um 3½ %-Punkte. Drei Trends bestimmen diese Entwicklung:

- Die **Dynamik der FuE-Ausgaben** der chemischen Industrie **blieb** im „FuE-Aufschwung“ der Jahre 1995 bis 2001 deutlich hinter der anderer Branchen **zurück**, und zwar sowohl in Deutschland wie auch in anderen Ländern (vgl. Abschnitt 2.1). Mit dem verringerten Gewicht an der gesamten industriellen FuE muss sich notwendigerweise auch das Gewicht der in den gesamten Güterlieferungen enthaltenen FuE verringern.
- Ein **steigender Anteil** der in Deutschland nachgefragten **Chemiewaren wird importiert**. Da importierte Chemiewaren im Schnitt einen geringeren FuE-Gehalt auf-

**Abb. 1-6: „Inkorporierte FuE“: Übertragung von FuE an andere Branchen im Jahr 2001 in Deutschland**



\* auf Basis der Input-Output-Tabelle für 2000.

\*\* FuE-Gehalt der Importe auf Basis der durchschnittlichen sektoralen FuE-Intensität von 13 OECD-Ländern (ohne Deutschland) im Jahr 2000 berechnet.

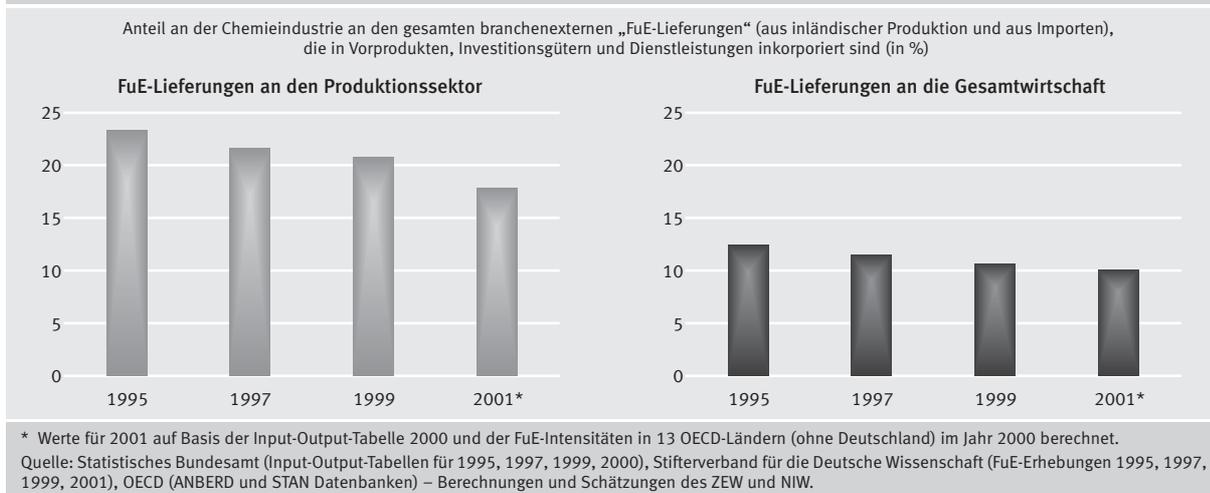
Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Tabellen für 2000), Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (FuE-Erhebung 2001), OECD (ANBERD und STAN Datenbanken) – Berechnungen und Schätzungen des ZEW und NIW

weisen als in Deutschland hergestellte – was ein Spiegelbild der höheren FuE-Intensität der deutschen Chemieindustrie im Vergleich zur Welt-Chemieindustrie ist (vgl. Abb. 2-5) –, reduziert sich dadurch der durchschnittliche FuE-Gehalt von in Deutschland eingesetzten Produkten der chemischen Industrie.

- Die **wirtschaftliche Dynamik in den wichtigsten Abnehmerbranchen** der Chemie war in Deutschland im betrachteten Zeitraum meist **niedriger** als im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt. Baugewerbe, Kunststoffverarbeitung, Textil- und Bekleidungsgewerbe, Papier- und Druckindustrie oder Land- und Forstwirtschaft weiteten ihre Güternachfrage zwischen 1995 und 2001 kaum aus oder verringerten sie sogar. Einzig die Automobilindustrie als wichtiger Nachfrager von Chemiewaren schert aus diesem Muster aus. Das Wachstum der deutschen Wirtschaft verschob sich im vergangenen Jahrzehnt weiter zugunsten der wissensintensiven Dienstleistungssektoren (EDV, Unternehmensdienste, Finanzdienstleis-

8 Der Rest von 0,15 Mrd. € geht auf Vorratsveränderungen zurück.

**Abb. 1-7: Anteil von Chemiewaren an den gesamten in Vorleistungen und Investitionsgütern enthaltenen FuE-Lieferungen 1995 bis 2001 in Deutschland**



tungen, Transport, Großhandel) und der Informationstechnik. Die Chemie spielt für diese Branchen als Lieferant kaum eine Rolle. So konnten jene Branchen, die den Dienstleistungssektor mit forschungsintensiven Gütern versorgen – z. B. Software, Instrumentenbau, Computerbau – ihr Gewicht innerhalb der „inkorporierten“ FuE-Transfers zwischen Branchen deutlich erhöhen.

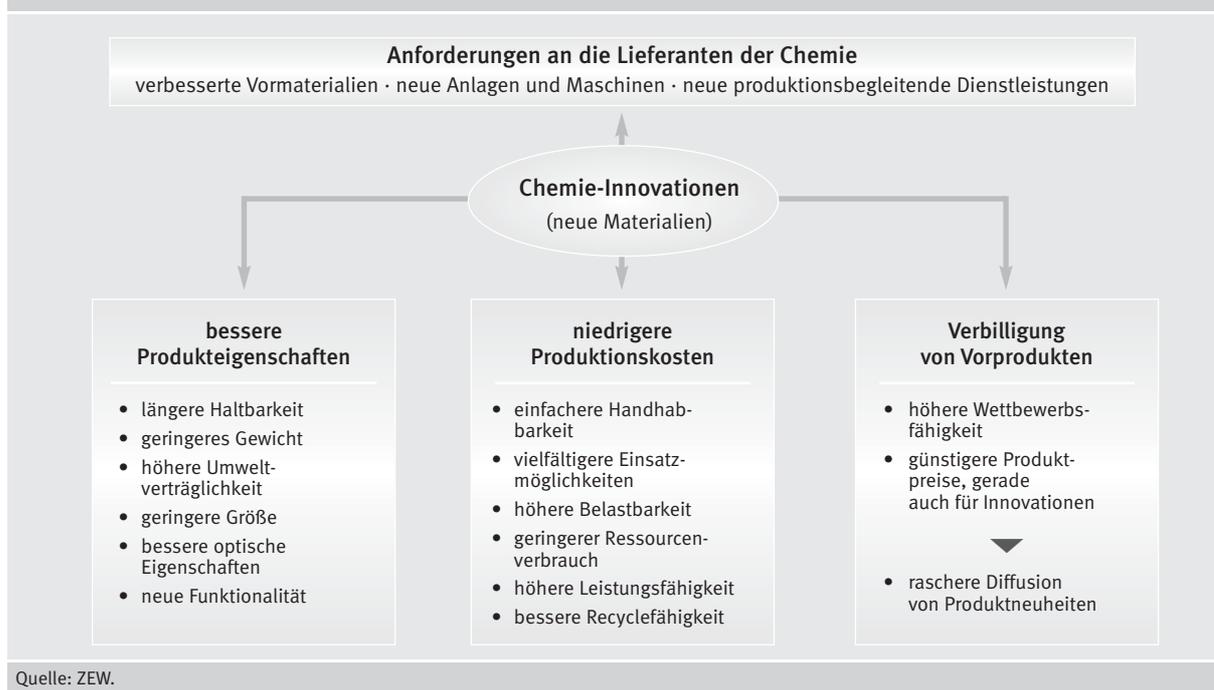
### 1.3 Chemie als Impulsgeber für Innovationen in anderen Branchen

Die Lieferung von neuen Materialien an andere Branche ist oftmals Voraussetzung für Innovationen in den Kundensektoren der Chemieindustrie. Die **Wirkung von Chemie-Innovationen** auf die Innovationstätigkeit in anderen Branchen ist vielfältig (Abb. 1-8):

- **Neue Werkstoffe für neue Produkte:** Produktinnovationen bieten durch eine neue Funktionalität und eine verbesserte Performance gegenüber Vorgängerprodukten zusätzlichen Nutzen. Dies gilt für Investitionsgüter (z. B. Maschinen, Computer) gleichermaßen wie für Konsumgüter (z. B. Autos, Telekommunikationsgeräte). Funktionalität und Performance werden oft erst durch den Einsatz innovativer Materialien ermöglicht. Diese erhöhen die Belastbarkeit und Haltbarkeit, reduzieren das Gewicht, verringern Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung, verbessern optische Eigenschaften oder erlauben eine Miniaturisierung von Produkten. Hier kommt der Chemie eine ganz zentrale Rolle zu: Sie ist der wichtigste Entwickler und Anbieter von neuen Werkstoffen mit verbesserten Materialeigenschaften.
- **Neue Materialien für Prozessinnovationen:** Innovationen 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 verbesserte Materialien anzutreiben.

Dabei geht es z. B. um höhere Leistungsfähigkeit von Wirkstoffen, vielfältigere Einsatzmöglichkeiten, einfachere Handhabbarkeit, höhere Belastbarkeit oder bessere Recyclebarkeit. Bei den Kunden kommen diese Innovationen der Chemie in Form von niedrigeren Fertigungskosten, d. h. Produktivitätsgewinnen, an.

- **Verbilligung von Vorprodukten:** Innovationen der Chemie – insbesondere im Prozessbereich – erlauben die kostengünstigere Herstellung von Materialien. Die Kostenersparnis wird aufgrund des intensiven internationalen Wettbewerbs in der Chemie meist rasch an die Chemie-Kunden über niedrigere Preise weitergereicht. Als Folge weisen die Erzeugerpreise der Chemie tendenziell nach unten (vgl. Abb. 3-8). Diese Verbilligung erhöht die preisliche Wettbewerbsfähigkeit der Kundenbranchen und ermöglicht oft erst einen wettbewerbsfähigen Preis für Produktneuheiten, die von Chemie-Kunden hervorgebracht wurden. 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.
- **Anforderungen an die Produkte der Chemie-Zulieferer:** Innovationen der Chemie stellen oft auch neue Ansprüche an Vormaterialien, Anlagen, Maschinen und produktionsbegleitende Dienstleistungen. 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 Bedeutung einer Branche für Innovationen in anderen Wirtschaftszweigen ergibt sich aus den Anstößen, die von die-

**Abb. 1-8: Wirkung von Chemieinnovationen auf die Innovationstätigkeit in anderen Branchen**


ser Branche ausgehen und woanders neue Produkte oder Verfahren erst ermöglichen. Diese Anstöße können sehr unterschiedlicher Natur sein, entscheidend ist, dass ohne sie die erfolgreiche Einführung einer Innovation nicht stattgefunden hätte. Diese unverzichtbaren Auslöser von Innovationen werden als Innovationsquelle bezeichnet. Für eine konkrete Innovation – sei es ein neues Produkt, sei es eine Verbesserung des Produktionsprozesses – können auch mehrere Quellen diese unverzichtbare Rolle gespielt haben. Dabei werden sechs Gruppen von Innovationsquellen unterschieden:

- **eigene FuE** des innovierenden Unternehmens,
- neue Erkenntnisse aus der **Wissenschaft**,
- (Technologie-)Impulse von **Lieferanten**,
- Wünsche und Anforderungen von **Kunden** bzw. allgemein der **Nachfrage**,
- **Wettbewerber** bzw. andere **Unternehmen in der gleichen Branche**,
- Veränderungen in den **Rahmenbedingungen** (neue Regulierungen, nachhaltige Veränderungen in den Kosten für Produktionsfaktoren oder Rohstoffen).

Die Bedeutung der einzelnen Innovationsquellen wird am **Innovationserfolg** gemessen, der aus den Innovationsanstößen der einzelnen Quellen resultiert:<sup>9</sup>

- Für Produktinnovationen wird der **Umsatz mit neuen Produkten** herangezogen, die von einer bestimmten Quelle angestoßen wurden.
- Für Prozessinnovationen werden die **Kosten**, die mit Hilfe von neuen Verfahren **eingespart** werden konnten, als Maß der Bedeutung einer Prozessinnovation genommen und den jeweils Ausschlag gebenden Quellen zugeordnet.

Zur Quantifizierung der unterschiedlichen Innovationsquellen wird auf Daten der **Innovationserhebung des ZEW** des Jahres 2003 zurückgegriffen. Die Erhebung ist repräsentativ für die gesamte deutsche Wirtschaft und ermöglicht somit eine Aufteilung der gesamten Innovationsaktivitäten in Deutschland nach der Herkunft der Anstoßgeber.<sup>10</sup>

#### Produkt- und Prozessinnovationen auf Basis neuer Materialien aus der Chemie

Unter allen **Innovationslieferanten für neue Industrieprodukte** (inklusive Baugewerbe und Energie) nimmt die Chemie hinter der Elektronik den **zweiten Platz** ein, mit weitem Abstand zum Maschinenbau und der Softwareindustrie

<sup>9</sup> Für Unternehmen, die unterschiedliche Quellen für ihre Innovationen nutzen, wird der Innovationserfolg entsprechend der angegebenen relativen Bedeutung der einzelnen Quellen aufgeteilt. Die hier verwendeten Daten beziehen sich auf Innovationsimpulse, die **innovierende Unternehmen in Deutschland** erhalten haben. Die Anstöße können aus dem Inland oder Ausland stammen, wobei Quellen aus Deutschland klar dominieren. Eine scharfe Trennung zwischen In- und Ausland als Innovationsquelle ist allerdings nicht möglich. Nicht berücksichtigt sind Innovationsimpulse, die deutsche Unternehmen an innovierende Unternehmen im Ausland weitergeben. Die Menge der innovierenden Unternehmen in Deutschland umfasst alle Industriebranchen sowie Bergbau, Energieversorgung, Baugewerbe, Handel, Verkehr, Banken/Versicherungen und unternehmensnahe Dienstleistungen. Unberücksichtigt bleiben Innovationsimpulse, die von der Land- und Forstwirtschaft, dem Gastgewerbe, personenbezogenen Dienstleistungen, der öffentlichen Verwaltung sowie dem Bildungs- und Gesundheitswesen aufgenommen wurden. Der Aspekt der Innovationswirkung auf andere Branchen durch die Verbilligung von Vorprodukten kann in diesem Zusammenhang nicht analysiert werden.

<sup>10</sup> Vgl. Rammer, C. et al. (2005), *Innovationen in Deutschland. Ergebnisse der Innovationserhebung 2003 in der deutschen Wirtschaft*, ZEW Wirtschaftsanalysen 78, Baden-Baden: Nomos, sowie Janz, N. et al. (2000), *Quellen für Innovationen*, ZEW-Dokumentation 00-10, für eine ausführliche Darstellung der Erhebungsmethode und der wichtigsten Ergebnisse zur Frage der Innovationsquellen.

(Abb. 1-9). Dabei sind nur Innovationsanstöße berücksichtigt, die in andere Branchen ausstrahlen, d. h. die Zulieferung von Innovationen an Unternehmen der gleichen Branche wird ausgeblendet. Fast jede fünfte von Lieferanten angestoßene Produktinnovation in der Industrie wurde erst durch neue Materialien aus der Chemie ermöglicht. Dies entspricht einem jährlichen Umsatz mit neuen Produkten in anderen Branchen von 3,0 Mrd. €. Im Vergleich zum gesamten Umsatz mit Produktneuheiten der Chemieindustrie – rund 16 Mrd. € pro Jahr – ist das ein erklecklicher zusätzlicher Innovationseffekt der Chemie.

In der **Gesamtwirtschaft** ist die Bedeutung der Chemie etwas 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 hinter Elektronik/Medientechnik und Software mit einem Anteil von 15 % an dritter Stelle.

Etwas anders ist das Bild, wenn man die **Innovationslieferanten für Prozessinnovationen** betrachtet: Hier spielen der Maschinenbau sowie die Elektronik als klassische Anbieter von Prozesstechnologie eine herausragende Rolle. Dahinter folgt aber bereits die Chemie: Neue Materialeigenschaften, die von der Chemie entwickelt wurden, ermöglichen einem bedeutenden Teil der Prozessinnovatoren, ihre Kosten zu senken. Hierzu zählen z. B. neue Kunststoffe, die die Handhabung und Bearbeitung vereinfachen, um-

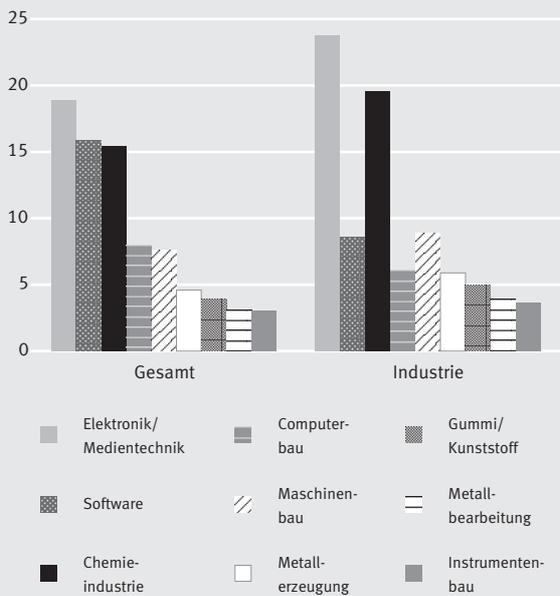
weltverträglich sind und mit geringerem Energieaufwand als alternative Materialien verarbeitet werden können.

Im Jahr 2002 haben Lieferanten-Impulse aus der Chemie zu Kosteneinsparungen in anderen Branchen im Ausmaß von 1 3/4 Mrd. € geführt. Das entspricht 13 % aller von Lieferanten angestoßenen Einsparungseffekte von Prozessinnovationen (Abb. 1-10) und etwa 1 % der gesamten Kostenreduktion, die die deutsche Wirtschaft mit Hilfe von Verfahrensverbesserungen erzielen konnte. Angesichts des Umstands, dass ein großer Teil dieser Einsparungen aus internen Verbesserungsprozessen der Unternehmen stammt, ist dieser Effekt der Chemie nicht gering zu schätzen. Dies gilt auch im Vergleich zu den Kosteneinsparungen durch Prozessinnovationen, die die Chemieindustrie selbst erzielt (2002: knapp 15 Mrd. €).

Branchen, von denen die meisten „Lieferanten-Innovationen“ ausgehen, sind in aller Regel besonders forschungsintensiv. Ihre Investitionen in FuE zahlen sich für deren Abnehmer aus. Denn diese können auf neue Produkte zurückgreifen und sie zur Grundlage eigener Produktentwicklungen und Prozessverbesserungen machen. Diese **Innovationstransferfunktion** der forschungsintensiven Wirtschaft wird beim **Vergleich mit den Vorleistungsbeziehungen** zwischen den einzelnen Branchen deutlich: Der Anteil unter allen Lieferanten-Innovationen liegt meistens klar über dem an allen Vorleistungen (Lieferung von Vorprodukten und Investitionsgütern). In der Chemie ist er mit einem Verhältnis von 5:1 (Anteil an allen lieferantenseitigen Innovationsimpulsen von knapp 15 % gegenüber einem Anteil an allen Vorleistungen von knapp 3 %) besonders hoch und wird nur von der Elektronik/

**Abb. 1-9: Die neun wichtigsten „Innovationslieferanten“ für neue Produkte**

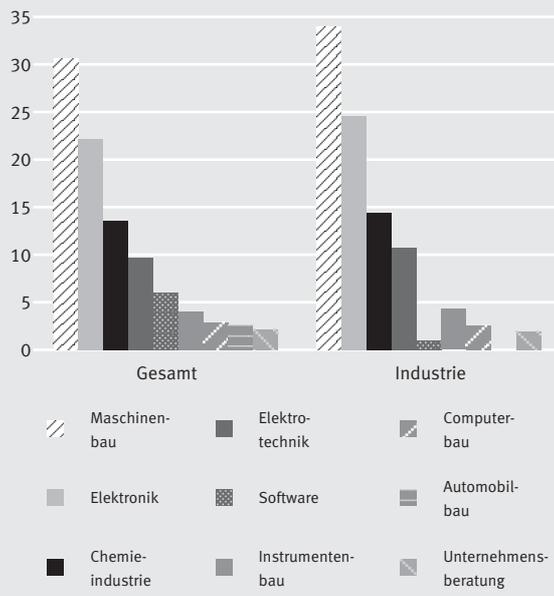
Anteil der jeweiligen Branche an allen durch Lieferanten angestoßenen Produktinnovationen in anderen Branchen (gewichtet mit dem Umsatz, der in den Empfängerbranchen mit diesen Produktinnovationen im Jahr 2002 erzielt wurde, in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

**Abb. 1-10: Die neun wichtigsten „Innovationslieferanten“ für Prozessinnovationen**

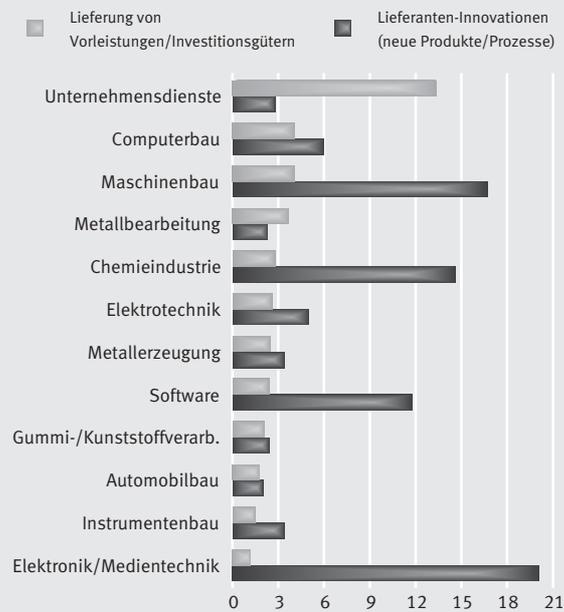
Anteil der jeweiligen Branche an allen durch Lieferanten angestoßenen Prozessinnovationen in anderen Branchen (gewichtet mit den Kosteneinsparungen, die mit Hilfe dieser Prozessinnovationen im Jahr 2002 erzielt wurde, in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

**Abb. 1-11: Lieferanten-Innovationen versus Lieferung von Vorleistungen**

Anteil der jeweiligen Branche an allen Lieferanten-Innovationen (Produkt- und Prozessinnovationen, gewichtet mit dem Umsatz bzw. den Kosteneinsparungen, die mit diesen Innovationen in den Empfängerbranchen im Jahr 2002 erzielt wurden) sowie an allen Vorleistungen (Lieferung von Vorprodukten und Investitionsgütern aus Inländischer Produktion und Importen im Jahr 2000) (ohne brancheninterne Beziehungen, in %)



Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Tabelle 2000); ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

Medientechnik übertroffen (Abb. 1-11). Das bedeutet: Lieferungen der Chemie lösen überdurchschnittlich viele Innovationen in den Abnehmerbranchen aus.

Über **zwei Drittel der von der Chemie als Lieferant neuer Materialien ausgelösten Innovationsumsätze und Kosteneinsparungen finden im Automobilbau statt** (Abb. 1-12). Dieser enorm hohe Anteil hat drei Ursachen: Erstens dominiert der Automobilbau in Deutschland das Innovationsgeschehen wie keine andere Branche. Rund 20 % des gesamten Umsatzes, den die deutsche Wirtschaft im Jahr 2002 mit neuen Produkten erzielt hatte, geht auf das Konto dieser Branche. Bei den prozessinnovationsbedingten Kosteneinsparungen liegt ihr Anteil bei 15 %. Dies ist deutlich mehr als das gesamtwirtschaftliche Gewicht (6 % des Produktionswerts, 2 % der Beschäftigung). 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, das Gewicht des Automobilbaus als Nutzer von Lieferanten-Innovationen liegt bei rund 35 %. 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.

Angesichts dieses Gewichts des Automobilbaus verblasen auf den ersten Blick die anderen Branchen, die ebenfalls stark von Chemieinnovationsimpulsen profitieren: die Gummi- und Kunststoffverarbeitung, der Maschinenbau, die Metallbearbeitung, die Elektronik, die Holzindustrie, das Nahrungsmittelgewerbe, die Metallerzeugung, die Elektrotechnik und viele andere mehr. 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 Lieferantenimpulse für Innovationen aus der Chemie (Abb. 1-13). Auch in der Möbel-, Sport- und Spielwarenindustrie, der Holz- und Papierindustrie und der Textil-, Bekleidungs- und Lederindustrie ist die Chemieindustrie mit einem Anteil zwischen 30 und 50 % an allen „Lieferanten-Innovationen“ der wichtigste externe Impulsgeber.

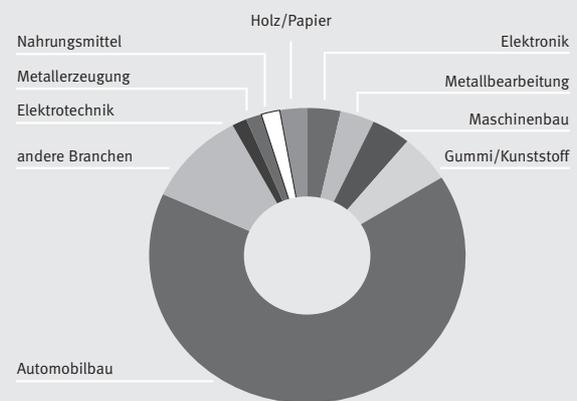
Diese Branchen, die selbst nur wenig in FuE investieren, profitieren in ihrer Innovationstätigkeit ganz enorm von den Materialentwicklungen der Chemie. Sie verbessern die Funktionalität ihrer Produkte, erlauben effizientere und qualitativ bessere Produktionsverfahren und ermöglichen die Entwicklung neuer Produkte unter Zuhilfenahme neuer oder verbesserter Vorprodukte aus der Chemie. Diese Rolle der Chemieindustrie im Innovationssystem, nämlich des „**Forschungsvorleisters**“ für nicht-forschungsintensive Industriezweige, darf nicht unterschätzt werden.

**Kundenimpulse aus der Chemie**

Die Bedeutung der **Chemieindustrie als Kunde**, der durch seine Nachfrage Innovationen bei seinen eigenen Zulieferern auslöst, ist wegen der „Anfangsposition“ der Chemie in vielen Wertschöpfungsketten vergleichsweise gering. Unter allen Kunden, die Innovationen anstoßen, hat die Chemie

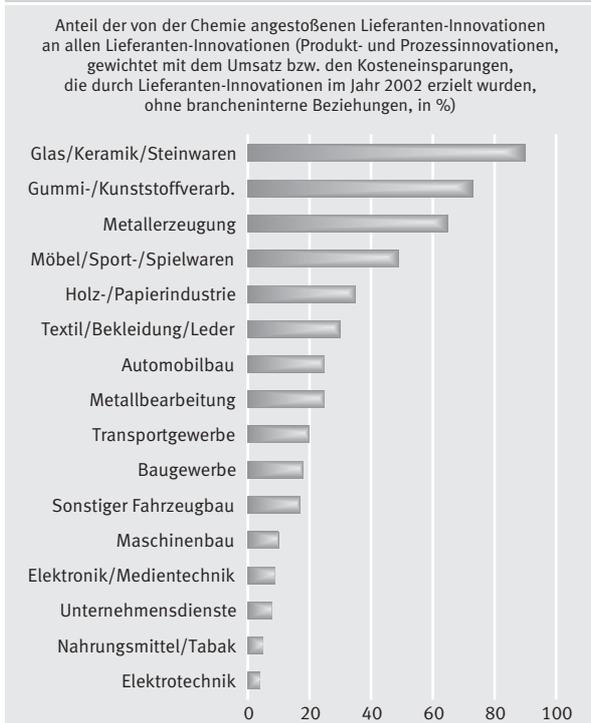
**Abb. 1-12: Verteilung der Innovationsimpulse der Chemie nach Branchen**

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 %)



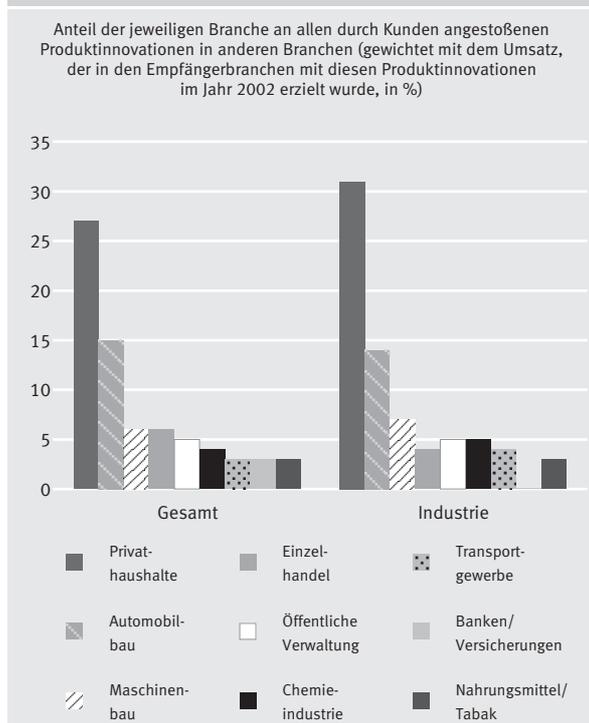
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

**Abb. 1-13: Bedeutung der Innovationsimpulse der Chemie nach Branchen**



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

**Abb. 1-14: Die neun wichtigsten Kundenbranchen für Anstöße zu Produktinnovationen**



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

ein Gewicht von 5 % (Industrie) bzw. 1,5 % (Dienstleistungen). Im gewichteten Mittel ergibt dies einen Anteil von knapp 4 % (Abb. 1-14). Da aber das relative Gewicht von durch Kunden angetriebenen Innovationen viel größer als dasjenige von Lieferanten ist, macht dies trotzdem einen beachtlichen Innovationsimpuls aus: Lieferanten der Chemie konnten 2002 rund 2,9 Mrd. € Umsatz mit neuen Produkten erzielen, die von der Chemieindustrie angestoßen wurden. Zu den Branchen, die von Chemiekunden in ihrer Innovationstätigkeit profitieren, zählen allen voran der Maschinenbau sowie die Elektrotechnik, die Elektronik, die Kunststoffindustrie und der Metallbau.

Der wichtigste kundenseitige Impulsgeber für Innovationen in Deutschland sind die Haushalte. Dies ist nicht weiter verwunderlich, stellt doch die private Nachfrage den größten Anteil an der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage. Unter den Branchen der gewerblichen Wirtschaft liegen solche, die Technologien aus unterschiedlichen Zulieferbranchen zu komplexen Gebrauchsgütern (z. B. Kraftfahrzeuge) oder Investitionsgütern (z. B. Maschinen) zusammenfügen, voran. Die **Chemie** ist innerhalb der Industrie immerhin die dritt-wichtigste Kundenbranche, wenn es um das Auslösen von Innovationen bei den eigenen Zulieferern geht.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass Kunden auch Prozessinnovationen bei ihren Lieferanten anstoßen können. Diese Form der Innovationsbeziehung ist im Wesentlichen zwischen dem Automobilbau und seinen Zulieferern zu beobachten, in anderen Branchen ist sie von geringer Bedeutung. Gleichwohl gelingt es auch der Chemie, im Rah-

men von Kundenbeziehungen bei ihren eigenen Zulieferern Impulse für eine effizientere Gestaltung von Prozessen zu geben und verhilft ihnen zu Kosteneinsparungen. Diese lagen im Jahr 2002 bei knapp 0,5 Mrd. €. Dies entspricht immerhin 4 % aller von Kunden angestoßenen Kostenreduktionen durch Prozessinnovationen.

#### 1.4 Bedeutung der Chemie für das deutsche Innovationssystem

Die herausragende Stärke der Chemie ist die des Lieferanten von forschungsintensiven Produkten für die Industrie. Die Chemie steht meist **am Beginn von Wertschöpfungsketten**, ihr Beitrag zur Innovation ist daher häufig nicht so gut „sichtbar“, wie es z. B. bei Endprodukten der Fall ist. Sie ist seltener Kunde von anderen Innovatoren, zumal die ihr vorgelagerten Branchen – mit Ausnahme des Chemieanlagenbaus – selbst keine Technologieproduzenten sind. Als Hersteller von Vorprodukten hat die Chemie weniger Möglichkeiten als Unternehmen am Ende der industriellen Wertschöpfung (d. h. Konsum- und Investitionsgüterhersteller), Neuerungen in anderen Branchen durch die eigene Nachfrage anzutreiben.

Diese Position der Chemie im Produktionsprozess und im Innovationssystem wird auch an ihrer relativen Bedeutung als Innovationsquelle deutlich (Abb. 1-15): Fasst man die oben dargestellten Ergebnisse zusammen, zeigt sich klar die Spitzenposition der Chemie als **Lieferant für Produktinno-**

ventionen für andere Produktionsbranchen: Fast 20 % des Industrie-Umsatzes mit Produktneuheiten, die von Lieferanten angestoßen wurden, stammen aus Chemie-Impulsen. Aber auch die Wirkung der Chemie als **Auslöser von Prozessinnovationen** ist nicht zu unterschätzen: Jeder siebente Euro, der aufgrund von Verfahrensverbesserungen, die Technolo-

gie-Lieferanten ermöglicht haben, in der Industrie eingespart werden konnte, geht auf das Konto der Chemie. Demgegenüber hat die Chemie im Dienstleistungssektor generell sowie als Kunde, der neue Produkte fordert und Anstöße für Prozessinnovationen gibt, eine deutlich geringere Bedeutung.

Nimmt man alle Innovationsimpulse für Produkt- und Prozessinnovationen, die zwischen Branchen im deutschen Innovationssystem stattfinden, zusammen, so entfallen auf die Chemie knapp 7 % der Innovationsanstöße. Dies bedeutet den **vierten Rang unter allen Impulsgebern**. An erster Stelle liegen die privaten Haushalte, die vor allem als Kunden neue Produktideen für Industrie und Dienstleistungen liefern. Die zentrale Rolle des Automobilbaus für Innovationen in Deutschland wird an seinem hohen Anteil als Impulsgeber von 15 % deutlich. Der Maschinenbau als Anbieter von Prozesstechnologie für eine breite Palette an Anwendungsgebieten ist für rund 9 % aller branchenübergreifenden Innovationsanstöße verantwortlich.

Zusammengefasst gehen von der Chemie folgende **quantitative Wirkungen** auf den Innovationserfolg vor- und nachgelagerter Branchen aus (Tab. 1-1):

- Als **direkter Innovations-Lieferant** ist die Chemieindustrie unmittelbar für einen jährlichen **Umsatz mit Produktneuheiten** von über **3,0 Mrd. € in anderen Branchen** verantwortlich (davon knapp 2,9 Mrd. € in Branchen des Produktionssektors und 0,15 Mrd. € in Dienstleistungsbranchen). Das entspricht fast 20 % des Umsatzes mit Produktneuheiten, den die Chemie selbst im Jahr 2002 erzielt hatte. Mit einem Anteil von gut 15 % an allen Innovations-Lieferanten liegt die Chemie damit – gemeinsam mit der Elektronik und Software – an der Spitze der Branchen.

**Abb. 1-15: Bedeutung der Chemieindustrie als Innovationsquelle für andere Branchen**

Anteil der Chemieindustrie an allen branchenexternen Impulsgebern für Produkt- und Prozessinnovationen im Produktions- und Dienstleistungssektor (gemessen am Umsatz mit neuen Produkten bzw. den prozessinnovationsbedingten Kostenreduktionen, die die Empfängerbranchen mit diesen Innovationen im Jahr 2002 erzielen konnten, in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

**Tab. 1-1: Umfang der Innovationsanstöße der Chemieindustrie auf andere Branchen in Deutschland**

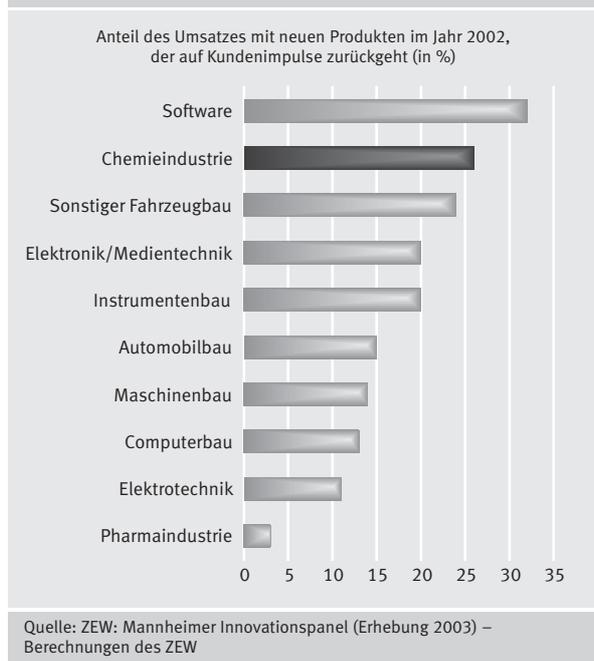
	Mrd. € (2002)	Chemie in % aller externen Impulsgeber
Umsatz mit <b>Produktneuheiten</b> in anderen <b>Industrie</b> -Branchen, die von der Chemie als <b>Innovations-Lieferant</b> angestoßen wurden	2,90	19,6
Umsatz mit <b>Produktneuheiten</b> in <b>Dienstleistungs</b> -Branchen, die von der Chemie als <b>Innovations-Lieferant</b> angestoßen wurden	0,15	1,5
Umsatz mit <b>Produktneuheiten</b> in <b>Industrie</b> -Branchen, die von der Chemie als <b>Innovations-Kunde</b> angestoßen wurden	2,55	5,1
Umsatz mit <b>Produktneuheiten</b> in <b>Dienstleistungs</b> -Branchen, die von der Chemie als <b>Innovations-Kunde</b> angestoßen wurden	0,35	1,5
<b>Kosteneinsparungen</b> durch Prozessinnovationen in anderen <b>Industrie</b> -Branchen, die von der Chemie als <b>Innovations-Lieferant</b> angestoßen wurden	1,65	14,4
<b>Kosteneinsparungen</b> durch Prozessinnovationen in anderen <b>Dienstleistungs</b> -Branchen, die von der Chemie als <b>Innovations-Lieferant</b> angestoßen wurden	0,10	6,3
<b>Kosteneinsparungen</b> durch Prozessinnovationen in anderen <b>Industrie</b> -Branchen, die von der Chemie als <b>Innovations-Kunde</b> angestoßen wurden	0,45	5,5
<b>Kosteneinsparungen</b> durch Prozessinnovationen in anderen <b>Dienstleistungs</b> -Branchen, die von der Chemie als <b>Innovations-Kunde</b> angestoßen wurden	0,00	0,5

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

- In ihrer **Rolle als Kunde** löst die Chemie Innovationen bei ihren eigenen Zulieferern (außerhalb der Chemie) im Ausmaß von gut **2,9 Mrd. €** pro Jahr aus, das sind 18 % des eigenen Umsatzes mit Produktneuheiten. Hiervon entfallen fast 90 % (2,55 Mrd. €) auf die Branchen des Produktionssektors.
- Schließlich kommen noch ca. **2,2 Mrd. € an Kosteneinsparungen durch Prozessinnovationen** in anderen Branchen hinzu, die von der Chemie ermöglicht wurden. 80 % dieser Impulse erfolgen über die Lieferung innovativer Materialien, 20 % stammen aus Impulsen, die die Chemie als Kunde an ihre Zulieferer abgibt. 95 % dieser von Chemie-Innovationen angetriebenen Kosteneinsparungen werden in Industriebranchen realisiert. Insgesamt ist die Chemieindustrie für 9 % der Kosteneinsparungen, die durch branchenexterne Impulse angestoßen werden, verantwortlich.

Damit die Chemie ihrer Rolle als Auslöser von Innovationen in anderen Branchen gerecht werden kann, ist eine **enge Zusammenarbeit zwischen der Chemie und ihren Kunden**

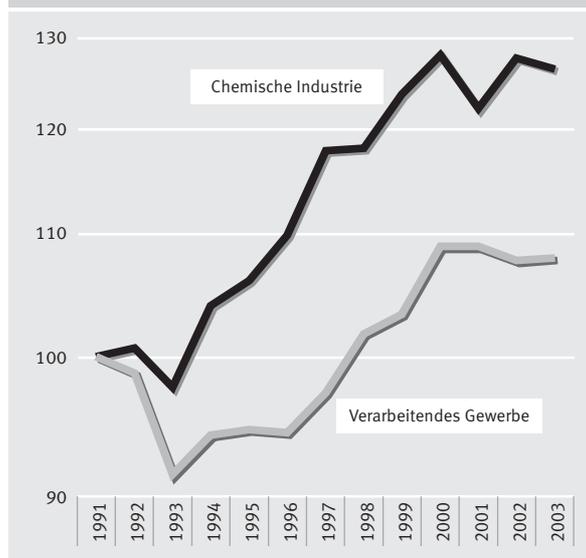
**Abb. 1-16: Bedeutung der Innovationsquelle Kunden für Produktinnovationen**



notwendig. Nur so ist es möglich, die Anforderungen an Performance, Kosten und Einsatzmöglichkeiten der Chemieprodukte passgenau zu spezifizieren. Diese große Bedeutung der Kundenbeziehungen zeigt sich auch an der **starken Kundenorientierung der Innovationsaktivitäten** in der Chemie: Die Abnehmer sind die wichtigste Informationsquelle außerhalb des Unternehmens. Für zwei von drei Produktinnovato-

ren sind Kundenwünsche entscheidend für die Ausrichtung der Innovationstätigkeit, und über 25 % des Umsatzes mit neuen Produkten in der Chemie können den Anregungen durch Kunden zugeordnet werden (Abb. 1-16).<sup>11</sup> Eine höhere Bedeutung von kundengetriebenen Innovationen ist unter den forschungsintensiven Wirtschaftszweigen nur noch in der Softwareindustrie zu beobachten.

**Abb. 1-17: Entwicklung der realen Produktion in der deutschen Chemieindustrie 1991-2003**



Von Kundenanstoßen für Innovationen und der engen Verflechtung mit ihren Abnehmerbranchen profitiert auch die Chemieindustrie selbst. Entsprechend ihres hohen Ranges im deutschen Innovationssystem hat die Chemieindustrie ihren **physischen Output** im letzten Jahrzehnt sehr viel **dynamischer** erhöhen können als im Industriedurchschnitt (Abb. 1-17). Dies galt insbesondere in der Frühphase des Aufschwungs der 90er Jahre und unterstreicht die besondere Rolle der Chemieindustrie, den Wachstumsprozess der Volkswirtschaften mit neuen Technologien und Verfahren, Materialien und Endprodukten für Investitions-, langlebige Gebrauchs- und Konsumgüter zu begleiten und zu beschleunigen.<sup>12</sup> Die in Deutschland hergestellte Menge an Chemiewaren lag 2003 um 26 % über dem Wert von 1991.

Gerade in jenen Sparten der Chemieindustrie, in denen besonders intensiv innovative Materialien von den Kunden in Deutschland nachgefragt werden, konnte die deutsche chemische Industrie hohe Produktionszuwächse erzielen. So wurde in den vergangenen zehn Jahren (1993-2003) die Kautschuk- und Kunststoffherzeugung am stärksten ausgedehnt (Tab. 1-2). Dies liegt vor allem am engen produktionswirtschaftlichen Zusammenhang mit dem Automobilbau, der sowohl die Lokomotive der konjunkturellen Erho-

<sup>11</sup> Dieser auf den ersten Blick niedrige Anteil ist auf den Umstand zurückzuführen, dass die mit Abstand wichtigste Quelle für Innovationen die eigene FuE ist. Auf sie kann im Durchschnitt aller Branchen rund 70 % des Innovationsumsatzes zurückgeführt werden, in der Chemie liegt dieser Anteil mit etwas über 50 % niedriger.

<sup>12</sup> Ein ähnliches Bild ergab sich im von (enttäuschten) Aufschwungerwartungen geprägten Jahr 2002.

lung der 90er Jahre in Deutschland war, als auch der mit Abstand wichtigste Impulsgeber für neue Produkte in der Chemie ist. Diese Innovationsimpulse trugen dazu bei, dass Kunststoffe als „Gewinner“ im Substitutionswettbewerb mit anderen Werkstoffen wie Metall, Glas, Holz, Papier usw. hervorgegangen sind. Gleichwohl waren beide Sparten im Abschwung nach dem Jahr 2000 überdurchschnittlich stark betroffen und mussten deutliche Produktionsrückgänge hinnehmen.

Ebenfalls sehr dynamisch entwickelte sich die Produktion der „sonstigen chemischen Erzeugnisse“, die verschiedene Produkte der Feinchemie umfasst. Viele dieser Chemiewaren dienen als Vorprodukte für Produktionsprozesse in anderen Industrien wie Papier, Druck, Metall, Glas/Keramik oder Elektronik und profitieren ebenfalls von den Innovationsanforderungen ihrer Kunden.

Rückgänge im Produktionsvolumen mussten in erster Linie die konsumgüterorientierten Chemiebereiche hinnehmen: Körperpflegemittel, fotochemische Erzeugnisse, Ton-, Bild- und Datenträger sowie Chemiefasern (als Vorprodukt hersteller der Textil- und Bekleidungsindustrie) verringerten im Zeitraum 1993 bis 2003 in Summe ihren Produktionsausstoß in Deutschland. Dahinter stehen die schwache Entwicklung der Inlandsnachfrage (privater Verbrauch) und zum anderen der sektorale Strukturwandel, der typische Abnehmer der Chemieindustrie wie Bau, Landwirtschaft und Konsumgüterindustrien wie Textil/Bekleidung usw. in Deutschland nicht an der Spitze der Expansion sah. In diesen Sparten kann die deutsche Chemieindustrie auch kaum von einer Innovationen fordernden Nachfrage im Heimatmarkt profitieren. Hinzu kommt die zunehmende Importkonkurrenz (vgl. auch Abschnitt 3.2).

Tab. 1-2: Jahresdurchschnittliche Veränderung der Produktion in der deutschen chemischen Industrie 1993-2003

	Jahresdurchschnittliche Veränderung (in %)			
	1993-1996	1996-2000	2000-2003	1993-2003
<b>Verarbeitendes Gewerbe</b>	<b>1,2</b>	<b>3,9</b>	<b>-0,3</b>	<b>1,8</b>
<b>Chemische Industrie (ohne Pharmazie)</b>	<b>4,2</b>	<b>3,8</b>	<b>-0,4</b>	<b>2,6</b>
<b>24.1 Herstellung von chemischen Grundstoffen</b>	<b>7,8</b>	<b>4,4</b>	<b>-0,8</b>	<b>3,8</b>
24.11 H.v. Industriegasen	6,3	-1,2	3,7	2,5
24.12 H.v. Farbstoffen und Pigmenten	11,6	0,2	-4,2	2,1
24.13 H.v. sonstigen anorganischen Grundstoffen und Chemikalien	3,8	2,3	0,7	2,3
24.14 H.v. sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien	6,6	3,2	0,7	3,4
24.15 H.v. Düngemitteln und Stickstoffverbindungen	-2,6	4,1	4,0	2,0
24.16 H.v. Kunststoff in Primärformen	11,6	7,4	-3,2	5,3
24.17 H.v. synthetischem Kautschuk in Primärformen	14,3	11,0	-3,0	7,5
<b>24.2 H.v. Schädlingsbekämpfungsmittel-, Pflanzenschutz-, Desinfektionsmitteln</b>	<b>11,3</b>	<b>-5,2</b>	<b>7,8</b>	<b>3,4</b>
<b>24.3 H.v. Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitt</b>	<b>0,2</b>	<b>4,5</b>	<b>-1,8</b>	<b>1,3</b>
<b>24.5 H.v. Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln, Duftstoffen</b>	<b>-4,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>3,1</b>	<b>-0,9</b>
24.51 H.v. Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Poliermitteln	-4,3	1,5	4,8	0,7
24.52 H.v. Duft- und Körperpflegemitteln	-5,3	-3,1	1,3	-2,5
<b>24.6 H.v. sonst. chemischen Erzeugnissen</b>	<b>1,8</b>	<b>6,1</b>	<b>0,8</b>	<b>3,2</b>
24.61 H.v. pyrotechnischen Erzeugnissen	10,6	-1,7	2,2	3,0
24.62 H.v. Klebstoffen und Gelatine	-3,3	8,6	-2,0	1,7
24.63 H.v. ätherischen Ölen	3,0	6,7	-0,2	3,5
24.64 H.v. fotochemischen Erzeugnissen	-4,3	5,1	-2,7	-0,1
24.65 H.v. unbespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	-0,4	6,6	-33,1	-9,1
24.66 H.v. sonstigen chemischen Erzeugnissen, a.n.g.	3,7	6,9	3,6	4,9
<b>24.7 H.v. Chemiefasern</b>	<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	<b>-6,3</b>	<b>-0,6</b>

Veränderungsraten berechnet auf Basis des Nettoproduktionsindex für fachliche Unternehmensteile.  
Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des NIW.

## 2 Innovationskraft der chemischen Industrie

Die zentrale Rolle der Chemie im Innovationssystem verlangt nach einem genaueren Blick auf die Voraussetzungen und den Erfolg von FuE- und Innovationsaktivitäten in der chemischen Industrie. Denn durch ihre Ausstrahlungseffekte auf andere Branchen ist die Innovationskraft der Chemie selbst ein wichtiger Faktor für die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands insgesamt. Ein Stocken der Chemie als Innovationsmotor kann leicht die Innovationstätigkeit in anderen Branchen beeinträchtigen. Im Folgenden wird die Leistungsfähigkeit der chemischen Industrie bei den entscheidenden Wettbewerbsfaktoren Forschung, Wissenschaft und Innovationen betrachtet.

### 2.1 FuE-Aktivitäten der deutschen Chemieindustrie

#### Bedeutung von FuE im Innovationsprozess

Die Innovationsfähigkeit einer Branche misst sich an der kontinuierlichen Neu- und Weiterentwicklung ihrer Produkte sowie im Einsatz von neuen, wirtschaftlicheren Verfahren in der Produktion. **FuE**, d.h. die Investition in neues technisches Wissen, ist hierfür häufig **unverzichtbare Voraussetzung** und steht am Anfang von Innovationsprozessen. Dies gilt insbesondere für die Chemie. In keiner anderen Branche ist die Innovationstätigkeit so stark auf FuE ausgerichtet (Abb. 2-1). Rund 80 % der gesamten Aufwendungen für Innovationen entfallen auf FuE (verarbeitendes Gewerbe insgesamt: 63 %),

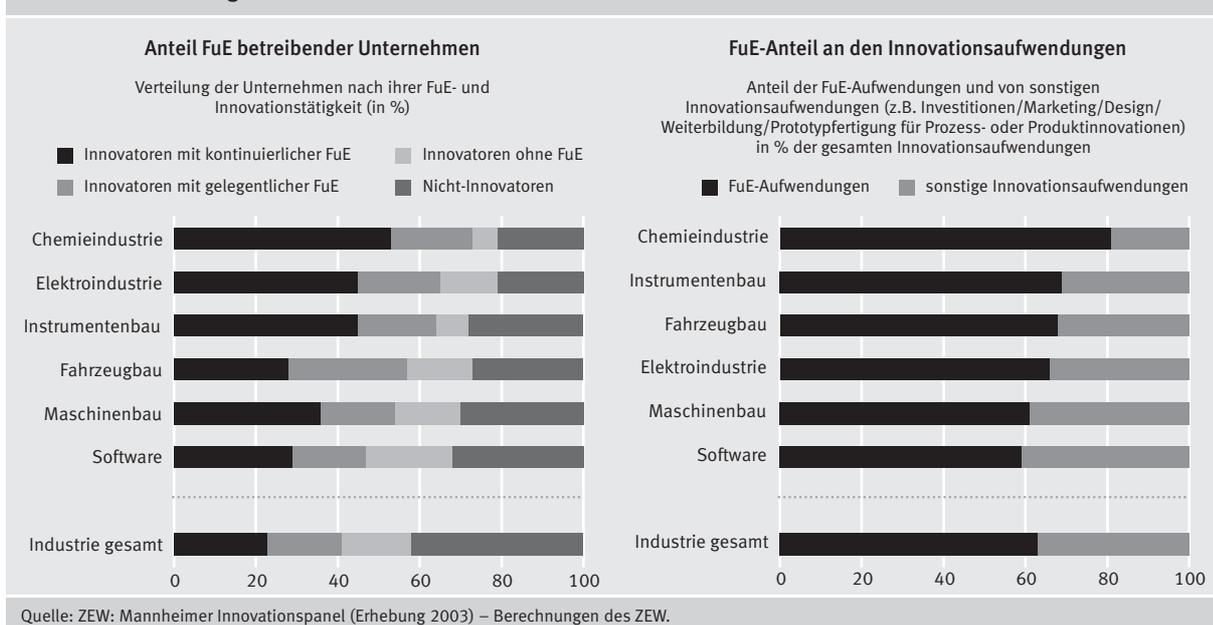
und gar 86 % der innovierenden Unternehmen betreiben FuE (verarbeitendes Gewerbe insgesamt: 67 %). FuE macht also den „harten Kern“ der Innovationsaktivitäten in der Chemie aus. Wissenschaftsbasierend, Forschung und experimentelle Entwicklung sind die konstituierenden Elemente des Innovationswettbewerbs in der chemischen Industrie – weit mehr, als man dies in den meisten anderen Industrien findet.

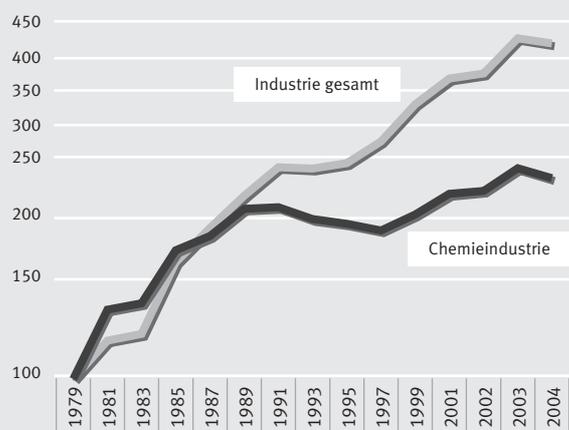
Dementsprechend ist der **Anteil regelmäßig FuE betreibender** Chemieunternehmen mit über 50 % **mehr als doppelt so hoch** wie im Industriedurchschnitt: FuE ist in der Chemieindustrie ein langfristiger Prozess, aus dem man sich nicht ohne Schaden für die Innovationswettbewerbsfähigkeit ausklinken kann. Die „Absorptionsfähigkeit“ der Unternehmen – und damit die Innovationsfähigkeit – ist in forschungsintensiven Industrien sehr eng an die Beteiligung an FuE gekoppelt.

#### Entwicklung der FuE-Aktivitäten in Deutschland

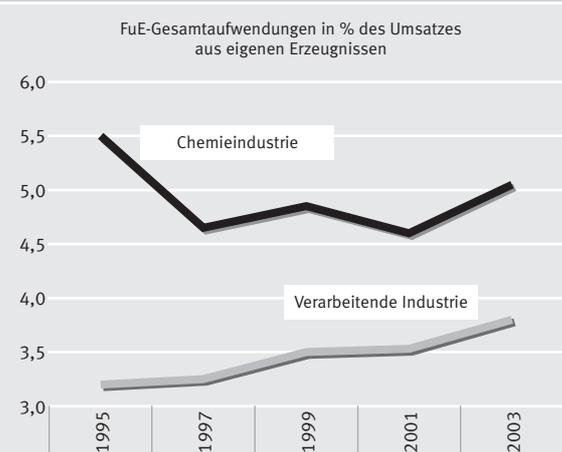
Die Chemieindustrie hat in Deutschland bis Ende der 80er Jahre bei FuE maßgeblich Takt und Tempo mitbestimmt. Bis in die zweite Hälfte der 90er Jahre hinein waren die Investitionen in neues Wissen hingegen wieder sehr verhalten ausgefallen. Dies traf im Übrigen für die gesamte deutsche Wirtschaft zu: Die Umorientierung und die Veränderung der Nachfragepräferenzen im Anschluss an die Wiedervereinigung verstärkten die aus der Weltrezession kommenden hemmenden Faktoren für Innovationen und Investitionen in neues Wissen. Die Unternehmen hatten zwar ab der zweiten

Abb. 2-1: Bedeutung von FuE für Innovationsaktivitäten in Deutschland 2002



**Abb. 2-2: Entwicklung der FuE-Gesamtaufwendungen in Deutschland (1979=100)**


Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Datenreport, versch. Jgge.) – Berechnungen des NIW.

**Abb. 2-3: FuE-Intensität der deutschen Chemieindustrie 1995-2003**


Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Datenreport, versch. Jgge.); Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.1) – Berechnungen des NIW.

Hälfte der 90er Jahre erkannt, dass sie damit mittel- bis langfristig ihre Wettbewerbsposition gefährden. Der darauf folgende FuE-Aufschwung hatte jedoch in der Chemischen Industrie nicht mehr die aus der Vergangenheit bekannte Expansion erreicht (Abb. 2-2). Die **FuE-Steigerungen bleiben** zudem deutlich hinter derjenigen der Industrie insgesamt zurück.

Die sich öffnende „Schere“ in der Ausweitung des inländischen FuE-Aufkommens zwischen der Chemieindustrie und der übrigen Verarbeitenden Industrie hängt nur zu einem Teil mit dem geringeren Wachstumstempo zusammen. Denn ab der zweiten Hälfte der 90er Jahre zeigte die FuE-Intensität der Chemieindustrie in Deutschland ein Auf und Ab ohne erkennbare Tendenz zur Steigerung (Abb. 2-3). Im Durchschnitt der Verarbeitenden Industrie insgesamt ist die Intensivierung

hingegen etwas schneller vorangekommen. Sie liegt dort mit 3,8 % dennoch etwa ein Viertel unter dem Wert der Chemieindustrie (5,0 %). Im Jahr 2003 wurden nach der aktuellen Erhebung **in Deutschland** von deutschen und ausländischen Unternehmen insgesamt 4 Mrd. € für FuE ausgegeben. Davon zu unterscheiden ist das finanzielle Aufkommen, das die deutsche chemische Industrie **weltweit** FuE widmet (vgl. Abschnitt 2.4). Das ist um einiges höher und lag 2003 schätzungsweise bei 5 Mrd. €.

Rund 27.000 Personen waren im Jahre 2003 – in Vollzeitstellen gerechnet – in der Chemieindustrie mit FuE befasst, das sind 7,7 % aller Beschäftigten und damit ebenfalls deutlich mehr als in der Verarbeitenden Industrie insgesamt (4,4 %). Die Chemieindustrie liegt damit in der Spitzengruppe der forschungsintensiven Industrien. Sie rangiert bei der **FuE-Intensität** im Jahr 2001<sup>13</sup> zwar hinter der Pharmazeutischen Industrie, der Elektronik, dem Luftfahrzeugbau, dem Instrumentenbau, der Automobilindustrie und dem Computertechnik, aber noch vor der Rundfunk-/Fernsehtechnik, dem Schienenfahrzeug- und Schiffbau, dem Maschinenbau und der Elektrotechnik (Abb. 2-4). Vor allem Pharma, Automobil- und Instrumentenbau sowie – trotz des Einbruchs Anfang des neuen Jahrhunderts – Elektronik/Nachrichtentechnik sind als die Gewinner im FuE-Strukturwandel anzusehen. Die chemische Industrie gehört hingegen im deutschlandinternen Wettstreit um die knappen FuE-Ressourcen nicht dazu.

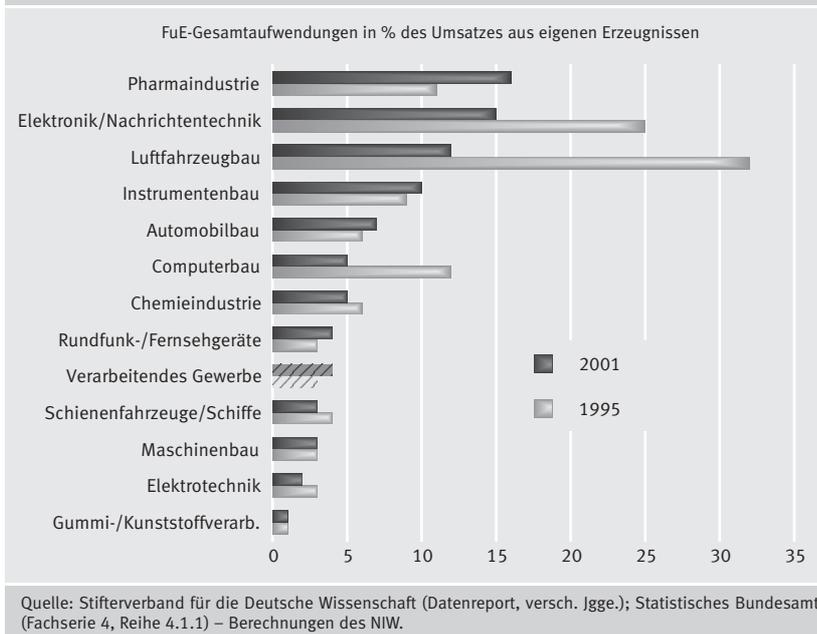
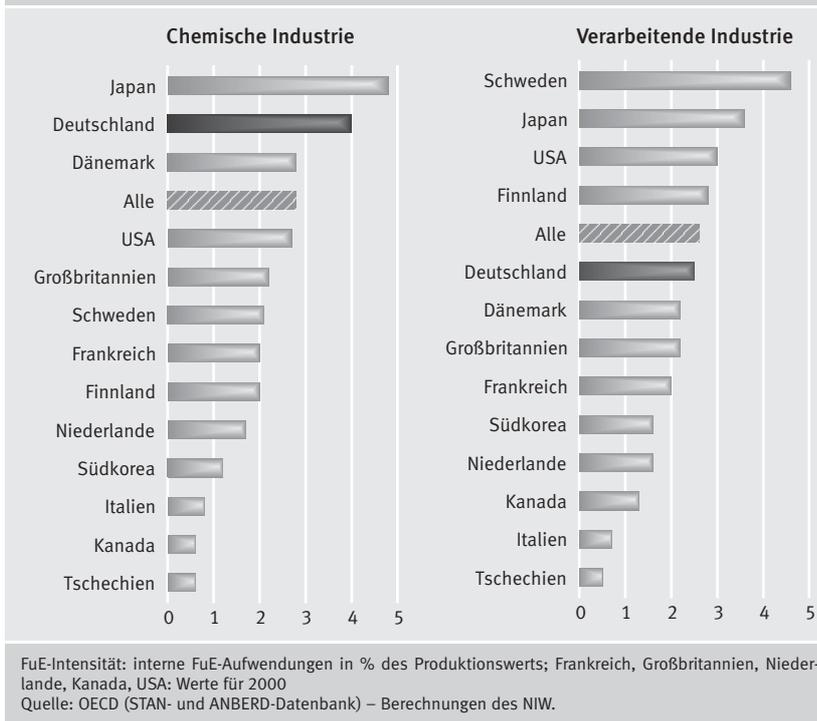
### Deutsche Chemieindustrie überdurchschnittlich FuE-orientiert

Man darf dies jedoch nicht isoliert aus nationaler Brille, sondern muss dies auch im internationalen Vergleich beurteilen. Im Weltmaßstab betrachtet werden knapp 3 % des Umsatzes der Chemieindustrie für FuE aufgewendet.<sup>14</sup> Dies ist mehr als im Industriedurchschnitt, der sich auf etwa 2½ % eingependelt hat (Abb. 2-5). Allerdings lässt die FuE-Neigung der Chemieindustrie etwas nach. Anfang der 90er Jahre wurden in den OECD-Ländern etwa 3½ % des Umsatzes für FuE-Mittel reserviert. Hielt die Chemieindustrie weltweit betrachtet bis Anfang der 90er Jahre noch etwa 10 % der industriellen FuE-Kapazitäten, so sind es aktuell nur noch etwa 7 bis 8 %.

So gesehen stehen **Chemieerzeugnisse** etwas **im Schatten des innovationsorientierten weltwirtschaftlichen Strukturwandels**. Im Gegensatz zu anderen forschungsintensiven Branchen hat FuE als unternehmerischer Aktionsparameter nicht an Bedeutung zugelegt. Möglicherweise lässt sich in der Chemieindustrie das Innovationspotenzial nicht mehr so rasch ausweiten wie in der Vergangenheit und auch nicht wie beispielsweise in der Pharmazeutischen Industrie, der Telekommunikation und Elektronik sowie – speziell in Deutschland – im Automobilbau. Der Beitrag der chemischen Industrie zur Ausweitung des FuE-Aufkommens in den wichtigsten Industrieländern lag in der „FuE-Aufschwungphase“ der

13 Detaillierte Angaben für Wirtschaftszweige liegen aus der FuE-Erhebung 2003 derzeit noch nicht vor.

14 Dabei ist allein die in der Industrie selbst durchgeführte FuE berücksichtigt („interne FuE“), FuE-Aufträge an Dritte („externe FuE“) hingegen nicht.

**Abb. 2-4: FuE-Intensität 1995 und 2001 in Deutschland im Branchenvergleich**

**Abb. 2-5: FuE-Intensität der Chemieindustrie im internationalen Vergleich (2001)**


zweiten Hälfte der 90er Jahre nur bei ungefähr 2 %. Dienstleistungen (darunter insbesondere die unternehmensnahen und Datenverarbeitungs-Dienstleistungen), IuK-Industrie (Computer, Elektronik, Instrumente, Nachrichtentechnik), Automobilbau und Pharma haben den weltweiten FuE-Struk-

turwandel am schnellsten vorange-  
trieben (Abb. 2-6).<sup>15</sup> Auch die Ent-  
wicklung der weltmarktrelevanten  
Patentanmeldungen (Abschnitt  
2.3) deutet darauf hin, dass der  
technische Fortschritt in anderen  
Branchen seit einigen Jahren  
schneller vorankommt als in der  
Chemieindustrie.

Die deutsche Wirtschaft hat bei  
FuE einen anderen Weg eingeschla-  
gen. Sie ist bei den „Strukturwan-  
delgewinnern“ IuK und Dienstleis-  
tungen deutlich zurückgeblieben.  
Ungeheuer hohes FuE-Engagement  
im Fahrzeugbau hat dies kompensieren können, auch die pharmazeutische Industrie hat die deutsche Bilanz in der damaligen Phase vergleichsweise positiv gestaltet. Und auch die aus der Binnensicht verhaltene FuE-Expansion in der Chemieindustrie (Marginalbeitrag zum FuE-Zuwachs rund 5 %, Abb. 2-6) hat im internationalen Vergleich beinahe schon dynamische Qualität. Die starke Ausweitung der Innovationsaktivitäten in der deutschen Automobilindustrie ist letztlich auch der Chemieindustrie zu gute gekommen.

Deutschland ist ein starker Inno-  
vationsstandort für die Chemiein-  
dustrie: Die chemische Industrie  
produziert in Deutschland **ausge-  
sprochen FuE-intensiv**, sie nimmt  
im internationalen Vergleich unver-  
mindert eine Spitzenposition ein, le-  
diglich Japan rangiert von den grö-  
ßeren westlichen Industrieländern  
vor Deutschland (vgl. Abb. 2-5).<sup>16</sup>  
Rund 17 % der FuE-Ressourcen der  
Weltchemieindustrie konzentrieren  
sich auf Deutschland. Von dem  
leichten Gefälle der weltweiten FuE-  
Neigung in den 90er Jahren ist je-  
doch auch die deutsche Chemiein-

dustrie nicht verschont geblieben. In langfristiger Betrachtung hat sie in der industriellen Weltchemieforschung bereits in den 80er Jahren an Gewicht verloren: Anfang der 80er Jahre belief sich ihr Anteil an den FuE-Aufwendungen der Weltchemieindustrie noch auf knapp 20 % (Abb. 2-7).

15 Vergleichende Daten über die Zeit ab 2000 liegen nicht vor, da einige große Länder, insbesondere die USA, in der Auswertung der FuE-Daten noch weit zurückliegen. Angesichts des weltweiten Einbruchs der FuE-Aktivitäten in der IuK-Technik ist jedoch klar damit zu rechnen, dass der Chemieanteil an den weltweiten industriellen FuE-Kapazitäten wieder zugenommen hat.

16 Es ist jedoch zu vermuten, dass sich die Schweizer Chemieindustrie, die sich in dieses international vergleichende Schema mangels Daten nicht einpassen lässt, ebenfalls vor Deutschland einordnen dürfte.

In Deutschland war – vor allen Dingen Anfang der 90er Jahre – ein Umdenkprozess in Gang gekommen: Die Unternehmen hatten auf den verstärkten Innovations- und Kostendruck durch Konzentration der internen FuE auf ihre „Kernkompetenzen“ reagiert, die mittelfristige und strategische Orientierung in der Forschung ist vielfach zugunsten von projekt- und stärker an den Marktaussichten orientierten Entwicklungsarbeiten zurückgeschraubt worden. Gegen Ende der 90er Jahre hat die Chemieindustrie offensichtlich jedoch wieder umgeschaltet, ihre FuE wieder deutlich intensiviert und damit gegenüber den internationalen Konkurrenten ihre Position im Innovationswettbewerb wieder gefestigt.

### Sparten- und Unternehmensgrößenstruktur in FuE

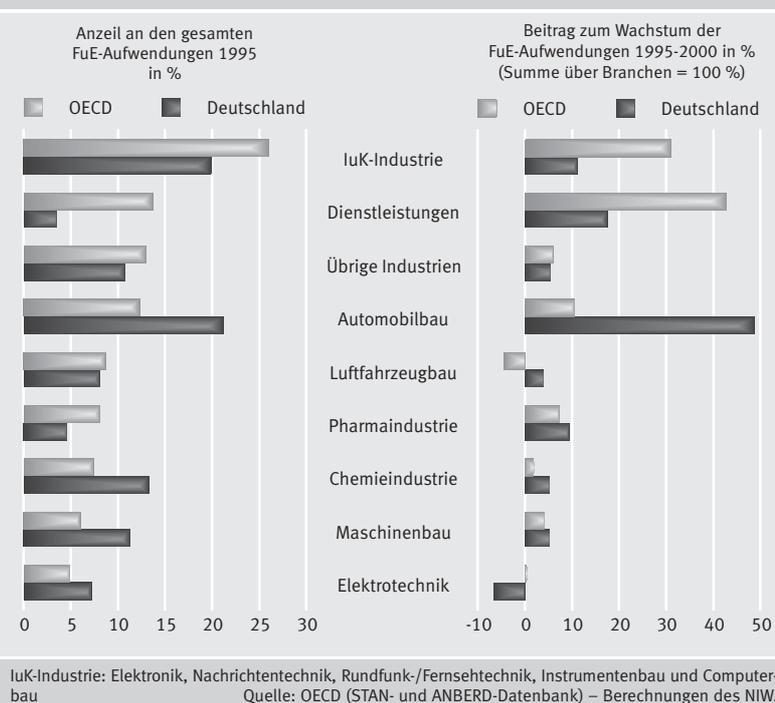
Gut 70 % des FuE-Personals haben in der Grundstoffchemie ihr Labor; diese prägt damit zum Großteil natürlich die Gesamtentwicklung der Branche. Neben der Grundstoffchemie setzen die Farben- und Lackindustrie (4 % des FuE-Personals), etliche Sparten aus dem Sektor Spezialchemie (gut 7 % des FuE-Personals) sowie – im Vergleich zur Größe der Industrie – vor allem die Pflanzenschutzhersteller relativ viel FuE-Personal ein (Tab. 2-1). FuE ist damit in der Breite der Chemiebranche ein wichtiger Wettbewerbsparameter. Deutschland gilt als „Universalanbieter“ von forschungsintensiven Chemiewaren.

Es gibt deutliche Anzeichen der Umstrukturierung in der chemischen Industrie (vgl. Abschnitt 3.7). Sie läuft darauf hinaus, dass **internationale Großunternehmen im Innovationswettbewerb** noch stärker als bislang den Ton angeben werden:

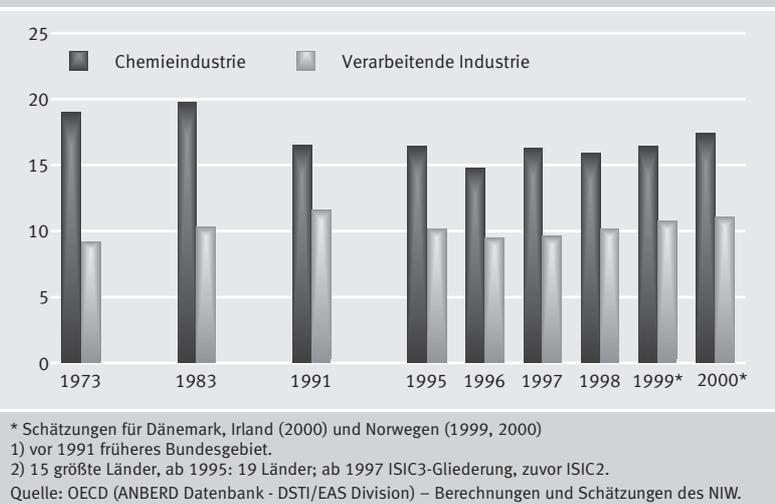
- Einerseits konzentrieren sich die Unternehmen weltweit auf Großanlagen an wenigen Standorten auf großen Märkten, um auf der Basis von hochwertiger, breiter Nachfrage exportwirksame Skalenvorteile zu realisieren. Dadurch wird der Standortwettbewerb heftiger.
- Zusätzlich treibt der globale Wettbewerbsdruck den Konzentrationsgrad nach oben: Übernahmen, Fusionen, geringe Gründungsaktivitäten und viele vertikal integrierte Konzerne mit hoher Fertigungstiefe sind die Folge – auch im Innovations- und FuE-Bereich.

**Großunternehmen dominieren** daher klar: 91 % der Forschung ist auf Unternehmen mit über 1.000 Beschäftigten

**Abb. 2-6: Schwerpunkte der FuE-Tätigkeit in Deutschland und in der OECD 1995 sowie deren Veränderung bis 2000**



**Abb. 2-7: Anteil Deutschlands<sup>1)</sup> an den internen FuE-Aufwendungen in der OECD<sup>2)</sup> insgesamt 1973 bis 2000 (in %)**

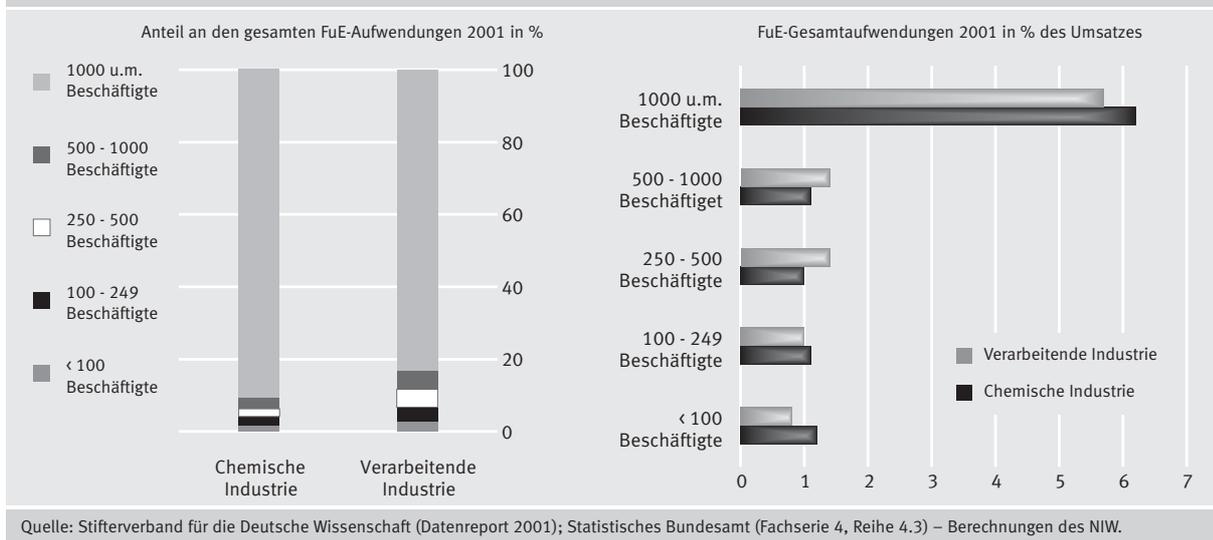


konzentriert (Abb. 2-8). Sie haben Vorteile, wenn die Forschung hohe Aufwendungen erfordert. Dies schließt nicht aus, dass flexible Kleinunternehmen mit organisatorisch selbstständigen Strukturen und Innovationskompetenz unter dem Dach der Konzerne erhalten bleiben. Relativ viel wird deshalb auch in Kleinunternehmen mit unter 100 Beschäftigten geforscht und entwickelt. Viele von ihnen werden erst im Zusammenhang mit einem Innovationsprojekt aus der Taufe gehoben, insbesondere dort, wo Flexibilität von Vorteil ist. Mittlere Unternehmen sind hingegen eher „Technologieanwender“, d. h. sie betreiben selbst nicht mit der Intensität wie kreative Kleinunternehmen FuE, sondern sind stärker in der Verwertung und Produktion aktiv.

**Tab. 2-1: FuE-Intensität der deutschen Chemieindustrie nach Sparten 1995-2001**

	FuE-Gesamtaufwendungen in % des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen				FuE-Personal (Vollzeit) in % der Beschäftigten			
	1995	1997	1999	2001	1995	1997	1999	2001
Chemische Grundstoffe	6,7	5,6	6,0	5,3	11,2	9,3	10,0	9,3
Schädlingsbekämpfungsmittel, Pflanzschutzmittel	*	13,3	*	*	*	19,3	*	*
Abstrichmittel, Druckfarben, Kitte	2,2	2,2	2,0	1,9	5,3	5,2	4,3	4,0
Wasch-, Reinigungs-, Körperpflegemittel	9,0	1,4	1,2	1,9	2,1	2,5	2,3	3,0
Spezialchemikalien	3,9	4,9	5,0	5,1	7,5	8,5	8,1	7,2
Chemiefasern	*	1,2	*	0,9	*	1,8	*	1,3
<b>Chemische Industrie ohne Pharmazie</b>	<b>5,5</b>	<b>4,6</b>	<b>4,9</b>	<b>4,6</b>	<b>8,2</b>	<b>7,5</b>	<b>7,7</b>	<b>7,3</b>

\* nicht verfügbar  
 Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Datenreport, versch. Jgge.) sowie unveröffentlichte Angaben; Statistisches Bundesamt (versch. Fachserien des Produzierenden Gewerbes) – Berechnungen und Schätzungen des NIW.

**Abb. 2-8: Verteilung der FuE-Aufwendungen und FuE-Intensität nach Größenklassen**


## 2.2 Wissenschaft als Basis für Chemie-Innovationen

Wissenschaft, Forschung und akademische Ausbildung spielen für FuE in der Chemieindustrie eine zentrale Rolle. Denn FuE erfordert ausgesprochen hohe Investitionen in Personal und „Humankapital“, in der Chemieindustrie gar deutlich mehr als in der übrigen Industrie. Entsprechend machen Personalkosten mit über 50 % des FuE-Aufwands immer noch den größten Ausgabenblock aus. Gleichzeitig müssen die FuE-Prozesse angesichts des scharfen Wettbewerbs und der in Deutschland knappen Personalressourcen effizienter werden. Die Unternehmen haben daher einen immer größeren Anteil (6,5 %) der FuE als Aufträge an „externe“ vergeben – sei es an Unternehmen im In- und Ausland, sei es an Hochschulen und außeruniversitäre FuE-Einrichtungen (Tab. 2-2).

Die steigende FuE-Auftragsvergabe zeigt: Kooperationen im FuE-Prozess sind in der chemischen Industrie immer wichtiger geworden, generell wird die Zusammenarbeit im Innovationsprozess für sehr viel bedeutender gehalten als in den meisten anderen Branchen (vgl. auch Abschnitt 2.4).

### Wissenschaftskooperationen im Innovationsprozess

Die Chemie zählt zu den „wissenschaftsbasierten“ Wirtschaftszweigen:<sup>17</sup> Innovationen in der Chemieindustrie werden mehr als in anderen Branchen von **wissenschaftlichen Forschungsergebnissen** angetrieben. Für 22 % der innovierenden Unternehmen in der Chemieindustrie waren neue wissenschaftliche Erkenntnisse unverzichtbar für die Entwicklung und Einführung ihrer Innovationen. In der Industrie insgesamt meldeten nur 9 % der Innovatoren die Wissenschaft als Innovationsquelle. Dass dennoch im Jahr 2002 nur

17 Vgl. Grupp, H., U. Schmoch (1992), *Wissenschaftsbindung der Technik. Panorama der internationalen Entwicklung und sektorale Tableaus für Deutschland*. Heidelberg: Physica.

31½ % des Umsatzes mit neuen Produkten in der deutschen Chemieindustrie direkt auf solche wissenschaftsbasierten Innovationen zurückgingen (Industrie: ca. 2 %), liegt daran, dass es sich bei diesen „technologisch radikalen“ Innovationen meist um Spezialitäten handelt, die zunächst für sehr spezifische Anwendungen bestimmt sind und nur in kleinen Mengen abgesetzt werden. Quantitativ bedeutender ist der Beitrag der wissenschaftlichen Forschung auf die mit Prozessinnovationen erzielten Kostensenkungen: Rund 9 % (Industrie: 5½ %) der Rationalisierungseffekte in der Chemieindustrie im Jahr 2002 stammen aus neuen Erkenntnissen der Wissenschaft.

Diese hohe Bedeutung der wissenschaftlichen Forschung für Innovationen in der Chemie legt eine **enge Kooperation zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen** an Hochschulen und außeruniversitären Instituten nahe. Im Zeitraum 2001 bis 2003 unterhielten 34 % der innovierenden Chemieunternehmen in Deutschland Kooperationen mit Hochschulen und 18½ % mit Wissenschaftseinrichtungen außerhalb des Hochschulbereichs (wie z. B. Max-Planck-Institute, Fraunhofer-Institute oder Großforschungszentren). Dies ist deutlich mehr als im Durchschnitt der Industrie, und auch mehr als in fast allen anderen forschungsintensiven Wirtschaftszweigen (Abb. 2-9). Nur in der Pharmaindustrie sind Wissenschaftskooperationen noch häufiger anzutreffen. Hochschulen sind damit die gefragtesten Partner für eine aktive Zusammenarbeit in Innovationsprojekten, sowohl in der Chemieindustrie als auch in der Wirtschaft insgesamt. Mit ihnen wird deutlich häufiger aktiv kooperiert als mit Kunden oder Lieferanten.

Kooperationen mit der Wissenschaft sind dabei in erster Linie eine **nationale Angelegenheit**. Weniger als 2 % der innovierenden Chemieunternehmen kooperieren ausschließlich mit Wissenschaftseinrichtungen im Ausland. In Bezug auf Kooperationen mit Hochschulen nutzt allerdings über ein Drittel der kooperierenden Unternehmen neben inländischen auch ausländische Partner. Damit ist die Chemie – hinter dem Pharmasektor – die Branche, die am stärksten auch ausländische Wissensquellen im Hochschulbereich anzapft.

Am häufigsten erfolgt die Zusammenarbeit über informelle Kontakte, wissenschaftliche Beratung sowie über die gemeinsame Betreuung von Diplomarbeiten und Dissertationen (Abb. 2-10). Diese Kooperationsformen basieren oft auf persönlichen Kontakten zwischen den Forschern in der Chemieindustrie und ihren ehemaligen Kommilitonen bzw. Lehrern in der Wissenschaft. Reiht man die Kooperationsformen nach ihrer Bedeutung für den Wissenserwerb, stehen ebenfalls die informellen, persönlichen Kontakten an erster Stelle, allerdings gewinnen die Gemeinschafts- und die Auftragsforschung an Bedeutung. Trotz der Vielzahl von Kooperationskontakten erscheint die Einbindung der Chemieindustrie in die FuE-Arbeitsteilung gar nicht einmal so intensiv zu sein. Denn mit gut 6 % hält der Anteil von externer FuE an den FuE-Aufwendungen insgesamt überhaupt noch nicht mit den übrigen Branchen (17 %) Schritt.

Dass in der Chemie **informelle und indirekte Kooperationsformen** dominieren, liegt zum einen an den umfangreichen eigenen Forschungskapazitäten der Chemieunternehmen (27.000 Forscher in den Unternehmen gegenüber 9.000

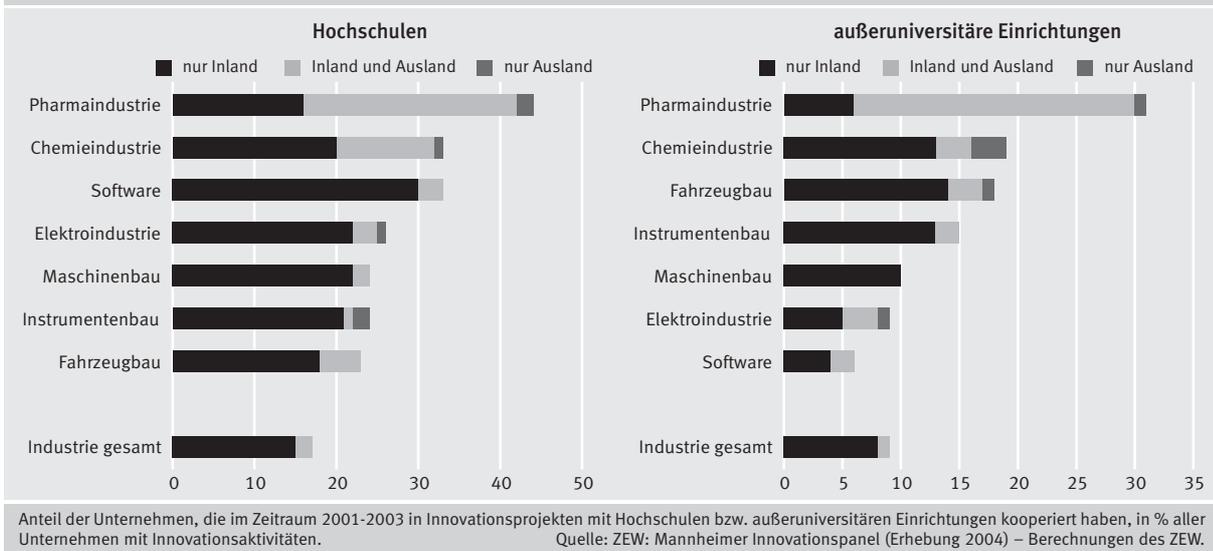
Tab. 2-2: FuE-Finanzierung und FuE-Mittelverwendung in der deutschen Chemieindustrie

	Chemische Industrie				Verarbeitende Industrie			
	1995	1997	1999	2001	1995	1997	1999	2001
<b>FuE-Finanzierung in %</b>								
Unternehmen Inland	98,3	*	96,3	96,8	91,6	89,1	91,3	93,7
Staat Inland	0,9	0,9	1,0	0,7	6,3	7,1	5,9	3,2
Ausland	0,8	*	2,7	2,5	2,1	3,8	2,8	3,1
<b>FuE-Kostenstruktur in %</b>								
Personalausgaben	57,4	55,5	51,3	51,1	54,0	53,7	49,9	47,9
Sachmittel	32,4	33,7	33,2	33,3	30,5	27,4	27,8	28,3
Investitionen	7,3	9,0	9,5	9,1	5,7	6,0	7,1	6,5
externe Aufträge	2,9	1,7	6,0	6,5	9,8	12,9	15,1	17,3
<b>Auftragnehmer der externen FuE in %</b>								
Wirtschaft Inland	23,0	53,1	52,4	61,5	60,6	66,2	70,7	73,1
Hochschulen	15,3	24,5	7,1	10,3	10,4	7,1	5,0	5,2
außeruniversitäre Einrichtungen	1,8	5,1	1,3	1,9	9,4	5,7	4,4	4,1
sonstige	1,3	5,2	2,1	2,4	3,2	2,0	1,4	0,8
Ausland	58,5	12,1	37,1	24,0	16,5	19,0	18,6	16,9
<b>Personalstruktur in %</b>								
Wissenschaftler/Ingenieure	23,9	24,2	24,1	25,1	45,1	45,2	47,5	50,1
Techniker	45,4	45,7	44,2	43,1	28,0	28,4	26,9	24,9
sonstiges Personal	30,7	30,1	31,7	31,7	26,9	26,5	25,6	25,0

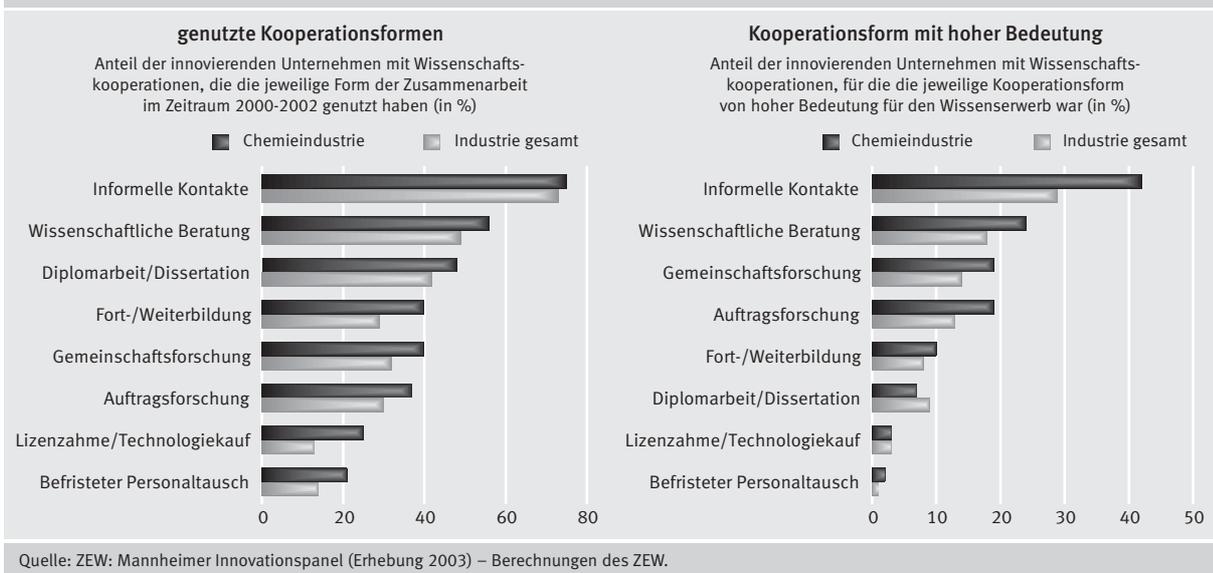
\* nicht verfügbar

Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Datenreport, versch. Jgge.) sowie unveröffentlichte Angaben; Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.1) – Zusammenstellung, Schätzungen und Berechnungen des NIW.

**Abb. 2-9: Kooperation mit der Wissenschaft im Rahmen von Innovationsprojekten**



**Abb. 2-10: Form der Zusammenarbeit mit der Wissenschaft in der deutschen Chemieindustrie**



an den Hochschulen) und dem hohen wissenschaftlichen Niveau der unternehmensinternen Forschung, so dass seltener als in anderen Branchen komplementäres Know-how aus der Wissenschaft in Innovationsprojekten direkt benötigt wird. Zum anderen ist aber auch die Ausrichtung der Chemieforschung in Unternehmen und Wissenschaft oft sehr unterschiedlich: Während erstere sich praktischen Fragen zuwendet und in kurzer Zeit in Innovationen umsetzbare Forschungsergebnisse zu erzielen trachtet, ist die universitäre Forschung meist an Grundlagen interessiert und wendet sich häufig neuen Forschungsfeldern ohne unmittelbares industrielles Umsetzungspotenzial zu.

**Lehr- und Forschungspersonal an Hochschulen**

Die Leistungsfähigkeit der Chemieforschung an Hochschulen spielt für die Innovationsfähigkeit der deutschen

Chemieindustrie aus mehreren Gründen eine herausragende Rolle: Chemie-Innovationen nutzen in hohem Maße Impulse aus der wissenschaftlichen Forschung. Dementsprechend weit verbreitet ist die Zusammenarbeit mit der Wissenschaft in Innovationsprojekten, wobei in erster Linie – trotz aller Internationalisierung von Produktion und Forschung – mit inländischen Einrichtungen kooperiert wird. Gleichzeitig benötigt die industrielle Chemieforschung stetig Nachwuchs an jungen Wissenschaftlern. Eine hohe Qualität der akademischen Ausbildung und die Verfügbarkeit einer ausreichend großen Zahl an Chemieabsolventen sind für die Innovationstätigkeit der Chemieindustrie unabdingbare Voraussetzung.

Ein wichtiger Parameter ist die Ausstattung der Hochschulen mit wissenschaftlichem Lehr- und Forschungspersonal. In der zweiten Hälfte der 90er Jahre wurde das Lehr- und Forschungspersonal in der Chemie in Deutschland kräftig

tig reduziert. Zwischen 1995 und 2000 wurden im Schnitt jedes Jahr 4 % der Stellen gestrichen (Abb. 2-11), in Summe nahm der Personalbestand um rund 2.000 auf 8.800 Vollzeitstellen ab. Der **Personalabbau** betraf in erster Linie Grundmittelstellen. Zwar hatten auch andere technisch-naturwissenschaftliche Fachbereiche einen Rückgang des Lehr- und Forschungspersonalbestands zu beklagen, doch in keinem Fach war er so stark wie in der Chemie. Bei einer insgesamt rückläufigen Personalausstattung in den Naturwissenschaften fand nur in der Informatik ein deutlicher Anstieg des Personalbestandes statt, und zwar sowohl durch Umschichtungen aus anderen Fachbereichen wie durch einen Zuwachs der Drittmittelstellen. Im gleichen Zeitraum nahm außerhalb der technisch-naturwissenschaftlichen Fachbereiche (d. h. in der Medizin sowie in den Geistes- und Sozialwissenschaften) die Anzahl des Lehr- und Forschungspersonals weiter zu.

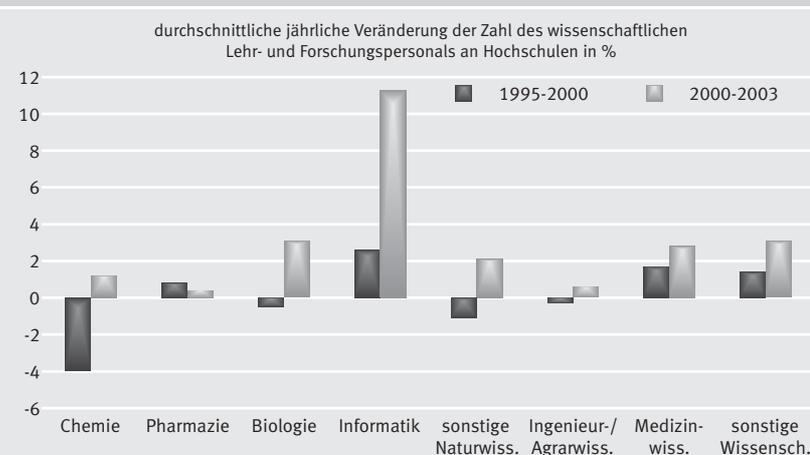
Seit dem Jahr 2000 ist der Lehr- und Forschungspersonalstamm in der Chemie allerdings wieder etwas ausgeweitet worden (+320 Stellen bis 2003). Diese Zunahme ist alleine einer Expansion der Grundmittelstellen geschuldet (+500 Stellen), während die Zahl des Drittmittelpersonals verringert wurde. Der Rückgang von 1995-2000 konnte damit jedoch bei weitem nicht wettgemacht werden. Der Personalstand des wissenschaftlichen Lehr- und Forschungspersonals liegt in der Chemie 2003 immer noch 15 % unter dem Wert von 1995.

### Ergebnis der wissenschaftlichen Forschung

Ergebnisse der Grundlagenforschung geben immer wieder wertvolle Anstöße für die anwendungsorientierte Industrieforschung und die Technologieentwicklung in den Unternehmen. Über den Wechsel von promovierten Wissenschaftlern aus Hochschulen in die Wirtschaft findet zudem ein Wissenstransfer über Köpfe statt, der eine mindestens ebenso wichtige Impulsfunktion hat. Insofern stellt sich auch die Frage nach der Leistungsfähigkeit deutscher Wissenschaftler in den Feldern der Chemie.

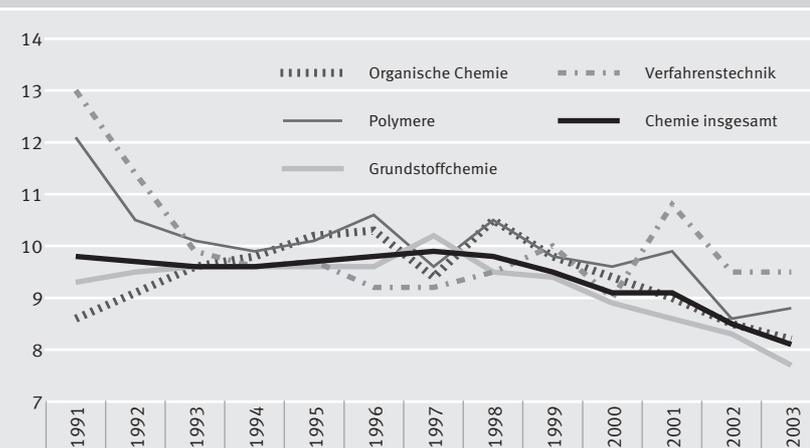
Die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung lassen sich am ehesten in **Publikationszahlen** ausdrücken. Danach haben deutsche Wissenschaftler immer noch einen über-

**Abb. 2-11: Wissenschaftliches Lehr- und Forschungspersonal an deutschen Hochschulen 1995 bis 2003 nach Fachbereichen**



Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des NIW.

**Abb. 2-12: Anteil Deutschlands an den Chemie-Publikationen weltweit 1991-2003 (in %)**



Quelle: Fraunhofer-ISI – Berechnungen des NIW.

durchschnittlich hohen Anteil am weltweiten Publikationsgeschehen. Der Anteil deutscher an den weltweiten Publikationen ist in den Chemiefachbereichen (Verfahrenstechnik, Organische Chemie, Polymere und Grundstoffchemie) in den 90er Jahren zunächst bei 10 % verharret. Deutschland hat seine Position halten können. Gegen Ende des Jahrhunderts zeichnet sich jedoch der Trend ab, dass alle großen Länder zu Gunsten kleinerer Volkswirtschaften sowie aufstrebender Schwellenländer auf dem „Publikationsmarkt“ an Boden verlieren. Deutschlands Anteil an den weltweiten Publikationen hat in der Chemie auf ungefähr 8 % nachgegeben (Abb. 2-12). Damit ist wieder jene Quote erreicht, die die Bundesrepublik in den 80er Jahren aufwies.

Der **Anteilverlust Deutschlands** an den weltweiten Publikationen erfolgte in der Chemie allerdings rascher als in anderen Fächern. Im Jahr 2002 lag der Anteil Deutschlands an allen Chemiepublikationen mit 8,5 % erstmals unter dem Anteil Deutschlands an allen wissenschaftlichen Publikationen (8,7 %). Im Jahr 2003 setzte sich diese Entwicklung fort.

Deutschland ist also nicht mehr auf Chemiepublikationen spezialisiert. Diese Positionsverschlechterung der Chemie hängt natürlich auch mit dem Abbau an wissenschaftlichem Lehr- und Forschungspersonal bis zum Jahr 2000 und den rückläufigen Absolventenzahlen zusammen. Quantitativ betrachtet lässt Deutschlands Beitrag zur wissenschaftlichen Entwicklung in der Chemie deutlich nach.

Quantität ist jedoch nicht Qualität. Daher ist auch zu berücksichtigen, welchen qualitativen Einfluss deutsche Wissenschaftler in den Feldern der Chemie auf die wissenschaftliche Entwicklung nehmen. So werden Publikationen deutscher Chemiewissenschaftler vor allem bei Polymeren und in der Verfahrenstechnik überdurchschnittlich **intensiv beachtet**. Wenn es etwas zu kritisieren gibt, dann die Tatsache, dass die Publikationen stärker auf international renommierte Zeitschriften ausgerichtet sein sollten. Denn im Zuge der immer stärkeren Internationalisierung der Wissenschaft und der damit steigenden Bedeutung englischsprachiger Fachzeitschriften erhält internationale Publikationstätigkeit immer größeres Gewicht. Hohe Offenheit nach außen und die Einbindung in die international geführte Diskussion ist neben einem exzellenten Wissenschaftssystem entscheidend. Angesichts des Trends zur Globalisierung hätte man gerade in dieser Beziehung von deutschen Chemikern eine Beschleunigung erwarten können.

#### Akademisierung bei FuE

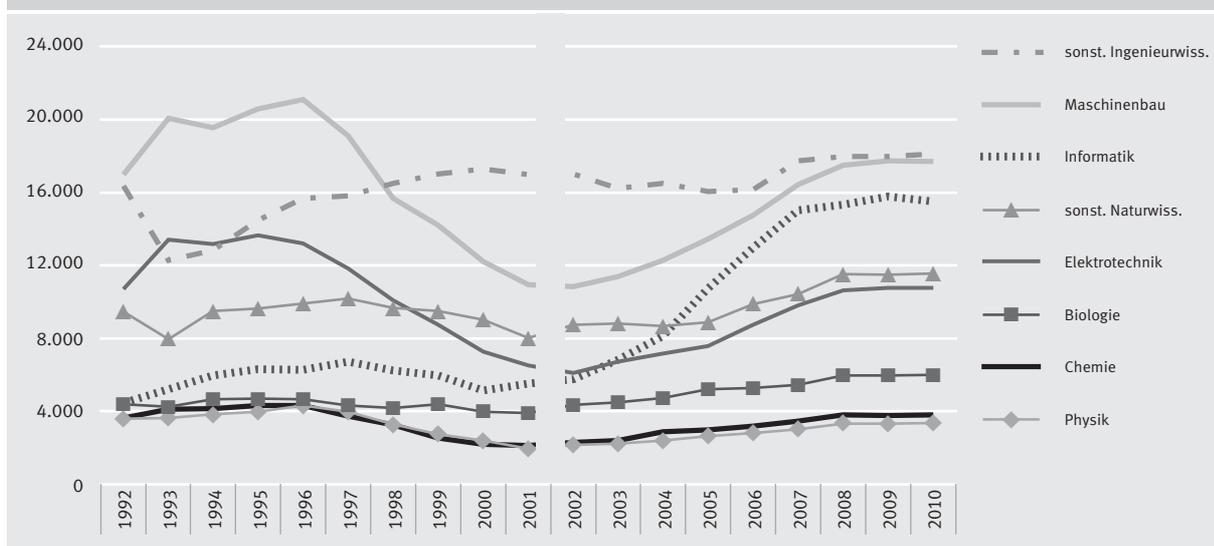
Hoch qualifizierte Arbeitskräfte sind der wichtigste Inputfaktor für den FuE-Prozess, der immer „wissensintensiver“ wird: In den Forschungsabteilungen der Industrie erhöht sich der „**Akademisierungsgrad**“, auch in der Chemieindustrie. Ein Viertel des FuE-Personals sind Akademiker. Dies ist im Vergleich zur verarbeitenden Industrie, wo fast die Hälfte des FuE-Personals eine Ausbildung als Naturwissen-

schaftler bzw. Ingenieur hat, relativ wenig. Chemiker/Chemieingenieure bilden mit einem (beinahe unveränderten) Anteil von etwa 46 % unter den Naturwissenschaftlern/Ingenieuren in der Chemieindustrie das akademische Rückgrat. Rund 28 % aller sozialversicherungspflichtig beschäftigten Chemiker/Chemieingenieure (gut 11.000) sind in der Chemieindustrie beschäftigt. Sie konkurriert vor allem mit der übrigen Industrie (8.000, insbesondere Pharmaindustrie) sowie dem Bildungs-, Wissenschafts- und Forschungssektor (inkl. technische Büros/Labors und Unternehmensberatung), wo rund 10.000 Chemiker/Chemieingenieure arbeiten.

Chemiker sind knapp. Denn Mitte der 90er Jahre fiel die Zahl der Studienanfänger – das sind diejenigen, die fünf bis sechs Jahre später dem Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen – in Deutschland unter das Niveau von Mitte der 80er Jahre in Westdeutschland. Die nachlassende Nachfrage nach Chemikern durch die Industrie und die damit verminderten Einstellungschancen haben die Studienwahl deutlich beeinflusst und zu einem **Einbruch bei der Zahl der Studienanfänger** geführt. Dies hat gewirkt, innerhalb von fünf Jahren hat sich die Zahl der Chemieabsolventen an Hochschulen halbiert, auf rund 2.500 jährlich. Erst ab Ende der 90er Jahre haben in Deutschland wieder mehr junge Menschen das Chemiestudium aufgenommen. Dieser Trend hat bis vor kurzem angehalten, der Anstieg ist nachfragegetrieben und zeigt die rasche Reaktion der Studierenden auf veränderte Nachfragebedingungen am Arbeitsmarkt für Hochqualifizierte. Dadurch steigen auch die Absolventenzahlen wieder an (Abb. 2-13). Die Zahl der Absolventen mit Promotion wird allerdings noch einige Jahre lang sinken (von 2.200 im Jahr 1997 über 1.400 in 2003 auf 700 jährlich ab 2006).

Der Wiederanstieg der Chemieabsolventenzahlen ist auch dringend erforderlich. Momentan scheiden altersbedingt alleine in der Chemieindustrie rund 300 Chemiker pro

**Abb. 2-13: Inländische und ausländische Hochschulabsolventen in Deutschland 1992-2001 und Absolventenprognose 2002-2010 in technisch-naturwissenschaftlichen Fächern**



Quelle: KMK, Fächerspezifische Prognose der Hochschulabsolventen bis 2015, KMK Statistische Veröffentlichungen, Band 168, Juni 2003.

Jahr aus dem Erwerbsleben aus. Diese Zahl wird steigen. An diesem **Ersatzbedarf** und dem **Zusatzbedarf** einer eventuell wachsenden „wissensintensiven Wirtschaft“ gemessen ist die Nachwuchsbildung in Deutschland jedoch noch zu schwach. 350 Chemiker werden – allerdings mit zuletzt stark sinkender Tendenz – jährlich in der Chemieindustrie neu eingestellt. An drei Stellen gilt es anzusetzen: Erstens müssten mehr junge Leute in Deutschland die Studienberechtigung erwerben, zweitens müssten von diesen mehr Personen für ein Studium erwärmt werden und drittens müssten die Präferenzen der Studierenden mehr zu Gunsten der Ausbildung in naturwissenschaftlich-technischen Fächern beeinflusst werden. In der Regel fällt die Richtungsentscheidung für das Studium an der Oberstufe des Gymnasiums. Insofern gilt es schon hier den Hebel anzusetzen.

## 2.3 Innovationserfolge

### Patentgeschehen

Den unmittelbaren Erfolg der FuE-Tätigkeit kann man an der Zahl der patentgeschützten Erfindungen messen. Insbesondere internationale Patente geben einen Überblick über die am Weltmarkt orientierten Erfindungen, für die durch die Anmeldung Schutzwirkungen erzielt werden sollen. Wegen der schlechten internationalen Vergleichbarkeit von Patentanmeldezahlen muss man sich vor jeder Analyse auf das „Schutzgebiet“ einigen. Hier ist es Europa, der größte Markt für Chemiewaren. Es ist angesichts der regen Anmeldetätigkeit aller Länder beim Europäischen Patentamt (EPA) auch davon auszugehen, dass sich in den europäischen Patentanmeldungen bei allen großen Ländern ein repräsentatives Bündel der Erfindungen spiegelt und der „Heimvorteil“ hier eine geringere Rolle spielt als bspw. in den USA oder Japan.

Eine ganze Reihe von Gründen ist für die Mitte der 90er Jahre **wiedererwachte Patentdynamik** maßgeblich: Eine erhöhte Umsetzungseffizienz von FuE, ein erhöhter Patentierungsdruck aufgrund des verschärften internationalen Technologiewettbewerbs, eine stärkere Auslandsmarktorientierung der Innovatoren sowie eine verbesserte internationale Durchsetzbarkeit von Rechten an geistigem Eigentum werden am häufigsten genannt. Aber auch strategische Überlegungen in Großunternehmen – 10 % der Patentanmelder halten rund drei Viertel der Patente – spielen eine wichtige Rolle: Die Bedeutung von Patenten bei Kooperationen, Lizenztausch und Firmenübernahmen werden hierbei häufig genannt.<sup>18</sup> Die Dynamik der

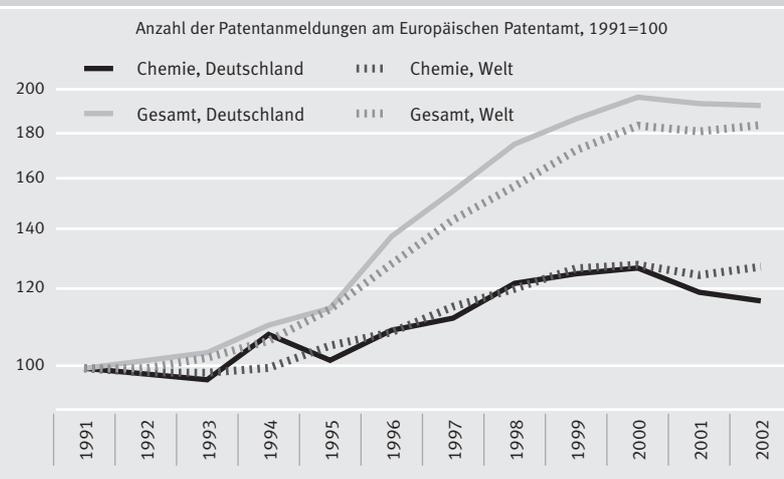
internationalen Patentanmeldungen hängt somit neben den FuE-Aktivitäten von einer Reihe von anderen Faktoren ab. Hierzu gehören auch die Blockade der Konkurrenz, technologischer Reputationsgewinn, interne Leistungsanreize und erleichterter Kapitalmarktzugang.

Weltweit betrachtet hat die Dynamik bei den Patentanmeldungen in der chemischen Industrie allerdings nicht das Tempo mitgehen können, das in den 90er Jahren in allen Technologiefeldern zusammengenommen angeschlagen wurde (Abb. 2-14). Für die chemische Industrie werden wohl vor allem die geringeren Steigerungen der FuE-Aufwendungen den Ausschlag dafür gegeben haben, dass die Zunahme der Patentanmeldezahlen nicht mehr so hoch ausfiel. Aus deutscher Sicht ist das Bild ähnlich einzuschätzen.

Im Jahr 2002 wurden in der Chemie weltweit rund 30 % mehr Patente angemeldet als 1991, in allen Technologiefeldern waren es weltweit immerhin 80 %. Die Zahl der Patentanmeldungen mit Erfindern aus Deutschland lag in Summe aller Technologiefeldern gar um 90 % über dem Niveau von 1991. Demgegenüber blieb die Dynamik der Patentanmeldungen in der Chemie in Deutschland zurück: 2002 wurden um 20 % mehr Patente am EPA angemeldet als 1991.

Am Verlauf der deutschen Patentkurve fällt vor allem eine größere konjunkturelle Reagibilität auf und – damit zusammenhängend – ein recht starker Rückgang im neuen

**Abb. 2-14: Entwicklung der Patentanmeldezahlen in der Chemie 1991-2002**



Quelle: Fraunhofer-ISI – Berechnungen des NIW.

Jahrhundert. Dies kann für die Weltchemiepatente nicht gesagt werden. Insofern ist die deutsche Chemieindustrie im **Patentwettrennen** in kurzer Frist recht deutlich **zurückgefallen**. Diese Beobachtung deckt sich nicht mit der Tatsache, dass die FuE-Kapazitäten in Deutschland in der chemischen Industrie in den letzten Jahren wieder stärker ausgeweitet worden waren als im Schnitt der westlichen Industrieländer. Sie dürfte eher mit der schwachen Marktentwicklung in Europa zu Beginn dieses Jahrhunderts zusammenhängen.

<sup>18</sup> Vgl. Blind, K., J. Edler, R. Frietsch, U. Schmoch (2003), *Erfindungen kontra Patente. Schwerpunktstudie zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands*, Karlsruhe: FhG-ISI.

Abb. 2-15: Spezialisierung bei Chemiepatenten in ausgewählten Ländern 1991-2002

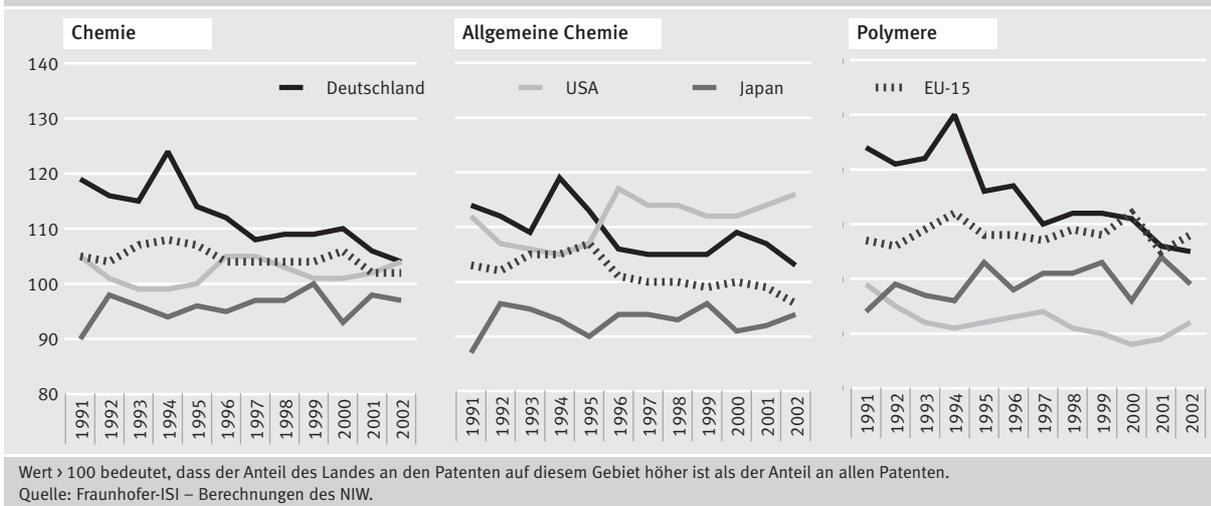
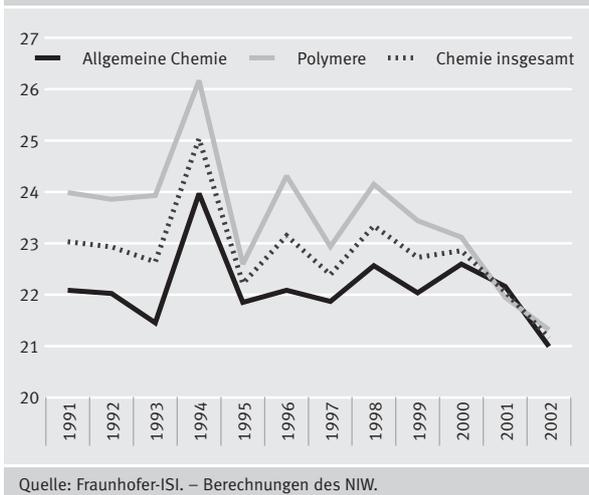


Abb. 2-16: Anteil Deutschlands an den Patentanmeldungen in der Chemie weltweit 1991-2002



Nimmt man die Bedeutung von Chemiepatenten für das gesamte Patentportfolio zum Maßstab, dann zeigt sich, dass zwischen Deutschland, dem übrigen Europa und den USA keine großen Unterschiede bestehen: Diese Regionen sind in etwa gleich stark – besser gesagt: kaum – auf Patente „spezialisiert“. D. h. sie prägen als die größten Chemieregionen ungefähr in gleichem Umfang das technologische Geschehen in der Industrie. Allerdings gibt es Unterschiede in der zeitlichen Entwicklung:

- Deutschlands Chemieindustrie musste kräftige „Patentspezialisierungsverluste“ einstecken. Deutschlands Anteil an Chemiepatenten lag Anfang der 90er Jahre noch bei rund 23 %, nun sind es nur noch 21 % (Abb. 2-16). Der Spezialisierungsindex sank von 119 auf 104 (Abb. 2-15). Dies hängt damit zusammen, dass die Patentanmeldungen in anderen Technologiefeldern schneller gesteigert wurden.
- Die Bedeutung der Chemieindustrie für das US-Technologieangebot hat sich im letzten Jahrzehnt hingegen

wieder etwas erhöht. Ab dem Jahr 2000 ist dies jedoch auch eine Art „passiver Reflex“ auf den Einbruch der US-Patentanmeldungen in Elektronik/IuK- und Medientechnik.

- Die EU-Länder insgesamt haben – nicht unmaßgeblich durch Deutschland beeinflusst – in der Chemie Spezialisierungsvorteile verloren.
- In Japan spielt die Chemieindustrie eine durchschnittliche Rolle, die sich in den vergangenen zehn Jahren auch kaum verändert hat.

In der **fachlichen Orientierung** Deutschlands gibt es kaum mehr Unterschiede zwischen Polymeren und der allgemeinen Chemie. Der Spezialisierungsverlust Deutschlands ist jedoch bei Polymeren wesentlich stärker ausgefallen. Die USA haben vor allem Vorteile in der allgemeinen Chemie – sie haben diese auch noch ausgeweitet –, während die Position bei Polymeren deutlich nachlässt. Dort hat Japan seine Spezialisierungsposition ebenso verbessert wie auch in der allgemeinen Chemie.

#### Umsatz mit Produktinnovationen, Kostensenkung durch Prozessinnovationen

Der Markterfolg, den die Unternehmen mit ihren Innovationsanstrengungen erzielen, ist schwieriger zu erfassen als der direkte Output von FuE-Aktivitäten. Für den Innovationserfolg, d. h. die Erträge, die aus neuen Produkten oder neuen bzw. verbesserten Verfahren resultieren, gibt es keine der Patentstatistik vergleichbare internationale Datenbasis. Hier ist man auf nationale Daten aus Innovationserhebungen angewiesen. Als Erfolgsindikatoren werden – internationalen Konventionen folgend – der Umsatzanteil mit neuen Produkten, die in den vorangegangenen drei Jahren auf den Markt gebracht wurden, sowie die durch Prozessinnovationen erzielte Verringerung der Stückkosten betrachtet.

Beim intersektoralen Vergleich von „Innovationsraten“ sind jedoch einige Besonderheiten der Chemieinnovationen und der Chemieproduktion zu beachten:

- Lange Produktlebensdauern:** Chemieprodukte sind weniger schnelllebig als andere Industriewaren und unterliegen in geringerem Maße einer „ökonomischen Entwertung“ durch den technologischen Wandel, Änderungen in den Nachfragepräferenzen oder Moden. Dieses langsamere Altern bedeutet, dass ein neu eingeführtes Chemieprodukt wesentlich länger im Markt bleibt und Umsätze erzielt. Dadurch sinkt rechnerisch der Anteil der Produkte am Gesamtumsatz, die erst in den letzten drei Jahren in den Markt eingeführt wurden.
- Lange Entwicklungszeiten:** Die langen Produktlebensdauern gehen mit einer aufwändigen und lange Zeiträume in Anspruch nehmenden Produktentwicklung einher. Mitunter braucht es mehrere Jahre zwischen dem Start eines Innovationsprojektes im Forschungslabor und der Marktreife. Neben der eigentlichen Entwicklungszeit fallen dabei auch Zeiten für Prüf- und Genehmigungsverfahren ins Gewicht. Solche langen Innovationsprozesse sind vor allem für die Pharmabranche typisch, aber auch in vielen Bereichen der Chemie anzutreffen.
- Lange Zeiträume bis zur Marktdurchdringung:** Junge Produkte der Chemieindustrie erzielen in den ersten Jahren im Markt oft nur geringe Umsätze. Denn meistens stellen sie Substitute zu bisher eingesetzten Materialien dar oder eröffnen ganz neue Anwendungsmöglichkeiten, die zunächst noch Nischencharakter haben. Damit sich die neuen Produkte durchsetzen, muss erst das Vertrauen der (potenziellen) Anwender gewonnen werden. Auch hängt die Diffusion von Innovationen stark von ihrem relativen Preis gegenüber den alten Produkten ab. Erst wenn es dem Innovator gelingt, die neuen Produkte zu einem für die Anwender attraktiven Preis anzubieten, ist oft die Voraussetzung für eine brei-

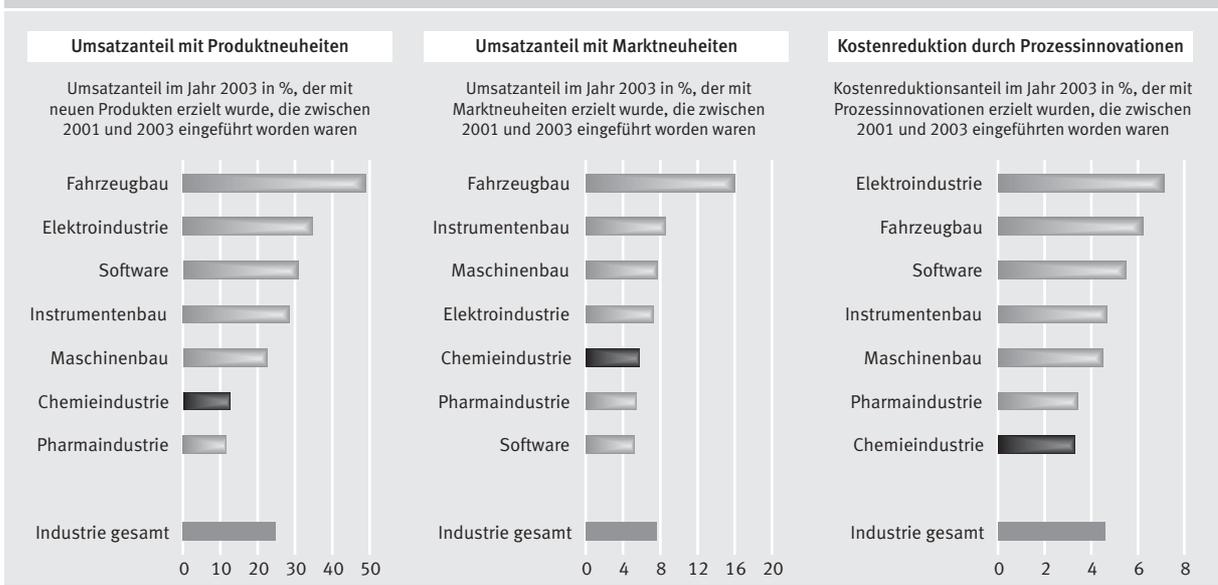
te Nutzung gegeben. In der Chemie bedeutet das, dass einer Produkteinführung Anstrengungen zur effizienteren Gestaltung der Produktionsprozesse für diese Neuerung folgen müssen, um die Stückpreise zu senken. Produkt- und Prozessinnovationen sind auch von daher in der Chemie eng miteinander verbunden.

Die Chemieindustrie unterscheidet sich von allen anderen forschungsintensiven Branchen durch einen **niedrigen Umsatzanteil mit neuen Produkten**. Im Jahr 2003 gingen knapp 13 % des Chemieumsatzes auf seit 2001 neu eingeführte Produkte zurück (Abb. 2-17). Dies ist deutlich weniger als im Industriedurchschnitt (25 %) und liegt weit hinter den Werten zurück, die etwa die Elektroindustrie (35 %) oder der Automobilbau (50 %) erreichen. Außer der Chemieindustrie weist von den forschungsintensiven Branchen nur noch die Pharmaindustrie eine so niedrige „Innovationsrate“ auf. Ein sehr ähnliches Bild – wenngleich bei geringeren Abständen – zeigt sich, wenn man nur jene neuen Produkte betrachtet, die zuvor noch nicht am Markt angeboten wurden („originäre Innovationen“). Hier liegt die Chemie mit einem Umsatzanteil von knapp 6 % ebenfalls unter dem Industriedurchschnitt (7,5 % in 2003). Allerdings erreicht hier nur der Fahrzeugbau einen weit überdurchschnittlichen Wert, während die Differenz zwischen der Chemie und den anderen forschungsintensiven Branchen weniger ausgeprägt ist.

Ebenfalls niedrig ist der quantitative Erfolg mit Prozessinnovationen, soweit er in Form von Kostenreduktionen gemessen werden kann. In der Chemieindustrie konnten durch Rationalisierungsinnovationen insgesamt gut 3 % der Gesamtkosten der Branche reduziert werden. In der Elektroindustrie liegt diese Quote dagegen bei gut 7 %, im Industriedurchschnitt bei 4,5 %.

Der **kostenseitige Innovationserfolg** unterliegt in der Chemieindustrie allerdings deutlichen **jährlichen Schwan-**

Abb. 2-17: Innovationserfolg mit neuen Produkten in Deutschland 2003 nach Branchen



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2004) – Berechnungen des ZEW.

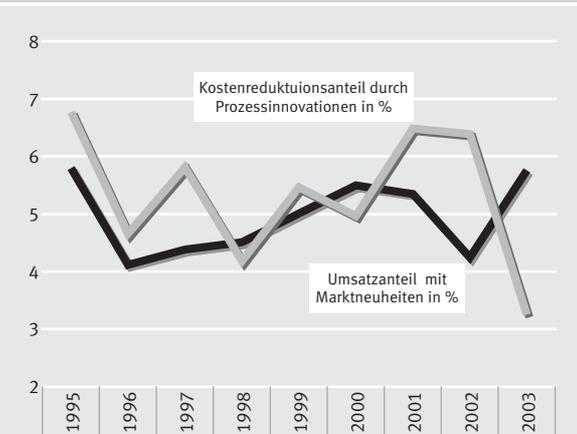
**kungen.** In den Jahren 2001 und 2002 lag er noch bei rund 6,5 % und damit über dem Mittelwert der Industrie (Abb. 2-18). Hierin spiegelt sich der Umstand wider, dass bei einer bereits hoch-effizienten Produktion zusätzliche Einsparungspotenziale durch einen umfangreicheren oder intelligenteren Technologieeinsatz nur schwierig zu erreichen sind. Auch kann die Chemieindustrie aufgrund der Natur der bei ihr vorherrschenden Produktionsprozesse weniger stark von Produktivitätsantreibern wie der IuK-Technologie profitieren als etwa die Elektro- oder Fahrzeugindustrie. Die im Jahr 2003 sehr niedrigen Kostensenkungseffekte hängen zusätzlich sehr eng mit der schwachen Ausrüstungsinvestitionsneigung der Chemieindustrie zusammen. Der Umsatzanteil mit originären Innovationen konnte demgegenüber seit 1997 kontinuierlich gesteigert werden, wenngleich die konjunkturelle Schwäche 2001 und 2002 auch hier Spuren hinterließ.

Die niedrigen „Innovationsraten“ in der Chemie bei gleichzeitig hohen Aufwendungen für FuE und Innovationen bedeuten, dass das **Verhältnis von Innovationsinput zu -output** in der kurzen Frist **ungünstig** ist. Während in der Chemieindustrie in den vergangenen drei Jahren einem Euro an Innovationsaufwendungen im Mittel 3,40 € an Innovationsumsätzen gegenüberstanden, waren es im Fahrzeugbau 7,50 € und selbst im Industriemittel 6 € (Abb. 2-19). Nur in der Pharmabranche ist die Relation mit 1,0 € noch ungünstiger. Zwar ist dies nur ein sehr grober Indikator für die Input-Output-Relation, da Innovationsaktivitäten auch an anderer Stelle Erträge abwerfen, etwa wenn durch effizientere Prozesse Kosten eingespart werden können. Doch auch bei Berücksichtigung solcher Effekte ändert sich an den grundsätzlichen Relationen nichts.<sup>19</sup>

Dies hat mehrere Konsequenzen für die Chemieindustrie:

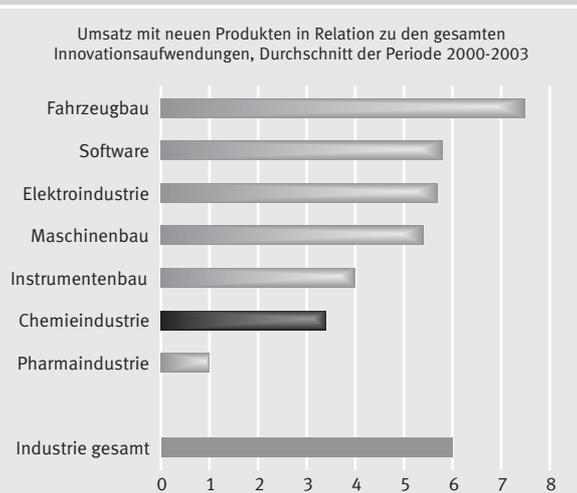
- Erstens müssen sich Innovationsaktivitäten über einen viel längeren Zeitraum amortisieren als in den meisten anderen Branchen. Dies bedeutet, dass langfristig **stabile Vermarktungsbedingungen für Chemieprodukte von großer Bedeutung** sind. Wird beispielsweise durch Regulierungen der Einsatz innovativer 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. Aber auch starke konjunkturelle Schwankungen und entsprechende Einbrüche beim Absatz verlängern die Rückflussperioden von Innovationen.
- 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 auf Innovationsanreize in einzelnen Branchen hätte.

**Abb. 2-18: Innovationserfolg in der Chemieindustrie Deutschlands 1997-2003**



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebungen 1998-2003) – Berechnungen des ZEW.

**Abb. 2-19: Relation von Innovationserfolg und Innovationsinput in Deutschland nach Branchen**



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebungen 2001-2004) – Berechnungen des ZEW.

- Die ungünstige Input-Output-Relation bei Innovationen legt gleichzeitig Strategien nahe, um die **Anwendungsbreite von neuen Produkten zu erhöhen**. Dies kann einerseits durch eine regionale Markterschließung, sprich: Exporte, erfolgen. Andererseits wird versucht, 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 für innovative Produkte legen nahe, für innovative Produkte in der ersten Phase der Marktpräsenz hohe Margen anzusetzen, um den Amortisationszeitraum zu verkürzen. Hierfür wären allerdings eine temporäre, innova-

<sup>19</sup> Vgl. Rammer, C. (2004), *Innovationsverhalten der Unternehmen in Deutschland 2003*, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 12-2005, Berlin: BMBF.

tionsbedingte Marktmacht und eine hohe Zahlungsbereitschaft bei den Kunden notwendig. Angesichts der intensiven internationalen Konkurrenz und des Substitutionswettbewerbs gegenüber anderen Materialien, in dem 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.

## 2.4 Innovationswege, -hemmnisse und -potenziale

Damit die Chemieindustrie ihrer Rolle als Anstoßgeber für Innovationen in anderen Branchen gerecht werden kann, sind effiziente Innovationsprozesse in der Chemie selbst eine wichtige Voraussetzung. Neben Investitionen in die eigenen FuE-Kapazitäten und eine Nutzung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse kommt dabei auch dem Innovationsmanagement eine entscheidende Bedeutung zu. Vor allem aber gilt es, die Potenziale für die Entwicklung neuer Materialien und Verfahren in der Chemie umfassend zu nutzen. Denn nur so können die Ausstrahlungseffekte der Chemie in vollem Umfang zur Geltung kommen. Hemmnisse, die Innovationsaktivitäten in der Chemie einschränken, sollten hierfür so weit wie möglich ausgeräumt werden.

### Ausrichtung von Innovationsprozessen

Die **große Heterogenität** der Chemieindustrie in Bezug auf Produktspektrum, Abnehmerstrukturen und Produktionsprozesse und die damit einher gehenden unterschiedlichen Produktions-, Markt- und Absatzbedingungen **erfordern unterschiedliche Innovationswege**. Dementsprechend vielfältig sind die Innovationsstrategien, die in der Chemieindustrie anzutreffen sind.

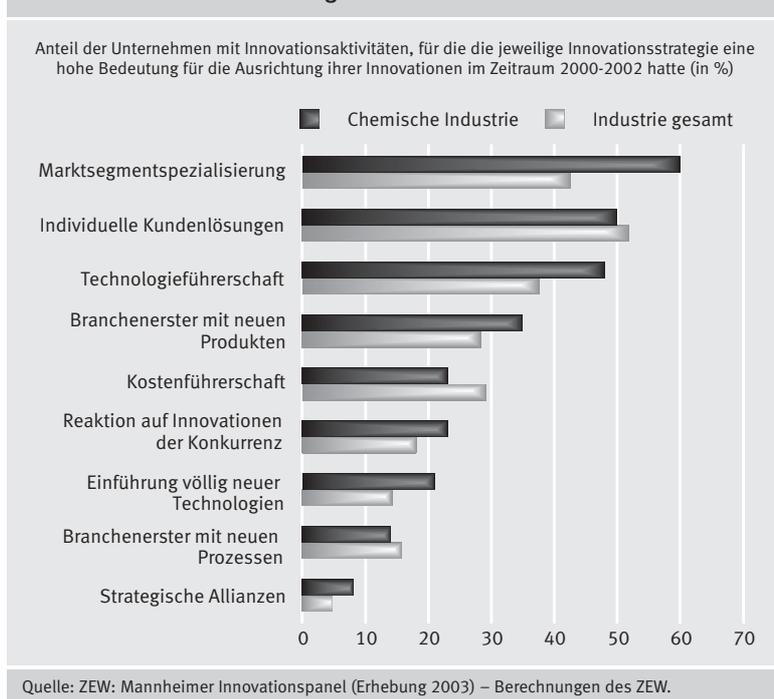
Die Ausrichtung von Innovationsprojekten an den **Kundenwünschen** steht im Zentrum der Innovationsbemühungen aller Unternehmen – natürlich auch in der Chemie. Viele Branchen setzen dabei auf kundenspezifische Lösungen, um im engen Kundenkontakt Innovationen hervorzu bringen, die exakt den jeweiligen Kundenanforderungen entsprechen. Dies erlaubt auch, zumindest vorübergehend dem scharfen Preiswettbewerb zu entgehen. In der Chemieindustrie spielt die Ausrichtung der Innovationen an spezifischen Kundenwünschen allerdings eine geringere Bedeutung als in anderen Branchen. Chemieunternehmen setzen im Bereich der kundenorientierten Innovationen vor allem auf eine **Spezialisierung auf einzelne**

**Marktsegmente** (Abb. 2-20). Über eine Stärkung der eigenen Kernkompetenzen wird vor allem der Qualitätswettbewerb gegenüber anderen Anbietern gesucht. Dies hat aus Sicht der Chemie den Nachteil, über Innovationen keine enge Kundenbindung zu erreichen, da sich die eingeführten Neuerungen an einen breiten Kundenkreis richten. Volkswirtschaftlich gesehen befördert dies aber ihre rasche Diffusion. Die Produktinnovationen der Chemie können leicht von verschiedenen Abnehmern aufgegriffen werden, da keine nutzerspezifischen Designs vorliegen.

Innovationen in der Chemie zielen aber auch häufig auf die Erlangung von **Technologieführerschaft** oder die Einführung **völlig neuer Technologien** ab. Diese Innovationsstrategie ist vor allem für die Spezialitätenchemie und den Pflanzenschutz typisch. Eine solche Ausrichtung der Innovationstätigkeit kann in allen forschungsintensiven Industriebranchen beobachtet werden. Sie bedeutet, dass FuE- und Innovationsprozesse durch eine besonders hohe Unsicherheit über die technologische Umsetzbarkeit der Innovationsidee gekennzeichnet sind.

Chemieunternehmen investieren überdurchschnittlich viel FuE in die **Neu- und Weiterentwicklung von Prozessen**. Wurden im Jahr 2001 industrieweit 28,5 % der internen

Abb. 2-20: Innovationsstrategien in der Chemieindustrie Deutschlands



FuE-Aufwendungen für Verfahrensinnovationen aufgewendet (wovon 40 % gleichzeitig für die Produktentwicklung dienten), sind es in der Chemieindustrie 38 % (wovon ebenfalls 40 % auch für die Entwicklung neuer Produkte eingesetzt wurden). Dies zeigt an, dass die Chemieindustrie unter den forschungsintensiven Branchen besonders stark in einem Preiswettbewerb steht, der insbesondere von der Importseite herrührt. Dies gilt allen voran für die Grundstoffchemie.

**Innovationskooperationen**

Innovationsprozesse in der Chemie sind komplexer und oftmals langwieriger als in anderen Branchen. Insbesondere erfordern sie viel häufiger die aktive Zusammenarbeit mit externen Partnern, um deren Wissen für die eigene Innovationsfähigkeit zu nutzen. 50 % aller innovierenden Chemieunternehmen unterhalten Innovationskooperationen mit Unternehmen, Wissenschaft und Forschung (Abb. 2-21). Im Industriedurchschnitt sind es 28 %, in den anderen forschungsintensiven Branchen zwischen 32 und 40 %. Nur in der Pharmaindustrie wird noch häufiger kooperiert. Wichtigste Kooperationspartner der Chemie in Innovationsprojekten sind die Hochschulen (vgl. hierzu Abschnitt 2.2), gefolgt von Kunden und Zulieferern.

Gleichzeitig ist die Chemieindustrie in der Einbindung von externen Partnern in Innovationsprojekte in hohem Maß **international ausgerichtet**. Zwar gibt es fast kein Chemieunternehmen, das ausschließlich auf ausländische Kooperationspartner in Innovationsprojekten setzt. Doch zwei Drittel der kooperierenden Unternehmen der deutschen chemischen Industrie arbeiten auch mit ausländischen Partnern zusammen. Dies hängt natürlich mit der hohen Exportintensität und der intensiven internationalen Verflechtung über Investitionen und ausländische Tochterunternehmen zusammen. Andere forschungsintensive und ähnlich stark internationalisierte Branchen wie Instrumentenbau, Maschinenbau und Automobilbau zeigen aber nicht eine so hohe Nutzung ausländischer Kooperationspartner. Offenbar verspricht sich die Chemieindustrie von ausländischen Partnern mehr oder bessere Impulse, als sie im Inland bekommen kann. Dies gilt insbesondere für Zulieferer, Wettbewerber und kommerzielle FuE-Unternehmen (Abb. 2-22). Hier scheinen im deutschen Innovationssystem „Lücken“ zu sein.

Unter den **Kunden dominieren jedoch inländische Abnehmer** als Kooperationspartner ganz klar. Die Nutzung ihrer Innovationsimpulse trägt dazu bei, dass sich die Chemieindustrie mit ihren neuen Produkten erfolgreich auf den Weltmärkten positionieren kann. Denn die deutschen Kunden von Chemiewaren fordern überwiegend solche Innovationen, die im internationalen Trend lie-

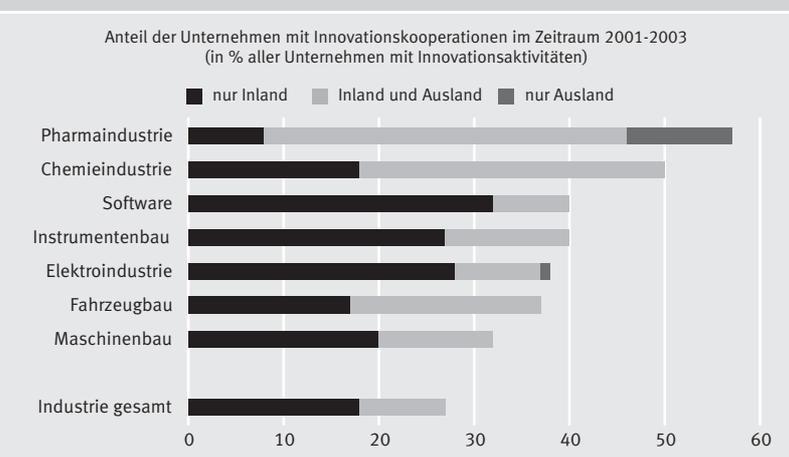
gen oder diesen gar bestimmen.<sup>20</sup> Diese „**Lead Markt Eigenschaft**“ der Heimatmarktnachfrage ist ein wichtiger Standortvorteil der deutschen Chemieindustrie. Allerdings besteht die Gefahr, dass dieser schwächer wird, je mehr sich die Nachfragedynamik global zugunsten außereuropäischer Märkte verschiebt. Denn damit wächst auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Kundenpräferenzen und -anforderungen dieser dynamischen Regionen maßgebend für den internationalen Erfolg von Innovationen werden.

**Innovationsmanagement**

Die große **Herausforderung für das Innovationsmanagement** in der Chemie besteht somit darin, drei strategische Ziele miteinander zu verbinden:

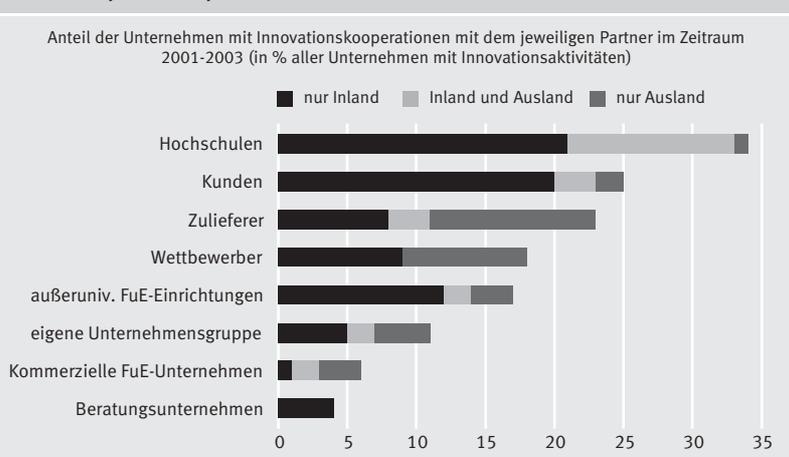
- (1) neue Produkte auf Basis **neuer Technologien** und aufwändiger eigener FuE zu entwickeln,

**Abb. 2-21: Verbreitung von Innovationskooperationen in Deutschland**



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2004) – Berechnungen des ZEW.

**Abb. 2-22: Innovationskooperationen in der deutschen Chemieindustrie nach Kooperationspartnern**



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2004) – Berechnungen des ZEW.

<sup>20</sup> Vgl. Beise, M., T. Cleff, O. Heneric, C. Rammer (2002), *Lead Markt Deutschland – Zur Position Deutschlands als führender Absatzmarkt für Innovationen*, ZEW-Dokumentation 02-02, Mannheim sowie Egel, J., H. Engerer et al. (2004), *Innovationsbarrieren und internationale Standortmobilität*, Mannheim und Berlin: ZEW und DIW.

- (2) mit Hilfe von Rationalisierungsinnovationen die **Stückkosten niedrig zu halten**, um so im internationalen Wettbewerb zu bestehen,
- (3) Innovationsprozesse an den **Kundenanforderungen** in den unterschiedlichen regionalen Märkten auszurichten, um den raschen Erfolg von neuen Produkten im Markt zu sichern.

Dies erfordert unter anderem eine enge **Zusammenarbeit in Innovationsprojekten zwischen verschiedenen Abteilungen im Unternehmen** (wie FuE, Marketing, Produktion, Einkauf, Personal) sowie ein effektives Management der Beziehungen zu externen Impulsgebern für Innovationen. Denn nur so ist es möglich, die Innovationsanforderungen des Marktes mit Forschung und Produktionstechnik zusammenzubringen.

Zudem gilt es, den Innovationsgedanken auf breiter Front im Unternehmen zu verankern, um so die vorhandenen Innovationspotenziale in allen Unternehmensbereichen durch Maßnahmen zur Innovationsstimulierung („**Ideenmanagement**“) zu nutzen. Durch die Nutzung von Ideen für inkrementelle Verbesserungen an Produkten und Prozessen können oft mit geringem Aufwand Innovationserfolge erzielt werden: Produkte werden spezifischer an unterschiedliche Anwendungserfordernisse angepasst, Produktionsverfahren kosteneffizienter gestaltet, und neue Anwendungsgebiete für existierende Produkte eröffnet.

In vielen Unternehmen der Chemieindustrie sind **Instrumente des Innovationsmanagements** zur Stimulierung von Innovationsideen und zur unternehmensinternen Zusammenarbeit in Innovationsprojekten weit verbreitet.

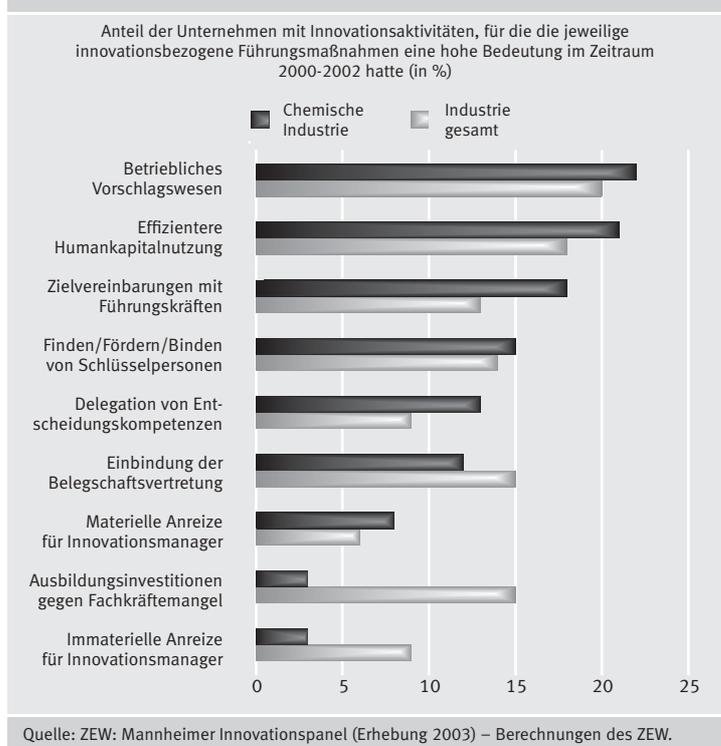
Im Vergleich zur Industrie insgesamt zeichnet sich die Chemieindustrie durch eine **intensivere Nutzung** der meisten Instrumente aus (Abb. 2-23). Besonders hohe Bedeutung kommt dabei Anreizsystemen für Mitarbeiter zur Entwicklung und Kommunikation von Innovationsideen („betriebliches Vorschlagswesen“), einer effizienteren Nutzung des vorhandenen Humankapitals (etwa durch Gruppenarbeit oder Innovationszirkel) sowie der Integration von Erfolgsgrößen zu Innovationsaktivitäten in Zielvereinbarungen mit Führungskräften zu. Ebenfalls von größerer Bedeutung als in den meisten anderen Branchen sind die Delegation von Entscheidungskompetenzen zu Innovationsvorhaben auf Projektebene bzw. in Linienpositionen sowie materielle Anreize für Innovationsmanager. Rekrutierungs- und Ausbildungsinvestitionen zur Behebung des Fachkräftemangels spielten dagegen im Zeitraum 2000 bis 2002 – im Gegensatz zur Industrie insgesamt – in der deutschen chemischen Industrie keine Rolle. Die relativ hohen Absolventenzahlen bis Mitte der 90er Jahre im Verein mit einer verhaltenen Dynamik der internen FuE-Aufwendungen und einem fortschreitenden Beschäftigungsrück-

gang verhinderten einen Fachkräftemangel in der Chemieindustrie und schoben Gegenmaßnahmen des Innovationsmanagements in den Hintergrund.

### Behinderung von Innovationsaktivitäten

Innovationshemmnisse führen dazu, dass das in den Unternehmen vorhandene Innovationspotenzial nicht voll ausgeschöpft werden kann. Innovationshemmnisse können erfolgreich innovierenden Innovatoren (indem sie einzelne Projekte verhindern oder verzögern) betreffen, sie können aber auch Unternehmen gänzlich von der erfolgreichen Einführung einer Innovation abhalten. Dabei gilt: **Je wichtiger Innovationen für die Wettbewerbsfähigkeit** in einem Markt sind, **desto eher nehmen die Unternehmen Hemmnisse wahr**. Denn durch die ständige Beschäftigung mit dem The-

**Abb. 2-23: Innovationsbezogene Führungsmaßnahmen in der Chemieindustrie Deutschlands**



Dabei gilt es auch, ausländische Niederlassungen und Töchter einzubeziehen, um die unterschiedlichen Bedingungen in den regionalen Märkten zu berücksichtigen – bis hin zur produktions- und absatznahen Durchführung von FuE in den einzelnen regionalen Märkten.

Um Forschung, Produktion und Marketing enger zu verzahnen, haben viele größere Chemieunternehmen ihre zentralen **FuE-Abteilungen enger an die operativen Bereiche** angebunden bzw. dort integriert sowie „**Systemhäuser**“ zur Entwicklung und Vermarktung neuer Produkte in bestimmten Produktsegmenten bzw. Technologiefeldern geschaffen. Diese Umstrukturierung in den Innovationsprozessen erfordert gleichzeitig neue Modelle für die Entwicklung neuer Technologien im Vorfeld konkreter Anwendungen ebenso wie für die Zusammenarbeit zwischen FuE und wissenschaftlicher Forschung.

ma Innovation und der kontinuierlichen Bemühungen, Produkte und Prozesse zu verbessern, tauchen behindernde Faktoren viel eher auf als in Unternehmen, die sich nur sporadisch oder wenig intensiv mit Innovationsfragen befassen. Folglich liegt auch der Anteil der Unternehmen, die Innovationshemmnisse melden, in den forschungsintensiven Wirtschaftszweigen deutlich höher als im Industriedurchschnitt. Innovationshemmnisse haben im Übrigen in jungen sowie in kleinen und mittelgroßen Unternehmen (KMU) stärkere nachteilige Auswirkungen als in der Großindustrie.

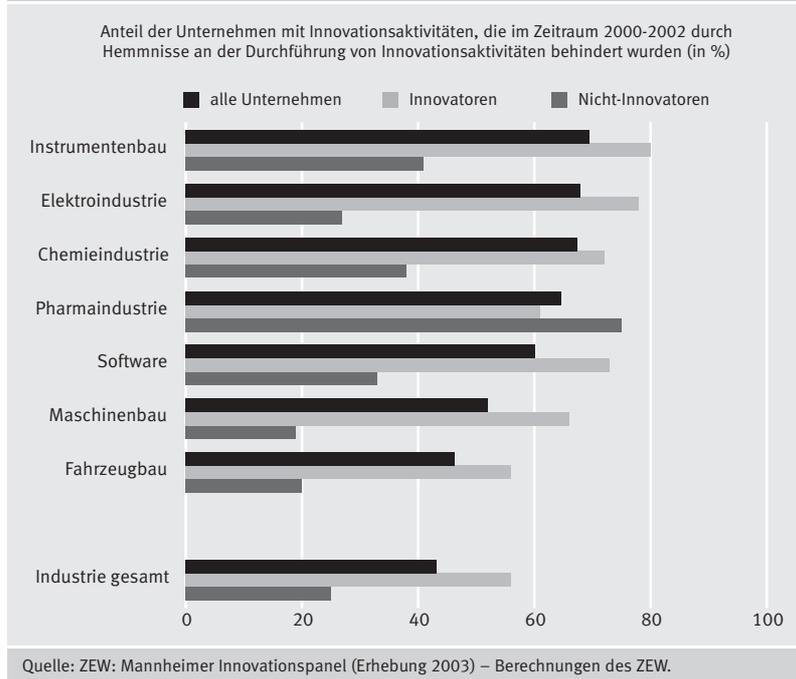
Die Chemieindustrie fügt sich in dieses Muster ein: Im Jahr 2002 berichten über 70 % der erfolgreich innovierenden Chemieunternehmen, dass Innovationshemmnisse auftraten (Abb. 2-24). In der verarbeitenden Industrie sind es im Mittel 56 %. Unter den (wenigen) nicht innovierenden Chemieunternehmen berichten knapp 40 %, dass Hemmnisse sie von erfolgreichen Innovationsaktivitäten abhielten. Das ist nach der Pharmaindustrie und dem Instrumentenbau der dritthöchste Wert. Insgesamt **melden zwei Drittel aller Unternehmen in der deutschen Chemieindustrie Innovationshemmnisse**. Im Mittel aller Industrieunternehmen sind es „nur“ 43 %.

Am häufigsten wirken die **hohen Kosten** und das **hohe Risiko**, das mit Innovationsprojekten verbunden ist, als Hemmnis. Dies liegt quasi in der Natur der Sache und kann durch ein verbessertes Umfeld nur bedingt abgebaut werden. Viele Innovationsideen sind zwar wissenschaftlich-technologisch interessant oder versprechen einen höheren Nutzen für den Kunden. Doch eine nähere Bewertung zeigt häufig, dass das Verhältnis zwischen den notwendigen Entwicklungskosten und den zusätzlichen Erträgen gering oder das Risiko eines Scheiterns des Projekts zu hoch ist.

Bemerkenswert aus Sicht der Chemie ist dagegen, dass auch eine Reihe anderer Hemmnisse, die sehr wohl direkt durch innovationspolitische Maßnahmen ausgeräumt werden könnten, eine sehr hohe Bedeutung haben (Abb. 2-25):

- 28 % der innovierenden Chemieunternehmen melden, dass **fehlende technologische Informationen** Innovationsaktivitäten behindert haben. In der Industrie insgesamt tritt dieses Hemmnis nur bei 10 % der innovierenden Unternehmen auf. In der Mehrzahl der Chemieunternehmen bewirkt es eine Verlängerung von Projektlaufzeiten (vgl. Abb. 2-26). Allerdings muss auch ein größerer Teil der Unternehmen deswegen Projekte abbrechen oder verzichten auf deren Beginn. Die hohe Bedeutung dieses Hemmfaktors spiegelt zum einen die hohen technologischen Anforderungen an Innovationen in der Chemie wider. Andererseits wirft es aber auch die Frage auf, warum diese Informationsdefizite

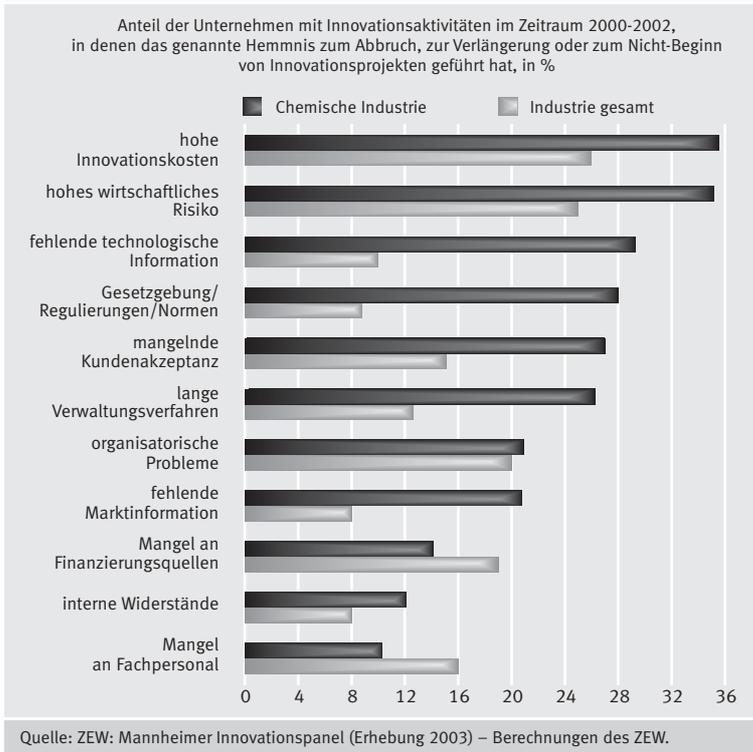
**Abb. 2-24: Verbreitung von Innovationshemmnissen in Deutschland 2002**



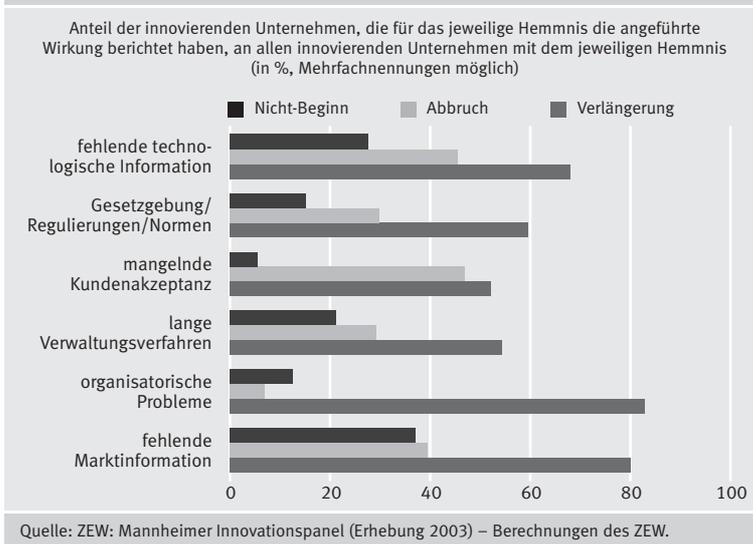
nicht über Kooperationen – etwa mit wissenschaftlichen Einrichtungen – behoben werden können. Hier kann vermutet werden, dass insbesondere kleinere Chemieunternehmen Schwierigkeiten haben, geeignete Kooperationspartner zu finden.

- **Gesetzgebung, rechtliche Regelungen und Normen** sind ebenso wie **lange Verwaltungs- und Genehmigungsverfahren** weitere Innovationshemmnisse, die in der Chemie deutlich häufiger anzutreffen sind. Gerade im Bereich von Chemieprodukten und Verfahren zur Herstellung von Chemikalien existiert eine hohe Regeldichte, um den Anliegen der Öffentlichkeit nach einer ausreichenden Produktinformation, einer sicheren Produktion und möglichst geringen Umweltwirkungen in der Herstellung und in der Anwendung von Chemiewaren zu entsprechen. Solche Regelungen können allerdings immer wieder Innovationen behindern. Es gilt daher, eine Balance zwischen öffentlichen Schutzinteressen und der Nutzung von Innovationspotenzialen herzustellen. Im Bereich der Verwaltungsverfahren sollte das Bemühen, die Verfahren so einfach und rasch wie möglich durchzuführen, stets im Mittelpunkt einer kundenorientierten Verwaltung stehen.
- Beachtenswert ist, dass in der Chemieindustrie die **mangelnde Kundenakzeptanz** sowie **fehlende Marktinformationen** ein weitaus stärker verbreitetes Innovationshemmnis als in den meisten anderen Branchen ist. Dies erstaunt angesichts des Umstandes, dass Kunden die wichtigsten Impulsgeber für Innovationen in der Chemie sind. Die fehlende Akzeptanz neuer Produkte durch die anvisierten Abnehmer führt in fast jedem zweiten Fall dazu, dass das Innovationsprojekt abgebrochen werden muss (Abb. 2-26). Dies unterstreicht

**Abb. 2-25: Verbreitung von Innovationshemmnissen in innovierenden Unternehmen 2002**



**Abb. 2-26: Wirkung ausgewählter Innovationshemmnisse in innovierenden Unternehmen der deutschen Chemieindustrie 2002**



die Notwendigkeit, in Innovationsvorhaben schon frühzeitig die Anforderungen der potenziellen Nutzer einzubeziehen. Dies ist allerdings immer dort schwierig, wo die Chemieindustrie Materialien entwickelt und anbietet, die sich an einen breiten – und zu Beginn von Innovationsprojekten mitunter nur schwer definierbaren – Nutzerkreis wenden.

Die Hemmnisse Finanzierungsengpässe und Fachkräftemangel sind dagegen in der Chemieindustrie im Jahr 2002 wesentlich seltener anzutreffen gewesen als in anderen

Branchen. Die geringere Bedeutung von mangelnden Finanzierungsquellen ist wohl in erster Linie der großbetrieblichen Struktur der Chemiebranche geschuldet – denn Finanzierungsprobleme in Innovationsprozessen treten insbesondere bei kleinen Unternehmen auf, die wegen mangelnder Sicherheiten nur schwierig Zugang zu Fremdkapital erhalten. Dass der Fachkräftemangel aktuell nicht weit verbreitet ist, liegt – wie weiter oben schon dargestellt – an der verhaltenen FuE-Dynamik in der deutschen Chemieindustrie und an der Trendwende bei den Absolventenzahlen in der Chemie ab 2002 (vgl. Abb. 2-13), so dass auch angebotsseitig eine leichte Entlastung stattfand. Im Fall eines stärkeren Wirtschaftsaufschwungs und einer größeren Expansion der FuE- und Innovationsaufwendungen kann die Lage aber rasch anders aussehen.

### Innovationspotenziale

Innovationshemmnisse tragen dazu bei, dass der Innovationsoutput – d. h. die Einführung neuer Produkte im Markt oder neuer Herstellungsverfahren im Unternehmen – verringert wird. Das Ausmaß dieser Effekte auf die Innovationsleistung in Unternehmen, die trotz Hemmnissen erfolgreich innovieren, ist schwierig zu erfassen, da in diesem Unternehmen wohl 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 Bedeutung,

deren Auftreten durch die Politik zumindest indirekt beeinflusst werden kann. Dabei handelt es sich typischerweise um Hemmnisse, die das institutionelle oder das Marktumfeld der Unternehmen betreffen („externe Hemmnisse“). Hierzu zählen Gesetze, Regulierungen und Verwaltungshandeln, aber auch Angebotsdefizite auf den Faktormärkten (Kapital, Fachpersonal), Defizite im Zugang zu externen Informationsquellen sowie Akzeptanzprobleme von Innovationen aufgrund von fehlenden Informationen über deren Nutzen oder einer generellen Nachfrageschwäche.

In der Chemieindustrie hätte die – ohnedies schon hohe – Innovatorenquote von 79 % (Anteil der erfolgreich innovierenden Unternehmen an allen Unternehmen) im Jahr 2002 um weitere 8 Prozentpunkte höher liegen können (d. h. bei 87 %), wenn keines dieser Hemmnisse aufgetreten wäre (Abb. 2-27). Dieses wegen Hemmnissen nicht genutzte **Innovatorenpotenzial ist in der Chemie höher als in den meisten anderen forschungsintensiven Branchen**. Es liegt in etwa auf dem Niveau für die Industrie insgesamt. Dieses wird vor allem durch wenig forschungsintensive Branchen bestimmt, wo hohe Anteile der Nicht-Innovatoren (vor allem KMU) Finanzierungs- und Fachpersonalmangel melden. In der Chemie nennen dagegen zwei Drittel der Unternehmen ohne erfolgreiche Innovationen, aber mit externen Innovationshemmnissen, **Gesetze/Regulierungen** sowie **lange Verwaltungsverfahren** als einen Grund für ihre erfolglosen Innovationsbemühungen. Die anderen externen Hemmnisfaktoren werden von 30 bis 40 % dieser Unternehmen genannt. Das hohe Innovatorenpotenzial in der Chemie zeigt die Notwendigkeit für die Innovationspolitik, gerade auch für forschungsintensive Branchen stets auf Neue die Voraussetzungen für Innovationen zu prüfen und hemmende Faktoren zu beseitigen, soll das Ziel der Erhöhung der Innovationsleistung der deutschen Wirtschaft erreicht werden.

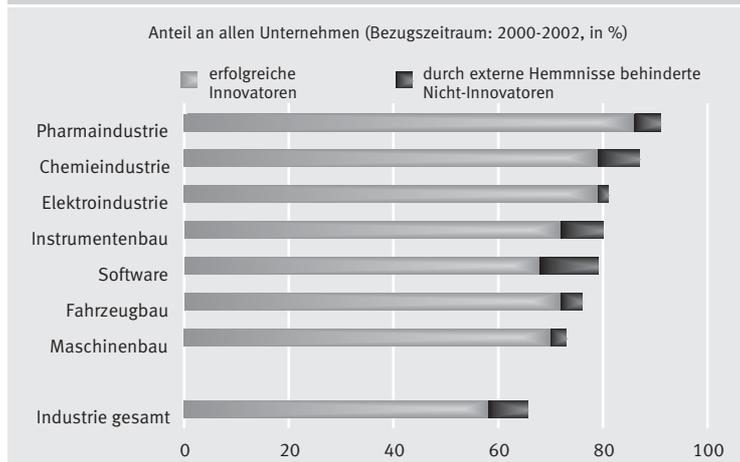
Bei der Frage, welche Rahmenbedingungen für Innovationen sich ändern müssten, damit die Unternehmen (wieder) mehr in Innovationen investieren, wurden im Frühjahr 2004 vor allem zwei Faktoren genannt: ein **kräftiges Wachstum der Nachfrage** und eine deutliche **Verbesserung der Gewinn-situation** in den Unternehmen (Abb. 2-28). Dies ist angesichts von drei Jahren wirtschaftlicher Stagnation und nachlassender Binnennachfrage nicht verwunderlich und gilt für alle Branchen. Im Vergleich der Chemieindustrie zur Industrie insgesamt wird dabei der Nachfragedynamik ein noch höheres Gewicht beigemessen. Die Erhöhung von Gewinn bzw. Cashflow ist dagegen für etwas weniger Unternehmen als im Industriedurchschnitt „unbedingt notwendig“ für zusätzliche Innovationsanstrengungen. Gleichwohl nennen drei von vier Chemieunternehmen diese Veränderung als notwendig. In der Chemieindustrie kommt darüber hinaus zwei Faktoren eine im Vergleich zur Industrie insgesamt besondere Bedeutung zu:

- Fast jedes zweite Chemieunternehmen sieht in der **Beseitigung konkreter**

**rechtlicher Hemmnisse** eine notwendige Voraussetzung für eine Ausweitung der Innovationsaktivitäten. Dies korrespondiert unmittelbar mit der hohen Bedeutung von Gesetzen/Regulierungen als Innovationshemmnis, insbesondere bei den Nicht-Innovatoren.

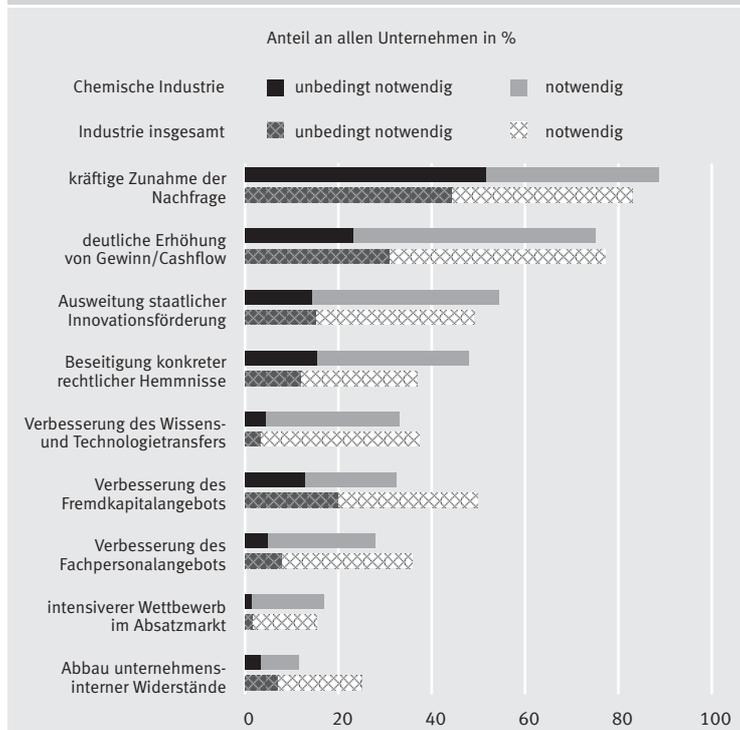
- Etwas häufiger als im Mittel aller Industrieunternehmen wird die Ausweitung der **staatlichen Innovationsförderung** als eine notwendige Veränderung genannt. Vor

**Abb. 2-27: Potenzial zur Erhöhung der Innovatorenquote im Jahr 2002 in Deutschland bei Beseitigung von externen Innovationshemmnissen**



Externe Hemmnisse: Gesetzgebung/Regulierungen/Normen, lange Verwaltungsverfahren, Mangel an Finanzierungsquellen, Mangel an Fachpersonal, fehlende technologische Informationen, fehlende Marktinformationen, mangelnde Kundenakzeptanz  
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2003) – Berechnungen des ZEW.

**Abb. 2-28: Notwendige Veränderungen zur Ausweitung der Innovationsaktivitäten 2004/05 in Deutschland**



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2004) – Berechnungen des ZEW.

allem KMU haben angesichts der besonders risikoreichen und teuren Forschung in der Chemieindustrie einen hohen Bedarf an finanzieller Unterstützung. Gleichzeitig ging zwischen 1999 und 2002 der Umfang der Forschungsförderung des Bundes an Unternehmen der Chemieindustrie (inklusive Pharma) von 91,1 auf 71,4 Mio € zurück.<sup>21</sup> Der Rückgang betraf gleichermaßen die direkte Projektförderung (-18 %) wie andere Förderformen (z.B. industrielle Gemeinschaftsforschung, ProInno, FuE-Förderung Ostdeutschland; -22 %). Insgesamt ist der FuE-Finanzierungsbeitrag der öffentlichen Hand in der Chemieindustrie mit unter 1 % traditionell verschwindend gering (vgl. Tab. 2-2). Die Chemieunternehmen tragen in der Regel das volle FuE-Risiko. Werden die Innenfinanzierungsbedingungen der Unternehmen schwieriger, kann dies entsprechend stark auf die Fähigkeit, Ressourcen für FuE bereitzustellen, durchschlagen.

Die Einschätzung zu notwendigen Veränderungen für eine Ausweitung der Innovationsaktivitäten in der deutschen chemischen Industrie gilt in erster Linie für **kleine und mittelgroße Unternehmen** (KMU). Denn hier ist die Frage, in welche unternehmerischen Bereiche die knappen Personalressour-

cen und Finanzmittel investiert werden sollen, besonders kritisch. KMU können es sich kaum erlauben, Innovationsprojekte zu beginnen, wenn schon zu Beginn deren Erfolgsaussichten ungünstig sind, etwa weil die Nachfragedynamik fehlt oder rechtliche Regelungen die spätere Produkteinführung unsicher erscheinen lassen. Aufgrund des hohen Gewichts, das Innovationsprojekte üblicherweise an den gesamten Wirtschaftsaktivitäten eines KMU haben, kann ein Scheitern rasch zur Gefährdung des Unternehmensbestands führen. Deshalb reagieren KMU besonders sensibel auf ungünstige Rahmenbedingungen für Innovationen.

In Großunternehmen gehören Innovationen dagegen zum Tagesgeschäft, und der scharfe internationale Wettbewerb verbietet es schlicht, sich aus kontinuierlichen und hohen Innovationsanstrengungen zu verabschieden. Ungünstige Rahmenbedingungen können hier allerdings die Frage des Standortes, d. h. wo innerhalb eines weltweit aktiven Unternehmens bestimmte Innovationsprojekte vorangetrieben werden, beeinflussen. Vor allem aber reduzieren ungünstige Rahmenbedingungen den ökonomischen Erfolg von Innovationen – und damit die Mittel für künftige FuE- und Innovationsprojekte.

21 Vgl. BMBF (2004), *Bundesbericht Forschung 2004*, Berlin: BMBF (hier: S. 634f).

### 3 Herausforderungen für die deutsche Chemieindustrie

Der „Innovationsmotor Chemie“ in Deutschland steht Anfang des 21. Jahrhunderts vor mehreren Herausforderungen: Das Wachstum des Weltmarkts für Chemiewaren verschiebt sich zusehends in die aufstrebenden Schwellenländer Asiens und erfordert neue Internationalisierungsstrategien der Unternehmen. Der Internationalisierungsprozess bedeutet gleichzeitig, dass neue Konkurrenten auf den Märkten auftreten. Der Importdruck in Deutschland wächst, und neue Standorte treten in den internationalen Technologiewettbewerb ein. Für den Chemiestandort Deutschland heißt das, dem schärferen Preiswettbewerb mit Produktivitätssteigerungen zu begegnen. Gleichzeitig müssen die spezifischen Wettbewerbsvorteile der deutschen Chemieindustrie erhalten und ausgebaut werden – nämlich innovative Chemieprodukte in enger Kooperation mit Abnehmern und der Wissenschaft zu entwickeln und herzustellen. All dies muss unter der Rahmenbedingung hoher Anforderungen der Gesellschaft an Umweltverträglichkeit und Sicherheit von chemischer Produktion und Chemieprodukten erfolgen.

#### 3.1 Neue Wachstumsmärkte und Globalisierung der Produktion

Der Markt der chemischen Industrie ist der Weltmarkt: Über die Hälfte der in Deutschland hergestellten Chemiewaren wird direkt im Ausland abgesetzt. Das weltweite Marktwachstum ist seit vielen Jahren deutlich größer als die Nachfragezunahme im Inland. Alleine deshalb müssen sich deutsche Chemieunternehmen immer mehr international ausrichten.

In den vergangenen zehn Jahren verschob sich die weltweite Nachfrage nach Chemischen Erzeugnissen deutlich: **Süd- und Ostasien** sowie **Nordamerika** (zumindest bis 2001) gewannen auf Kosten Europas als Absatzmärkte für Chemieprodukte sukzessive an Bedeutung. Besonders hervorzuheben haben sich Schwellenländer aus Asien. Ihr Anteil an der Nachfrage nach Chemiegütern lag 2003 bereits bei 26 % (1998: erst 21 %).

Die Produktion wandert zu den Märkten, deshalb erzielen deutsche Chemieunternehmen durch Produktion im Ausland etwa genauso viel Umsatz wie vom Standort Deutschland aus. Im Jahr 2000 erreichten die **Investitionen der deutschen Chemieunternehmen im Ausland** erstmals den Wert der inländischen Investitionen. Gleichzeitig ist dies aber auch ein Ausdruck für die zögerliche Haltung der Chemieindustrie, sich im Inland zu engagieren. Dies trifft insbesondere für die Grundstoffindustrie zu. Investitionen sind ein Signal für die Umsetzung von Innovationen, sei es durch Um-

Abb. 3-1: Inlands- und Auslandsinvestitionen der deutschen Chemieunternehmen 1980-2003

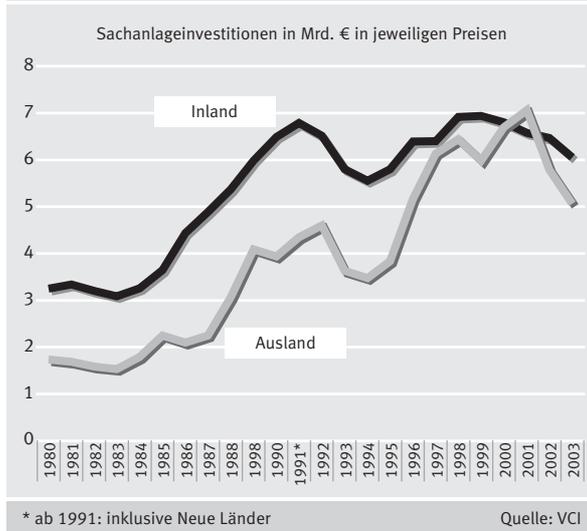
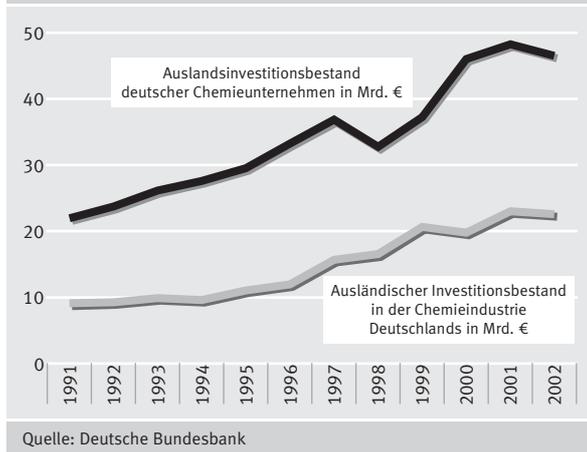


Abb. 3-2: Bestand an Auslandsinvestitionen der deutschen Chemieunternehmen und Bestand an ausländischen Investitionen in der Chemieindustrie in Deutschland 1991-2002



strukturierung oder Modernisierung der Produktpalette, durch Rationalisierung der Anlagen und Produktionsprozesse oder aber durch Erweiterung der Produktionskapazitäten. Insofern ist die Investitionsneigung und ihre Veränderung auch ein Vorbote für innovativen Strukturwandel.

So gesehen zeichnet sich eher Stagnation als Expansion ab: Selbst 1998/99 lagen die Investitionen nur geringfügig über dem Niveau von 1991. Auch das neue Jahrhundert sah keine Ausweitung der inländischen Investitionstätigkeit mehr, sondern einen weiteren, deutlichen Rückgang. Die In-

vestitionen in Deutschland zielten somit eher auf die Modernisierung des bestehenden Kapitalstocks der Chemieindustrie ab als auf dessen Erweiterung. In Konsequenz ist künftig mit weiter zunehmenden Importanteilen zu rechnen.

Die starke Position deutscher Chemieunternehmen im internationalen Raum zeigt sich auch am **Investitionsbestand**: Das im Ausland investierte Vermögen der deutschen Chemieunternehmen ist mehr als doppelt so hoch wie der von ausländischen Chemieunternehmen in Deutschland gehaltene Investitionsbestand. Im Lauf der 90er Jahre nahmen die Investitionen in beide Richtungen mit hohem Tempo zu und wuchsen rascher als die Umsätze – ein klares Zeichen für die zunehmende weltwirtschaftliche Verflechtung in der Chemieindustrie. Im neuen Jahrtausend ist hingegen eine kleine „Globalisierungspause“ eingetreten.

### 3.2 Exportwachstum und Importkonkurrenz

Die internationale Wettbewerbsfähigkeit ist die Nagelprobe für die Innovationsfähigkeit der Betriebe am Standort Deutschland. Im Jahr 2002 wurden mehr als 60 % der in Deutschland hergestellten Chemiewaren exportiert. Dahinter steht auch ein bedeutender konzerninterner Handel im Rahmen von grenzüberschreitenden Produktionsverbänden. Ein zweiter Aspekt ist die im Trend stark ausgedehnte internationale Arbeitsteilung zwischen den Volkswirtschaften. Diese Prozesse erfassen alle Produktionsstufen. Insbesondere auf der Vorproduktebene haben sich eine Reihe von aufstrebenden Volkswirtschaften aus Mittel- und Osteuropa, vor allem jedoch aus Asien in den Vordergrund geschoben.

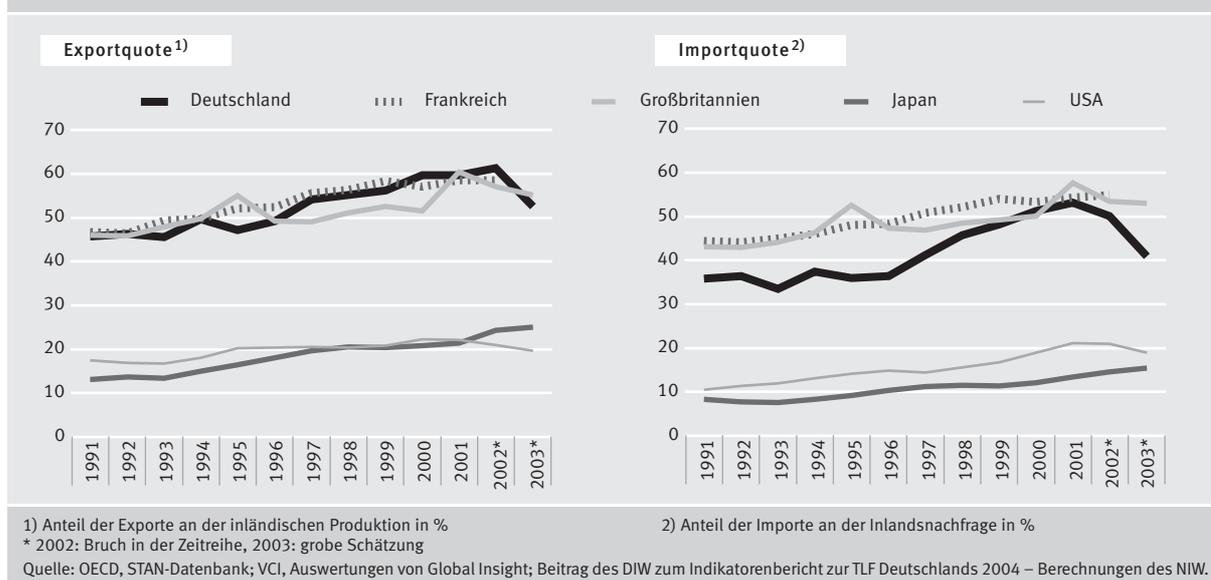
Die trendmäßig zunehmende internationale Verflechtung zeigt sich auch an **steigenden Importquoten**: Über 50 % des Inlandsbedarfs wird aus ausländischer Produktion gedeckt. Die Globalisierung der Produktion ist eine entscheidende

Triebfeder im Innovationswettbewerb. Mit ihr geraten auch die Innovationsstandorte in Bewegung.

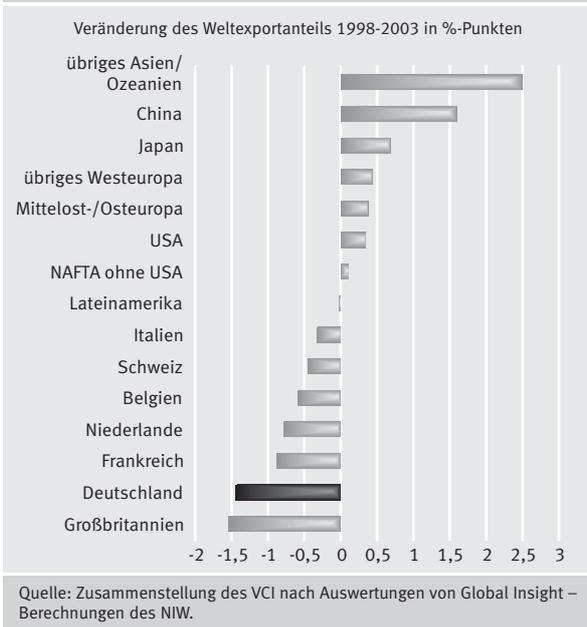
Im Weltmaßstab hat sich das **Exportgeschehen** in den letzten Jahren signifikant nach Übersee verlagert. Westeuropa zusammen hat von 1998 bis 2003 rund 5½ Prozentpunkte an Welthandelsanteilen verloren, davon Deutschland 1½ (Abb. 3-4). Amerika verbucht geringfügige Anteilsgewinne. In ähnlicher Größenordnung haben die mittel- und osteuropäischen Reformstaaten hinzugewonnen – gemessen an der niedrigen Ausgangsbasis weist dies auf eine Expansionsstrategie auch bei Chemiewaren hin. Besonders schnell schieben sich asiatische Länder nach vorne, die in kurzer Zeit 4½ Prozentpunkte gut gemacht haben, mit China als besonders dynamischer Kraft (vor allem Anorganika, Organika). Dies heißt jedoch noch nicht, dass diese Länder bei Chemiewaren bereits durchgängig Spezialisierungsvorteile haben. Denn bei den meisten aufholenden Schwellenländern schält sich eine exportorientierte Entwicklungsstrategie bei hoher Offenheit für Importe von Chemieerzeugnissen heraus. Hiervon hat auch Deutschland profitiert.

In **Deutschland** sind 9½ % der gesamten Industriewarenausfuhren bzw. 8½ % der Einfuhren Chemiewaren. Die Chemieindustrie leistet einen positiven Beitrag zum Exportüberschuss der deutschen Wirtschaft. Allerdings lässt der Chemieexportanteil nach, auch der Chemieimportanteil, jedoch nicht ganz so schnell: Die Einbindung in den internationalen Wettbewerb wird zwar intensiver (steigende Exportquote), sie ist vor allem auf dem Inlandsmarkt immer stärker spürbar geworden (schneller steigende Importquote). Ein Ende des Globalisierungstrends ist aus deutscher Sicht – trotz der kurzfristig rückläufigen Außenhandelsquoten – nicht zu erwarten. Die deutsche Chemieindustrie profitiert nicht nur von Innovationsimpulsen aus der Wissenschaft und aus dem deutschen Absatzmarkt, sondern sie holt sich die Anregungen zu einem relevanten Teil auch aus dem Auslandsmarkt.

Abb. 3-3: Export- und Importquoten der Chemieindustrie 1991-2003 im internationalen Vergleich



**Abb. 3-4: Veränderung der Welthandelsanteile 1998-2003 nach Regionen**



Der „Beitrag zum Außenhandelsaldo“ gibt Signale in zweierlei Richtung: Zum einen zeigt ein positives Vorzeichen an, welche Länder auf Chemierzeugnisse spezialisiert sind. Deutschland gehört mit einem überdurchschnittlich hohen Exportüberschuss bei Chemiewaren dazu. Zum anderen zeigt die Höhe auch die quantitative Bedeutung für den Außenbeitrag an. Angesichts der hohen wechselseitigen

Verflechtung der Chemieindustrien und des zunehmenden Handels vor allem im europäischen Raum nähern sich Export- und Importabhängigkeit immer mehr an. Zwar schwindet damit nach und nach der (rechnerische) Beitrag zum deutschen Außenbeitrag. Die **zunehmende internationale Arbeitsteilung** innerhalb der Chemieindustrie bedeutet jedoch neben der ständigen Ausweitung der Absatzmöglichkeiten auch ein erweitertes Angebot an hochwertigen Chemiegütern für die Kunden auf dem Inlandsmarkt.

Chemieerzeugnisse aus deutscher Produktion erreichen mit 12 % immer noch höhere Welthandelsanteile, als die deutsche Industrie im Warenhandel insgesamt verbuchen kann (10 %): D. h. der „**relative Welthandelsanteil**“ (RWA) ist überdurchschnittlich hoch, Deutschland ist auf Chemieexporte spezialisiert. Der RWA Deutschlands bei Chemiewaren ist vor allem bei Fein-/Spezialchemie und Polymeren ausgesprochen hoch. Spezialisierungsvorteile gibt es auch bei Anorganika und Wasch/Körperpflegemitteln.

Dennoch kann die Entwicklung in den letzten Jahren nicht befriedigen. Der Chemieexport ist seit 1998 (in US-\$ gerechnet) um 5 % gestiegen, die Ausfuhr der deutschen Wirtschaft insgesamt hingegen um 37 %. Die Exportspezialisierung Deutschlands auf Chemiewaren hat in kurzer Frist stark nachgelassen. Dies hat die Chemieindustrie in der Breite getroffen, denn das chemieinterne Exportspezialisierungsmuster ist praktisch unverändert – nur auf einem Jahr für Jahr niedrigeren Niveau. In der Agrochemie sind kaum mehr Spezialisierungsvorteile vorhanden; bei Organika nimmt der Welthandelsanteil sehr schnell ab und liegt deutlich unterhalb des Industriedurchschnitts.

**Tab. 3-1: Anteile von Chemiewaren an den Exporten und Importen sowie der Beitrag zum Außenhandelsaldo (in %)**

	Anteil an den						Beitrag zum Außenhandelsaldo		
	Industriewarenausfuhren			Industriewareneinfuhren			1991	1995	2002
	1991	1995	2002	1991	1995	2002	1991	1995	2002
Deutschland	11,2	11,5	9,6	8,4	9,1	8,5	1,4	1,2	0,5
Großbritannien	11,7	11,9	10,5	9,2	9,9	7,3	1,2	1,0	1,6
Frankreich	11,7	12,3	11,3	10,3	11,3	10,3	0,7	0,5	0,5
Italien	5,3	5,5	5,9	12,0	13,5	11,6	-3,4	-3,9	-2,8
Spanien	7,1	7,8	8,6	10,5	12,0	10,1	-1,6	-2,1	-0,7
Niederlande	15,3	16,1	14,8	11,1	12,4	10,6	2,1	1,8	2,1
Finnland	5,5	4,9	5,3	11,0	11,6	10,0	-2,7	-3,2	-2,2
Belgien	12,7	15,9	16,4	13,0	14,9	14,0	-0,1	0,5	1,2
Schweden	4,8	3,3	5,4	8,4	9,4	8,5	-1,8	-3,0	-1,5
Dänemark	4,8	5,4	5,6	10,0	9,6	8,0	-2,6	-2,1	-1,2
Österreich	6,2	5,7	5,1	8,6	8,4	8,0	-1,2	-1,3	-1,4
Tschechien*		10,3	5,3		11,6	8,6		-0,6	-1,6
Kanada	6,4	6,5	6,2	6,7	7,5	7,9	-0,1	-0,5	-0,8
Japan	6,8	7,9	8,7	7,9	6,9	7,2	-0,5	0,5	0,7
Südkorea		8,4	8,9		11,9	11,9		-1,8	-1,5
USA	11,4	11,5	9,7	5,1	5,4	6,1	3,1	3,0	1,7
Mexiko*	13,4	6,6	3,6	11,6	9,6	8,0	0,8	-1,5	-2,2

\* 2001 statt 2002

Quelle: OECD, STAN-Datenbank; Beitrag des DIW zum Indikatorenbericht zur TLF Deutschlands 2004 – Berechnungen des NIW.

Man sollte jedoch bei der Ermittlung des deutschen Spezialisierungsmusters nicht nur die Exportleistung berücksichtigen, sondern auch die Importstruktur. Am besten tut man dies, indem man die Ausfuhr/Einfuhr-Relation Deutschlands bei Chemiewaren zur Ausfuhr/Einfuhr-Relation bei allen Gütern ins Verhältnis setzt: Die „komparativen Vorteile“ Deutschlands („revealed comparative advantages“, RCA) bei Chemiewaren werden dann deutlich. Allerdings ändert sich hinsichtlich der Spezialisierungsstruktur der deutschen Chemieindustrie dadurch nur insofern etwas, als die Agrochemie kaum unter Importdruck steht; innerhalb der deutschen Chemieindustrie hat die Agrochemie die größten Wettbewerbsvorteile, weil ausländische Anbieter hier kaum zum Zuge kommen.

Die Trends beim RCA sind jedoch nicht anders als beim RWA: Deutschland hat in den letzten Jahren bei Chemiewaren an Spezialisierungsvorteilen verloren.

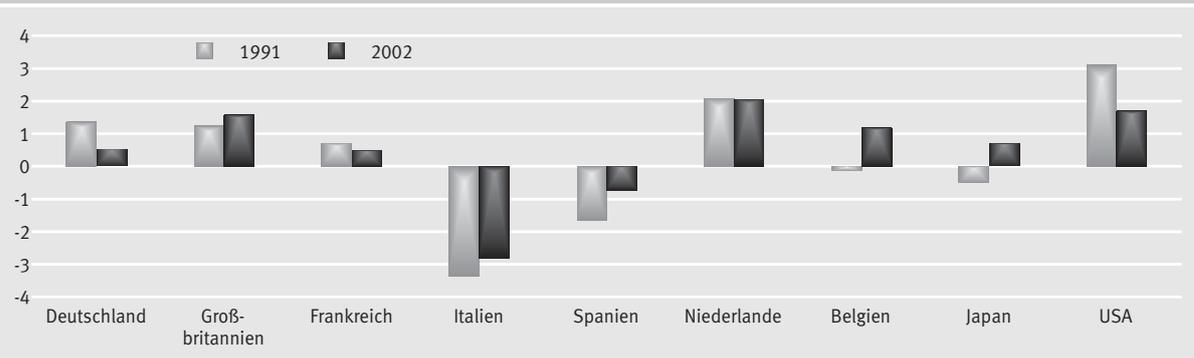
Ganz überraschend kommt die nachlassende Spezialisierung der deutschen chemischen Industrie nicht. Denn die Investitionen in FuE, die Innovationen, der Einsatz von hoch

qualifiziertem Personal usw. sind in mittelfristiger Betrachtung in der Chemieindustrie nicht mehr so stark gesteigert worden wie in der übrigen Wirtschaft. Zudem ist auch in Rechnung zu stellen, dass in der chemischen Industrie ja nicht nur die Innovationsfähigkeit und der Einsatz von FuE die Außenhandelsströme lenkt, sondern auch eine Reihe anderer Faktoren (Wechselkurse, Präferenzen, Konjunktur, Rohstoffe, Umwelt, Energie usw.) wirken. Sie wirken umso stärker, je weniger es der Industrie gelingt, die Innovationspotenziale auszuweiten.

### 3.3 Preisdruck und Produktivitätssteigerungen

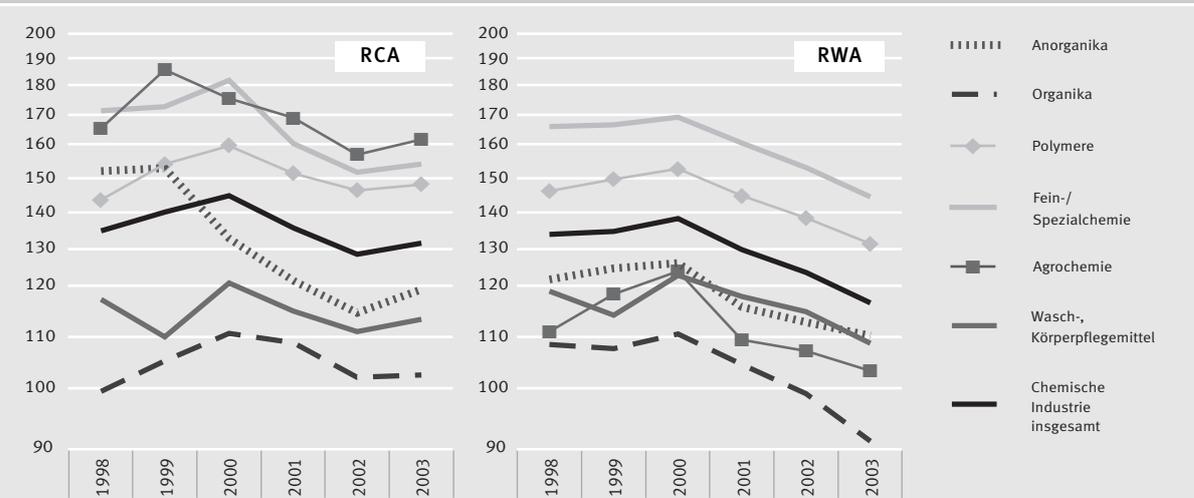
Der zunehmende internationale Wettbewerbsdruck blieb nicht ohne Konsequenzen für Wachstum und Beschäftigung der deutschen Chemieindustrie. Im Vergleich zur Ausweitung der Produktion (vgl. auch Abschnitt 1.4) blieben jedoch so-

Abb. 3-5: Beitrag von Chemiewaren zum Außenhandelssaldo bei verarbeitenden Industriewaren (in %)



Quelle: OECD, STAN-Datenbank; Beitrag des DIW zum Indikatorenbericht zur TLF Deutschlands 2004 – Berechnungen des NIW.

Abb. 3-6: Außenhandelspezialisierung Deutschlands bei Chemiewaren 1998-2003



RCA (Revealed Comparative Advantage): Wert größer 100 bedeutet, dass die Export-Import-Relation bei dieser Produktgruppe höher ist als bei verarbeitenden Industriewaren in Deutschland insgesamt.

RWA (Relativer Weltmarktanteil): Wert größer 100 bedeutet, dass der Anteil am Deutschlands Weltmarktangebot bei dieser Produktgruppe höher ist als bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt.

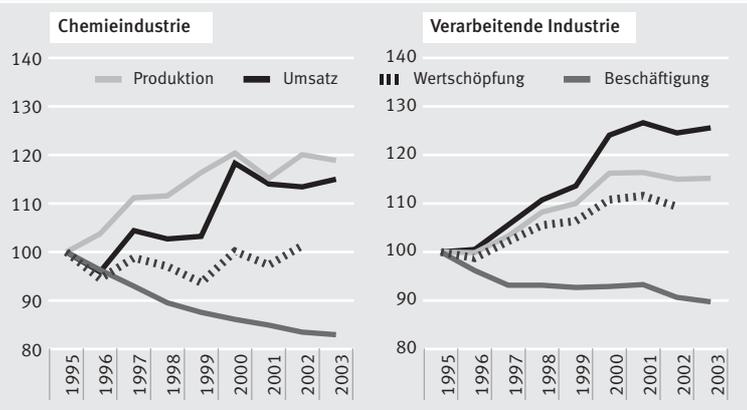
Quelle: Zusammenstellung des VCI nach Auswertungen von Global Insight – Berechnungen des NIW.

wohl Beschäftigung und Wertschöpfung als auch die Nominalumsatzentwicklung recht deutlich zurück (Abb. 3-7). Hinter dieser Entwicklung stehen drei Prozesse:

- Das langsamere Wachstum der Umsätze (1991-2003: +12 %) gegenüber dem physischen Produktionsvolumen zeigt **in der Tendenz fallende Preise** an. Der intensive Wettbewerb, der zunehmende Importdruck und die Substitutionskonkurrenz zu anderen Materialien zwingt die Chemieindustrie fortlaufend zu Preissenkungen. In der Industrie insgesamt ist dagegen ein Anstieg der Erzeugerpreise festzustellen, die nominalen Umsätze wuchsen dort mit 27,5 % rascher als die Produktionsmenge (+8,4 %).
- Gleichzeitig blieb die Entwicklung der Wertschöpfung deutlich hinter der Nominalumsatzentwicklung zurück. Dies ist ein Indiz für ein **zunehmendes Outsourcing** und eine **Konzentration der Produktionsprozesse**, sowohl im Rahmen von unternehmensinternen Produktionsverbänden wie über die Ausweitung von Importen. Diese Entwicklung ist allerdings nichts für die Chemie Typisches, sondern in gleicher Intensität in der deutschen Industrie insgesamt zu beobachten. Spezialisierte Dienstleistungsanbieter übernehmen zunehmend wichtige betriebliche Funktionen, die traditionell in Deutschland in Industrieunternehmen erfüllt worden waren (Forschung, Entwicklung, Marketing, Finanzierung usw.). Die Konzentration auf „Kernkompetenzen“ bedeutet also nicht nur eine Neustrukturierung der Industrielandschaft selbst, sondern auch Strukturwandel zu Gunsten wissens- und unternehmensorientierter Dienstleistungen.
- Der starke internationale Wettbewerb fordert höhere Effizienz. Die Öffnung der Schere zwischen Wertschöpfung und Beschäftigung zeigt die kräftigen **Steigerungen der Arbeitsproduktivität** in der Chemieindustrie an. Diese sind auch notwendig, um dem Preisdruck durch eine effizientere Produktion zu begegnen.

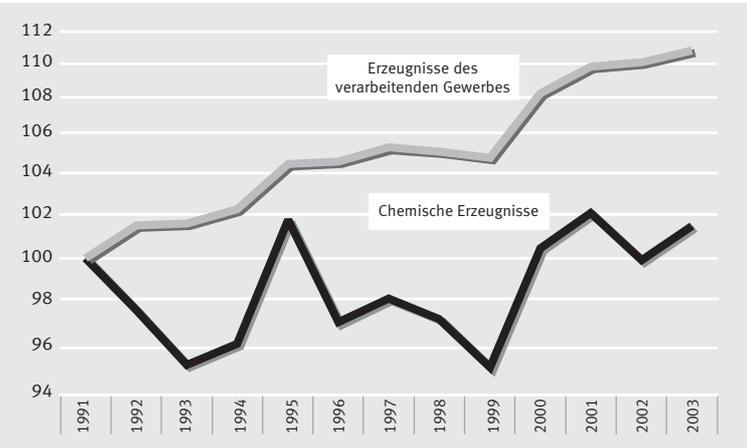
Der Erzeugerpreisindex für in Deutschland hergestellte Chemiewaren lag 2003 nur geringfügig über dem Niveau von 1991 (Abb. 3-8), die durchschnittliche jährliche „Inflationsrate“ bei Chemiewaren betrug in diesem Zeitraum bloß 0,13 %. In der Industrie insgesamt war der Preisanstieg zwar ebenfalls verhalten (+0,85 % pro Jahr), immerhin lagen dort die Preise 2003 um gut 10 % über dem Wert von 1991. Der scharfe internationale Wettbewerb führt trotz z. T. beträchtlicher Preissteigerungen bei Energieträgern und Petrochemikalien dazu, dass auch qualitativ hochwertige Materi-

Abb. 3-7: Entwicklung von Produktion, Umsatz, Wertschöpfung und Beschäftigung 1995-2003 im Vergleich (1995=100)



Quelle: Statistisches Bundesamt, Internet-Daten und Fachserie 4, Reihen 4.1.1, 4.3 (versch. Jgge.) – Berechnungen des NIW.

Abb. 3-8: Erzeugerpreise in der Chemieindustrie Deutschlands 1991-2003 im Vergleich (1991=100)

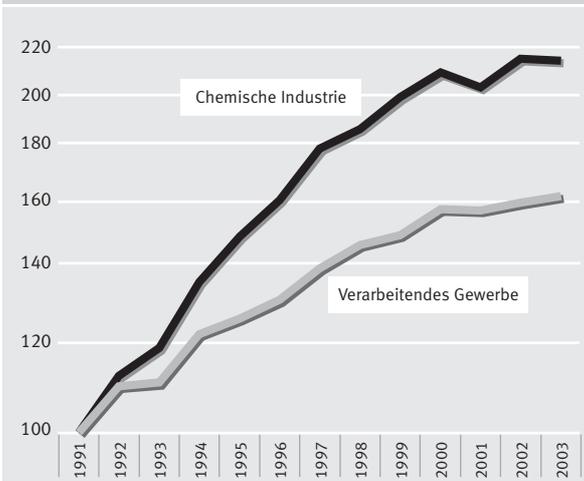


Quelle: Statistisches Bundesamt (Statistisches Jahrbuch, versch. Jgge.) – Berechnungen und Schätzungen des NIW.

alien kostengünstig angeboten werden. Sinkende oder stabile Preise für Chemikalien sind ein wesentlicher Grund für die starke Position der Chemieindustrie im Substitutionswettbewerb gegenüber anderen Materialproduzenten.

Der Preisdruck verlangt gleichzeitig eine immer effizientere Produktion, um die Stückkosten niedrig zu halten. Das Ausmaß der Produktivitätssteigerungen in der deutschen Chemieindustrie ist enorm: Von 1991 bis 2000 nahm die **physische Arbeitsproduktivität** (Produktionsvolumen je Beschäftigten) um 110 % zu, während in der deutschen Industrie insgesamt ein – für sich genommen ebenfalls beachtlicher – Zuwachs von knapp 60 % erreicht wurde (Abb. 3-9). Die wirtschaftliche Stagnationsphase von 2001 bis 2003 verlangsamte dann allerdings den Produktivitätsanstieg beträchtlich, von 2000 bis 2003 stieg die physische Arbeitsproduktivität nur mehr um 2,5 % – und damit im Industriedurchschnitt – an. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Produktivitätswachstum von 6,6 % im Zeitraum 1991-2003 liegt die Chemieindustrie gleichwohl an der Spitze der Branchen (Industrie: 4,1 %).

**Abb. 3-9: Physische Arbeitsproduktivität in der Chemieindustrie Deutschlands 1991-2003 im Vergleich (1991=100)**



Quelle: Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch (versch. Jgge.) – Berechnungen des NIW.

Die Herausforderung für die kommenden Jahre besteht darin, das Tempo der 90er Jahre beim Produktivitätswachstum zu halten. Denn ohne kontinuierliche Effizienzgewinne ist die Wettbewerbsfähigkeit von Chemiewaren aus deutscher Produktion nicht gegeben – insbesondere dann, wenn für innovative Produkte großvolumige Märkte erschlossen werden sollen. Hierfür sind Prozessinnovationen und Investitionen in neue Anlagen unerlässlich.

### 3.4 Abnehmende gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Chemieindustrie

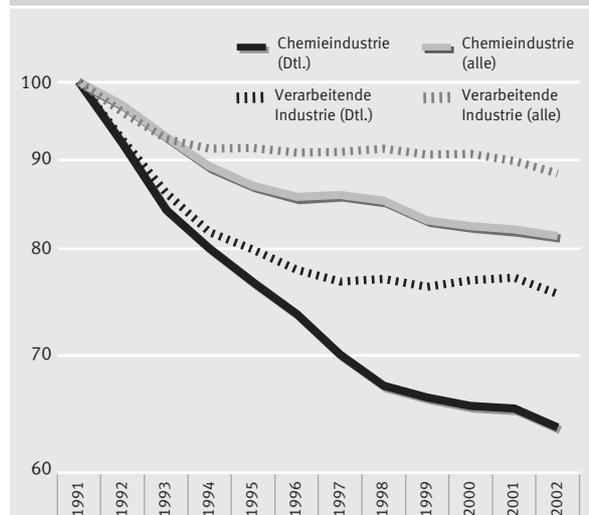
Der Beitrag der deutschen chemischen Industrie zur gesamtwirtschaftlichen **Wertschöpfung** beträgt gut 1,7 % (Tab. 3-2). Dies ist – obwohl das Gewicht etwas abnimmt<sup>22</sup> – im internationalen Vergleich viel: Lediglich in Belgien und Korea leistet die Chemieindustrie einen höheren Beitrag zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung. Im Vergleich der „großen Volkswirtschaften“ wie USA, Japan, Großbritannien, Frankreich – wo der Wertschöpfungsbeitrag zwischen 1 und 1,2 % liegt – spielt die Chemieindustrie in Deutschland also eine gewichtige Rolle. In den 90er Jahren ist in den meisten westlichen Industrieländern der Beitrag der Chemieindustrie zur Wertschöpfung geschrumpft.

Dies hat vor allem mit dem weltweiten Trend zur Dienstleistungswirtschaft zu tun: Auch bei expandierender industrieller Produktion vollzieht sich das Wachstum der Wertschöpfung – und auch der Beschäftigung – vornehmlich im Dienstleistungssektor. Die eigentliche Bedeutung von for-

schungsintensiven Industrien wie der Chemieindustrie für das „Innovationssystem“ ist eher indirekt: Technologien und wissensintensive Güter aus der Chemieindustrie und aus anderen technologieintensiven Industrien liefern Lösungsansätze, die im Dienstleistungssektor und in anderen Wirtschaftszweigen angewendet und dort in Wertschöpfung und Arbeitsplätze umgesetzt werden. Gerade Deutschland hat den Strukturwandel zu Dienstleistungen zumindest in den 90er Jahren besonders ausgeprägt mitgemacht. Hier bestand ein gewisser Rückstand im Vergleich zu anderen Volkswirtschaften. Auch deshalb gibt das rein quantitative – rechnerische – Gewicht der Chemieindustrie in der deutschen Wertschöpfungsbilanz nach.

Nähme man allein die verarbeitende Industrie zum Maßstab, dann hat die Chemieindustrie in den 90er Jahren im Wachstum der Wertschöpfung lange Zeit durchaus mit anderen Industriezweigen mithalten können: 7,7 % der gesamten industriellen Wertschöpfung wurden in der chemischen Industrie erwirtschaftet. Dies ist im internationalen Vergleich viel. Allein in den Benelux-Ländern prägt die Chemieindustrie die Struktur der Verarbeitenden Industrie noch stärker als in Deutschland. Allerdings hat die Chemieindustrie seit der zweiten Hälfte der 90er Jahre allenthalben an Dynamik verloren, ihr Anteil an der gesamten Wertschöpfung in der Industrie ist in allen großen Industrieländern rückläufig. Andere Branchen – z. B. Telekommunikation, Fahrzeugbau, Maschinenbau, Pharma – wuchsen deutlich stärker. Auch in Deutschland nahm das Gewicht der Chemie innerhalb der Industrie zuletzt ab, von 8<sup>1/2</sup> auf gut 7<sup>1/2</sup> %.

**Abb. 3-10: Beschäftigungsentwicklung in der Chemieindustrie und der Industrie insgesamt 1991-2002**



Alle: Deutschland, Frankreich, Italien, Dänemark, Spanien, Portugal, Österreich, Schweden, Finnland, Japan, Kanada, USA  
 Quelle: OECD, STAN-Datenbank; Beitrag des DIW zum Indikatorenbericht zur TLF Deutschlands 2004 – Berechnungen des NIW.

22 Beim raschen Bedeutungsverlust Anfang der 90er Jahre ist zu berücksichtigen, dass dies vor allem auf den Rückbau der Chemieindustrie in den östlichen Bundesländern zurückzuführen ist. Insofern sind Analysen problematisch, in denen Daten der ersten Hälfte der 90er Jahre mit denen aus der zweiten Hälfte verglichen werden. Im Folgenden wird bei vertiefenden Betrachtungen daher mehr Wert auf die Beschreibung der aktuellen Daten gelegt.

**Tab. 3-2: Beitrag der Chemieindustrie zur Wertschöpfung im internationalen Vergleich (in %)**

	Anteil an der Gesamtwirtschaft			Anteil an der verarbeitenden Industrie		
	1991	1995	2002	1991	1995	2002
Deutschland	2,2	1,9	1,7	8,0	8,5	7,7
Großbritannien	1,6	1,6	1,0	7,4	7,8	6,1
Frankreich	1,3	1,4	1,2	6,5	7,3	7,1
Italien	1,0	1,2	0,9	4,5	5,6	4,6
Spanien	1,0	1,2	1,1	5,6	6,4	6,3
Niederlande	2,2	2,5	1,5	12,2	14,0	10,3
Finnland	1,0	1,4	1,1	5,0	5,4	4,5
Belgien	2,6	2,8	2,5	12,7	13,9	13,4
Schweden	0,9	1,0	0,9	5,0	4,6	4,3
Dänemark	0,7	0,8	0,7	4,4	4,7	4,3
Österreich	0,9	0,7	0,8	4,0	3,5	3,9
Tschechien*		1,2	1,2		4,7	4,4
Kanada	1,2	1,5	1,1	7,6	8,3	5,4
Japan	1,4	1,3	1,0	5,2	5,7	5,3
Südkorea	1,7	2,0	1,9	6,0	6,8	6,3
USA	1,4	1,5	1,0	7,9	8,3	7,1
Mexiko**	1,6	1,6	1,1	8,0	8,2	5,9

\* 2000 statt 2002 \*\* 2001 statt 2002

Quelle: OECD, STAN-Datenbank; Beitrag des DIW zum Indikatorenbericht zur TLF Deutschlands 2004 – Berechnungen des NIW.

Die **Beschäftigungsbilanz** der deutschen chemischen Industrie ist der hohen Bedeutung für die Wertschöpfung in den 90er Jahren nicht ganz gerecht geworden:

- Zwar haben im Jahre 2002 nur wenige Volkswirtschaften mehr Personen in der chemischen Industrie in Lohn als Anfang der 90er Jahre (Abb. 3-10). Tendenziell gilt dies auch für die Arbeitsplätze in der Verarbeitenden Industrie insgesamt; in der Chemieindustrie ist die Gefällstrecke bei den Arbeitsplätzen allerdings etwas steiler. In kaum einem anderen Land ist der Beschäftigungsabbau jedoch so schnell und nachhaltig vorangekommen wie in Deutschland.
- In der ersten Hälfte der 90er Jahre mag die strukturelle Anpassung bzw. Abwicklung der chemischen Industrie in den östlichen Bundesländern noch eine Erklärung für den rekordverdächtigen Abbau von Arbeitsplätzen bieten.
- Aber auch im Aufschwung der zweiten Hälfte der 90er Jahre wurden Chemiearbeitsplätze in Deutschland mit nur wenig verminderter Geschwindigkeit abgebaut, vornehmlich in der Grundstoffindustrie. Rund jeder sechste Arbeitsplatz ist seither entfallen oder nicht besetzt. In den übrigen Industriezweigen wurden per Saldo zumindest bis 2001 wieder zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen.

ihre Rolle und Funktion im „deutschen Innovationssystem“ nach wie vor gut ausfüllen.

### 3.5 Internationalisierung von FuE und zunehmender Technologiewettbewerb

Die FuE-Arbeitsteilung hat auch im internationalen Raum zugenommen. Zum einen bauten viele deutsche Unternehmen FuE-Kapazitäten im Ausland auf (meist im Zusammenhang mit dem Aufbau von Produktionsstätten) oder – was viel häufiger ist – sie übernehmen forschende Unternehmen im Ausland. Die Internationalisierung von FuE-Aktivitäten ist gleichsam die „dritte Stufe“: Sie folgt in der Regel der Internationalisierung der Vertriebs- und Produktionsstrukturen. Während sich die FuE-Einheiten im Zuge des Aufbaus der Produktionsstandorte überwiegend auf die technischen Dienstleistungen und die Anpassung der Produkte und der Produktionsprozesse an die lokalen und regionalen Gegebenheiten konzentrieren, können aus diesen „Speerspitzen“ von FuE im weiteren Verlauf Forschungszentren mit Verbindung zu den jeweiligen nationalen und regionalen Wissensquellen entstehen.<sup>23</sup> Die chemische Industrie galt lange Zeit als Vorreiter in Sachen **Globalisierung von FuE**. So werden in Deutschland gut drei Viertel aller FuE-Kapa-

23 Vgl. Greb, R. (2000), *Zentralisierung in der globalen Unternehmung: die Organisation unternehmensinterner FuE in der chemischen Industrie*, Wiesbaden.

zitäten in der chemischen Industrie von multinationalen Unternehmen gehalten.<sup>24</sup>

Das aktuelle Ausmaß der Globalisierung deutscher Chemie-FuE lässt sich nur schwer abschätzen. Einige Indizien: Chemieunternehmen, die ihren Hauptsitz in Deutschland haben, gaben 1999 zusätzlich zu ihren inländischen FuE-Aufwendungen (3,4 Mrd. €) noch einmal etwa 40 % für FuE in ausländischen Tochterunternehmen aus (1,4 Mrd. €). Von den Welt-FuE-Aufwendungen deutscher Chemieunternehmen (4,8 Mrd. €) entfielen 1999 somit knapp 30 % auf das Ausland (Abb. 3-11). Allein in der Grundstoffchemie erreicht dieser Anteil 60 %. Der hohe Anteil der Auslandsforschung in der Grundstoffindustrie hängt auch mit der Sicherung des Zugangs zu Rohstoffen und internationalen Produktionsverbänden zusammen. Für die Verarbeitende Industrie insgesamt ergibt sich ein „FuE-Auslandsanteil“ im Jahr 1999 rund 26 %<sup>25</sup>. FuE ist in deutschen Chemieunternehmen somit etwas stärker internationalisiert als im Industriedurchschnitt.

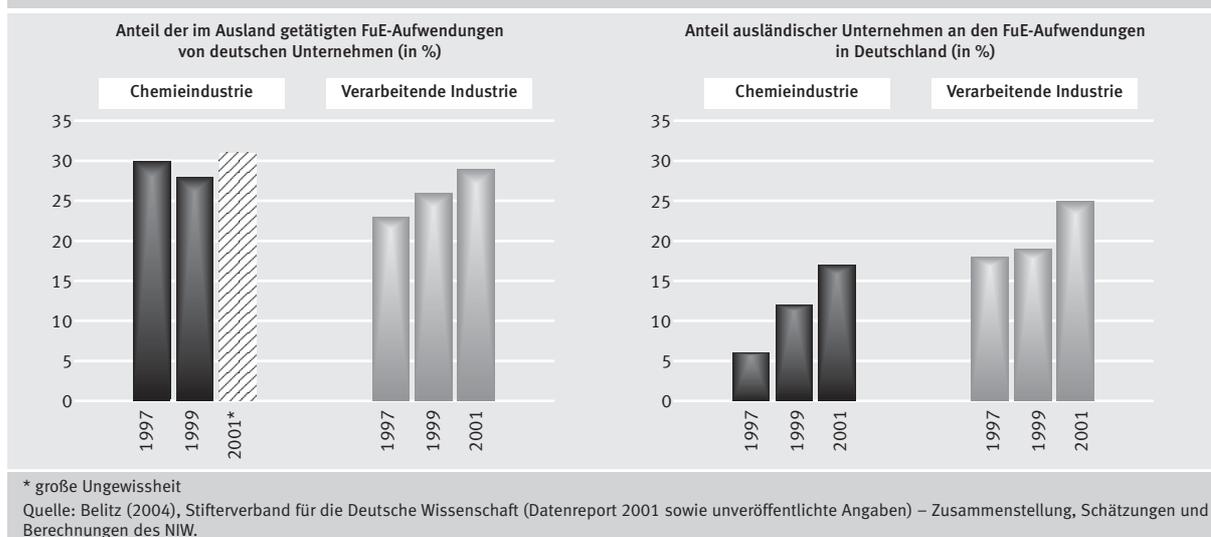
Für 2001 und 2003 liegen keine exakten Daten oder solide Schätzungen vor. Für 2003 ist eine Auswertung der „amtlichen“ Statistik noch zu früh, für 2001 ist methodenbedingt die Trennung zwischen Chemie und Pharma nicht möglich. Nimmt man beide Industriezweige zusammen, dann hat sich das FuE-Ausgabevolumen deutscher multinationaler Unternehmen im Ausland zwischen 1999 und 2001 um eine Mrd. € erhöht. Die weltweiten FuE-Ausgaben deutscher Chemie- und Pharma-Unternehmen sind in diesem Zeitraum von 8,3 auf 8,6 Mrd. € ausgeweitet worden. Daraus ließe sich für diesen Sektor insgesamt eine gewisse Verlagerung des FuE-Wachstums ins Ausland ableiten. Allerdings ist diese Aussage wegen des Methodenwechsels nicht sicher.

Die zunehmende Internationalisierung von FuE hat manchmal zur Sorge Anlass gegeben, dass die Forschung auswandere. Dabei wird jedoch vielfach übersehen, dass

Deutschland selbst seit langem ein **begehrter Standort für FuE** von ausländischen multinationalen Unternehmen ist und dass der FuE-Aufholprozess der zweiten Hälfte der 90er Jahre maßgeblich und überdurchschnittlich von Unternehmen mitgetragen wird, die im ausländischen Besitz sind. Die Internationalisierung von FuE ist aus deutscher Sicht also keine Einbahnstraße. Denn 17 % der in Deutschland getätigten FuE-Aufwendungen der Chemieindustrie im Jahr 2001 (FuE-Gesamtaufwendungen von 3,9 Mrd. €) gehörten zu Unternehmen in ausländischem Mehrheitsbesitz. Dieser Anteil hat gegenüber 1997 (6 %) rasch zugenommen (Abb. 3-11). In der Verarbeitenden Industrie insgesamt entfielen 1999 19 % der in Deutschland durchgeführten industriellen FuE auf ausländische Unternehmen. Bis 2001 stieg dieser Anteil weiter auf 25 %. Allerdings ist auch hier die besondere Rolle von Fusionen, Übernahmen und – im Zusammenhang damit – von Umstrukturierungen von Unternehmen und Konzernen zu beachten. Insofern kann von einer FuE-Verlagerung in die eine oder andere Richtung auf Basis dieser Zahlen kaum die Rede sein, sondern eher von „Besitzwechsel“. Eventuelle Konsequenzen für die FuE-Standorte stellen sich – wenn überhaupt – erst verzögert ein. Generell hat im neuen Jahrtausend das Globalisierungstempo nachgelassen. Dies dürfte sich auch in schwächer zunehmenden Zahlen zu den FuE-Aufwendungen deutscher Unternehmen im Ausland niederschlagen.

Trotz aller statistischen Unschärfen über das aktuelle Ausmaß der FuE-Internationalisierung ist eines klar geworden:<sup>26</sup> Die Rahmenbedingungen müssen stimmen. Denn ausländische Unternehmen engagieren sich vor allem auf jenen Märkten in FuE, in denen Deutschland neben einem hohen Wissensstand über hochwertige Absatzmöglichkeiten und gute Produktionsbedingungen verfügt. Wo alles zusammengekommen ist – bspw. beim Automobilbau – hat Deutschland

Abb. 3-11: Internationalisierung von FuE in der Chemieindustrie Deutschlands 1997-2001

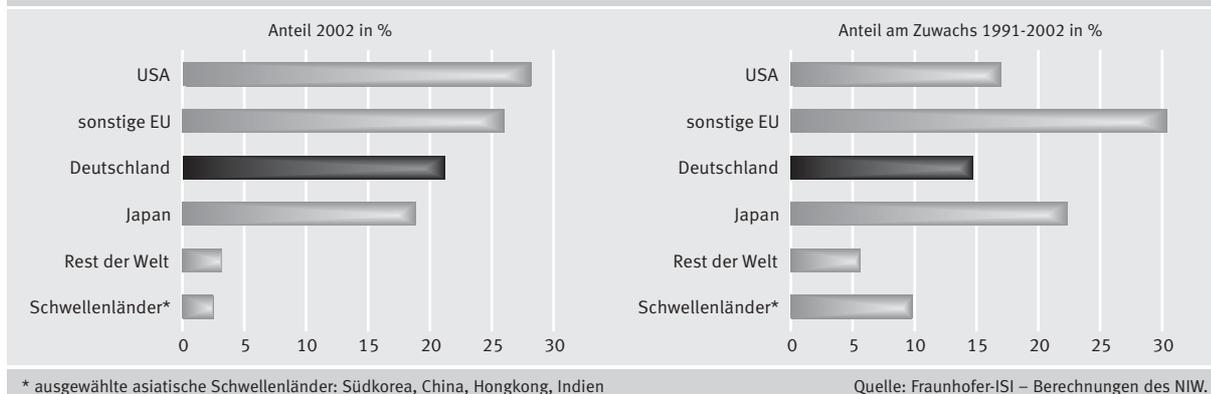


24 Vgl. Belitz, H. (2004), *Forschung und Entwicklung in multinationalen Unternehmen*, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 8-2004, Berlin: BMBF.

25 Bis 2001 ist dieser Anteil auf 29 % gestiegen.

26 Vgl. Belitz, H. (2004).

Abb. 3-12: Patentanmeldungen in der Chemie 2002 und Wachstum der Patentanmeldungen in der Chemie 1991-2002 nach Herkunftsländern der Erfinder



hervorragende Aussichten, internationale FuE-Kapazitäten zu binden. Für viele andere Bereiche – dazu zählt sicher auch die chemische Industrie – bot Deutschland hingegen lange Zeit nicht so günstige Forschungs-, Absatz- und Produktionsbedingungen. In diesen Bereichen haben sich deutsche forschende Unternehmen entsprechend intensiv im Ausland umgeschaut. Als wichtigstes Ziel von Auslandsinvestitionen in produktionsunabhängige FuE-Kapazitäten lässt sich der Zugang zum Know how und Wissenspotenzial in den ausländischen Standorten feststellen.<sup>27</sup>

Ein Grund für Auslands-FuE ist, dass FuE und Innovationen in Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Ländern **teuer** sind. FuE ist arbeits- und qualifikationsintensiv und ist damit von den relativ hohen Arbeitskosten betroffen. FuE bindet Kapital, das nicht reichlich vorhanden und damit in Deutschland ebenfalls vergleichsweise ungünstig zu haben ist. In den USA ist FuE ebenfalls teuer, dort wird vieles an Effizienz durch Outsourcing an spezialisierte Dienstleistungs- sowie kleine und mittelgroße Industrieunternehmen geschaffen. In Deutschland hat diese Art von Arbeitsteilung keine so große Tradition wie in den USA. Deshalb suchen immer häufiger Großunternehmen die FuE-Expansion – d.h. den marginalen Zuwachs – eher im billigeren Ausland, zumal Deutschland bei hoch qualifiziertem Personal nur noch geringe Ausstattungsvorteile besitzt. Die mittel- und osteuropäischen Reformstaaten kommen an dieser Stelle immer stärker ins FuE-Bewusstsein der Unternehmen.<sup>28</sup>

Natürlich sind nicht nur Kosten von Bedeutung, sondern vor allem die Markt-, aber auch die Forschungsbedingungen und das Bildungswesen. Dabei sollte im Auge behalten werden, dass sich die Forschung in einigen besonders sensiblen wissenschaftsbasierten Feldern von Deutschland aus sukzessive in Richtung andere Standorte – vornehmlich USA – hin orientiert hat.<sup>29</sup> Neben der Biotechnologie und Phar-

mazie sowie Halbleitern ist dies vornehmlich die Organische Chemie. Auch in der Grundstoffchemie verändert sich der „Saldo“ der patentgeschützten Erfindungen in multinationalen Unternehmen zunehmend zu Ungunsten der deutschen FuE-Standorte.

Die USA (28 %), Deutschland (21 %) und Japan (19 %) sind bei chemischen Technologien die größten **Anmelder von Patenten** beim Europäischen Patentamt (EPA). Nimmt man die übrigen EU-Länder hinzu, dann werden durch diese Ländergruppe rund 95 % aller EPA-Anmeldungen gedeckt. Unterhalb dieser Durchschnittszahlen zeigt sich im Patentgeschehen jedoch eine kräftige Dynamik, die sich allerdings auf die Erfinderlande unterschiedlich auswirkt:

- Von den seit 1991 zusätzlich angemeldeten Patenten stammen nur noch 84 % aus dieser Ländergruppe. Der europäische Markt wird immer mehr von anderen Ländern durch Patente erschlossen.
- Von deutschen Erfindern stammen nur noch 15 % des Patentzuwachses, von US-amerikanischen Erfindern 17 %. Stärker nach vorne geschoben haben sich die übrigen europäischen Länder (30 %) und Japan (22 %).
- Besonders stark ist Asien im Kommen: 10 % des zusätzlichen Patentaufkommens gehen auf das Konto der Gruppe Korea, China/Hongkong und Indien. Der bislang niedrige Durchschnittsanteil von 2 % sollte also nicht darüber hinwegtäuschen, dass diese Länder immer intensiver auf den europäischen Markt drängen und dass sie dies auf der Basis einer deutlich gestiegenen technologischen Leistungsfähigkeit tun.
- Die chemische Industrie scheint ein bevorzugtes Ziel der patent- und technologiegestützten Exportdiversifizierungsstrategie dieser aufholenden Länder zu sein. Denn in den übrigen Technologiefeldern liegt ihr Beitrag zum Wachstum der Patentanmeldezahlen nur bei 5 %.

27 Rehfeld, D., H. Legler, U. Schmoch u. a. (2004), *Chemische Industrie - Neuorientierung, Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit*, Schwerpunktstudie zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, Gelsenkirchen, Hannover und Karlsruhe: IAT, NIW und FhG-ISI.

28 U. a. hierauf macht der DIHK (2005) in seiner Studie „FuE-Verlagerung: Innovationsstandort Deutschland auf dem Prüfstand“ aufmerksam. Eine chemiespezifische Aussage lässt sich wegen zu geringer Fallzahlen aus den der Studie zu Grunde liegenden Erhebungsergebnissen nicht ableiten.

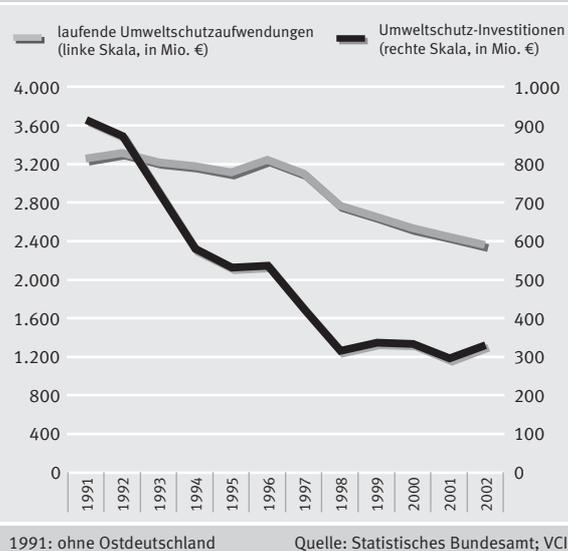
29 Vgl. Döhrn, R., J. Edler, M. Rothgang (2003), *Internationales Wissensmanagement multinationaler Unternehmen*, Schwerpunktstudie zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, Essen und Karlsruhe: RWI und FhG-ISI. Dort wurde dies an der Patentspezialisierung und ihrer Veränderung seit 1990 gemessen.

### 3.6 Herausforderungen im Umweltschutz

Die Chemieindustrie muss nicht nur danach trachten, in ökonomischer Hinsicht wettbewerbsfähig zu bleiben und neue Stärke zu gewinnen. Sie muss auch den Ansprüchen an eine nachhaltige Produktion gerecht zu werden, die ökologischen Zielen nicht entgegensteht. Zur Verringerung der Umweltbelastung durch Produktionsprozesse investierte die deutsche chemische Industrie (inklusive Pharma) in den vergangenen zwölf Jahren (1991-2002) an deutschen Standorten insgesamt 6,2 Mrd. € in den **additiven Umweltschutz**,

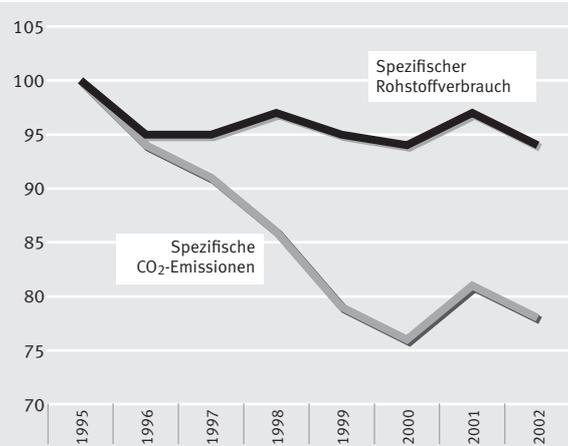
das sind gut 8 % der gesamten Bruttoanlageinvestitionen im Inland in diesem Zeitraum. Vor allem Anfang der 90er Jahre wurden in hohem Ausmaß Mittel für Investitionen in die Luftreinhaltung bereitgestellt (Abb. 3-13). Viele dieser Investitionen tragen durch einen effizienteren Energie- und Rohstoffeinsatz gleichzeitig auch zur Steigerung der Produktivität und zur Kostensenkung bei. Neben dem additiven Umweltschutz kommt in der Chemieindustrie auch dem produkt-, prozess- und anlagenintegrierten Umweltschutz sowie emissionsarmen Technologien große Bedeutung zu. Die laufenden Umweltschutzaufwendungen der Chemieindustrie Deutschlands (inklusive Pharma) betragen zuletzt rund 2,4 Mrd. € pro Jahr, das sind 2,2 % des Umsatzes aus eigener Produktion.

**Abb. 3-13: Aufwendungen für den Umweltschutz in der Chemieindustrie Deutschlands (inklusive Pharma) 1991-2002**



Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Chemieindustrie sanken aufgrund von Umweltschutzmaßnahmen sowie durch die Stilllegung von Produktionsanlagen in Ostdeutschland Anfang der 90er Jahre von 1990 bis 2002 um 44 % auf 45,4 Mio. Tonnen pro Jahr. In der Phase der kräftigen Ausweitung der Produktionsmenge in der zweiten Hälfte der 90er Jahre (vgl. Abb. 1-17) konnte der CO<sub>2</sub>-Ausstoß weiter leicht reduziert werden, so dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen je Produktionsmenge („spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen“) bis 2000 um fast 25 % zurückgingen. Mit der verlangsamten Produktionsentwicklung 2001 und 2002 und der dadurch fallenden Kapazitätsauslastung der Produktionsanlagen in der Chemieindustrie stiegen aber die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen wieder leicht an. Der Gesamteinsatz von fossilen Rohstoffen (Kohle, Öl, Ölprodukte, Gas) stieg von 1995 bis 2002 von 21,9 auf 24,6 Mio. t Erdöleinheiten an. Dieser Zuwachs war etwas geringer als der Anstieg der Produktionsmenge, so dass der spezifische Rohstoffverbrauch 2002 leicht unter dem Wert von 1995 liegt. Allerdings waren die ökologischen Effizienzgewinne im Bereich des Rohstoffeinsatzes in den vergangenen sieben Jahren geringer als bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen.

**Abb. 3-14: Spezifischer Rohstoffverbrauch und spezifisches Emissionsniveau in der Chemieindustrie Deutschlands 1995-2002**



Spezifischer Rohstoffverbrauch: Gesamteinsatz von fossilen Rohstoffen in Mio. t Öleinheiten in Relation zur Produktionsmenge in der Chemieindustrie (ohne Pharma), 1995=100  
 Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen: Gesamtmenge der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Relation zur Produktionsmenge in der Chemieindustrie (ohne Pharma), 1995=100  
 Quelle: Statistisches Bundesamt; Fachvereinigung Organische Chemie; VCI – Berechnungen des ZEW und NIW.

Mit dem im Januar 2005 eingeführten **europaweiten Handel mit CO<sub>2</sub>-Emissionsrechten** ergeben sich zusätzliche Reduktionsziele. Neben der weiteren Verbesserung der Prozesstechnologie wird künftig auch einer Änderung in der Zusammensetzung des Rohstoff- und Energieeinsatzes eine große Bedeutung zukommen. Seit vielen Jahren schon ersetzt das umweltfreundlichere Erdgas zunehmend Kohle, Heizöl und Rohöl als Energieträger. In den kommenden zehn Jahren sollen durch die vermehrte Verwendung nachwachsender Rohstoffe und des Einsatzes der industriellen „weißen“ Biotechnologie weitere wesentliche Beiträge zur Verbesserung der Nachhaltigkeit der Chemieindustrie geleistet werden.

### 3.7 Restrukturierung der Chemieunternehmen

Die Unternehmensstruktur in der deutschen Chemieindustrie wird von **großen Konzernen** dominiert. Vom weltweiten Gesamtumsatz der deutschen Chemieunternehmen von knapp 200 Mrd. € (2003, ohne Pharma) entfallen allein 38 % auf die sechs größten Unternehmen BASF, Bayer, Hen-

Tab. 3-3: Die 10 größten Unternehmen<sup>a)</sup> der Chemieindustrie 1986 bis 2003

	1986		1990		1995		2000		2003	
1	BASF	DE	Hoechst	DE	Hoechst	DE	BASF	DE	Dow Chemical	US
2	Bayer	DE	Bayer	DE	BASF	DE	Du Pont	US	BASF	DE
3	Hoechst	DE	BASF	DE	Bayer	DE	Dow Chemical	US	DuPont	US
4	Du Pont	US	ICI	UK	Du Pont	US	Exxon/Mobil	US	Bayer	DE
5	ICI	UK	Du Pont	US	Dow Chemical	US	Bayer	DE	Total	FR
6	Dow Chemical	US	P & G	US	Ciba-Geigy	CH	TotalFinaElf	FR	Exxon/Mobil	US
7	Ciba-Geigy	CH	Dow Chemical	US	Mitsubishi Ch.	JA	Degussa	DE	BP Chemicals	UK
8	Montedison	US	EastmanKodak	US	Rhône-Poulenc	FR	Shell Chem.	UK/NL	Shell Chem.	UK/NL
9	Shell Chem.	UK/NL	Unilever	NL/UK	Merck & Co	US	ICI	UK	Mitsubishi Ch.	JA
10	Rhône-Poulenc	FR	Rhône-Poulenc	FR	ICI	UK	BP Chemicals	UK	Degussa	DE

a) gemessen am Umsatz mit Chemieprodukten (ohne Pharma und ohne Reinigungs- und Pflegemittel) in US-\$  
Quelle: Chemical & Engineering News (versch. Jgge.) – Zusammenstellung des ZEW.

kel, Degussa, Beiersdorf und Celanese. Ein derart hohes Gewicht der großen Konzerne findet man in Deutschland in den großen Industriebranchen sonst nur noch im Automobilbau.

Die deutschen Chemiekonzerne spielen im Konzert der großen Chemieunternehmen am Weltmarkt in vorderster Reihe mit: Unter den 10 größten Chemieunternehmen (jeweils ohne Pharma und ohne Reinigungs- und Pflegemittel) finden sich stets auch drei deutsche. Allerdings ging die Spitzenstellung, die die deutschen Chemiekonzerne seit den 80er Jahren (und auch schon davor) innehatten, jüngst verloren. Im Jahr 2001 stand erstmals seit langem kein deutsches Unternehmen an erster Stelle der Chemie-Rangliste, eine Situation, die bis 2003 anhielt. Allerdings wird 2004 mit der BASF voraussichtlich wieder ein deutsches Unternehmen das größte Chemie-Unternehmen der Welt sein.

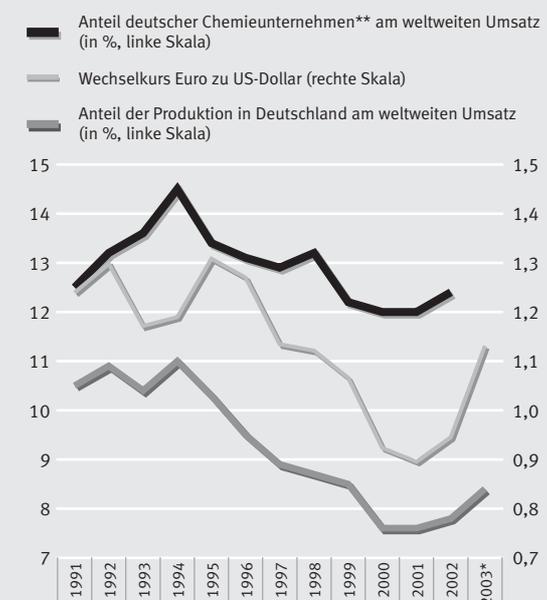
Misst man das weltweite Gewicht der deutschen Chemieindustrie nicht am Anteil der Produktion, die in Deutschland stattfindet, sondern am weltweiten Umsatzanteil der deutschen Chemiekonzerne, so erhöht sich das Gewicht beträchtlich: Während im Jahr 2003 8½ % der Weltchemieproduktion (hier: inklusive Pharma) auf Deutschland entfielen, sind die deutschen Chemieunternehmen (inklusive Pharma) für etwa 12,5 % des weltweiten Umsatzes in der Chemie verantwortlich.

Während die Bedeutung Deutschlands als Produktionsstandort im vergangenen Jahrzehnt deutlich zurückgegangen ist, konnten die deutschen Chemieunternehmen dem weltweiten Wettbewerb etwas besser Paroli bieten und ihre Marktanteile in den letzten zehn Jahren weitgehend halten. Der Rückgang in der zweiten Hälfte der 90er Jahre bis 2001 (von über 14 auf 12 %) ist dabei zu einem guten Teil der Abwertung von D-Mark bzw. Euro geschuldet. Die Aufwertung des Euro ab 2002 führte wieder zu einem Anteilsgewinn, der 2003 voraussichtlich noch stärker zu Buche schlagen wird.

Diese Behauptung der Weltmarktposition fand vor dem Hintergrund einer tiefgreifenden Umstrukturierung in der Branche statt, die auch an der Top-10-Liste der größten Chemiekonzerne deutlich wird:

- Einige große, integrierte Chemiekonzerne, die von der Grundstoffchemie über die Spezialitätenchemie bis hin zu Konsumprodukten und Pharmazeutika die gesamte Palette an Chemiewaren abdeckten, wurden mit dem Ziel der Fokussierung zusehends „entflochten“. Dies wurde teilweise durch den Verkauf von „Randaktivitäten“ (z.B. BASF, ICI), der Gründung selbstständiger, nach Sparten getrennter Unternehmen (z.B. Bayer) oder durch Fusionen und Neustrukturierungen (z.B. Hoechst

Abb. 3-15: Anteil Deutschlands an der Weltchemie<sup>a)</sup> 1991-2003: Inlandsproduktion und Konzernumsatz im Vergleich



a) Jeweils inklusive Pharma, bei einer Herausrechnung des Pharmabereichs würden sich für beide Kurven etwas höhere Anteile in allen Jahren ergeben.  
\* Neuer Berichtskreis, Umsatzanteil deutscher Chemieunternehmen noch nicht verfügbar  
\*\* „deutsche Chemieunternehmen“: Chemieunternehmen mit Hauptsitz in Deutschland  
Quelle: VCI; Deutsche Bundesbank – Berechnungen des ZEW.

und Rhône-Poulenc, Ciba-Geigy und Sandoz) erreicht. Dieser Prozess scheint mittlerweile zu einem (vorübergehenden?) Abschluss gekommen zu sein.

- Zahlreiche der großen **Mineralölkonzerne** stiegen verstärkt in das Chemiegeschäft ein, insbesondere in die **Grundstoff- und Spezialchemikalienproduktion**. Dadurch verlängert sie ihre Wertschöpfungskette von der Rohstoffgewinnung in Richtung forschungsintensive Endprodukte. Durch die Finanzkraft dieser Unternehmen – ihr Gesamtumsatz übersteigt jenen der traditionellen Chemiekonzerne um ein Vielfaches – verschärft sich weiter der Preiswettbewerb in der Chemie. Heute kommen schon vier der zehn größten Chemieunternehmen aus der Erdölbranche.
- Die beiden großen **US-Konzerne** Dow Chemical und DuPont konnten Dank des dynamischen Heimmarktes

und ihrer guten Stellung auf den aufstrebenden Märkten Asiens ihre Weltmarktposition festigen und erstmals seit langem die deutschen Chemieunternehmen von der Spitze der Weltrangliste verdrängen.

- Die tendenzielle Verlagerung der Produktionskapazitäten in der Weltchemie nach **Asien** zeigt sich allmählich auch in der Unternehmenslandschaft: 2003 befand sich mit Mitsubishi Chemicals bereits ein asiatisches Unternehmen unter den Top-10. Für die nächsten Jahre ist zu erwarten, dass mit China Petroleum & Chemical, SABIC (Saudi Basic Industries Corporation) oder Formosa Plastics (Taiwan) weitere Unternehmen aus Asien zur Gruppe der Branchengrößten hinzustoßen werden. Diese Unternehmen zeigten in den vergangenen Jahren mit Umsatzwachstumsraten von 20 % und mehr ein **enormes Expansionstempo**.

### 3.8 Fazit

In der Zusammenschau der gesamtwirtschaftlichen Eckdaten ergibt sich folgende Einschätzung zur Situation der chemischen Industrie.

- Die weltweite Nachfrage nach Chemiewaren – und damit auch die Produktion – verschiebt sich sukzessive auf die **Wachstumsmärkte in Ost- und Südasiens** sowie nach Amerika. Dank einer raschen Internationalisierung und einer führenden Stellung im Innovationswettbewerb innerhalb der Welt-Chemieindustrie gelang es den deutschen Herstellern bislang, von dieser **Dynamik zu profitieren**. Die Exportquote konnte von Jahr zu Jahr gesteigert werden, aber auch die Auslandsinvestitionen legten kräftig zu.
- Die reale Produktion entwickelt sich in Deutschland zwar zyklisch, wächst trendmäßig jedoch deutlich schneller als die Industrieproduktion insgesamt. Chemieprodukte liegen im **Substitutionswettbewerb** weiterhin klar **vorne**.
- Diese Position hängt auch mit dem **Preisvorteil** zusammen, den sich die Chemieindustrie erarbeitet hat: Anders als in der übrigen Industrie ist die mengenmäßige Produktion stärker ausgeweitet worden als der nominale Umsatz. **Prozessinnovationen** sind eine treibende Kraft dahinter. Sie bewirken Stückkostensenkungen von 5-6 % pro Jahr.
- Dieser Preisvorteil von Chemieprodukten resultiert nicht zuletzt aus dem starken **internationalen Konkurrenzkampf**, dem vor allem Grundstoffe und Vorprodukte ausgesetzt sind.
- Mit dem verschärften internationalen Wettbewerb steigen die Importe von Chemiewaren stärker als die Exporte aus deutscher Produktion. Der Außenhandelsbeitrag der Chemieindustrie ist zwar weiterhin positiv, geht aber seit Jahren zurück. Die deutsche Chemieindustrie **verliert ihre Wettbewerbsvorteile sukzessive**.

- Die Verlagerung von Teilen der Produktion in spezialisierte Vorprodukte- und Dienstleistungsunternehmen sowie der sehr dynamisch zunehmende Bezug von kostengünstigen Vorleistungsgütern aus dem Ausland bewirkt, dass der in Chemieunternehmen am Standort Deutschland verbleibende **Wertschöpfungsanteil der Produktion** deutlich **nachlässt**. Ein ständig steigender Anteil des Produktionswerts entfällt auf Zulieferer und ausländische Standorte.
- Die Schere zwischen Produktion und Beschäftigung öffnet sich in der Chemieindustrie wesentlich weiter als in der deutschen Industrie insgesamt. Das Resultat sind **enorme Steigerungen der physischen Arbeitsproduktivität** (5 % pro Jahr im Schnitt ab 1995 gegenüber 3 % im Industriemittel) – aber auch immer weniger Arbeitsplätze am Chemiestandort Deutschland.
- Der **internationale Wettbewerb** beschränkt sich nicht nur auf den Produktionsbereich, sondern greift auch auf **Forschung und Technologieentwicklung** über. Auch hier treten neue Wettbewerber in Asien auf – China, Korea und Indien werden auch in der Chemie immer wichtigere Forschungsstandorte.

Deutschland ist weiterhin in jeder Hinsicht – ob an der Produktion oder am Export bzw. Ausfuhrüberschuss gemessen – **auf Chemiewaren spezialisiert**. Allerdings lässt die Spezialisierung mit zunehmender weltwirtschaftlicher Arbeitsteilung und einer Beschleunigung des Strukturwandels zugunsten von Dienstleistungen recht deutlich nach. Die deutsche Chemieindustrie ist den gesamtwirtschaftlichen Eckzahlen nach zu urteilen nicht mehr die treibende Kraft der industriellen Entwicklung, sondern eher ein „Mitläufer“. Dahinter scheinen sich **spezifische Standortnachteile** zu verbergen: Denn unbenommen von den verschlechterten Produktions- und Absatzbedingungen kann die Chemieindustrie ihre Rolle und Funktion im „deutschen Innovationssystem“ nach wie vor gut ausfüllen.

## 4 Stärkung des „Innovationsmotors Chemie“

Die chemische Industrie ist in allen großen Industrieländern ein wesentlicher Eckpfeiler des Innovationssystems. Auf wissenschaftlicher Basis entstehen grundlegend neue Produkte und technologische Neuerungen wie neue Werk- und Wirkstoffe, die neue und wirtschaftlichere Produktionsprozesse ermöglichen sowie den rationellen Einsatz von Energie, Rohstoffen und Umwelt erleichtern. Sie ist eine Schlüsselindustrie mit enormen Verflechtungswirkungen in die vor- und nachgelagerten Produktionsstufen hinein: Dies gilt nicht nur für die Beschaffungs- und Lieferbeziehungen zu anderen Industriezweigen und Dienstleistungsbranchen, sondern auch für die Ausweitung und Verwertung des wissenschaftlich-technischen Wissens der Gesellschaft. Hoch entwickelte Volkswirtschaften haben eine starke und innovationskräftige chemische Industrie.

Die chemische Industrie ist auch **im deutschen Innovationssystem ein Eckpfeiler**, der aber offensichtlich an Tragfähigkeit etwas eingebüßt hat. FuE- und Innovationsaktivitäten haben Ende der 90er Jahre – in der Phase der Rückbesinnung der deutschen Wirtschaft auf die Bedeutung von FuE für die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit – nicht mehr mit dem Schwung zugenommen, wie man dies noch in den 70er und 80er Jahren beobachten konnte und wie dies auch anderen Sektoren – z. B. Automobilbau, Telekommunikation, Elektronik und auch Pharma – zum größten Teil gelungen ist. Um die zentrale Funktion der Chemie im deutschen Innovationssystem – die Bereitstellung von innovativen Vorprodukten für die Industrie und die Ermöglichung von Innovationen in anderen Branchen – zu erhalten, sind **zusätzliche Anstrengungen notwendig**.

### 4.1 Innovationsfördernde Rahmenbedingungen

Ein starker Chemiestandort Deutschland erfordert **hohe Investitionen in neue Produkte und effiziente Produktionsanlagen**. Kontinuierlich hohe FuE-Anstrengungen sind die entscheidende Voraussetzung dafür, dass die Chemie ihre zentrale Rolle als Innovationsmotor auch in Zukunft wahrnehmen kann und um die breite Angebotspalette zu erhalten. Hierfür sind die entsprechenden Rahmenbedingungen zu schaffen:

- Stärkung der **gesamtwirtschaftlichen Wachstumskräfte**: Der Innovationsmotor Chemie kann seine volle Wirkung dann entfalten, wenn durch eine hohe und breite wirtschaftliche Dynamik die Nachfrage nach innovativen Materialien und Technologien steigt und sich so auch Neuentwicklungen, die zunächst nur Nischenmarktcharakter haben, lohnen. Ein hohes Wachstum der Inlandsnachfrage ist auch deshalb wichtig, weil Innovationsimpulse von Kundenseiten noch immer überwiegend aus dem Heimatmarkt kommen. Die „Lead Market“-Rolle Deutschlands für Chemiewaren kann nur durch eine starke wirtschaftliche Dynamik gesichert werden. Die wirtschaftspolitischen Instrumente zur Wachstumsförderung sollten daher umfassend genutzt werden.
- Die Chemieindustrie braucht auch **„Lead Customers“** vor Ort. Diese sitzen überwiegend in der verarbeitenden Industrie und im Inland (vgl. Abschnitte 1.3, 2.4). Nimmt man den Automobilbau sowie die Kunststoff-/Gummiverarbeitung einmal aus, dann zählen die Hauptabnehmer von Chemieprodukten nicht zu denjenigen, die am Standort Deutschland besonders gut florieren (Bau, Textil, Papier, Landwirtschaft, Metallherzeugung). Es geht also nicht nur um einen Chemiestandort, sondern insgesamt um einen **starken Industriestandort Deutschland**. Eine allein auf Export setzende Wachstumsstrategie kann eine Übergangslösung sein. Langfristig sind enge Kontakte zu anspruchsvollen Nachfragern erforderlich, die sich nicht nur auf den Automobilbau stützen sollten. Dass heute zwei Drittel aller Innovationsimpulse aus der Chemie in den Automobilbau gehen, ist riskant. Eine große Volkswirtschaft muss mehrere Standbeine haben.
- Grundsätzliche **Prüfung aller** wirtschaftsrelevanten **Regulierungen auf ihre positiven und negativen Innovationsanreize** und Ausgestaltung von Regulierungen, so dass Innovationen größtmöglich gefördert werden. Dabei sollte als Faustregel davon ausgegangen werden, dass junge, kleine und mittelgroße sowie besonders innovative Unternehmen von Hemmnissen besonders negativ betroffen sind.
- Schaffung von **Anreizen für kontinuierliche FuE in kleinen Unternehmen**, z.B. durch indirekte Förderansätze. In den meisten westlichen Industrieländern werden steuerliche FuE-Fördermaßnahmen präferiert. Dies kennt man in Deutschland nicht. Mit solchen Instrumenten könnte zum einen der Tendenz entgegen gewirkt werden, dass die FuE-Kosten in Deutschland zu einem Hindernis werden. Zum anderen sind indirekte Fördermaßnahmen gut geeignet, den „Sockel“ an forschenden Unternehmen zu verbreitern.
- Sicherung eines umfassenden und qualitativ hochwertigen Angebots an Fachkräften durch **Investitionen in Bildung und Wissenschaft** (vgl. 4.3 und 4.4).
- Anreize für FuE erfordern ein **funktionierendes Patentsystem**. Dies gilt für die Chemieindustrie mit ihren langen Produktlebenszyklen bei gleichzeitig starkem Preisdruck ganz besonders. Damit Investitionen in FuE und Innovationen über Erlöse am Markt wieder zurück-

fließen, sind oft lange Vermarktungszeiträume notwendig. Die Einführung eines Gemeinschaftspatents auf EU-Ebene bei möglichst gleichen administrativen Kosten gegenüber den nationalen Patenten ist hierzu ein wesentlicher Baustein. Eine Übersetzungspflicht in alle (derzeit 21) Amtssprachen der EU widerspricht diesem Ziel.

Den Chemieunternehmen selbst kommt die Verantwortung zu, durch **hohe und kontinuierliche Investitionen in FuE, neue Produkte und neue Verfahren** ihren Beitrag zu leisten, damit der Innovationsmotor Chemie rund läuft.

## 4.2 Abbau von Innovationshemmnissen

Im Bereich der Chemieindustrie bemühen sich Behörden auf nationaler wie internationaler Ebene, mit Hilfe von Regulierungen den Schutz von Mensch und Umwelt vor schädlichen Wirkungen von Stoffen zu gewährleisten. Während dieses Schutzbedürfnis unbestritten ist, besteht die Herausforderung darin, die Regulierungen so zu gestalten, dass negative Auswirkungen auf die Innovationsaktivitäten – und damit auf die künftige Verbesserung von Materialien und Prozessen, auch in Hinblick auf deren Wirkungen auf Mensch und Umwelt – so gering wie möglich sind. Dies scheint aus Sicht der Chemieunternehmen jedoch nur eingeschränkt zu gelingen: In keiner anderen Branche melden so viele Unternehmen Gesetze/Regulierungen sowie lange Verwaltungsverfahren als Innovationshemmnis (vgl. Abschnitt 2.4). Aktuell stehen drei große Regulierungsvorhaben im Zentrum der Diskussion über das Verhältnis von Schutzanspruch und Innovationsanreizen in der Chemieindustrie:

- **REACH** (Registration, Evaluation, Authorisation and Restrictions of Chemicals): Mit dieser in Ausarbeitung befindlichen Richtlinie versucht die Europäische Kommission, der Stoffpolitik ein europäisches Fundament zu geben und Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien einheitlich zu regeln. Dies geht allerdings mit einem erheblichen Mehraufwand für die Unternehmen einher. Während es bisher die Aufgabe von staatlichen Behörden war, kritische Stoffe zu identifizieren und eine Bewertung anzuregen, soll mit REACH diese Verantwortung bei den Herstellern und Importeuren liegen. Auch sollen alle Stoffe, die ein Produktionsvolumen von einer Tonne pro Jahr überschreiten, nach einem festgelegten Verfahren erfasst und einer EU-Agentur gemeldet werden müssen. Dies kann die Kosten von Innovationsprojekten merklich erhöhen und zur Vermeidung des Einsatzes solcher Stoffe führen, wodurch das technologische Spektrum für die Neu- und Weiterentwicklung von Chemieprodukten eingeschränkt würde. REACH betrifft dabei nicht nur die Chemieindustrie, sondern insbesondere auch die nachgelagerten Branchen, in denen Chemikalien zum Einsatz kommen und in Endprodukten Verwendung finden. Die Umsetzung von REACH kann zu einem Rückgang der Nachfrage nach innovativen Chemieprodukten

führen und damit einen wichtigen Treibriemen des Innovationsmotors Chemie lahm legen.

- **Biozid-Produkte-Richtlinie:** Biozid-Produkte sind chemische Stoffe, die aufgrund ihrer Eigenschaft, Schadorganismen wie z.B. Schädlinge zu töten, in ihrer Verwendung ein Risiko darstellen können. Mit der Umsetzung der Biozid-Richtlinie schreibt der Gesetzgeber ein Risikomanagement vor, das vor allem auf den Einsatz von Bioziden in der Landwirtschaft abzielt. Biozide sind allerdings auch Produkte, die im industriellen Bereich eine breite Anwendung finden, die von der einfachen Desinfektion bis zur Papierherstellung reicht. Die Richtlinie sieht eine umfassende Wirkstoffüberprüfung vor, die einen kostspieligen organisatorischen Mehraufwand für die Unternehmen verursacht. Dies kann zu einer Reduzierung der entwickelten Wirkstoffe führen und Auswirkungen auf die Ausrichtung von FuE-Aktivitäten haben – und in Folge zu einer Verminderung des verfügbaren Produktangebots in vielen Anwenderbranchen führen.
  - **Gentechnikgesetz:** Die rechtliche Erfassung unterschiedlicher biologischer Risiken der Gentechnologie mündete 1990 in die Formulierung eines Gentechnikgesetzes (GenTG). Die an einer Risikovermeidung orientierte Ausgestaltung der Regulierung schränkte dabei Forschung und Technologieentwicklung im Bereich der Gentechnik ein. Eine erste Novellierung des GenTG 1993 verbesserte ab Mitte der 90er Jahre die Forschungsbedingungen für Unternehmen und Wissenschaft. Gleichwohl blieben in verschiedenen Bereichen strengere Regulierungen als in anderen Ländern bestehen, so etwa im Bereich der Stammzellenforschung. Die jüngste Gentechnikgesetz-Novellierung von Dezember 2004 betrifft Regelungen zum Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen. Hierbei wurde einem hohen Maß an Schutz für die konventionelle und ökologische Landwirtschaft der Vorrang gegenüber einer Stimulierung von gentechnischer Forschung und der Nutzung der grünen Gentechnik für die Entwicklung neuer Produkte und Anbauverfahren gegeben.
  - Weitere Regulierungen, die von Seiten der Chemieindustrie immer wieder als innovationshemmend angeführt werden, betreffen die als zu bürokratisch angesehene Handhabung des Arbeitnehmererfindungsgesetzes bezüglich des Vergütungssystems, die Pflanzenschutzmittelrichtlinie sowie Haftungs- und Verbraucherschutzvorschriften, die über die bestehenden Regelungen im Chemikaliengesetz, der Kosmetikverordnung, dem Produkthaftungsgesetz und dem Geräte- und Produktsicherheitsgesetz hinaus gehen.
- Ein Patentrezept zur Lösung der Konflikte, die aus unterschiedlichen gesellschaftlichen Interessen an Sicherheit und Innovationsfähigkeit resultieren, gibt es nicht. Allerdings sollte die Politik bei der Abschätzung von Effekten neuer Technologien und der Potenziale neuer Forschungsfelder nicht automatisch der Abwehr möglicher Gefahren Priorität einräumen. In einer dynamischen Perspektive können näm-

lich die **Chancen**, die sich **aus dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt** ergeben, wesentlich größere positive Wirkungen für die Gesellschaft entfalten, als statisch betrachtet zusätzliche Gefahren bei einer etwas weniger restriktiven Regulierung auftreten könnten. Nachhaltigkeit ist immer eine Balance aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Verträglichkeit. Es besteht jedoch die Gefahr, dass diese Balance durch den Ökologievorrang verloren geht und wirtschaftliche und soziale Nachteile vernachlässigt werden. Technikakzeptanz wird damit nicht gefördert. Staatliche Regulierung muss gerade diese Interdependenzen und langfristigen Chancen gebührend in Betracht ziehen.

Viele Regulierungen erfolgen heute über Richtlinien der Europäischen Union. Bei der Umsetzung in nationales Recht ist immer wieder zu beobachten, dass über das in der EU-Richtlinie festgelegte Regulierungsniveau hinausgegangen wird. Wenngleich es sinnvoll ist, die spezifischen nationalen Rahmenbedingungen adäquat bei der Formulierung von Gesetzen zu berücksichtigen, sollte als „Basisvariante“ stets geprüft werden, ob eine **direkte Übernahme des europäischen Regulierungsniveaus** ausreichend ist. Weiter gehende Regulierungen sollten die zu begründende Ausnahme bilden. Denn in einem Wirtschaftsraum, der – dem erklärten politischen Willen folgend – zu einem einheitlichen Binnenmarkt zusammenwachsen soll, sollten auch die Rahmenbedingungen für wirtschaftliche Aktivitäten möglichst einheitlich sein. Die Argumentation, Deutschland könne dank seines hohen Wettbewerbsvorsprungs eine Vorreiterrolle verkraften und dadurch sogar einen Vorsprung auf Märkten für Umweltschutz oder umweltfreundliche Produkte erzielen, ist prinzipiell richtig, gilt jedoch nur mit Einschränkungen: Zum einen ist der Wettbewerbsvorsprung seit Anfang der 90er Jahre stark abgeschmolzen. Zum anderen führt eine Vorreiterrolle nicht automatisch zu einem Vorsprung im Wettbewerb, sondern hängt von der Übernahme der eigenen (= deutschen) Regulierungen durch andere Länder ab. Letzteres ist in Bezug auf Regulierungsfelder, die bereits durch EU-Richtlinien bestimmt sind, wenig wahrscheinlich.

#### 4.3 Sicherung der Zusammenarbeit mit der Wissenschaft

Grundlegend neue Produkte sind meist das Ergebnis arbeitsteiliger Prozesse von Wirtschaft und Wissenschaft. Eine starke Wissenschaft ist Voraussetzung für eine starke Chemie, insbesondere angesichts der hohen FuE-Orientierung der deutschen Chemieindustrie. Daher braucht es eine Kontinuität in einer **exzellenten wissenschaftlichen Chemieforschung** ebenso wie eine weitere Verbesserung der **Qualität und Attraktivität der Hochschulausbildung**. Die Hochschulen müssen materiell, organisatorisch und von ihrer Forschungsorientierung her auch künftig in die Lage versetzt werden, ein anspruchsvoller und wichtige Impulse gebender Partner der Industrie in der Forschung zu sein. Nicht zuletzt kleine und mittelgroße Chemieunternehmen bevorzugen unter ihren Kooperationspartnern die Wissenschaft. Dort wirkt

sich jedoch der Faktor „fehlende technologische Information“ eigenen Angaben zu Folge besonders krass aus (vgl. Abschnitt 2.4).

- Dies erfordert zuallererst eine **ausreichende Personalausstattung** und hohe Qualität der Forschung. Die 90er Jahre sahen einen starken Rückgang des Lehr- und Forschungspersonals an den chemischen Instituten der Hochschulen. Dieser Trend wurde nach 2000 gestoppt, doch die Personalausstattung liegt weiterhin deutlich unter dem Niveau von Mitte der 90er Jahre (vgl. Abschnitt 2.2). Als eine Folge sank der Anteil Deutschlands an den weltweiten wissenschaftlichen Publikationen in der Chemie jüngst. Hier ist durch eine erneute Ausweitung des Grundmittel- und Drittmittelpersonals und der Sachmittelausstattung an den Hochschulen gegenzusteuern. Zur Sicherung eines effizienten Mitteleinsatzes und einer hohen Qualität von Forschung und Lehre sollten gleichzeitig regelmäßige Evaluationen durchgeführt werden, die das gesamte Aufgabenspektrum von Hochschulen (Grundlagenforschung, Lehre, angewandte Forschung und Wissenstransfer) gleichberechtigt berücksichtigen.
- Die Absolventenzahlen waren in der Chemie über viele Jahre hinweg gesunken (vgl. Abschnitt 2.2). Ab 2002 ist wieder ein Anstieg zu verzeichnen. Angesichts einer gleichzeitig wenig dynamischen Entwicklung bei den FuE-Aufwendungen der Unternehmen besteht aktuell kein akuter Fachkräftemangel in der Chemie. Dies kann sich aber im Fall einer wieder anziehenden Konjunkturerwicklung rasch ändern, zumal die Chemieindustrie kein „Monopol“ als industrieller Arbeitgeber von Chemikern hat. Zunehmend fragen auch andere Branchen chemisches Know how nach. Im Sinn einer vorausschauenden **Humankapitalentwicklung** sollte einem künftigen Fachkräftemangel rechtzeitig vorgebeugt werden.
- Fehlender akademischer Nachwuchs trifft langfristig auch die Gründungen von technologieorientierten und wissenschaftsbasierten Unternehmen. Die Förderung von **akademischen Spinoffs** sowie mehr Anreize für einen intensivierten **Personalaustausch** zwischen der Wirtschaft und den Forschungsmanagern aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen können die Engpässe lindern.
- Keine andere Branche ist in ihren Innovationsbemühungen so sehr auf Kooperationen mit der wissenschaftlichen Forschung angewiesen wie die Chemieindustrie (vgl. Abschnitt 2.2). Wenngleich diese Kooperationen schon lange etabliert sind und gut funktionieren, ist trotzdem auf ein anreizkompatibles System in der Wissenschaft zu achten. Dies bedeutet u. a., dass sich die Forscher in der öffentlichen Forschung auch mit Themenstellungen befassen, die unmittelbare Relevanz und Lösungsbeiträge für die industrielle chemische Forschung haben. Als ein solches Anreizsystem wurde vom VCI die sog. „**Forschungsprämie**“ vorgeschlagen, die den chemischen Instituten für jeden Euro an Industrieforschungsmittel zusätzliche Finanzmittel von 25 Cent gibt.

- Die Neustrukturierung der Chemieindustrie war mit einer Konzentration der Unternehmen auf ihre Kernkompetenzen verbunden. Gleichzeitig ist jedoch ein Nebeneinander von Großindustrie und vielen kleinen, spezialisierten Unternehmen entstanden, die sich mit ihrem Leistungsangebot schon recht nahe am Dienstleistungssektor orientieren. Sie sind – häufig als „Systemhäuser“ bezeichnet – die geborenen Technologie- und Produktentwickler und damit eine erste Adresse als Kooperationspartner. Um Verzerrungen am Markt für FuE-Dienstleistungen auch gerade in Hinblick auf kleine FuE-starke Unternehmen und akademische Spinoffs zu vermeiden, sollte eine Forschungsprämie mit einem entsprechenden indirekten Förderinstrument für forschenden KMU gekoppelt werden. Auch gilt es sicherzustellen, dass die Forschungsprämie die Stärke der Wissenschaft im System der FuE-Arbeitsteilung, nämlich die nicht-orientierte Grundlagenforschung und die Erprobung ganz neuer Herangehensweisen, nicht untergräbt. Die Gefahr hierzu ist in der Chemie wohl nicht gegeben, in ingenieurwissenschaftlichen Fächern sieht dies jedoch anders aus.

#### 4.4 Bildung als Fundament für Innovation

Das Zusammenspiel von Bildung, Wissenschaft und Forschung ist ein wesentlicher Bestandteil eines Innovationsystems, das die Produkte von morgen hervorbringt. Vor diesem Hintergrund ist die Bildungsvermittlung an Schulen und Hochschulen ein bedeutender Baustein für Unternehmen, um auch künftig auf qualifizierte Mitarbeiter zurückgreifen und mit informierten Bürgern und Konsumenten zusammenarbeiten zu können. Hierzu gilt es, im Bildungssystem die richtigen Voraussetzungen zu schaffen:

- Der **naturwissenschaftlichen Ausbildung an den Schulen** ist ein höherer Stellenwert einzuräumen. Denn erstens wird die spätere Studienwahl durch die fachlichen Schwerpunkte in der schulischen Ausbildung gelegt.<sup>30</sup> Zum anderen gehört ein fundiertes naturwissenschaftliches Wissen zur „Grundausrüstung“, damit sich Bürger und Konsumenten in einer komplexen Welt zurechtfinden und informierte Entscheidungen treffen können. Die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Schulsystems darf nicht nur in der Aufstockung der Ausstattung liegen, sondern muss auch die Lehrerfortbildung mit einschließen, um die Aktualität des Schulwissens zu gewährleisten.
- Im Übergang auf die neuen Bachelor- und Master-Studiengänge ist darauf zu achten, die hohe **Qualität des Chemiestudiums** in Deutschland auch für diese Studiengänge zu sichern. Eine Kontingentierung der Übergangsmöglichkeiten von Bachelor- zu Master-Studien ist im Sinn einer größtmöglichen Autonomie der Studienentscheidung – auch in Anpassung an die erwarteten Arbeitsmarktchancen – zu vermeiden. Für Bachelor-Studiengänge sollte ein bundesweit einheitlicher Mindeststandard an Ausbildungsinhalten und -zielen festgeschrieben werden.
- Die Absolventen von Fachhochschulen und Universitäten sollten **unterscheidbare Ausbildungsprofile** aufweisen. Aufbauend auf der bisherigen Spezialisierung der beiden Hochschulformen sollten Fachhochschulen auf eine hohe Praxisorientierung (inklusive Praxissemester in Unternehmen) und eine anwendungsorientierte Qualifikation zielen. Der Schwerpunkt der universitären Ausbildung sollte – wie bislang – auf der Vermittlung einer fundierten theoretischen Basis in Verbindung mit einer Einbindung in die wissenschaftliche Forschung liegen. Beide Ausbildungsprofile sind wesentliche Bausteine der Nachwuchsförderung in der Chemieindustrie.
- Aufbauend auf dem neuen Zuwanderungsgesetz sollte die **Zuwanderung von Fachkräften** und deren Familienangehörigen im Verwaltungsverfahren umgehend vereinfacht und entbürokratisiert werden. Mittelfristig ist eine liberalere Zuwanderungsregulierung notwendig, um die steigende Nachfrage nach hoch Qualifizierten in Deutschland zu befriedigen.

30 Vgl. Egel, J., C. Heine u.a. (2005), *Bestimmungsgründe für die Wahl von natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen*, Schwerpunktstudie zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, Mannheim und Hannover: ZEW und HIS.



# 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](http://www.zew.de)

E-Mail: [info@zew.de](mailto:info@zew.de)