

# INNOVATIONSMOTOR CHEMIE

Ausstrahlung von  
Chemie-Innovationen auf andere Branchen

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

Ausstrahlung von  
Chemie-Innovationen auf andere Branchen

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,  
Wolfgang Sofka

Niedersächsisches Institut  
für Wirtschaftsforschung (NIW) Hannover

Harald Legler

Mannheim/Hannover  
Februar 2003



# Inhalt

|      |  |    |
|------|--|----|
| 0.   | Das Wichtigste in Kürze .....  | 1  |
| 1.   | Ausstrahlung von Chemie-Innovationen auf andere Branchen .....                 | 4  |
| 1.1. | Chemie versorgt Industrie mit<br>forschungsintensiven Vorprodukten .....       | 5  |
| 1.2. | Chemie forscht für andere Branchen .....                                       | 6  |
| 1.3. | Chemie als Auslöser von Innovationen<br>in anderen Branchen .....              | 7  |
| 1.4. | Chemie-Innovationen und Nachhaltigkeit .....                                   | 14 |
| 1.5. | Fazit .....  | 16 |
| 2.   | Innovationsanstöße aus der Chemie: Fallbeispiele .....                         | 20 |
| 2.1. | Revolution in der Medienindustrie:<br>Makrolon® als Basis für CD und DVD ..... | 20 |
| 2.2. | Neue Dämmstoffe für Niedrigenergiehäuser: NEOPOR® .....                        | 21 |
| 2.3. | Spezialchemikalien für Druckpapier: AEROSIL® .....                             | 23 |
| 2.4. | Elektrisch leitende Kunststoffe<br>in der Halbleiterindustrie: BAYTRON® .....  | 24 |
| 2.5. | Eine neue Ära der Consumer Electronics:<br>Flüssigkristalldisplays .....       | 25 |
| 2.6. | Neue Lacke und Lackiertechnik im Automobilbau:<br>Powder Slurry von BASF ..... | 27 |
| 3.   | Innovationskraft der chemischen Industrie .....                                | 30 |
| 3.1. | Innovationen und FuE als Wettbewerbsfaktoren .....                             | 31 |
| 3.2. | Kooperationen im Innovationsprozess .....                                      | 32 |
| 3.3. | Bedarf an „Humankapital“ .....   | 34 |
| 3.4. | Innovationshemmnisse .....   | 36 |
| 3.5. | Lead Markt Deutschland in der Chemie .....                                     | 37 |
| 4.   | Chemiestandort Deutschland .....   | 40 |
| 4.1. | Gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Chemie .....                               | 40 |
| 4.2. | Internationalisierung und Außenhandelsposition .....                           | 42 |
| 4.3. | Unternehmensstruktur .....   | 45 |
| 5.   | Empfehlungen zur Sicherung des<br>„Innovationsmotors Chemie“ .....             | 48 |



## 0. Das Wichtigste in Kürze

Die Chemie nimmt eine besondere Position im deutschen Innovationssystem ein. Die Studie untersucht die Bedeutung der chemischen Industrie als Antreiber von Innovationen in anderen Branchen anhand von gesamtwirtschaftlichen Analysen und Fallbeispielen. Daraus ergeben sich Empfehlungen, wie der „Innovationsmotor Chemie“ gestärkt werden kann. Unter chemischer Industrie wird in dieser Studie die Herstellung von chemischen Produkten ausgenommen Pharmazeutika verstanden.

### „Innovationsmotor Chemie“

- Die deutsche chemische Industrie zählt zu den forschungsintensiven Branchen. Auf die Chemie entfallen 10 % der gesamten Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) der deutschen Wirtschaft, das sind über 4 Mrd. € jährlich. 5 % der Umsatzerlöse der chemischen Industrie werden in FuE investiert.
  - Im internationalen Vergleich ist Deutschland ein besonders wichtiger FuE-Standort für die chemische Industrie. 16 % der globalen Aufwendungen der Industrie für chemische Forschung und Entwicklung werden in Deutschland ausgegeben. Deutschland erzielt beträchtliche Außenhandelsüberschüsse mit Chemiewaren – vor allem mit forschungsintensiven Produkten. Die internationale Verflechtung der deutschen Chemie ist besonders hoch: Fast 60 % der Produktion werden exportiert, knapp 50 % des Inlandsverbrauchs werden importiert.
  - 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: 22 % aller Chemieunternehmen unterhalten Forschungs-
- kooperationen mit Hochschulen; in der Industrie insgesamt sind es nur knapp 7 %.
- Im deutschen Innovationssystem hat die chemische Industrie die zentrale Funktion des Lieferanten von FuE-intensiven Vorprodukten für die Industrie. Diese Vorprodukte sind Grundlage für neue Produkte und Verfahrensinnovationen in vielen anderen Wirtschaftszweigen. Die Chemie weist ein so breites Spektrum an Industriekunden auf wie keine andere Branche: Fast 80 % des Gesamtumsatzes 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 im Materialbereich stammen zum größten Teil aus der Chemieforschung.

### Ausstrahlung auf andere Branchen

- Die Bedeutung der Chemie als Innovationsmotor ergibt sich aus dem hohen Innovationsgehalt ihrer Vorleistungen. „Inkorporiert“ in den jährlich von anderen Branchen bezogenen Chemiewaren liefert die chemische Industrie auch 1,2 Mrd. € an FuE-Leistungen. Mit 22 % dieses branchenübergreifenden FuE-Transfers nimmt die Chemie unter allen Branchen deutlich die Spitzenposition ein.
- 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 1998 erzielten andere Branchen, die von der chemischen Industrie beliefert wurden, mit „chemiegetriebenen“ Produktneuheiten einen Umsatz von knapp 3 Mrd. €. Auch als Kunde befördert die chemische Industrie Innovationen in anderen Branchen. Sie löste bei ihren Zulieferern Innovationsumsätze von etwa 2,2 Mrd. € im Jahr aus. Der Gesamtumsatz in Deutschland mit Produkt-

#### Umsatz mit Produktneuheiten durch Innovationsimpulse aus der Chemie

|  | Mrd. € (1998) | Anteil der Chemie am branchenübergreifenden Innovationstransfer |
|--|---------------|---|
| Umsatz in der Chemie aufgrund eigener FuE  | 14,1          | ./.   |
| Umsatz in anderen Branchen, der von der Chemie als Innovationslieferant angestoßen wurde | 2,9           | 11,5 %  |
| Umsatz in anderen Branchen, der von der Chemie als Innovations-Kunde angestoßen wurde    | 2,2           | 1,3 %   |
| Summe  | 19,2          | ./.   |

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

### Kosteneinsparungen mit Prozessinnovationen durch Innovationsimpulse aus der Chemie

|  | Mrd. €<br>(1998) | Anteil der Chemie am branchen-<br>übergreifenden Innovationstransfer |
|--|------------------|--|
| Kosteneinsparungen in der Chemie aufgrund eigener FuE  | 8,2              | ./.  |
| Kosteneinsparungen in anderen Branchen, der von der Chemie als Innovationslieferant angestoßen wurde | 1,2              | 8,3 %  |
| Summe  | 9,4              | ./.  |

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

neuheiten, die auf Innovationsimpulse aus der Chemie zurückgehen, beläuft sich auf über 19 Mrd. € jährlich.

- Darüber hinaus ist die Wirkung der Chemie als Auslöser von Prozessinnovationen nicht zu unterschätzen: Fast jeder zehnte Euro, der in der Industrie aufgrund von Verfahrensverbesserungen durch Technologielieferungen eingespart werden konnte, geht auf das Konto der Chemie. Das ist Platz 2 hinter dem Maschinenbau. Auf Basis von Chemie-Impulsen konnten 1998 andere Branchen, die von der chemischen Industrie beliefert wurden, rund 1,2 Mrd. € an Kosten einsparen. Insgesamt werden in Deutschland mit „chemiegetriebenen“ Prozessinnovationen Kosten in Höhe von über 9 Mrd. € jährlich eingespart.
- Als Materiallieferant auf international offenen Märkten ist die chemische Industrie einem starken Preiswettbewerb ausgesetzt. Mit eigenen Prozessinnovationen gelingt es ihr, die Herstellungskosten immer wieder zu senken. Die in der Tendenz fallenden Preise für Chemieprodukte – zwischen 1995 und 1999 in Deutschland im Durchschnitt minus 6 % – 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.
- Chemie-Innovationen tragen zur Reduzierung der Umweltbelastung bei, z. B. durch Senken des Energieverbrauchs, Verbessern der Wiederverwertbarkeit von Produkten oder Vermeiden umweltbelastender Substanzen.

### Handlungsempfehlungen zur Förderung des „Innovationsmotors Chemie“

Aus der besonderen Position, die die chemische Industrie im deutschen Innovationssystem einnimmt, ergeben sich Ansatzpunkte zur Stärkung des „Innovationsmotors Chemie“: Ein starker Chemiestandort ist für die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands von zentraler Bedeutung. Die Innovationskraft vieler Branchen – auch der exportstar-

ken 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 direkten Beziehungen zwischen Lieferanten und Kunden. Es ist daher nicht gleichgültig, ob Vorprodukte aus der Chemie in Deutschland von innovativen Chemieunternehmen kundengerecht in Zusammenarbeit 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: Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung sind hinter der gesamten Industrie zurückgeblieben, und die Investitionstätigkeit im Inland – vor allem die FuE-Aufwendungen – stagniert real seit zehn Jahren. Damit der Innovationsmotor Chemie auch in Zukunft rund läuft, sind Industrie und Politik gleichermaßen gefordert:

- Sicherung einer hohen Investitionstätigkeit im Inland durch Stärkung des gesamtwirtschaftlichen Wachstums, investitionsfördernde Umweltregulierungen, wettbewerbsfähige steuerliche Rahmenbedingungen und einen konsequenten Abbau von unnötigen Innovationshemmnissen durch Gesetzgebung und Gesetzesvollzug.
- Ausweitung der FuE-Anstrengungen in der chemischen Industrie zur Sicherung der künftigen Innovationsfähigkeit im internationalen Wettbewerb.
- Bekämpfung des Fachpersonalmangels durch Stärkung der Hochschulausbildung in der Chemie und Einführung einer modernen Zuwanderungsregelung.
- Stärkung der wissenschaftlichen Chemieforschung und Intensivierung des Personalaustausches zwischen Industrie und wissenschaftlichen Einrichtungen.
- Erhöhung der Akzeptanz von Chemieprodukten in der Bevölkerung, z. B. durch einen fundierten und anregenden Chemieunterricht in der Schule und eine verbraucherorientierte Produktpolitik der Unternehmen (Produktinformation, Umweltverträglichkeit).
- Konsequente Fortsetzung der Internationalisierung der deutschen chemischen Industrie, besonders in Richtung der expandierenden und bei vielen Chemieanwendungen neue Trends setzenden Märkte Südostasiens und Nordamerikas.

# Kapitel 1

## Ausstrahlung von Chemie-Innovationen auf andere Branchen

# 1. Ausstrahlung von Chemie-Innovationen auf andere Branchen

Die chemische Industrie<sup>1</sup> 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 rund 4,2 Mrd. € im Jahr 2001 (ohne Pharma) stellt sie 10 % der gesamten FuE in der deutschen Wirtschaft. Die Chemie nimmt damit – hinter dem Automobilbau und gleichauf mit dem Maschinenbau und der Elektronik/Nachrichtentechnik – den zweiten Platz in der FuE-Rangliste ein.

- Die deutsche Chemie setzt im internationalen Vergleich besonders stark auf Forschung. Im Durchschnitt wendet sie – den Pharmasektor herausgerechnet – 5 % ihres Umsatzes für FuE auf, deutlich mehr als im weltweiten Branchendurchschnitt. Im Jahr 1999 stellte sie rund 16 % der weltweiten FuE-Ressourcen in der Chemieindustrie, während ihr Anteil an der Chemie-Wertschöpfung der Industrieländer bei gut 9 % lag.

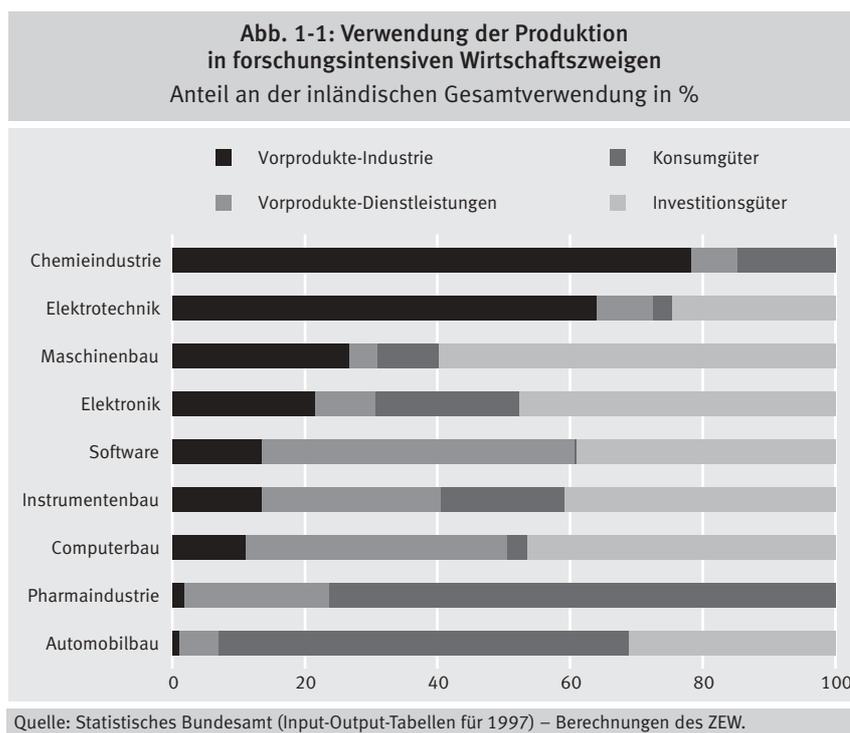
- Deutschland ist einer der international führenden Chemie-Standorte. Das Gewicht der Chemie in der Gesamtwirtschaft ist höher als in den meisten anderen Industrieländern, Deutschland ist auf die Herstellung von Chemieprodukten spezialisiert und erzielt mit Chemiewaren weiterhin bedeutende Außenhandelsüberschüsse.

- Die Internationalisierung der deutschen Chemie ist weiter vorangeschritten als in fast allen anderen Branchen, das zeigt sich an den Export- und Importquoten ebenso wie an den Auslandsinvestitionen. Die Wirkung der deutschen Chemie

als Innovationsmotor für andere Branchen beschränkt sich somit keineswegs auf Deutschland, sie strahlt auch international aus. Vor allem aber bringt sie auch Impulse und Entwicklungen aus dem Ausland nach Deutschland.

- Die Chemieindustrie setzt in hohem Maß neue wissenschaftliche Erkenntnisse in neue Produkte um. Sie ist dadurch ein zentrales Bindeglied zwischen Wissenschaft und Innovation in Deutschland. Wenige andere Branchen pflegen ein so enges Verhältnis zur wissenschaftlichen Forschung wie die Chemie.

Die besondere Bedeutung der Chemieindustrie im Innovationssystem rührt allerdings 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 Prozesseite.

Fast 80 % der Chemie-Produktion in Deutschland gehen als Vorprodukte in den Produktionsprozess anderer Industrie-

2) 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.

1) 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 und Innovationen 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.

branchen ein.<sup>2</sup> Unter den forschungsintensiven Wirtschaftszweigen reicht einzig die Elektrotechnik mit einer Quote von 64 % an die Bedeutung der Chemie als Materiallieferant heran. Vorleistungen für Dienstleistungsunternehmen<sup>3</sup> spielen unter den Chemieprodukten dagegen eine untergeordnete Rolle.

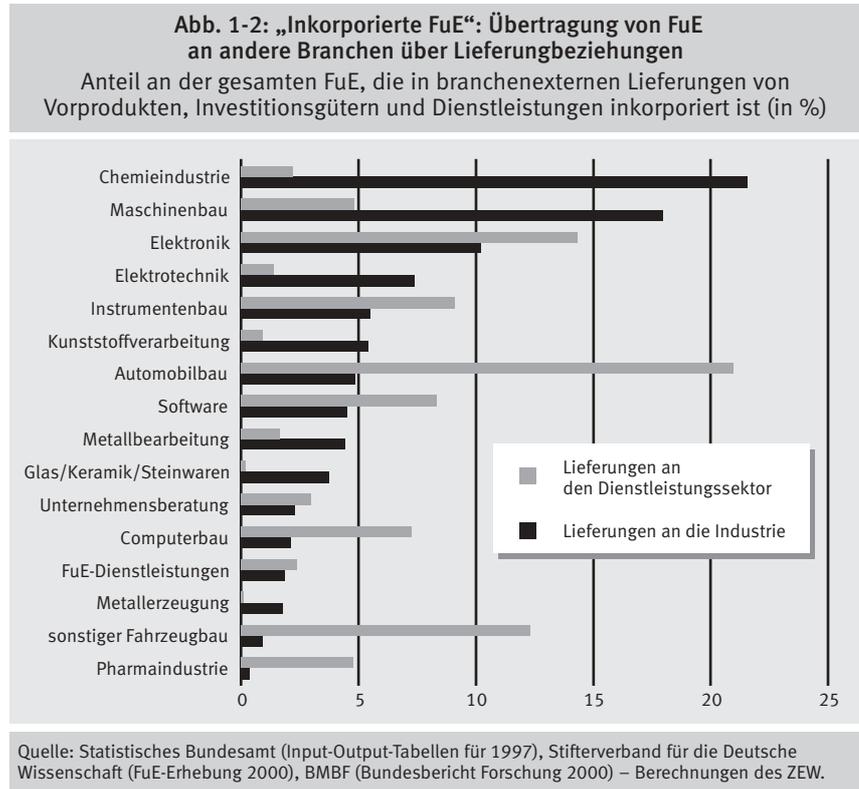
Im Gegensatz zu den anderen forschungsintensiven Branchen tritt die Chemieindustrie als Lieferant von Investitionsgütern (Prozesstechnologie) gar nicht in Erscheinung. Die Verwendungsstruktur der Produktion macht auch deutlich, wie wichtig eine Trennung zwischen der Chemieindustrie und der Pharmaindustrie ist, wenn es um die Wirkung von Innovationen auf andere Branchen geht: Während die Chemie vorrangig auf Industriekunden<sup>4</sup> ausgerichtet ist, finden Pharmaprodukte in erster Linie als Konsumgüter und Vorprodukte für Dienstleistungen (Gesundheitswesen) Verwendung.

### 1.1. Chemie versorgt Industrie mit forschungsintensiven Vorprodukten

Wenngleich die Chemieindustrie eine zentrale Rolle als Materiallieferant spielt, ist ihr Anteil an allen Vorleistungen nicht übertragend hoch: Rund 6,5 % der in der Industrie eingesetzten Vorprodukte und produktionsbegleitenden Dienstleistungen stammen aus der Chemie. Für die Gesamtwirtschaft, also inklusive des großen Dienstleistungssektors, liegt der Chemie-Anteil bei 4 %. Nimmt man alle Vorleistungsbeziehungen zwischen den einzelnen Branchen zusammen – d. h. Materiallieferungen, Dienstleistungen und Lieferungen von Investitionsgütern wie Maschinen, Anlagen, Software und Bauten –, dann reduziert sich das Gewicht der Chemie auf 4,5 % (Industrie) bzw. 3 % (Gesamtwirtschaft).

Für die Bedeutung der Chemie als Innovationsmotor ist jedoch nicht die Menge der zugelieferten Produkte entscheidend, sondern deren Innovationsgehalt. Dieser kann näherungsweise durch die Höhe der FuE-Aufwendungen, die im Durchschnitt in den Produkten der einzelnen Branchen beinhaltet sind, ermittelt werden.<sup>5</sup> Pro Jahr erhält die deutsche Industrie vermittelt über die Lieferung von Materialien, Dienstleistungen und Investitionsgütern aus dem Inland rund 5 bis 6 Mrd. € „inkorporierte“ FuE.<sup>6</sup> Die Chemieindustrie liefert et-

wa 22 % dieser „inkorporierten FuE“ und nimmt damit klar die Spitzenposition unter allen Branchen ein, deutlich vor dem Maschinenbau, der Elektrotechnik und der Elektronik. Verglichen mit ihrem Anteil von 4,5 % an allen dahinter stehenden Lieferungen zeigt sich die weit überdurchschnittliche Innovationsintensität der Chemieprodukte.



Im Dienstleistungsbereich, der größenordnungsmäßig rund 5 Mrd. € an indirekten FuE-Inputs von inländischen Unternehmen erhält, ist die Chemie von untergeordneter Bedeutung (gut 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 sowie von der Informationstechnik (Elektronik/Nachrichtentechnik, Computer/EDV).

Umgelegt auf die Gesamtwirtschaft – also Industrie plus Dienstleistungen – ist der Anteil der Chemie an der gesamten inkorporierten FuE niedriger, da Lieferungen an den Dienstleistungssektor wie erwähnt eine geringe Bedeutung haben. Trotzdem liegt die Chemieindustrie auch in der Gesamtbetrachtung über alle Wirtschaftssektoren unter den vier wichtigsten FuE-Lieferanten.

3) Einschließlich von Lieferungen an den Einzel- und Großhandel.

4) Hier breit abgegrenzt inklusive Land- und Forstwirtschaft, Energieversorgung und Baugewerbe.

5) Diese Rechnung ist allerdings nur überschlagsmäßig, da mit dem durchschnittlichen FuE-Gehalt von Chemie-Produkten gerechnet wird. Der FuE-Gehalt unterscheidet sich jedoch sowohl nach Chemiesparten als auch nach der Abnehmerstruktur deutlich. So dürfte beispielsweise der durchschnittlich FuE-Gehalt der Chemie-Exporte höher sein als derjenigen von im Inland verwendeten Chemie-Produkten. Mangels detaillierter Daten kann eine solche Differenzierung jedoch nicht vorgenommen werden.

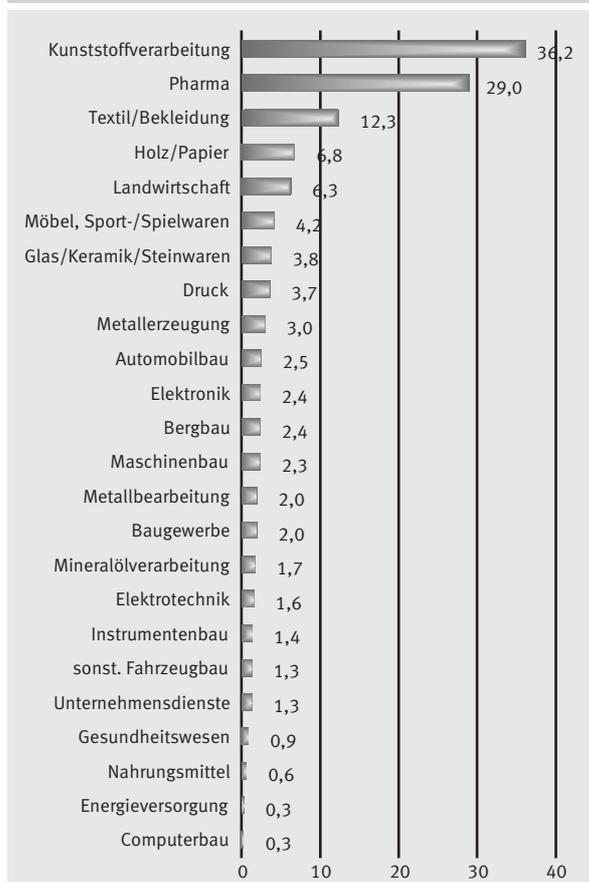
6) Brancheninterne Lieferbeziehungen sind hier nicht berücksichtigt.

Von den 3,6 Mrd. € an internen FuE-Aufwendungen der Chemie im Jahr 2000 wurden rund 1,3 Mrd. € auf diesem indirekten Weg anderen Branchen in Deutschland bereitgestellt. Der ganz überwiegende Teil davon – über 1,2 Mrd. € – entfiel auf Industriebranchen. Die hohe Exportorientierung der Chemieindustrie bedeutet aber auch, dass knapp 1,5 Mrd. € an heimischer Chemie-FuE über Chemieprodukte exportiert werden. In Konsumgütern (z. B. Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika) finden sich etwa 0,25 Mrd. €. Der Rest an inkorporierter FuE verbleibt im Rahmen von brancheninternen Lieferungen innerhalb der Chemie (0,55 Mrd. €).

Diese indirekte Übertragung von FuE der Chemie auf andere Branchen kommt der gesamten Industrie zugute. Denn kaum eine andere Branche hat einen so breiten Kundenkreis wie die Chemie. Nur der Maschinenbau und die Computerindustrie strahlen mit ihren Produkten ähnlich weit aus. Während neue Maschinen und EDV-Anlagen in erster Linie rationellere Produktionsprozesse und eine höhere Produktqualität ermöglichen, fungieren Chemieinnovationen vornehmlich als Anstoßgeber für neue Produkte.

**Abb. 1-3: Bedeutung von Chemielieferungen für andere Branchen**

Anteil der inländischen Vorleistungen aus der Chemie an allen inländischen Vorleistungen (Vorprodukte, Investitionsgüter, Dienstleistungen) in %



Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Tabellen für 1997) – Berechnungen des ZEW.

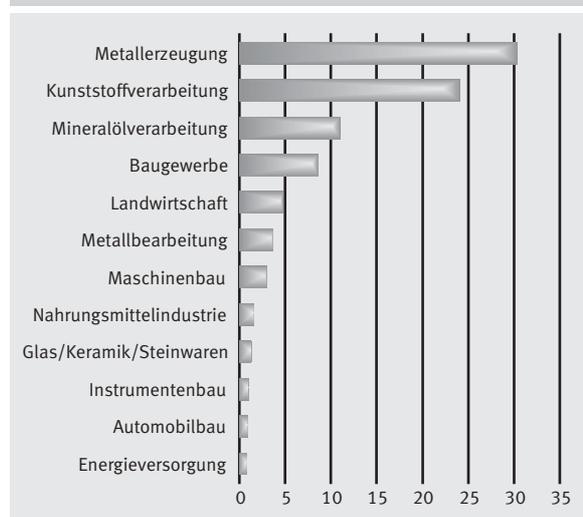
In vielen Branchen zählen Chemie-Produkte zu den wichtigsten Vorleistungen, selbst wenn man Investitionen und den Bezug von Dienstleistungen mit berücksichtigt. Für die Kunststoff verarbeitende Industrie, die Pharmaindustrie und das Textilgewerbe ist die Chemie der mit Abstand wichtigste Lieferant. Aber auch zahlreiche andere Wirtschaftszweige – Papierindustrie, Landwirtschaft, Möbel-, Sport- und Spielwarenindustrie, Glas- und Keramikindustrie, Druckgewerbe, Metallherzeugung, Automobilbau, Elektronik, Maschinenbau, Bergbau, Metallverarbeitung – setzen eine beträchtliche Menge an Chemieprodukten – oft mit hohem Innovationsgehalt – ein.

Innovative Chemieprodukte finden sich in fast allen Konsum- und Investitionsgütern, wenngleich häufig kaum sichtbar. Denn viele Werkstoffe aus der Chemie gehen erst über den „Umweg“ anderer Branchen – z. B. Textilindustrie, Kunststoffverarbeitung, Elektronik und Elektrotechnik, Keramikindustrie – in die Endprodukte ein. So liefert die Chemieindustrie beispielsweise rund 5 % ihres Inlandsabsatzes direkt an die Automobilindustrie (z. B. Lacke), während indirekt knapp 10 % der Chemieproduktion im Automobilbau Verwendung finden (z. B. Kunststoffe für Elektronik, Innenausstattung, Tankbehälter, Beleuchtung oder Chemiefasern in Stoffbezügen und Innenraumteppichen).

## 1.2. Chemie forscht für andere Branchen

Die Chemieindustrie trägt als eine der FuE-intensiven Branchen der deutschen Wirtschaft nicht nur als Lieferant von neuen Werkstoffen, Materialien und Komponenten zur Innovationstätigkeit in anderen Branchen bei. Sie führt selbst auch FuE durch, die direkt auf Produkte anderer Branchen abzielt. Auf Basis der FuE-Erhebung der Wissenschaftsstatistik des Stifterverbands für die Deutsche Wis-

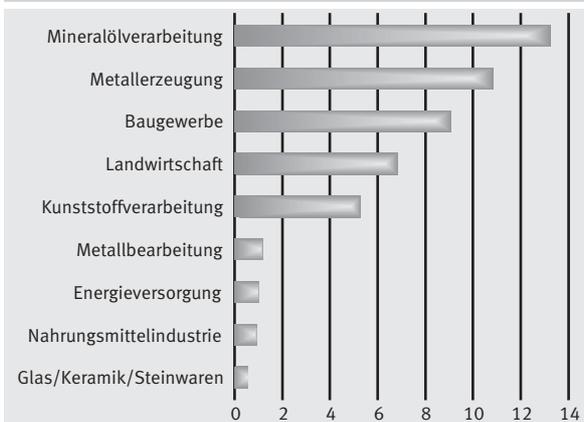
**Abb. 1-4: Verteilung der in der Chemie durchgeführten FuE für andere Branchen (exklusive Pharma, in %)**



Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (FuE-Erhebung 1998) – Berechnungen des ZEW.

**Abb. 1-5: Bedeutung der in der Chemie durchgeführten branchenexternen FuE für andere Branchen**

Anteil der Chemie-FuE für Produkte anderer Branchen an den gesamten internen FuE-Aufwendungen dieser Branchen in % (1997)



Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (FuE-Erhebung 1998) – Berechnungen des ZEW.

senschaft zeigt sich für das Jahr 1997, dass die Chemieindustrie gut 110 Mio. € an FuE für Produkte außerhalb der Chemie- und Pharmaindustrie aufgewendet hat. Dies ist fast doppelt so viel, wie andere Branchen zu Chemieprodukten forschen (60 Mio. € exklusive Pharma). Die Chemieindustrie ist somit Netto-Lieferant von FuE für andere Branchen.

Die Verteilung der branchenexternen FuE in der Chemie gibt Hinweise auf die Ausstrahlung der Innovationsimpulse aus der Chemie auf andere Branchen. Denn oftmals dienen die von der Chemie entwickelten branchenfremden Produkte als Werkstoffe und Vorprodukte für die Produktion in eben diesen Branchen. Die beiden wichtigsten „Abnehmer“ von branchenfremder FuE sind die Metallherzeugung und die Kunststoffverarbeitung. Hier liegen die Schnittstellen – Metallchemie, Polymerchemie – auf der Hand, und die Chemieindustrie ist, wertmäßig betrachtet, auch für beide Branchen der wichtigste Zulieferer. Ebenfalls hoch ist die Bedeutung der Mineralölindustrie als Zielbranche von FuE in der Chemie. Bemerkenswert und charakteristisch für die Chemieindustrie ist die insgesamt sehr breite Streuung der branchenfremden FuE. Die Chemie betreibt – zumindest in geringem Ausmaß – für fast alle Industriebranchen FuE.

Zwar machen die 110 Mio. € an „branchenfremder“ FuE (1997) nur 3 % der FuE-Gesamtaufwendungen der Chemie aus. Bezogen auf die FuE der anderen Branchen, für deren Produkte die Chemie forscht, ist dieser Wert jedoch hoch. Dies wird deutlich, wenn man die in der Chemie durchgeführte FuE für andere Branchenprodukte zu den eigenen FuE-Aufwendungen der jeweiligen Branche in Beziehung setzt. In der Mineralölverarbeitung, der Metallherzeugung, dem Bauwesen, der Landwirtschaft und der Kunststoffverarbeitung bestreitet die Chemieindustrie einen bedeutenden Teil der FuE, die insgesamt in diesen Branchen stattfindet (zwischen 5 und 13 %). Die Chemie unterstützt somit vor allem Wirtschaftszweige, die selbst nur ein geringes eigenes Forschungspotenzial besitzen.

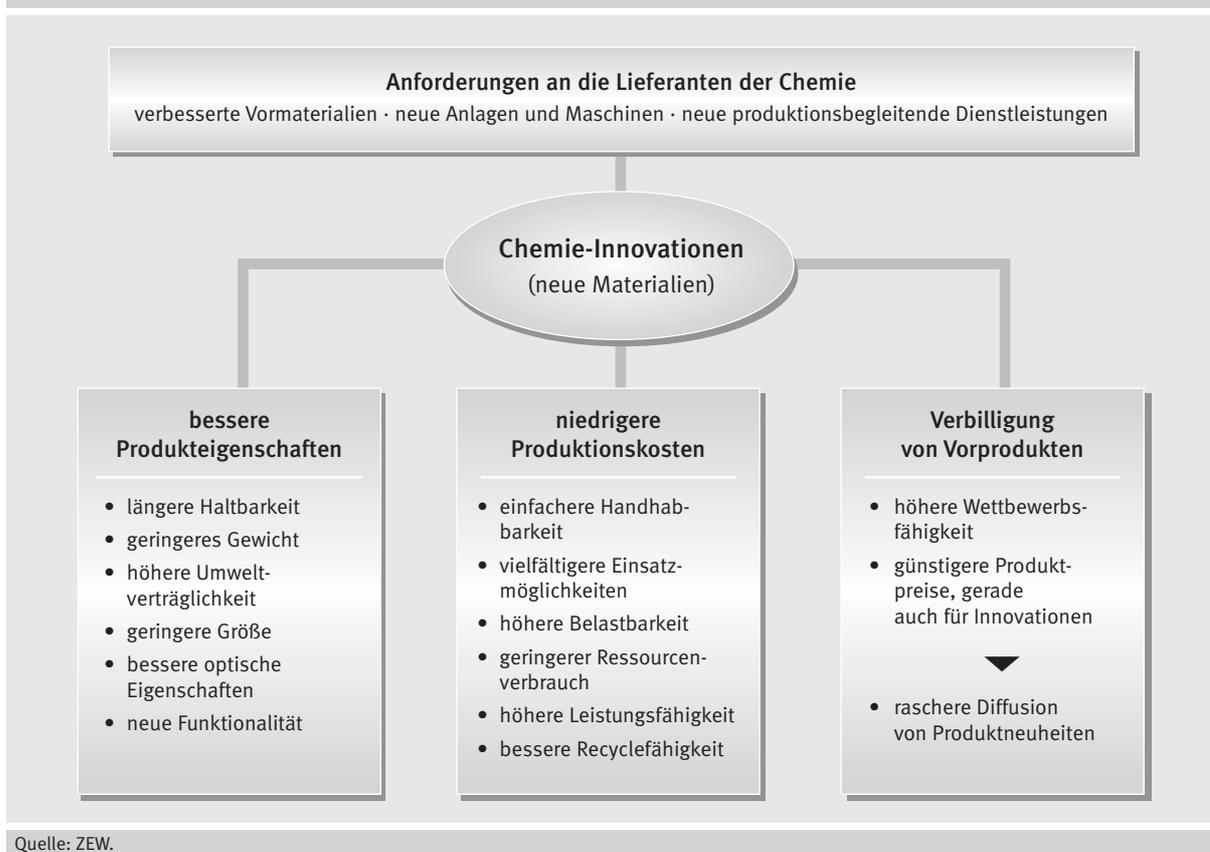
### 1.3. Chemie als Auslöser von Innovationen in anderen Branchen

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 Chemieindustrie bringt über eigene Forschung, die Kooperation mit der Wissenschaft und einer breiten Ausrichtung auf viele unterschiedliche Abnehmerbranchen neue Produkte hervor, die Grundlage für Innovationen in anderen Wirtschaftszweigen und Anwendungsgebieten sind.

Die Wirkung von Chemie-Innovationen auf die Innovationsstätigkeit in anderen Branchen ist vielfältig:

- **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, solche Prozessinnovationen 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 hohen 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. Diese Verbilligung erhöht die preisliche Wettbewerbsfähigkeit der Kundenbranchen, und sie ermöglicht oft erst einen wettbewerbsfähigen Preis für Produktneuheiten, die von Chemie-Kunden hervorgebracht wurden. Für die breite Durchsetzung neuer Produkte am Markt ist der Preis entscheidend. Meist gibt es nur wenige Avant-

Abb. 1-6: Wirkung von Chemieinnovationen auf die Innovationstätigkeit in anderen Branchen



garde-Konsumenten, die eine geringe Preiselastizität besitzen, d. h. die bereit sind, Innovationen zu hohen Preisen zu kaufen. 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 eigene Innovationen 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. Eine innovationsorientierte Chemie fordert als Kunde auch ihre eigenen Lieferanten zu Innovationen heraus und stimuliert auf diesem Weg die Einführung neuer Produkte in anderen Branchen.

Zu beachten ist auch, dass zwischen der Markteinführung einer Chemie-Innovation – z. B. eines neuen Kunststoffes, eines neuen Lacks, eines neuen Wirkstoffs für Reinigungsmittel – und ihrem Einsatz in Produktinnovationen anderer Branchen oft eine lange Zeitspanne liegen kann. So tragen auch heute noch Polymere, die von der Chemieindustrie bereits vor Jahren oder sogar Jahrzehnten entwickelt wurden, zu Produktinnovationen bei: Sie ermöglichen z. B. ein gerin-

geres Gewicht, eine leichtere, flexiblere Verformbarkeit, eine kostengünstigere Herstellung und eine längere Haltbarkeit und erschließen immer wieder neue Anwendungsfelder.

Eine Quantifizierung der Bedeutung der Chemie als Anstoßgeber von Innovationen – im Sinn der Frage, wie viele Innovationen erst durch Chemie-Innovationen ermöglicht wurden – ist allerdings schwierig. Denn Innovationen sind ein komplexer Prozess. Die Anforderungen des Marktes bzw. die Wünsche der Kunden müssen mit den technologischen Möglichkeiten und dem wissenschaftlichen Kenntnisstand, den Technologieangeboten und -impulsen durch Lieferanten von Materialien und Maschinen und den Ergebnissen der eigenen FuE-Tätigkeit kombiniert werden. Die Innovationsaktivitäten der Wettbewerber sind dabei ebenso im Auge zu behalten wie Änderungen in den regulativen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Innovationen können einer Vielzahl von Quellen entspringen. In der Regel spielen alle Quellen in irgendeiner Form zusammen.

Die Bedeutung einer Branche für Innovationen in anderen Wirtschaftszweigen ergibt sich aus den Anstößen, die von dieser Branche ausgehen und woanders eine bestimmte Innovation erst ermöglichen. Diese Anstöße können sehr unterschiedlicher Natur sein, entscheidend ist, dass ohne sie die erfolgreiche Markteinführung einer Innovation nicht stattgefunden hätte. Diese unverzichtbaren Auslöser von Innovationen bezeichnen wir als Innovationsquelle. 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 unterscheiden wir sechs Gruppen von Innovationsquellen:

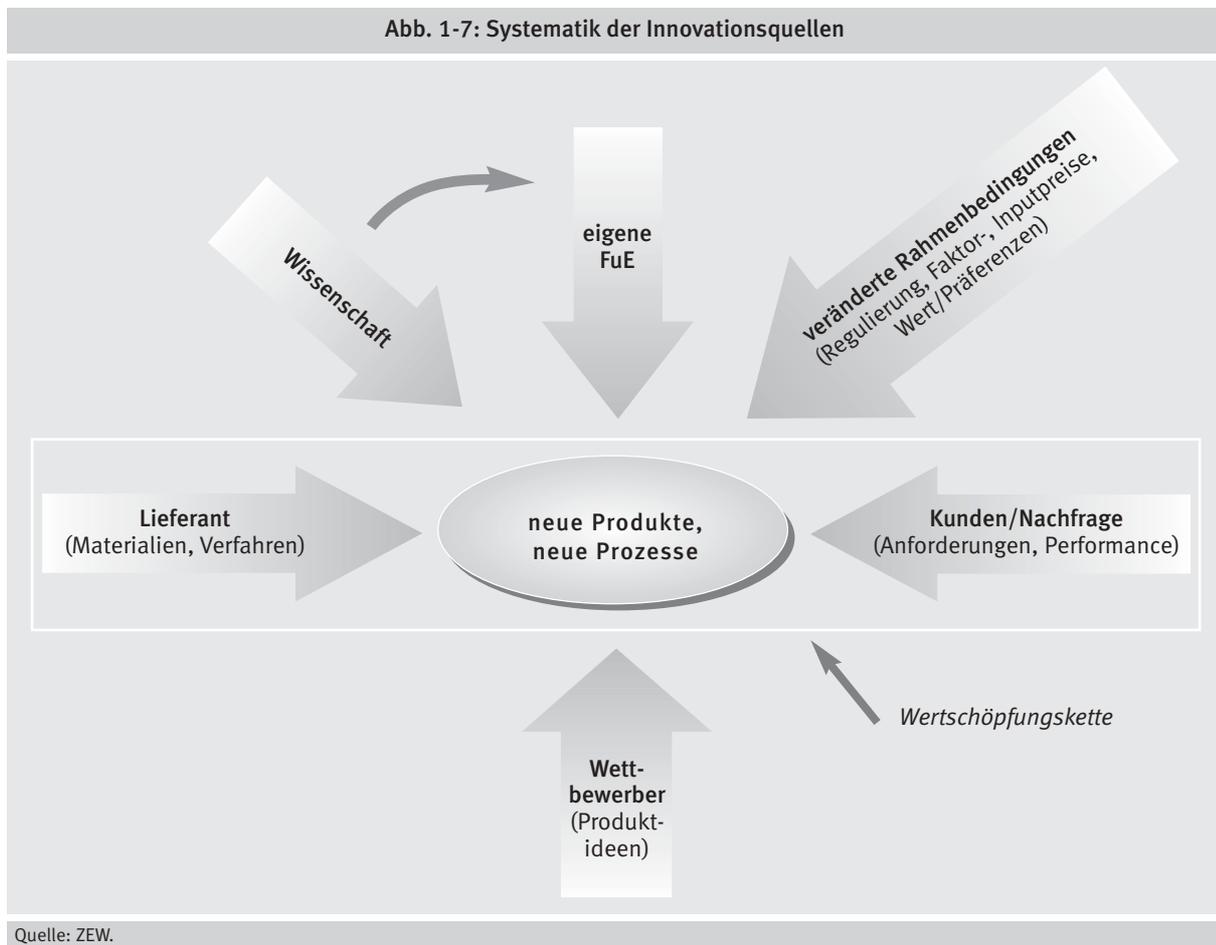
- eigene FuE des innovierenden Unternehmens,
- neue Erkenntnisse aus der Wissenschaft,
- (Technologie-)Impulse von Lieferanten,
- Wünsche und Anforderungen von Kunden bzw. allgemein der Nachfrage,
- Wettbewerber bzw. andere Unternehmen in der gleichen Branche,
- Veränderungen in den Rahmenbedingungen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

Innovationsanstöße zwischen unterschiedlichen Branchen – die für die Frage der Innovationswirkung der Chemie auf andere Branchen im Zentrum stehen – finden im Wesentlichen entlang der Wertschöpfungskette statt: Auf der einen Seite bieten Unternehmen aus Zulieferbranchen neue

Produkte oder Verfahren an, die für Innovationen in der Abnehmerbranche genutzt werden. Auf der anderen Seite fordern Kunden neue Produkte bzw. Verfahren und lösen so Innovationsanstrengungen bei ihren Zulieferern aus.

Zur Quantifizierung der unterschiedlichen Innovationsquellen wird auf Daten aus der Innovationserhebung des ZEW zurückgegriffen. Dort wurden im Jahr 1999 Innovatoren detailliert danach befragt, welche die ausschlaggebenden Quellen für ihre Innovationen waren, woher diese Impulse kamen und welche Bedeutung sie für den Innovationserfolg hatten.<sup>7</sup> Die ZEW-Innovationserhebung ist repräsentativ für die gesamte deutsche Wirtschaft und ermöglicht somit eine Aufteilung der gesamten Innovationsaktivitäten in Deutschland nach der Herkunft der Anstoßgeber.

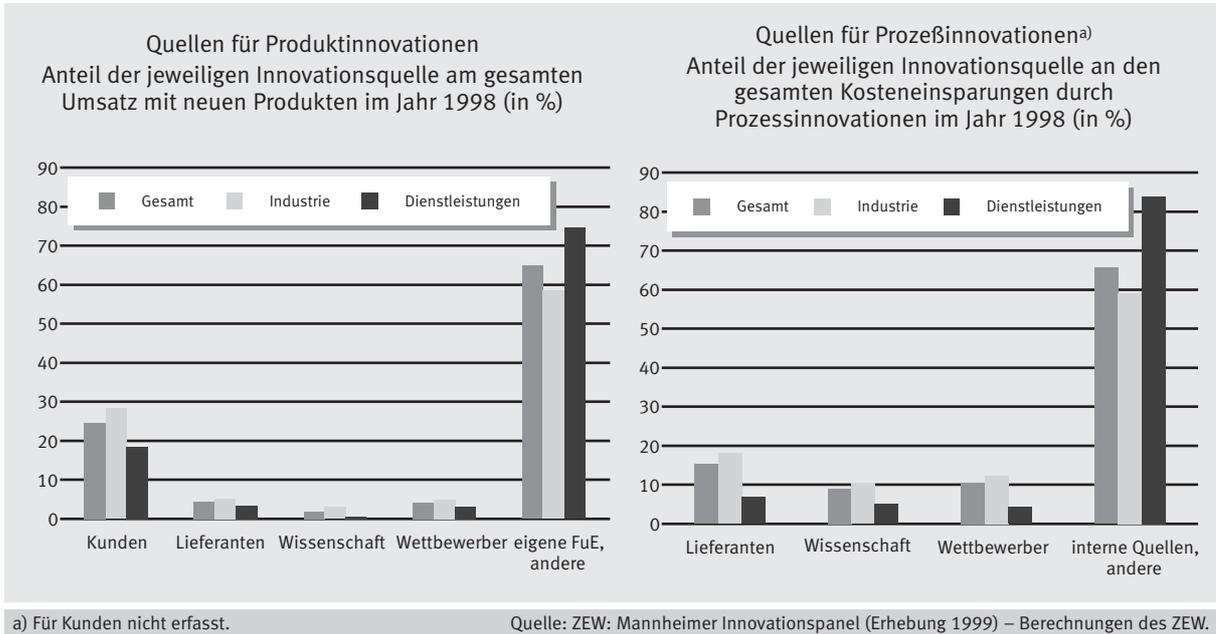
Die Bedeutung der einzelnen Innovationsquellen wird am Innovationserfolg gemessen, der aus den Innovationsanstößen der einzelnen Quellen resultiert:<sup>8</sup>



7) Vgl. Janz, N. et al., "Quellen für Innovationen", ZEW-Dokumentation 00-10, 2000, für eine ausführliche Darstellung der Erhebungsmethode und der wichtigsten Ergebnisse zur Frage der Innovationsquellen.

8) 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.

**Abb. 1-8: Bedeutung von Innovationsquellen für erfolgreiche Produkt- und Prozessinnovationen in der deutschen Wirtschaft**



- 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 ausschlaggebenden Quellen zugeordnet.

Der Aspekt der Innovationswirkung auf andere Branchen durch die Verbilligung von Vorprodukten kann allerdings mangels Daten nicht analysiert werden.

Für Produkt- wie Prozessinnovationen ist die eigene FuE<sup>9)</sup> die wichtigste Quelle der Innovationstätigkeit. Unter den externen Quellen sind Kunden – für Produktinnovationen – die wesentlich bedeutendere Innovationsquelle als Lieferanten. Rund 30 % des Innovationserfolgs von Produktinnovatoren in der deutschen Industrie gehen auf Kundenimpulse zurück. Innovationen, die von Lieferanten ausgelöst wurden, machen dagegen nur etwa 5 % des Umsatzes mit neuen Produkten aus. Von ähnlicher Bedeutung sind Wettbewerber. Produkte, die unmittelbar auf Innovationsanstöße aus der Wissenschaft zurückgehen, haben einen Anteil von 2 %. Viele Inputs der Wissenschaft fließen allerdings indirekt über die eigene FuE der Unternehmen in Innovationsprozesse ein.

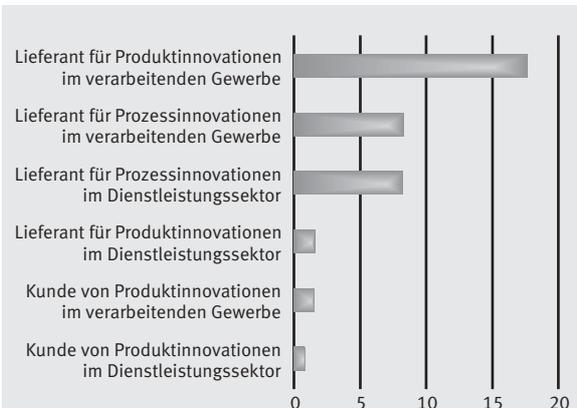
Die größere Bedeutung von Kunden als Anstoßgeber von Produktinnovationen im Vergleich zu Lieferanten weist auf die Notwendigkeit der Marktorientierung für erfolgreiche Innovationen hin: Der Innovationserfolg steht und fällt mit der Kundenakzeptanz, und diese wird umso höher sein, je spe-

zifischer die Innovation auf die Anforderungen und Wünsche der Kunden ausgerichtet ist.

Bei Prozessinnovationen spielen Lieferanten, Wettbewerber und die Wissenschaft als Innovationsquelle in der Industrie eine weitaus größere Rolle, auf ihre Impulse gehen jeweils zwischen 10 und gut 15 % der erzielten Kostenreduktionen – in Summe etwa 40 % – zurück. Im Dienstleis-

**Abb. 1-9: Bedeutung der Chemieindustrie als Innovationsquelle für andere Branchen**

Anteil der Chemischen Industrie an allen branchenexternen Impulsgebern für Produkt- bzw. Prozessinnovationen (1998, in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

9) Inklusive anderer Quellen wie Regulierung und veränderte Rahmenbedingungen, die nicht gesondert erfragt wurden.

tungssektor, wo Kosteneinsparungen in erster Linie durch organisatorische Innovationen realisiert werden, dominieren interne Quellen ganz eindeutig.

Diese Verhältnisse müssen im Blickfeld behalten werden, wenn es um die Bewertung der Position der chemischen Industrie geht. Denn die herausragende Stärke der Chemie ist die des Lieferanten innovativer Produkte für die Industrie. Da die Chemie häufig am Beginn von Wertschöpfungsketten steht, ist sie seltener Kunde von anderen Innovatoren, zumal die ihr vorgelagerten Branchen – mit Ausnahme des Chemieanlagenbaus – selbst keine Technologieproduzenten sind. Als Herstellerin von Vorprodukten hat die Chemie weniger Möglichkeiten als Unternehmen am Ende der industriellen Wertschöpfung (d. h. Konsum- und Investitionsgüterhersteller), Innovationen 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: Eine Spitzenposition hat sie als Lieferant für Produktinnovationen in der Industrie: Über 17 % des Industrie-Umsatzes mit Produktneuheiten, die von Lieferanten angestoßen wurden, stammen aus Chemie-Impulsen. Das ist mehr als bei jeder anderen Branche. Aber auch die Wirkung der Chemie als Auslöser von Prozessinnovationen ist nicht zu unterschätzen: Fast jeder zehnte Euro, der aufgrund von Verfahrensverbesserungen, die Technologie-Lieferanten ermöglicht haben, in der Industrie eingespart werden konnte, geht auf das Konto der Chemie. Das ist Platz zwei hinter dem Maschinenbau, wengleich mit gehörigem Abstand.

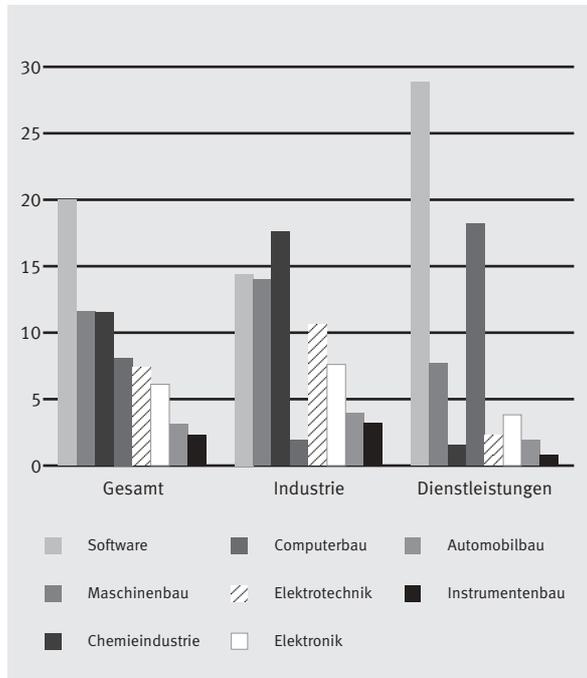
Demgegenüber hat die Chemie im Dienstleistungssektor generell sowie als Kunde, der neue Produkte fordert, nur eine geringe Bedeutung. Hier liegt ihr Anteil unter allen impulsgebenden Branchen jeweils unter 3 %.

### Produktinnovationen auf Basis neuer Materialien aus der Chemie

Unter allen Innovationslieferanten für neue Industrieprodukte (inklusive Baugewerbe und Energie) nimmt die Chemie noch vor der Softwareindustrie und dem Maschinenbau den ersten Platz ein. 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 knapp 3 Mrd. €. Im Vergleich zum gesamten Umsatz mit Produktneuheiten der Chemieindustrie – rund 20 Mrd. € pro Jahr – ist das ein erklecklicher zusätzlicher Innovationseffekt der Chemie.

**Abb. 1-10: Die wichtigsten „Innovationslieferanten“ für neue Produkte**

Anteil der jeweiligen Branche an allen Lieferanten-Innovationen in anderen Branchen (in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

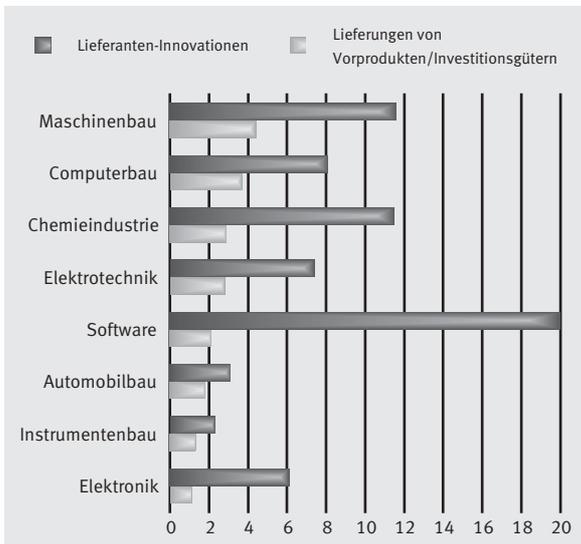
In der Gesamtwirtschaft ist die Bedeutung der Chemie geringer als in der Industrie, da sie als Innovationslieferant für Dienstleistungsunternehmen fast ganz ausfällt. Hier hat die Computer- und Softwareindustrie mit weitem Abstand die höchste Bedeutung. Trotzdem ist die Chemie auch aus gesamtwirtschaftlicher Betrachtung einer der zentralen Innovationslieferanten und liegt hinter der Querschnittsbranche Software gleichauf mit dem Maschinenbau an zweiter Stelle.

Branchen, von denen die meisten „Lieferanten-Innovationen“ ausgehen, sind durchweg forschungsintensiv. Ihre Investitionen in FuE zahlen sich für deren Abnehmer aus. Denn diese können auf neue Produkte zurückgreifen und sie zur Grundlage eigener Produktentwicklungen machen. Diese Innovationstransferfunktion der forschungsintensiven Wirtschaft wird beim Vergleich mit den Vorleistungsbeziehungen zwischen den einzelnen Branchen deutlich: Der Anteil unter allen Lieferanten-Innovationen liegt durchweg klar über dem an allen Vorleistungen (Lieferung von Vorprodukten und Investitionsgütern).<sup>10</sup> In der Chemie ist er mit einem Verhältnis von 4:1 besonders hoch. Lieferungen der Chemie sind besonders innovationsintensiv und lösen überdurchschnittlich viele Innovationen in den Abnehmerbranchen aus.

10) Die Vorleistungsbeziehungen basieren nur auf Güterlieferungen innerhalb Deutschlands, während die Innovationsimpulse auch solche aus dem Ausland einschließen. Es ist allerdings sehr plausibel, dass sich auch unter Einbeziehung von Importen das Muster der Vorleistungsbeziehungen nicht wesentlich ändert, da die Lieferbeziehungen zwischen Branchen im Wesentlichen technologischer Natur sind.

**Abb. 1-11: Lieferanten-Innovationen versus Lieferung von Vorprodukten und Investitionsgütern**

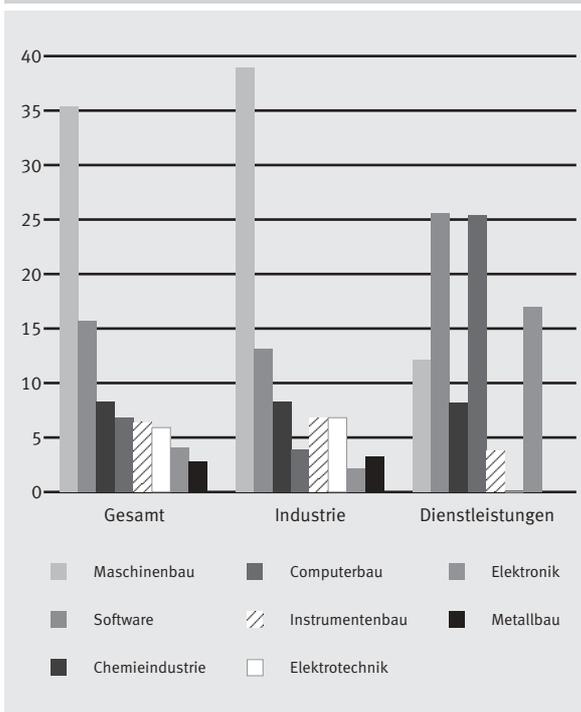
Anteil an allen Lieferanten-Innovationen 1998 bzw. Anteil an allen Lieferungen von Vorprodukten und Investitionsgütern 1997 (ohne brancheninterne Beziehungen, in %)



Quelle: Statistisches Bundesamt (Input-Output-Tabelle 1997), ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

**Abb. 1-12: Die wichtigsten „Innovationslieferanten“ für Prozessinnovationen**

Anteil der jeweiligen Branche an allen Prozessinnovationen durch Lieferantenimpulse in anderen Branchen (in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

## Prozessinnovationen mit Hilfe der Chemie

Etwas anders ist das Bild, wenn man die Innovationslieferanten für Prozessinnovationen betrachtet: Hier spielen die klassischen Anbieter von Prozesstechnologie – Maschinenbau und Informationstechnik – die herausragende Rolle. Dahinter folgt in der Industrie 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, umweltverträglich sind und mit geringerem Energieaufwand als alternative Materialien verarbeitet werden können.

Bezogen auf das Befragungsjahr 1998 haben Lieferantenimpulse aus der Chemie zu Kosteneinsparungen in anderen Branchen im Ausmaß von 1,2 Mrd. € geführt. Das entspricht 9 % aller von Lieferanten angestoßenen Einsparungseffekte von Prozessinnovationen und beträgt 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.

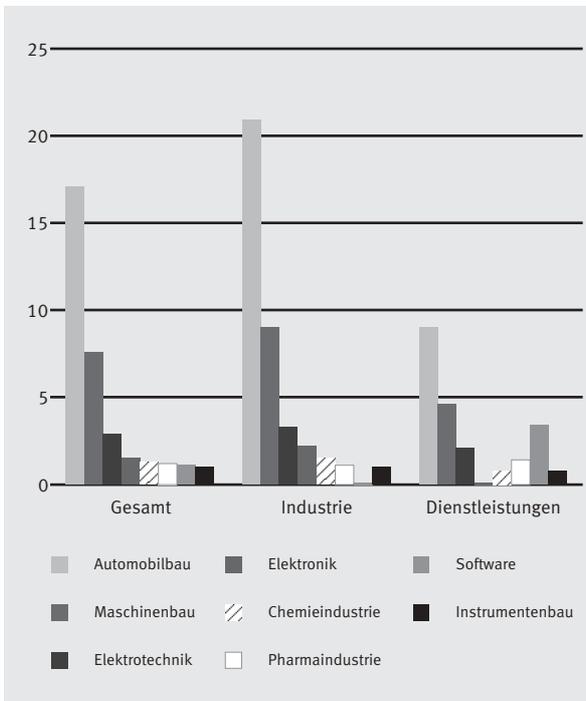
## Kundenimpulse aus der Chemie

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 gering. Unter allen Kunden, die Innovationen anstoßen, hat die Chemie ein Gewicht von 1,5 % (Industrie) bzw. 0,8 % (Dienstleistungen). Da aber das relative Gewicht von durch Kunden angetriebenen Innovationen viel größer als dasjenige von Lieferanten ist, macht dies trotzdem einen beachtlichen Innovationsimpuls von rund 2,2 Mrd. € Umsatz bei Unternehmen aus, deren Kunde die Chemie ist. Zu den Branchen, die von Chemiekunden in ihrer Innovationstätigkeit profitieren, zählen der Maschinenbau, die Elektrotechnik, der Instrumentenbau, der Bergbau und der Metallbau, aber auch Dienstleistungsbranchen wie Unternehmensberatung und Finanzierung.

Unter den Branchen der forschungsintensiven Industrie rangiert die Chemie als Innovationsgeber gegenüber ihren eigenen Lieferanten im Mittelfeld. Voran liegen Branchen, die Technologien aus unterschiedlichen Zulieferbranchen zu komplexen Gebrauchsgütern (z. B. Kraftfahrzeuge) oder Investitionsgütern (z. B. Maschinen, elektrotechnischen Anlagen) zusammenfügen. Sie fordern von einer Vielzahl unterschiedlicher Branchen neue Materialien, Komponenten und Systeme.

Es wundert daher nicht, dass der Automobilbau und der Maschinenbau die wichtigsten Kundengruppen sind, die ihren Lieferanten gegenüber entscheidende Innovationsanstöße geben. Hier hat die Chemie als Impulsgeber schlicht wenig Chancen, gleichrangig mitzuspielen, denn das Gros der Lieferanten der Chemie sind selbst keine Technologieproduzenten, sondern Rohstoffhersteller. Allerdings profitiert auch die Chemie von den Innovationsanstößen des Automobil- und Maschinenbaus.

**Abb. 1-13: Die wichtigsten Kundenbranchen für Innovationsanstöße in der deutschen Wirtschaft 1998**  
Anteil der jeweiligen Branche an allen Kunden-Innovationen in anderen Branchen (in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

**Bedeutung der Chemie als Innovationsgeber**

Die Position der Chemieindustrie als Zulieferer von Innovationen für andere Branchen wird am relativen Gewicht der einzelnen Kanäle, über die Anstöße für Produktinnovationen an andere Branchen weitergegeben werden, nochmals deutlich. Mehr als die Hälfte aller Innovationsimpulse der Chemie läuft über die „Zulieferung“ von Innovationen. Nur die Software- und Computerindustrie ist noch stärker auf die Funktion des Innovationslieferanten spezialisiert. Die meisten anderen Technologiebranchen bewirken Innovationen in anderen Branchen über die eigene Nachfrage nach innovativen Produkten. Besonders markant ist dies im Automobilbau und im Pharmasektor.

Zusammengefasst gehen von der Chemie folgende quantitative Wirkungen auf den Innovationserfolg vor- und nachgelagerter Branchen aus:

- Als direkter Innovationslieferant ist die Chemieindustrie unmittelbar für einen jährlichen Umsatz mit Produktneuheiten von über 2,9 Mrd. € in anderen Branchen verantwortlich. Das entspricht 15 % des Umsatzes mit Produktneuheiten, den die Chemie selbst im Jahr 1998 erzielt hat. Fast 95 % der Lieferanten-Innovationen strahlen auf andere Industriebranchen aus, nur 5 % auf Dienstleis-

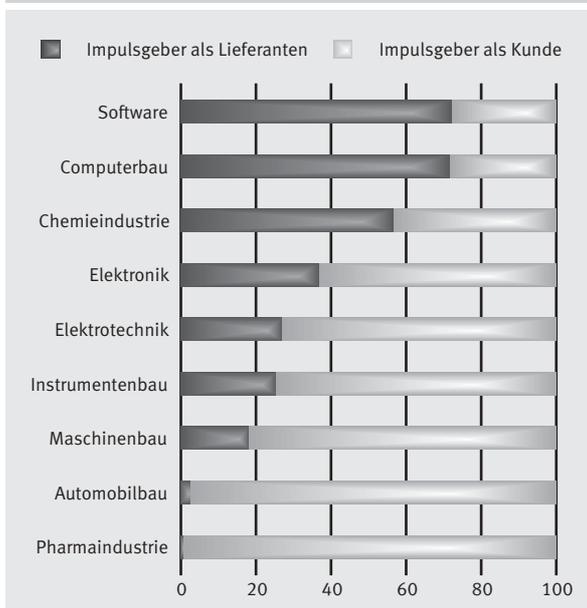
tungsbranchen. In der Industrie ist die Chemie mit einem Anteil von fast 18 % der wichtigste externe Innovationslieferant.

- In ihrer Rolle als Kunde löst die Chemie Innovationen bei ihren eigenen Zulieferern (außerhalb der Chemie) im Ausmaß von gut 2,2 Mrd. € pro Jahr aus (= 11 % des eigenen Umsatzes mit Produktneuheiten). Hiervon entfallen rund 80 % auf die Industrie. Der Anteil der Chemie an allen Innovationsimpulsen von Kundenseite ist mit 1,5 % allerdings gering.
- Schließlich kommen noch ca. 1,2 Mrd. € an Kosteneinsparungen durch Prozessinnovationen in anderen Branchen hinzu, die von der Chemie ermöglicht wurden. Das sind etwa 14 % der Kosteneinsparungen, die die Chemie bei sich selbst erzielt. Auch hier gehen die meisten Anstöße in die Industrie, und mit einem Anteil von gut 8 % ist die Chemie einer der ganz wichtigen externen Anstoßgeber für erfolgreiche Prozessinnovationen.

Aus den eigenen Innovationsaktivitäten der Chemieindustrie, den Impulsen, die die Chemie von außen für eigene Innovationen erhält, und den Innovationsanstößen, die die Chemie anderen Branchen gibt, lässt sich eine „Innova-

**Abb. 1-14: Relative Bedeutung der Kanäle zur Weitergabe von Innovationsimpulsen im Produktbereich**

Anteil der Lieferanten- und Kunden-Impulse für Produktinnovationen, die von der jeweiligen Branche ausgehen (in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

tionsbilanz“ aufstellen. Sie macht deutlich, dass die Chemie wesentlich mehr Innovationsimpulse als Lieferant weitergibt (2,9 Mrd. € bei Produktinnovationen, 1,2 Mrd. € bei Prozessinnovationen), als sie selbst von ihren Lieferanten erhält (0,5 Mrd. bzw. 0,6 Mrd. €). Spiegelbildlich ist das Verhältnis bei Kunden-Innovationen: Den von der Chemie als Kunde an-

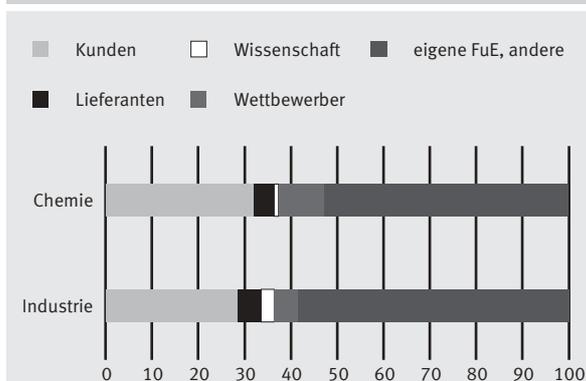
Tab. 1-1: Umfang der Innovationsanstöße der chemischen Industrie auf andere Branchen in Deutschland

|   | Mrd. € (1998) | Chemie in % aller externen Impulsgeber |
|---|---------------|--|
| Umsatz mit Produktneuheiten in anderen Industrie-Branchen, die von der Chemie als Innovationslieferant angestoßen wurden                        | 2,80          | 17,6                                   |
| Umsatz mit Produktneuheiten in Dienstleistungs-Branchen, die von der Chemie als Innovationslieferant angestoßen wurden                          | 0,15          | 1,5                                    |
| Umsatz mit Produktneuheiten in Industrie-Branchen, die von der Chemie als Innovations-Kunde angestoßen wurden                                   | 1,80          | 1,5                                    |
| Umsatz mit Produktneuheiten in Dienstleistungs-Branchen, die von der Chemie als Innovations-Kunde angestoßen wurden                             | 0,45          | 0,8                                    |
| Kosteneinsparungen durch Prozessinnovationen in anderen Industrie-Branchen, die von der Chemie als Innovationslieferant angestoßen wurden       | 1,00          | 8,3                                    |
| Kosteneinsparungen durch Prozessinnovationen in anderen Dienstleistungs-Branchen, die von der Chemie als Innovationslieferant angestoßen wurden | 0,20          | 8,2                                    |

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

Abb. 1-15: Bedeutung von Innovationsquellen für Produktinnovationen in der Chemieindustrie 1998 im Vergleich zu Industrie insgesamt

Anteil der genutzten Innovationsquellen (in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

gestoßenen Innovationsumsätzen (2,2 Mrd. €) stehen 4,9 Mrd. € an empfangenen Innovationsimpulsen von den eigenen Kunden gegenüber.

Diese Relationen liegen auf der Hand: Denn die Versorgung der eigenen Abnehmer mit neuen chemischen Materialien und Komponenten erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen der Chemie und ihren Kunden, um die Anforderungen an Performance, Kosten und Einsatzmöglichkeiten der Chemieprodukte passgenau spezifizieren zu können.

Diese große Bedeutung der Kundenbeziehungen zeigt sich auch an der starken Kundenorientierung der Innovationsaktivitäten in der Chemie. Die Abnehmer sind die wichtigste externe Informationsquelle für die Ausrichtung der

(Produkt-)Innovationsaktivitäten. Im Schnitt geht rund ein Drittel des Innovationsumsatzes in der Chemie auf Produkte zurück, die unmittelbar von Kunden angestoßen wurden. Dabei ist zu bedenken, dass dies das relative Gewicht der Kundenimpulse im Vergleich zu den anderen Quellen darstellt. Tatsächlich dürften bei fast allen Innovationsprojekten in der Chemie Kundenwünsche und -anforderungen, eigene Forschungstätigkeit, das scharfe Beobachten der Mitbewerber und die Nutzung wissenschaftlichen Know-hows zusammenspielen.

## 1.4. Chemie-Innovationen und Nachhaltigkeit

Die Ausrichtung von Wirtschaft und Gesellschaft nach den Prinzipien der Nachhaltigkeit ist eines der wichtigsten Ziele der Umweltpolitik. Das Konzept der Nachhaltigkeit hat zum Ziel, die weltweite wirtschaftliche, politische und soziale Entwicklung so auszurichten, dass die Bedürfnisse der Menschen mit der Schonung von natürlichen Ressourcen vereinbar werden – und damit auch für künftige Generationen die Grundlagen für Wohlstand und wirtschaftliche Entwicklung erhalten bleiben. Die Chemie trägt zu dieser „gesellschaftlichen Innovation“ auf unterschiedlichen Wegen bei – Innovationen in der Chemie spielen dabei durchaus eine zentrale Rolle.<sup>11</sup>

Zunächst einmal ist festzuhalten, dass die Chemieindustrie als ein Wirtschaftszweig, der aus Rohstoffen Materialien und Wirkstoffe für die industrielle Weiterverarbeitung und den Konsum herstellt, ein Hauptverbraucher von natürlichen Ressourcen ist. Dies gilt für den Einsatz von Rohstoffen, Wasser und Energie in der Produktion ebenso wie für die Emissionen in Luft und Wasser, die unvermeidlich mit chemi-

11) Vgl. Perlit, U.: Chemieindustrie: Imagewandel durch forcierten Umweltschutz, Deutsche Bank Research - Aktuelle Themen Nr. 253, Januar 2003.

Tab. 1-2: „Innovationsbilanz“ der chemischen Industrie Deutschlands im Jahr 1998

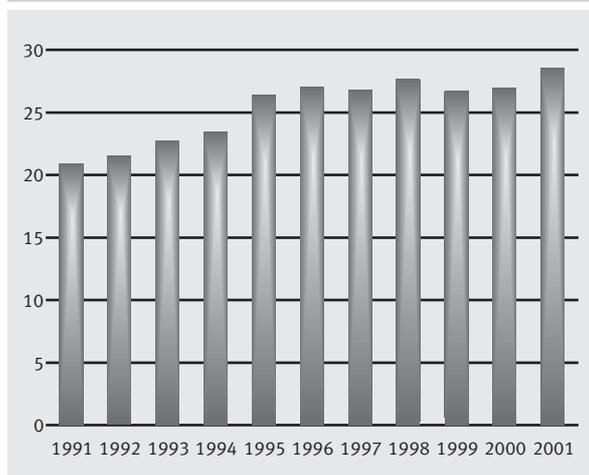
| Produktinnovationen  | Mrd. €     |
|--|------------|
| Umsatz mit Produktneuheiten in der Chemie;<br>davon durch Kunden der Chemie angestoßen                                       | 9,5<br>4,9 |
| davon von Lieferanten der Chemie bzw. der Wissenschaft angestoßen  | 0,5        |
| Umsatz mit Produktneuheiten in der Chemie aus internen Quellen;  | 4,1        |
| Umsatz mit Produktneuheiten in anderen Branchen, die von der Chemie als Innovations-Kunde angestoßen wurden                  | 2,2        |
| Umsatz mit Produktneuheiten in anderen Branchen, die von der Chemie als Innovationslieferant angestoßen wurden               | 2,9        |
| Umsatz mit Produktneuheiten aufgrund von „Chemie-Innovationen“ insgesamt   | 19,2       |
| Prozessinnovationen  | Mrd. €     |
| Kostenreduktion durch Prozessinnovationen in der Chemie<br>davon von Lieferanten der Chemie bzw. der Wissenschaft angestoßen | 8,8<br>0,6 |
| Kostenreduktion durch Prozessinnovationen in der Chemie aus internen Quellen   | 8,2        |
| Kostenreduktion durch Prozessinnovationen in anderen Branchen, die von der Chemie als Innovationslieferant angestoßen wurden | 1,2        |
| Kostenreduktion durch Prozessinnovationen aufgrund von „Chemie-Innovationen“ insgesamt                                       | 9,4        |

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 1999) – Berechnungen des ZEW.

dieser Beanspruchung natürlicher Ressourcen durch die Chemie hat Dank vielfältiger Prozessinnovationen in den vergangenen Jahren merklich abgenommen – und die Chemieindustrie in Deutschland nimmt hier eine Vorreiterrolle ein:

- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Chemieindustrie in Deutschland verringerten sich zwischen 1990 und 2000 um 33 % – von 65,5 Mio. Tonnen auf 44 Mio. Tonnen. Dies ist zum einen auf den Abbau von Chemiekapazitäten in den neuen Bundesländern zurückzuführen – aber auch auf vermehrte Investitionen in den additiven Umweltschutz.
- Zwischen 1990 und 2000 gab die Chemieindustrie in Deutschland insgesamt rund 6,5 Mrd. € für Umweltschutzinvestitionen aus. Anfang der 90er Jahre flossen fast 15 % aller Investitionen in diesen Bereich. Dadurch konnten wichtige Beiträge zur Luftreinhaltung und zum Gewässerschutz geleistet werden. Ein bedeutender Teil der FuE-, Innovations- und Investitionsaufwendungen der Chemie dient stets der Vermeidung von nachteiligen oder gefährdenden Produkteigenschaften.
- Der Verbrauch von Ressourcen und die Produktion von Emissionen und Abfällen sind ein entscheidender Kostenfaktor für die Chemie. Durch effizientere Produktionsverfahren können diese Kosten deutlich reduziert werden – und damit auch die Umweltbelastung. Deshalb stehen auch seit jeher Prozessinnovationen im Mittelpunkt der Innovationsaktivitäten – vor allem in der Grundstoffchemie.
- Die Zusammensetzung des Rohstoff- und Energieeinsatzes in der Chemieindustrie in Deutschland wandelt sich

Abb. 1-16: Anteil lösemittelarmer Lacke an der Lackproduktion in Deutschland 1991-2001 (in %)



Quelle: Verband der Lackindustrie – Berechnungen des ZEW.

geht seit Mitte der 90er Jahre – trotz Produktionsausweitung – zurück und wird zunehmend durch das umweltfreundlichere Erdgas ersetzt. Auch gewinnt die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen zur Herstellung von Chemieprodukten an Bedeutung.

Der Beitrag der Chemie zur Nachhaltigkeit ist aber keineswegs auf den Prozessbereich beschränkt. Die indirekte Wirkung durch Produktinnovationen ist vermutlich deutlich größer, wenngleich ganz schwierig zu quantifizieren. Denn erstens bemüht sich die Chemieindustrie, durch Innovatio-

## Intelligente Dünger

Die wirtschaftliche Bedeutung der Chemie für die moderne Landwirtschaft wurde mit einem großen Knall eingeläutet. Justus von Liebig, der die organische Chemie um die Entdeckung des Kunstdüngers bereicherte, wurde Anfang des 19. Jahrhunderts der Schule verwiesen, nachdem die Explosion eines seiner Experimente das Schulhaus erschütterte.

Bis heute ist die chemische Industrie eine wesentliche Triebfeder bei der wirtschaftlichen und vor allem umweltschonenden Weiterentwicklung der Landwirtschaft. Mit der Entwicklung von hochwirksamen Nitrifikationsinhibitoren steht den Landwirten nunmehr eine neue Düngergeneration zur Verfügung. Mit diesen Inhibitoren kann in Kombination mit herkömmlichen Stickstoffdüngern eine Hemmung und somit Stabilisierung des ausgebrachten Ammoniumstickstoffs im Boden über mehrere Wochen bewirkt werden. Damit wird eine zielgerichtete Nährstoffversorgung der Pflanze in Verbindung mit positiven Umweltwirkungen wie Verringerung des Nitrataustrags in das Grundwasser und eine deutliche Reduzierung der Emission klimarelevanter Gase (wie Lachgas, Methan) erreicht.

Diese intelligenten Dünger unterstützen also nicht nur die landwirtschaftliche Produktion, sondern tragen auch maßgeblich zum Schutz der Gewässer und zur Reinhaltung der Luft bei. Auf diese Weise kann es gelingen, dem Anspruch der Nachhaltigkeit und gleichzeitig den Anforderungen an eine moderne Grundnahrungsmittelproduktion gerecht zu werden.

nen die Umweltbelastung, die aus der Verwendung ihrer Produkte resultiert, fortlaufend zu reduzieren:

- So werden beispielsweise verstärkt Lacke hergestellt, die ohne oder nur mit sehr wenig Lösungsmitteln auskommen.
- Die Entwicklung von kompostierbaren „Bio-Kunststoffen“ z. B. für Lebensmittelverpackungen verringert das Aufkommen an Deponieabfall.
- Neue Chemikalien für Wasch- und Reinigungsmittel reduzieren die notwendige Waschmittelmenge pro Waschvorgang und sind leichter in Kläranlagen abbaubar. Dadurch verringern sich Wasserverbrauch und Energieeinsatz deutlich.
- Biologische Schädlingsbekämpfungsmittel und effizientere, „intelligente“ Düngemittel verringern – bei gleichbleibender Produktionsmenge – den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Dünger (siehe Kasten).

Zweitens ermöglichen Innovationen der Chemie auch, dass andere Branchen sowie die Konsumenten „nachhaltiger“ wirtschaften bzw. sich „nachhaltig“ verhalten können. Beispiele solcher Chemie-Innovationen sind

- neue Materialien für die Wärmedämmung, durch die der Energieverbrauch von Häusern und Wohnungen wesentlich verringert werden kann – eine flächendeckende Anwendung neuer Dämmstoffe im Häuserbestand Deutschlands würde 7 % des gesamten Energieverbrauchs und 16 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen einsparen;
- Nanotechnologien in der Lackherstellung und Oberflächenbeschichtung, die z. B. Schmutz abweisende Ober-

flächen erlauben und damit den Reinigungsaufwand herabsetzen;

- pulverbeschichtete Lacke mit integrierten Additiven, die einen besseren Korrosionsschutz und somit eine längere Haltbarkeit der Materialien erlauben, aber in manchen Anwendungen auch den Einsatz von Schmiermitteln entbehrlich machen.

Viele der Chemie-Innovationen für mehr Nachhaltigkeit erfordern hohe Entwicklungsaufwendungen und sind oft erst in der Pilotphase ihrer Anwendung. Damit sie ihre volle Wirkung entfalten können, braucht es eine kontinuierliche Forschung zu umweltfreundlicheren Produkten und Herstellungsverfahren und eine breite Diffusion der Innovationen in Wirtschaft und Gesellschaft.

## 1.5. Fazit

Die Chemieindustrie ist einer der wichtigsten Lieferanten für Technologie und Innovationen in Deutschland. Die zentrale Bedeutung als Innovationsmotor kann daran gemessen werden, dass die Chemie mit ihren Materiallieferungen anderen Branchen so viel FuE-Vorleistungen zur Verfügung stellt wie kein anderer Wirtschaftszweig. Diese FuE-intensiven, innovativen Materialien ermöglichen erst eine Vielzahl an Innovationen in anderen Branchen. Mit einem Anteil von 12 % nimmt die Chemieindustrie unter allen Innovationslieferanten eine Spitzenstellung ein. In der Industrie ist sie überhaupt der wichtigste Impulsgeber auf der Lieferantenseite.

Die Chemie steht am Beginn vieler Innovationsprozesse. Ihre Vorleistung – neue Werkstoffe mit verbesserter Performance, besseren Eigenschaften und günstigem Preis – ist die materielle Grundlage für zahlreiche Innovationen in allen anderen Branchen. Diese Rolle als „Innovationsmotor“ wird mit den vorliegenden Daten eindeutig bestätigt. Trotzdem kommt es häufig zu einer „Unterbewertung“ der spezifischen Rolle der Chemie im Innovationssystem:

- Erstens ist die Wirkung von Chemie-Innovationen oft indirekt. Neue Chemiefasern, die die Herstellung leistungsfähigerer Textilien ermöglichen und so z. B. die Entwicklung neuer Anwendungen in der Automobilindustrie befördern – vom Sicherheitsgurt über Innenraumfilter und frei formbare Teppiche bis hin zum Airbag sind die Beispiele zahlreich –, werden von den Autoherstellern als Innovationsimpulse aus der Textilindustrie oder spezialisierter Teilelieferanten gesehen und nicht der Chemie zugerechnet.
- Zweitens wird die Bedeutung der Lieferanten von Innovationen im Vergleich zu Kundenimpulsen oder der eigenen Forschung oftmals geringer eingeschätzt. Für erfolgreiche Innovationen ist in der Regel die Kombination aus Neuerungen im Materialbereich, neuen Produktionsverfahren und die Berücksichtigung spezifischer Kundenanforderungen notwendig, wofür üblicherweise beträchtliche eigene FuE-Anstrengungen erforderlich sind. Sollen Unternehmen die relative Bedeutung dieser Impulse für

die erfolgreiche Markteinführung eines neuen Produktes angeben, fällt der Blick viel häufiger auf die Kunden, von deren Akzeptanz der Markterfolg natürlich unmittelbar abhängt, und auf die eigenen FuE-Anstrengungen, die den Kern der Innovationsaktivitäten bilden. Den Lieferanten neuer Materialien wird dann oft eine weniger entscheidende Stellung beigemessen.

- Dies weist drittens auf einen weiteren Umstand hin, der typisch für die Chemie ist: Chemie-Innovationen besitzen für deren Nutzer meist eine geringe Exklusivität. Damit ist gemeint, dass neue Werkstoffe und Materialien, die von der Chemie entwickelt wurden, allen potenziellen Kunden gleichermaßen zur Verfügung stehen, sie sind ubiquitär. Kundenspezifische Anfertigungen, wie sie für den Maschinen- und Instrumentenbau beispielsweise charakteristisch sind, gibt es in der Chemie im Grunde nicht. Von Innovatoren in den Abnehmerbranchen der Chemie werden die Innovationen daher nicht in dem Maß als entscheidend für die erfolgreiche Markteinführung von Innovationen gesehen, da die verwendete

Materialien und Werkstoffe auch den Wettbewerbern zur Verfügung stehen.

- Schließlich ist viertens noch darauf hinzuweisen, dass die Chemie als Lieferant von Innovationen nur in der Industrie eine große Bedeutung hat. Im Dienstleistungssektor, dem für das gesamte Innovationsgeschehen in Deutschland etwa das gleiche Gewicht wie der Industrie zukommt, spielen Innovationsimpulse aus der Chemie kaum eine Rolle. Dies drückt natürlich auch auf das Gesamtgewicht der Chemie als Innovationsmotor.

Die besondere Rolle der Chemie für Innovationen in anderen Branchen kann oft nur am konkreten Beispiel in all seinen Facetten dargestellt werden. Dies geschieht im nächsten Abschnitt anhand von sechs ausgewählten Fallbeispielen. An ihnen wird gezeigt, welche Rolle Neuerungen aus der Chemie für Innovationen in anderen Branchen gespielt haben, in welcher Form sich Chemie-Innovationen in komplexen Produkten und Problemlösungen wiederfinden, und welche Wirkung die Chemie auf die Innovationstätigkeit in ihren nachgelagerten Branchen ausübt.



## Kapitel 2

# Innovationsanstöße aus der Chemie: Fallbeispiele

## 2. Innovationsanstöße aus der Chemie: Fallbeispiele<sup>12</sup>

### 2.1. Revolution in der Medienindustrie: Makrolon® als Basis für CD und DVD

Über Jahrhunderte erklang Musik nur „live“. Das änderte sich, als Thomas Alva Edison 1877 den Phonographen erfand. Heute wird Musik untrennbar mit der Compact Disc – CD – assoziiert. Ihr Siegeszug begann Anfang der 80er Jahre. Die CD bot jedermann Hörgenuss pur ohne Kratzer und Rauschen. Dieser Durchbruch wurde durch das Engagement der CD-Pioniere Sony, Philips und PolyGram ermöglicht. Zu verdanken war die Revolution auf dem Musikmarkt aber auch der chemischen Industrie: Ohne deren Innovationsfreude gäbe es die CD und DVD heute nicht und wohl auch nicht die darauf folgende Generation optischer Datenträger, die Blu-ray Disc. Insbesondere die Erfindung des Kunststoffes Makrolon® und seine anwendungsgerechte Weiterentwicklung durch Bayer ebneten den Weg zum Erfolg.

#### Innovation in der Chemie: Makrolon® – Kunststoffe als Speichermedium

1953 hatte der Bayer-Chemiker Dr. Hermann Schnell Makrolon® erfunden. Das Polycarbonat, ein Polyester der Kohlensäure, zeichnet sich durch eine einzigartige Kombination herausragender Eigenschaften aus: Es ist transparent, leicht, bruch- und splitterfest und hoch temperaturbeständig. Außerdem ist es gut formbar und kann mit bewährten Methoden verarbeitet werden.

Makrolon® bildet nicht nur die Trägerschicht von CDs, CD-Rs und DVDs. Aus ihm werden beispielsweise Tribünen-Überdachungen, Streuscheiben für Autoscheinwerfer und Brillengläser gefertigt. Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie sowie die Baubranche setzen den Kunststoff in ihren Produkten ebenso ein wie Fahrzeugbauer, Medizintechnikunternehmen und die Verpackungsindustrie. Damit sind die Möglichkeiten des Makrolon® keineswegs erschöpft: Viel versprechend ist der Bayer-Kunststoff etwa als Material für Autoscheiben – einem Bereich, in dem er durch sein geringes Gewicht und die vielfältigen Designoptionen völlig neue Möglichkeiten eröffnet.

Was steckt hinter dem Geschäftserfolg von Makrolon®? Es ist die Vielseitigkeit dieses Kunststoffes. Sie erschließt ihm im Zuge des technologischen Wandels regelmäßig neue Einsatzgebiete. Es lag und liegt jedoch an Bayer, diese Potenziale für Makrolon® in Markterfolge umzusetzen. Dies konnte nur gelingen, indem das Basisprodukt kontinuierlich auf die Anforderungen und Bedürfnisse der Kunden zugeschnitten

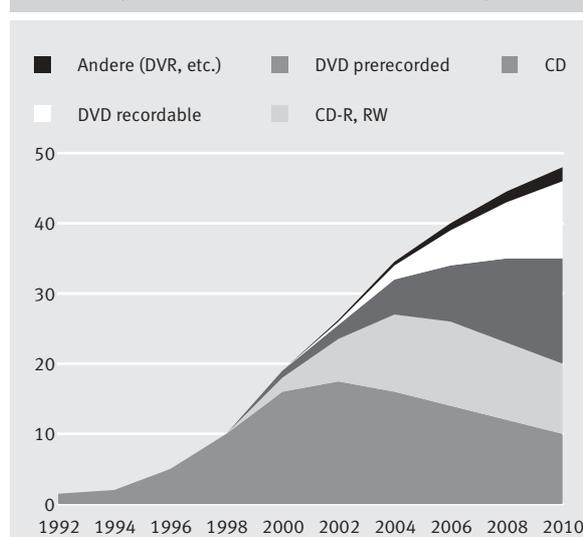
wurde. Auf diese Weise erschloss das Chemieunternehmen nicht nur umsatzstarke Anwendungsbereiche, sondern baute auch wertvolles Know-how auf.

Als Konsequenz dieser Strategie hat Bayer Polymers in jüngster Zeit PR- und Werbekampagnen gestartet, um den Markennamen einer breiten Öffentlichkeit als Qualitätsmerkmal ins Bewusstsein zu rücken. So rollen heute Lokomotiven der Deutschen Bahn AG mit dem Makrolon® Werbeschriftzug durch das Land. Beschreibbare CD-Rs tragen das Markenzeichen „Made of Makrolon®“. Mit dieser Branding-Strategie will Bayer nicht nur den Erfolg seines Produkts unterstreichen, sondern vor allem dessen Anwesenheit bis zum Endverbraucher kommunizieren, um so das Unternehmen und die Produkte der Cobranding-Partner vom Wettbewerb positiv zu differenzieren.

#### Innovation in der Abnehmerbranche: Compact Disc – CD

Das erste Compact Disc-Serienexemplar entstand am 17. August 1982. An der Spitze dieser Innovation stand dabei – neben Sony – der Philips-Konzern, vertreten durch die heutige Universal Manufacturing & Logistics GmbH mit Sitz in Hannover-Langenhagen. Die beiden Elektronikfirmen waren

Abb. 2-1: Produktzyklen optischer Speichermedien auf Makrolon®-Basis 1992-2010 (weltweite Produktion in Mrd. Stück)



Quelle: ICIS LOR World Phenol/Acetone Conference, 22. Mai 2002.

12) Die Autoren danken den beteiligten Unternehmen sowie dem VCI für die große Kooperationsbereitschaft und Unterstützung.

damals in der einzigartigen Position, die gesamte Wertschöpfungskette von der Musikproduktion bis zum Abspielgerät steuern und einen neuen digitalen Audiostandard etablieren zu können. Es gelang ihnen, den Verbraucher glaubhaft davon zu überzeugen, dass er beim Kauf von CDs oder von CD-Playern nicht das Risiko eingeht, in eine technische Sackgasse zu investieren.

Universal Manufacturing & Logistics hatte bereits drei Jahre vor Beginn der CD-Serienproduktion begonnen, mit neuartigen Bild- und Tonträgern zu experimentieren. Angetrieben von dem viel versprechenden Marktpotenzial ließ Universal Manufacturing & Logistics 80 Physiker, Chemiker, Verfahrenstechniker und Konstrukteure an dem Projekt arbeiten. Das Team entwickelte CD-Vorläufer, die auf einer Acrylglas-Trägerschicht basierten. Das Acrylglas verzog sich jedoch bei hohen Belastungen. Der Versuch, zwei Scheiben miteinander zu verkleben, um so die mechanische Stabilität zu erhöhen, wurde bald aufgegeben. Denn Prototypen mit einer Trägerscheibe aus dem thermoplastischen Kunststoff Makrolon® erwiesen sich hinsichtlich optischer, mechanischer und verarbeitungstechnischer Eigenschaften als klar überlegen, insbesondere mit Blick auf die Dimensionsstabilität.

Bayer war von Anfang an der bevorzugte Partner für dieses Projekt. Das lag einerseits an den vorteilhaften Eigenschaften des Werkstoffs und andererseits an der Offenheit und Kooperationsbereitschaft der Bayer-Fachleute. Denn das Chemieunternehmen erkannte bereits zu diesem frühen Zeitpunkt, dass es nicht nur als Zulieferer, sondern als vollwertiger Systemanbieter auftreten muss, um das Marktpotenzial seines Polycarbonats voll zu nutzen. In wechselseitigem Feedback wurden bemerkenswerte Fortschritte vor allem bei der Qualität und der Verarbeitung von CDs erzielt. Beispielsweise konnte die Zeit für das Spritzpressen einer CD mittlerweile um mehr als 80 % reduziert werden. Bis heute verbindet Universal Manufacturing & Logistics ein enges Vertrauensverhältnis mit den Kunststoff-Experten von Bayer. So arbeiteten beide Firmen auch zusammen, als es um die Aufnahme der DVD-Produktion ging.

Allein in Hannover-Langenhagen kann Universal Manufacturing & Logistics heute täglich 750.000 CDs herstellen, pro Jahr verlassen 230 Mio. Produkteinheiten das Logistikzentrum. Das Unternehmen hat Maßstäbe für die Verbreitung von Musik gesetzt, und Bayer hat diese Revolution mutig angenommen und unterstützt. Was in den 80er Jahren begann, ist heute zur Regel geworden: enge Entwicklungskooperationen zwischen Bayer und seinen Kunden.

## 2.2. Neue Dämmstoffe für Niedrigenergiehäuser: NEOPOR®

Eine zunehmende Weltbevölkerung und die allmähliche Ausbreitung westlicher Wohlstandsniveaus in Schwellen- und Entwicklungsländern bedeuten eine langfristig steigende Nachfrage nach Energie. Gleichzeitig ist für ein nachhal-

tiges Leben und Wirtschaften ein schonender Umgang mit Energieressourcen notwendig.

Neben Verkehr und Industrie ist Wohnen der dritte große Bereich, in dem Energie verbraucht wird. Nachhaltiges Wirtschaften erfordert daher effiziente Technologien beim Beheizen und Kühlen von Gebäuden; bei Altbauten ebenso wie bei Neubauten. Ein entscheidender Parameter für einen effizienten Heizenergieeinsatz ist die Wärmedämmung der Gebäudehülle. Hierzu hat die Chemieindustrie durch die Entwicklung von Dämmstoffen schon früh wesentliche Beiträge geleistet. Mit neuen Dämmmaterialien, die noch effizienter – d. h. bei gleicher Dämmwirkung noch dünner – geworden sind, werden vor allem für die Modernisierung von Altbauten neue Wege eröffnet. Das Niedrigenergiehaus ist ein Paradebeispiel für Chemie-Innovationen.

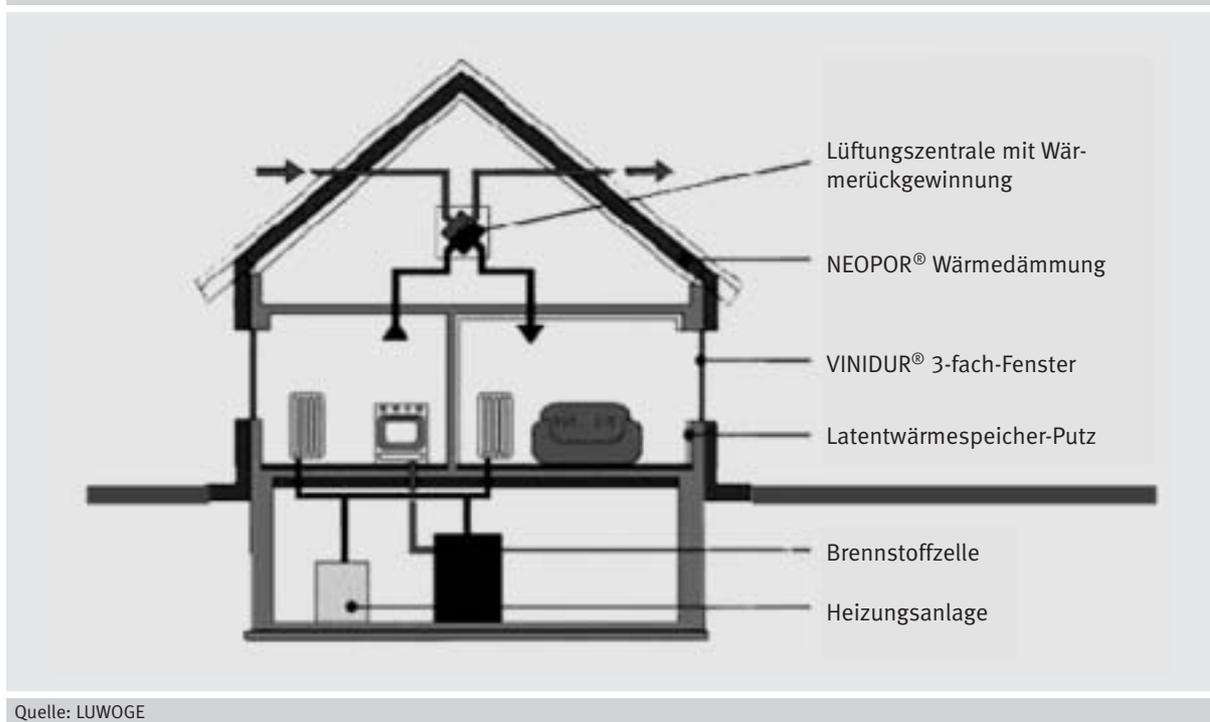
### Die Chemie-Innovation: Platzsparende Dämmstoffe für den Hausbau

Das von der BASF AG entwickelte NEOPOR® ist die neue Generation des klassischen Polystyrol-Hartschaumstoffs Styropor®. Aus dem schwarzen Rohmaterial fertigen die Schaumstoffhersteller silbergraue Blöcke, Platten und andere Formteile, die in verschiedensten Bauanwendungen zum Einsatz kommen.

Bei Styropor® wird die Wärmedämmung dadurch erreicht, dass die im Material eingeschlossene Luft Wärme schlecht leitet. Für Wärmestrahlung ist Styropor® jedoch durchlässig. Dieser Effekt konnte bei NEOPOR® fast völlig ausgeschaltet werden: Kleine Infrarotabsorber – die dem Schaumstoff seine silbergraue Farbe verleihen – reflektieren und absorbieren die Wärmestrahlung.

Die Wärmedämmleistung von NEOPOR® ist dadurch bei gleicher Rohdichte im Vergleich zum klassischen Styropor® um etwa 20 % gestiegen. Diese deutliche Verbesserung kann auf zweierlei Weise genutzt werden. Einerseits sind bei gleicher Dämmleistung und Rohdichte NEOPOR®-Platten um 20 % dünner als konventionelle Styropor®-Platten. Dadurch geht bei der nachträglichen Innendämmung eines Gebäudes mit gleich wirksamen Dämmplatten weniger Wohnfläche verloren. Vor allem bei der Altbauomodernisierung konnte sich der neue Dämmstoff daher bereits bewähren. Auf der anderen Seite bietet NEOPOR® bei gleicher Plattendicke und gleicher Dichte 20 % mehr Dämmleistung. Soll dieselbe Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) wie im konventionellen Fall erreicht werden, kommt der Anwender mit der halben Rohdichte aus und spart so 50 % an Material ein. Aus jeder dieser Betrachtungsweisen geht die Verbesserung eindeutig hervor. Mit dem neuen Dämmstoff werden nicht nur die Heizkosten drastisch gesenkt und Energie-Ressourcen geschont, sondern im gleichen Maße auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert. Ökoeffizienz-Analysen bestätigen dies eindrucksvoll. Steigenden Energiepreisen und den Forderungen des Kyoto-Protokolls kann am besten mit energieeffizienten Dämmstoff-Innovationen begegnet werden.

Abb. 2-2: Komponenten des „3-Liter-Hauses“



### Die Abnehmer-Innovation: Niedrigenergiehaus als Beitrag zur Nachhaltigkeit

Neue Materialien im Bausektor einzuführen und neue Energiesparkonzepte für den Hausbau zu etablieren, ist ein schwieriges Unterfangen. Denn die kleinbetriebliche Struktur des Baugewerbes, die Tendenz von Bauunternehmen und deren Kunden, angesichts der langfristigen Investitionen bzw. langen Gewährleistungsfristen auf lang erprobte Materialien und Baukonzepte zurückzugreifen, sowie die zunächst höheren Kosten behindern die rasche Ausbreitung von Innovationen.

Diese Barrieren können beispielsweise durch Demonstrationsprojekte abgebaut werden: Sobald Architekten, Bauingenieure, Planer, Bauunternehmer und auch die Kunden am „lebenden Objekt“ die Vorteile einer neuen Idee im Baubereich erkennen, ist ein entscheidender Schritt für die breite Akzeptanz der Innovation getan.

Das Wohnungsunternehmen der BASF, die LUWOG (Ludwigshafener Wohnungsbaugesellschaft), hatte sich daher entschlossen, verschiedene energiesparende Neuerungen für den Hausbau im Projekt „3-Liter-Haus in der Altbaumodernisierung“ zusammenzuführen. Es soll dabei das Produkt- und Forschungs-Know-how der BASF genutzt werden, um Problemlösungen für den Endmarkt Bauen und Wohnen zu erarbeiten und in der Praxis zu demonstrieren. „3-Liter-Haus“ bedeutet: Zum Beheizen von einem Quadratmeter Wohnfläche werden pro Jahr nur drei Liter Heizöl gebraucht.

Wie sich nach Ende der ersten Heizperiode zeigte, werden nur knapp 2,5 Liter Heizöl pro Quadratmeter und Jahr benötigt. Das sind 70 bis 80 % weniger als im unsanierten Altbau.

Wenn man bedenkt, dass 95 % des gesamten Heizenergieverbrauchs in Deutschland auf Altbauwohnungen entfallen, ist die energieeffiziente Sanierung von Altbauten nicht nur ein entscheidender Schritt, um die Ressourcen zu schonen, sondern auch, um die Vermietbarkeit der Gebäude langfristig zu sichern. Die erfolgreiche Pilotanwendung öffnet den Einstieg in einen Massenmarkt.

Den Hauptbeitrag zur Reduktion des Energieverbrauchs am „3-Liter-Haus“ leistet die Rundum-Fassadendämmung mit 20 cm NEOPOR® sowie die Verwendung von NEOPOR® auch unter der Kellerdecke und im Dach. Jedoch zeichnen viele weitere architektonische Maßnahmen den modernisierten Altbau aus:

- Vinidur®-Kunststoffrahmen-Fenster mit einem U-Wert  $< 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Passive Solarnutzung durch Vergrößerung der Fenster
- Wärmebrückenfreie Ausführung aller Details und hohe Wind- und Luftdichtigkeit des Gebäudes
- Kontrollierte Wohnungsbe- und -entlüftung mit 85 % Wärmerückgewinnung
- Behagliches Raumklima durch Innenputz mit Latentwärmespeichern
- Einsatz einer Brennstoffzelle mit hohem Wirkungsgrad und geringen Emissionen zur Deckung des Energiebedarfs (Wärme und Strom).

Begleitet wird das 3-Liter-Haus von einem wissenschaftlichen Messprogramm, das über drei Jahre läuft.

Unverzichtbar für die Realisierung des Projekts, bei dem zahlreiche – nicht nur technische – Herausforderungen zu bewältigen waren, ist ein funktionierendes Know-how-Netzwerk. Durch das Zusammenführen der Chemie-Innovationen

von verschiedenen Unternehmensbereichen der BASF und der geballten Kompetenz zahlreicher Fachleute aus den Bereichen Wohnungswirtschaft, Bau, Energie und Forschung, unterstützt von den politischen Entscheidungsträgern – der Stadt Ludwigshafen und des Landes Rheinland-Pfalz – konnte das hochgesteckte Ziel eines „3-Liter-Hauses in der Altbaumodernisierung“ erreicht werden.

### 2.3. Spezialchemikalien für Druckpapier: AEROSIL®

Der Markt für Druckpapiere wächst kontinuierlich. Trotz der digitalen Revolution nimmt die Nachfrage nach Druckerzeugnissen weiter zu. Mit der Ausbreitung von Druckern in privaten Haushalten gewinnt auch der Endverbrauchermarkt zunehmend an Bedeutung. Eine wichtige neue Entwicklung ist dabei die digitale Farbfotografie: Sie ermöglicht es, das „Fotolabor“ quasi in die Wohnung zu verlegen, indem Bilder einfach mit Hilfe des eigenen Druckers produziert werden. Eine Voraussetzung ist leistungsfähiges Druckpapier für qualitativ ansprechende Ausdrücke. Die Chemieindustrie hat hierbei durch neue Spezialchemikalien die technischen Voraussetzungen mit geschaffen.

#### Die Chemie-Innovation: Nanotechnologie für verbesserte Produkteigenschaften

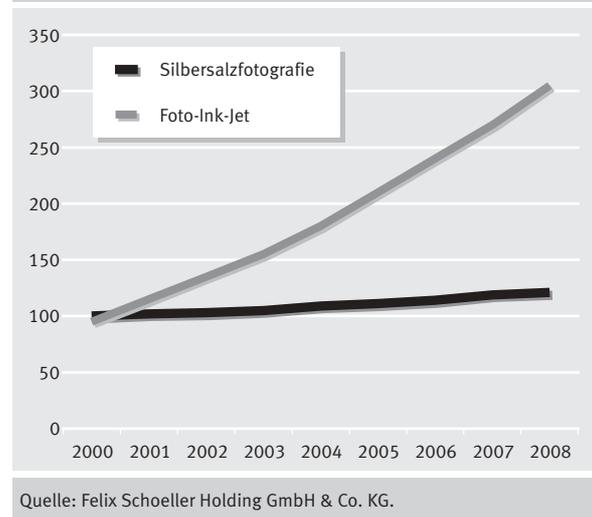
Die Degussa AG fasst unter dem Begriff Spezialchemie Produkte zusammen, bei denen nicht die Chemie, sondern anwendungstechnische Eigenschaften den Erfolg bestimmen. Im Fall von AEROSIL® handelt es sich um eine Substanzklasse, der – ausgehend von ihren Anfängen 1941 – bis heute immer wieder durch konsequente Weiterentwicklungen neue Anwendungsfelder und Absatzmärkte erschlossen werden konnten.

AEROSIL® ist der Markenname für eine Reihe pyrogen hergestellter Kieselsäuren und Metalloxide, die als extrem feinteilige Pulver vorliegen. Die Eigenschaften von AEROSIL® werden – außer durch die chemische Zusammensetzung – im Wesentlichen über die Partikelform und -größe bestimmt. Da die Primärteilchen nur wenige Nanometer groß sind, befindet man sich im Bereich der Nanotechnologie. In jüngster Zeit zielten die Forschungsanstrengungen unter anderem darauf ab, neue Dispersionstechnologien sowie Technologien zur Erzeugung nanoskaliger Primärartikel zu entwickeln. Durch die Veränderung der Partikel im Nanometerbereich können die Produkteigenschaften nachhaltig geändert werden. Dies betrifft zum Beispiel die Kratzfestigkeit von Lacken, das Polieren von Wafern, aber auch die Beschaffenheit von Papieroberflächen.

Durch eine Modifizierung von AEROSIL® konnte die Degussa AG eine innovative Anwendung schaffen, die das Bedrucken von Papier in Tintenstrahldruckern wesentlich verbessert. Von der Papierindustrie war die Anforderung an die Chemie gestellt worden, eine Dispersion für die Beschich-

tung von Inkjet-Papieren zu entwickeln, die verhindert, dass die Tinte auf dem Papier verläuft. Die Forschungsabteilung der Degussa AG entwickelte daraufhin eine Dispersion, die als Grundlage zur Herstellung einer komplex zusammengesetzten Streichfarbe diente, welche dann auf das Papier aufgetragen wurde. Diese Streichfarbe bildet nach dem Trocknen eine so genannte „Ink Receiving Layer“, die kationisch geladen ist und somit die anionisch geladene Tinte auf dem Papier festhalten kann. Der wesentliche Entwicklungsschritt lag darin, eine Dispersion herzustellen, in der das darin enthaltenen AEROSIL® derart verfügbar ist, dass damit Papier beschichtet werden kann.

Abb. 2-3: Prognostiziertes Wachstum des Weltmarktes für Fotobasispapiere (in Mio. m<sup>2</sup>)



#### Die Abnehmer-Innovation: Druckpapier für Farbfotos

Ein wichtiger Impuls für diese Entwicklung kam von der Felix Schoeller Gruppe. Das Unternehmen ist einer der weltweit führenden Hersteller hochqualitativer Spezialpapiere. Die Felix Schoeller Gruppe erzielte im Jahr 2002 einen Umsatz von ca. 720 Mio. € und setzte rund 350.000 Tonnen Papier am Markt ab.

Neben den Basispapieren für die traditionelle Silbersalz fotografie, die seit über 100 Jahren das Stammgeschäft der Schoeller Gruppe ausmachen, gehören Papiere für digitale Bebilderungsverfahren, vor allem Inkjet-Papiere, seit bald 20 Jahren zum Produktportfolio. Dieses Marktsegment wächst Dank der raschen Verbreitung der digitalen Fotografie rasant. Das Unternehmen konzentriert sich in diesem Produktbereich auf das Hochqualitätssegment, d. h. auf Inkjet-Papiere für fotorealistische Ausdrücke.

Inkjet-Papiere bestehen aus einem Rohpapier, das mit Polyethylen beschichtet sein kann. Um hochqualitative Ausdrücke zu erzeugen, wird eine Farbpfangsschicht auf der Vorderseite des Papiers aufgebracht. Sie soll u. a. bewirken, dass die Tinte während des Druckprozesses schnell von dem Papier aufgenommen wird, die einzelnen Tropfen dabei nicht auseinanderlaufen und das Papier sofort wischfest ist. Die

Lösung für diese Anforderung wurde gemeinsam mit der Degussa AG geschaffen. Aufgrund der Weiterentwicklung einer AEROSIL® enthaltenden Dispersion durch die Forschungsabteilung des Geschäftsbereiches Aerosil & Silane der Degussa AG in Zusammenarbeit mit der FuE-Abteilung der Felix Schoeller Gruppe wurde eine technische Lösung realisierbar, die den Anforderungen der Farbaufnahme auf Papier entsprach.

Dabei waren auch zwei grundsätzlich unterschiedliche Inkjet-Drucktechnologien, die thermische und die piezo, zu berücksichtigen. Die zwei Drucktechnologien unterscheiden sich u. a. in dem Tintenvolumen, welches auf das Inkjet-Papier gebracht wird. Die Tintenaufnahme kann zum einen durch ein Quellen einer Matrix sichergestellt werden. Zum anderen kann durch den Einsatz von AEROSIL® Tinte in den Kapillaren der mikroporösen Schicht eingelagert werden, die Oberfläche ist wischfest. Die Trocknung erfolgt durch ein langsames Verdampfung des Lösungsmittels an der Oberfläche.

In enger Zusammenarbeit zwischen der Degussa AG und der Felix Schoeller Gruppe gelang es, die Anforderungen in kurzer Zeit zu erfüllen. Die Entwicklung von AEROSIL® und sein Einsatz in der Druckpapierherstellung ist ein gutes Beispiel für eine effiziente Problemlösung durch intensive Kooperation zwischen der Chemieindustrie und ihren Kunden – eine Vorgehensweise, mit der beide Unternehmen bereits seit einigen Jahren gute Erfahrungen gemacht haben.

## 2.4. Elektrisch leitende Kunststoffe in der Halbleiterindustrie: BAYTRON®

Neue Materialien aus der Chemie ermöglichen nicht nur verbesserte Produkteigenschaften, sie erlauben oft auch rationellere und umweltfreundliche Produktionsverfahren. In einem der am raschesten wachsenden Märkte – dem Halbleitermarkt – bietet eine neue Chemie-Innovation große Einsparungspotenziale und reduziert die Umweltbelastung im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren ganz beträchtlich. Das Beispiel des Einsatzes elektrisch leitender Kunststoffe in der Halbleiterindustrie zeigt aber auch die vielfältigen Schwierigkeiten, die bis zu einem Marktdurchbruch überwunden werden müssen, und die zentrale Rolle, die enge Kundenbeziehungen für den Erfolg von Chemie-Innovationen haben.

### Die Chemie-Innovation: Kunststoffe, die Elektrizität leiten

BAYTRON® wurde 1990 als elektrisch leitfähiges Polymer von der Bayer AG entwickelt. Das Polyethylenedioxythiophen (PEDT) entsteht durch die Polymerisation des Thiophen-Monomeren EDT. Es ist weder löslich noch schmelzbar. Eine fertig polymerisierte, direkt anwendungsfähige Form von PEDT ist der in Wasser dispergierte Polystyrolsulfonsäure-Komplex (PEDT/PSS). Die Dispersion, in der das leitfähige Polymer in Form von kleinen Gelteilchen vorliegt, weist ein

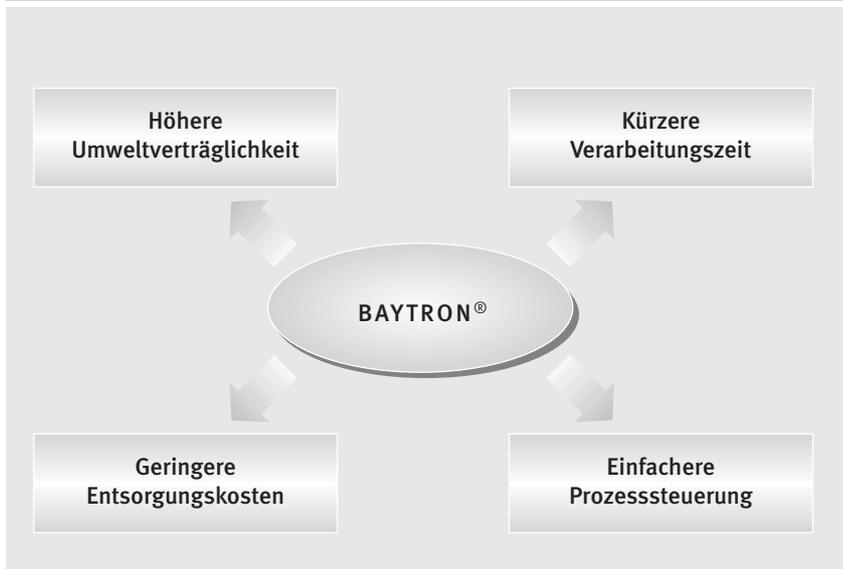
ganze Reihe positiver Eigenschaften auf, die einen vielfältigen Einsatz ermöglichen. Das Polymer erweist sich nicht nur als stabil und transparent, sondern kann auch praktisch wie ein Metall elektrischen Strom leiten. Darüber hinaus lässt es sich mit herkömmlichen und bewährten Verarbeitungsmethoden (Coating) ohne außergewöhnliche Anforderungen (z. B. Vakuum) verarbeiten. Es ist dieser einzigartige Eigenschaftsmix, der BAYTRON® zum Erfolg werden ließ.

Die erste Anwendung von BAYTRON® fand im Bayer-Konzern selbst statt, und zwar für die antistatische Beschichtung von fotografischen Filmen der Firma Agfa. Dasselbe Prinzip kommt heute auch für Hochreinräume, Bildröhren und CPU-Verpackungen zum Einsatz. Bei der Durchkontaktierung von Bohrungen in Leiterplatten kann BAYTRON® teure Edelmetallkatalysatoren und formaldehydhaltige Bäder ersetzen und trägt damit positiv zum Preis und zur Umweltverträglichkeit dieser Bauteile bei. Es wird in Kondensatoren und für elektrochrome Fenster eingesetzt, wo sich die unproblematischen Verarbeitungseigenschaften besonders positiv auswirken. PEDT (BAYTRON®) ist schließlich ein Bestandteil organischer Leuchtdioden und organischer Transistoren (Plastics Electronics), die sich anschicken, die klassische Bildschirmröhre bzw. den konventionellen Silizium-Chip zu überbieten.

Im Wettlauf um die Entwicklung eines leitfähigen Polymers hat sich Bayer vor allem wegen seiner Fokussierung auf anfänglich relativ einfache Anwendungsfelder von der Konkurrenz absetzen können. Die Erschließung der Anwendungsmärkte spiegelt diesen sukzessiven Ansatz wider. Nach dem unternehmensinternen Anstoß durch Agfa gelang es mit der Applikation von BAYTRON® im Bereich der Leiterplatten-Bohrung, einen externen Markt für das Produkt zu demonstrieren. Schließlich konnte durch die Anwendung in Kondensatoren ein Markt mit hohem Volumen erschlossen werden. Am Horizont sind außerdem bereits die Märkte der Zukunft für Plastics Electronics erkennbar. Diese schrittweise Entwicklungsstrategie als Kompromiss zwischen frühen Anwendungserfolgen und längerfristigen Potenzialen hat BAYTRON® beflügelt, wohingegen andere ambitioniertere Anstrengungen in der Branche eingestellt werden mussten.

Die organisatorische Triebfeder für BAYTRON® liegt heute bei einem überschaubaren interdisziplinären Team (60 Mitarbeiter), das den freien Fluss von Informationen zwischen Managern und Chemikern sicherstellt. Die BAYTRON®-Aktivitäten sind heute in der H. C. Starck GmbH, einem Tochterunternehmen der Bayer AG, gebündelt. Die Einzigartigkeit des Produkts gepaart mit dem Commitment zur kontinuierlichen Identifikation neuer Anwendungsfelder spiegelt sich im offenen Relationship-Management nach außen wider. Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Journals und im Internet erzeugen ein weit größeres Feedback an potenziellen Einsatzfeldern, als unmittelbar realisierbar erscheinen. H. C. Starck ist in der glücklichen Situation, nicht Hände ringend nach Anwendungsoptionen suchen zu müssen, sondern den externen Input priorisieren und die Umsetzung besonders viel versprechender Ansätze steuern zu können.

Abb. 2-4: Effizienzsteigerung in der Leiterplattenherstellung durch den Einsatz von BAYTRON®



Auf der anderen Seite stößt ein relativ kleines Team bei der Verarbeitung dieses Informationsflusses an die Grenzen seiner Möglichkeiten. Sobald sich H. C. Starck jedoch für die Realisierung einer potenziellen Anwendungsalternative entschieden hat, wird sie in unmittelbaren Kontakt zwischen den eigenen Entwicklern und den Partnern beim Kunden umgesetzt.

#### Die Abnehmer-Innovation: Prozessrationalisierung und Umweltschutz durch Einsatz von neuen Kunststoffen

Die Enthone GmbH ist ein führendes Unternehmen für Galvanoprodukte, Verfahrens-Chemie und Problemlösungen mit weltweiten Aktivitäten. Enthone bietet seinen Kunden dabei auch ein komplettes Produktsystem aus Prozess-Know-how für die Fertigung von Leiterplatten an. Eine wesentliche Herausforderung in diesem Feld war die Durchkontaktierung von gebohrten Leiterplatten, insbesondere unter dem Aspekt der Miniaturisierung der Schaltungen.

Elektrische Leitfähigkeit auf den nicht leitenden Bohrlochwandungen wurde traditionell dadurch erzielt, dass die Leiterplatten nach einer Palladiumbeschichtung in chemischen Bädern verkupfert wurden. Dieses noch heute verwendete Verfahren ist jedoch vergleichsweise teuer und belastet die Umwelt. Die formaldehyd- und komplexbildnerhaltigen Bäder ziehen hohe Entsorgungskosten nach sich. Zudem ist der Prozess relativ langwierig und nur mit großem Aufwand zu steuern. Vor diesem Hintergrund entschloss sich Enthone Ende der 80er Jahre, ein neues Verfahren zu entwickeln, um Bohrlochwandungen präzise und selektiv mittels eines leitfähigen Polymers zu beschichten (Direct Plating). Ein Pilotprozess konnte 1989 erstmals öffentlich präsentiert werden und zeichnete sich wie beabsichtigt durch kurze Durchlaufzeiten, einfache Steuerung und niedrige Abwasserkosten aus.

Um im Produktionsalltag aufgetretene Schwächen des Prozesses zu beseitigen und dem Verfahren breitere Einsatzfelder zu erschließen, suchte Enthone nach einem Partner, der das eigene Verfahrensknow-how sinnvoll ergänzen konnte. Die Bayer AG mit ihren BAYTRON®-Aktivitäten stellte dabei die ideale Anlaufstelle dar, da nicht nur das Produkt sehr geeignet erschien, sondern auch keine strategischen Überschneidungen zwischen den Märkten von Enthone und Bayer bestanden. Bei der Umsetzung des Projekts erwies sich die offene und vertrauensvolle Atmosphäre unter den Projektpartnern als Schlüsselvorteil. Beide Unternehmen bündelten ihre Ressourcen in einem einzigen Pro-

jektteam, dessen erfolgreiche Zusammenarbeit mehrere Patentanmeldungen hervorbrachte. Der Erfolg der Zusammenarbeit ist besonders auf den strategischen Fit der Ansätze beider Unternehmen zurückzuführen. Mittels BAYTRON® konnte Enthone auf Basis seines mit weltweitem Produktionseinsatz gewonnenen Wissens sein Produktsystem zum Direct Plating (DMS-E) optimieren, während Bayer die Möglichkeit sah, die Reife seines neuen Produkts für externe Märkte zu demonstrieren.

Bayer hat die sich verändernden Anforderungen seiner Kunden erkannt und die strategischen Richtungsentscheidungen daraus abgeleitet. Die Sensitivität für Umweltbelange am Standort Deutschland hat dazu ihren Beitrag geleistet. Konsequenterweise ist es Enthone gelungen, mit Bayer einen Partner ins Boot zu holen, der nicht nur das richtige Produkt, sondern auch die adäquate Einstellung und das Commitment zu dem neuen Entwicklungsprojekt aufbringen konnte. Der Erfolg von BAYTRON® ist ein gutes Beispiel für eine Innovationskettenreaktion über Branchengrenzen hinweg.

## 2.5. Eine neue Ära der Consumer Electronics: Flüssigkristalldisplays

Im Zentrum fast eines jeden deutschen Wohnzimmers steht heute ein Fernsehgerät. Überraschenderweise hat dieses allgegenwärtige Unterhaltungsmedium in seiner Geschichte nur wenige wirklich grundlegende technische Innovationen erlebt. Seitdem die bewegten Bilder in Farbe zu laufen lernten, hat sich am Prinzip der Kathodenstrahlröhre im Massenmarkt kaum etwas verändert. In jüngster Vergangenheit jedoch eroberten Fernsehgeräte den Markt, die sich wie flache Bilder an die Wand hängen lassen. Diese Geräte basieren zum großen Teil auf Flüssigkristalldisplays (Liquid Crystal Displays: LCDs) und vereinen brillante Darstellung mit

völlig neuartigem Gerätedesign. Es sind führende Elektronik-Konzerne wie Sharp Electronics, die diesen Trend beherzt vorantreiben. Sie tragen die bahnbrechende chemische Innovation der Flüssigkristalle in jeden Haushalt.

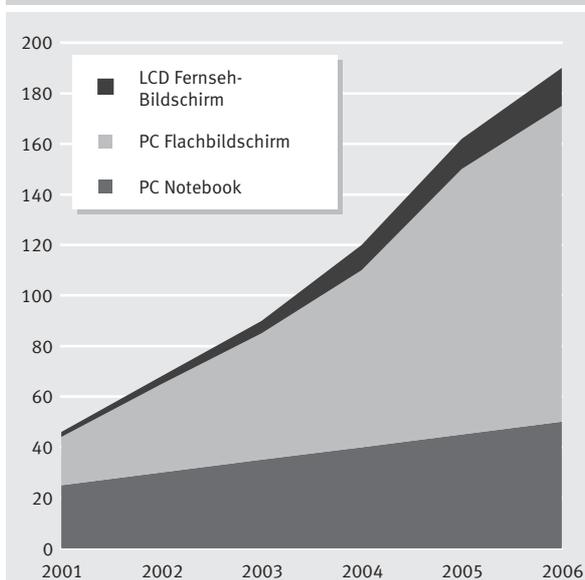
#### **Innovation in der chemischen Industrie: Flüssig und gleichzeitig kristallin? Merck macht's möglich.**

Flüssigkristalle wurden bereits 1888 von Friedrich Reinitzer entdeckt. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie neben den konventionellen Aggregatzuständen gasförmig, flüssig und kristallin noch einen vierten, den flüssig-kristallinen Zustand annehmen können. Aus diesem Zustand resultierende anisotrope, d. h. richtungsabhängige Eigenschaften werden gezielt genutzt, um elektronisch einzelne Bildpixel in einem Display, Monitor oder TV-Gerät anzusteuern. Aus der Summe dieser angeordneten Bildpixel entstehen schließlich Bilder.

Es dauerte 80 Jahre seit der Entdeckung, bis Flüssigkristalle erstmals in einfachen elektro-optischen Display-Prototypen öffentlich vorgeführt wurden. Die Merck KGaA mit Sitz in Darmstadt erkannte schnell und umfassend das Potenzial dieser neuen Technik. Das Unternehmen investierte entschlossen in die Erforschung und Entwicklung von Flüssigkristallen, auch wenn damals der spätere Erfolg der LCDs kaum absehbar war und die Merck-Forschung im Widerspruch zu vielen Experten stand. Merck sollte aber recht behalten. Der rasante technische Fortschritt im Mikroprozessor-Bereich, der die Ansteuerung der Bildpixel zusehends vereinfachte, verbunden mit der Optimierung der chemischen Komponenten durch Merck ließ Visionen zusehends zur Realität werden. Die Entwicklungsschritte der Flüssigkristalle lassen sich an den Applikationen ablesen. Die ersten einfachen Anwendungen für Uhren- und Taschenrechner-Displays konnten mittels Twisted Nematic LCDs realisiert werden. Es folgte der Einsatz für Notebooks und PC-Flachbildschirme mit Hilfe der weiterentwickelten Supertwisted Nematic LCDs. Den Höhepunkt und Durchbruch erreichte die Entwicklung schließlich mit der Thin-Film-Transistor-Ansteuerung der LCDs für Notebooks, PC-Monitore und insbesondere TV-Geräte. Der heute größte Markt für LCD-Displays sind PC-Flachbildschirme. Der Markt für TV-Bildschirme verspricht – bei künftig sinkenden Preisen – ein besonders hohes Wachstumspotenzial.

Die Herausforderungen für die Merck KGaA lagen jedoch nicht nur im technischen Bereich. Die Weltmarktproduktion für Displays verschob sich schon frühzeitig nach Asien, insbesondere nach Japan. Dort und später in Korea und Taiwan fanden und finden sich die meisten und aufgeschlossensten Kunden. Das Unternehmen passte seine Strategie diesen Trends an. Die chemische Grundlagenforschung, die Anwendungsforschung und die Produktion wurden in Deutschland konzentriert. Die marktsensible Mischung der Grundstoffe und der damit verbundene optimale Kundenzuschnitt wurde schon Anfang der 80er Jahre in Japan und kürzlich auch in Korea angesiedelt. Heute ist es die Regel, dass Merck seine Innovationen in enger Kooperation mit verschiedenen

**Abb. 2-5: Entwicklungs-Roadmap für großflächige LCD-Displays 2001-2006 (Weltmarktumsatz in Mio. Einheiten)**



Quelle: Merck Liquid Crystals (2002).

asiatischen Kunden wie z. B. Sharp Electronics entwickelt und in der Konsequenz dieser globalen Strategie das Feedback an die deutsche Forschung, Entwicklung und Produktion weitergibt. Basierend auf zur Zeit 2.500 Patenten (die jedes Jahr um etwa 100 aktualisiert werden) für Grundstoffe, Herstellungsprozesse und Displaytechnologie bedient die Merck KGaA heute als unangefochtener Marktführer rund 60 % des Weltmarktes.

#### **Innovation in der Abnehmerbranche: Sharp Electronics liefert die TV-Geräte der Zukunft**

Das bei LC-Displays weltweit führende Elektro-Unternehmen Sharp Electronics hatte bereits Ende der 60er Jahre mit dem ersten LCD-Taschenrechner Flüssigkristall-Geschichte geschrieben. Das Unternehmen hat seine LCD-Aktivitäten heute in drei Segmenten konzentriert. Zum einen ist Sharp ein maßgeblicher Komponenten-Lieferant für die Displays von Mobilfunktelefonen oder im Automobilbereich. Darüber hinaus engagiert sich das Unternehmen bei der Herstellung von Notebooks und Flachbildschirmen im Informationssystem-Bereich. Schließlich setzen die LCD-Fernsehgeräte von Sharp Maßstäbe bei Consumer Electronics. Hier ist Sharp Marktführer mit rund 40 % Weltmarktanteil.

Der entscheidende Vorteil der LCD-Technologie wurde lange Zeit als ihr maßgeblicher Nachteil verkannt. Flüssigkristall-Displays sind ein passives System, d. h. sie senden selbst kein Licht aus, sondern benötigen eine zusätzliche Lichtquelle im Hintergrund. Ursprünglich wurde deshalb aktiven technischen Lösungen, die also Bilddarstellung und Lichtausstrahlung verbinden, mehr Potenzial bei Flachbildschirmen eingeräumt. Diese Systeme, wie zum Beispiel die

Plasma-TV-Technologie, besitzen jedoch erhebliche Nachteile: kurze Lebensdauer, hoher Stromverbrauch, hohe Transportanforderungen und hohe Hitzeentwicklung. LCD-TVs besitzen hier entscheidende Vorteile und sind ebenso flach und brillant in der Darstellung wie die Produkte der Mitbewerber.

Konsequenterweise hat sich deshalb Sharp auf die LCD-Technologie im TV-Bereich festgelegt. Ab 2005 sollen in Japan keine herkömmlichen Kathodenstrahl-Fernseher mehr ausgeliefert werden. Die Vorteile der flachen LCD-Geräte zu den klobigen Kathodenstrahl-Alternativen liegen auf der Hand. Die oben angesprochenen Vorteile haben aber auch die anderen Alternativtechnologien aus dem Feld geschlagen. Für das Jahr 2005 werden bereits 12 bis 13 Mio. verkaufte LCD-TVs weltweit prognostiziert.

Sharp arbeitet im Hauptquartier Japan eng mit Merck Japan bei der Entwicklung neuer Produkte zusammen. Dies gilt insbesondere für Bereiche, die stark von den chemischen Eigenschaften der Flüssigkristalle beeinflusst werden. So ist etwa die Umschaltzeit zwischen zwei Pixel-Zuständen ein entscheidendes Kriterium für die Darstellung bewegter Bilder. Es liegt jedoch an Sharp, diese Displays in fertige Produkte weiter zu entwickeln. Dies bedeutet vor allem die Optimierung der TV-Geräte für international unterschiedliche Standards und Ansprüche. Die TV-Geräte sprechen heute vor allem hochpreisige Marktsegmente an. Optimierungen im Produktionsprozess und steigende Absatzmengen lassen aber deutliche Preissenkungen in den nächsten Jahren erwarten, so dass flache Fernsehbildschirme schnell für einen breiten Markt erschwinglich werden.

Im Jahr 2002 überstieg der weltweite Umsatz mit Flüssigkristall-Bildschirmen erstmals den mit Kathodenstrahl-Geräten. Die Zukunft gehört den LCDs mit dem Volumenmarkt PC-Displays und dem Zukunftsprojekt LCD-TVs. Flüssigkristall-Displays werden in Zukunft weitere Bereiche des täglichen Lebens erobern. Fernsehgeräte in Kühlschränken oder der Rückseite von Autositzen sind heute schon keine Zukunftsmusik mehr. Zudem hat Sharp mit dem ersten dreidimensionalen Display, zu dessen Realisierung neben den Flüssigkristallen auch noch weitere innovative Produkte von der Merck KGaA beigetragen haben, die Tür zu noch beeindruckenderen Applikationen weit aufgestoßen.

## 2.6. Neue Lacke und Lackiertechnik im Automobilbau: Powder Slurry von BASF

Nicht alles, was glänzt, ist Gold. Doch der Glanz, den Metalle mit Hilfe einer Lackierung erhalten, erhöht ihren Wert nicht unbedeutend. Dabei geht es nicht nur um das Aussehen. Lacke schützen Metalloberflächen vor allem vor allerlei Witterungseinflüssen und erhöhen dadurch die Lebensdauer vieler Produkte wesentlich. Im Automobilbau kommt es auf beides an: bestmöglicher Schutz und anspruchsvolle optische Wirkung. Durch Innovationen der Chemie stehen immer leistungsfähigere Lacke zur Verfügung. Die Chemie liefert aber auch immer wieder neue Verfahren zur Lackierung:

Sie vereinfachen die Prozessabläufe in den Autowerken, verringern den Energieverbrauch und erlauben eine effizientere Verwendung des Rohstoffs Lack. Dadurch reduziert sich auch die Umweltbelastung in der Automobilherstellung.

### Chemie-Innovation: Meilenstein in der Lackiertechnologie

Die BASF Coatings AG produziert die gesamte Palette hochwertiger Klarlacke für die Erst- und Reparaturlackierung von Automobilen. Die Innovationsanstrengungen der BASF bei Autolacken zielen in zwei Richtungen: zum einen auf die fortlaufende Verbesserung des Lackierprozesses, um Fertigungskosten zu senken, und zum anderen auf Verbesserungen der funktionalen Eigenschaften der Oberflächenbeschichtung, die beispielsweise für einen besseren Schutz der Karosserie sorgen. Die große Herausforderung, der sich die Lackiertechnologie in Zukunft gegenübersehen muss, sind ökoeffiziente Systemlösungen, die eine nachhaltige Verbindung von Ökologie (umweltschonender Herstellung und nicht-umweltbelastender Nutzung und Beseitigung) und Ökonomie (Kosteneffizienz) voraussetzen.

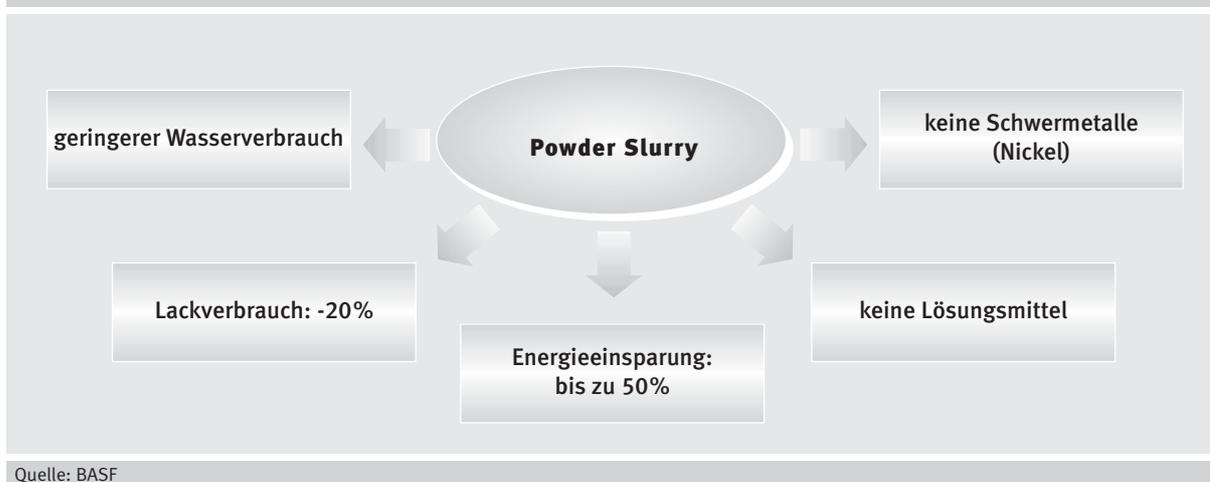
Die BASF Coatings AG arbeitet mit ihren Kunden aus der Automobilindustrie intensiv an Lösungen, die auf mehreren Ebenen ansetzen. Um die Funktionalität des Stahls zu erhalten, wird ein Großteil der Anstrengungen auf den Schutz vor Korrosion gelegt. Dies wird heute durch eine kathodische Tauchlackierung erreicht. Des Weiteren wird ein zusätzlicher mechanischer Schutz durch den auf die Tauchlackierung aufgetragenen, so genannten Füller sichergestellt. Die nachfolgende Dekoration, bestehend aus Basis- und Klarlack, übernimmt die Funktion von Farbe und Schutz und bildet somit die Grundlage für Hochglanz auf der Lackoberfläche.

Eine besondere Bedeutung fällt dem Lackierprozess zu, bei dem zwischen Füller und Basislack vielfältige Optimierungspotenziale bestehen. Durch den Einsatz der neuen Lackgeneration Powder Slurry werden diese genutzt und die Kosten, die Bearbeitungszeit und die Umweltbelastung deutlich reduziert.

Powder Slurry ist ein in besonderer Weise in Wasser fein verteilter Pulverlack (lösemittelfreier Klarlack). Bei dem völlig neuen Lackierprozess, den BASF Coatings gemeinsam mit Daimler-Benz und dem Lackieranlagenbauer Dürr Systems entwickelt hat, werden nach dem Auftragen einer Korrosionsschutzschicht durch eine schwermetallfreie Tauchlackierung zwei Wasserbasislackschichten auf die Karosserie gebracht, wobei die erste Schicht die Funktion des Füllers übernimmt. Der anschließend aufgetragene Powder Slurry färbt die Karosserie zunächst milchig weiß. Erst beim nachfolgenden Vernetzungsprozess im Trockner wird der Auftrag klar und lässt die darunter liegende Farbschicht erstrahlen.

Alle Schichten werden „nass-in-nass“ aufgetragen, so dass keine energieintensive Zwischenbrennung notwendig ist. Musste der Lack im konventionellen Verfahren bei Temperaturen bis zu 160° Celsius etwa 30 Minuten lang zum vernetzten Lackfilm trocknen, reichen nun fünf Minuten bei 80°.

Abb. 2-6: Umwelteffizienz durch die Lackiertechnologie „Powder Slurry“



Der Wasserverbrauch wird stark reduziert, indem gleich nach dem Auftauchen aus der Tauchlackierung die Karosserie eine Spülung mit Wasser erhält, das dem Becken über Spezialfilter kontinuierlich entnommen wird. Auf diese Weise muss kein Frischwasser zugeführt werden.

#### Innovation in der Abnehmerbranche: Ideenwettbewerb für ein neues Autokonzept

Der Ausgangspunkt für den Erfolg von Powder Slurry war ein Ideenwettbewerb von DaimlerChrysler, der im Februar 1994 ausgeschrieben wurde und sich an alle Zulieferer richtete. Die Zielsetzung war, neue Ideen für ein kompaktes Fahrzeug mit typischen Mercedes-Merkmalen zu sammeln – die neue A-Klasse. Da dieses Fahrzeug in einem neu zu errichtenden Werksteil hergestellt werden sollte, standen auch alle bisherigen Prozessabläufe zur Disposition. Die Zulieferer waren gefordert, nicht nur neue Ideen für Komponenten und Teile zu liefern, sondern auch Ideen für neue, effizientere Fertigungsprozesse. Im Lackbereich nahmen an dem Ideenwettbewerb drei Teams teil, bestehend jeweils aus einem Anlagen- und einem Materiallieferanten. Der Wettbewerb wurde von der BASF Coatings AG mit dem Konzept Powder Slurry in Kooperation mit dem Anlagenhersteller Dürr Systems gewonnen. Dadurch konnte die Innovation von BASF Coatings in der Automobilindustrie Fuß fassen.

Im Februar 1996 nahm die erste Decklacklinie als Pilotanlage ihren Betrieb auf. Die Betriebsversuche lagen in der Verantwortung von DaimlerChrysler, die Prozessparametervorgabe erstellten BASF Coatings AG und Dürr Systems. Die grundsätzliche Vorgehensweise bei den Versuchen pro Farb-

ton war zuerst eine Schichtdickenoptimierung, danach eine Beurteilung des integrierten Aufbaus mit Powder Slurry für die einzelnen Farben nach bestimmten Kriterien. Des Weiteren wurden Notfall-Strategien und die Simulation unterschiedlichster Kabinen-Parameter entwickelt, um den höchsten Qualitätsstandard einzuhalten.

Trotz der hohen chemischen und prozesstechnischen Anforderungen der neuen Technologie erlaubten die positiven Testergebnisse ab Juli 1996 den Übergang vom Erprobungs- zum Produktionsbetrieb. Im November 1996 wurde das Produktionszentrum „Oberfläche“ für die A-Klasse in Rastatt eingeweiht und der Serienbetrieb gestartet. Die zweite Decklacklinie wurde im März 1997 in Betrieb genommen. Ab Mai 1997 startete die Serienfertigung, sprich die Hochlaufphase, mit einer Karosserianzahl von mehr als 15 Einheiten pro Tag.

In einem für die Branche extrem kurzen Zeitraum von nur 24 Monaten zwischen Einreichung der Idee und Serienfertigung haben es die drei Partner somit geschafft, eine Innovation mit hohen Effizienz- und Qualitätsgewinnen hervorzubringen: Die Emissionen und der Energieaufwand beim Lackierprozess wurden deutlich reduziert. Zum Teil völlig neuartige Lackmaterialien und Auftragsverfahren vermindern den Lackverbrauch um rund 20 %, ohne Einschränkung der gewohnt hohen Qualität.

Derzeit wird daran gearbeitet, den in Rastatt entwickelten Lackierprozess auf andere Modelle und Werke innerhalb von DaimlerChrysler zu übertragen. Der Powder Slurry Klarlack, der die positiven Eigenschaften von Wasserbasis- und Pulverlacken vereint, kann aber auch mit kleineren Investitionen in konventionellen Lackieranlagen eingesetzt werden.

## Kapitel 3

# Innovationskraft der chemischen Industrie

## 3. Innovationskraft der chemischen Industrie

Die zentrale Rolle der Chemie im Innovationssystem verlangt nach einem genaueren Blick auf die Voraussetzungen und den Erfolg von Innovationsaktivitäten in der chemischen Industrie. Denn durch die positive Ausstrahlung der Chemie-Innovationen 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 Innovationen und Forschung betrachtet.

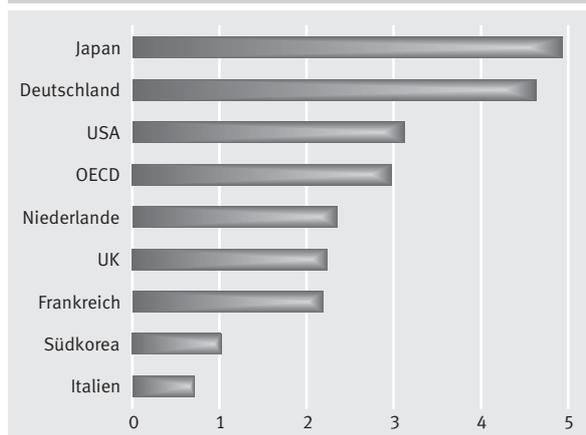
### 3.1. Innovationen und FuE als Wettbewerbsfaktoren

Die Innovationsaufwendungen beanspruchen in der deutschen chemischen Industrie mit 8 bis 9 % einen deutlich überdurchschnittlich hohen Anteil des Umsatzes: Innovationen sind stärker als in den meisten anderen Industriebranchen die treibende Kraft, ein entscheidender Parameter im (internationalen) Wettbewerb.

FuE-Aktivitäten sind unter den Innovationsaufwendungen mit großem Abstand die gewichtigste Komponente unter den Innovationsaktivitäten der Unternehmen, in der Chemie ist die Bedeutung von FuE besonders hoch. Mit ca. 60 % der Innovationsaufwendungen ist FuE deren „harter Kern“.<sup>13</sup> Dies ist immer dort der Fall, wo der Innovationsprozess stark auf der Hervorbringung und Anwendung von neuem technologischen Wissen gründet. Wissenschaftsbasierung, 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.

Entsprechend ist der Anteil regelmäßig FuE treibender Unternehmen 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. Allerdings nimmt der Anteil der Unternehmen mit FuE-Aktivitäten im eigenen Haus ab – etwa im gleichen Tempo wie in anderen Industrien auch. Besonders rasch lässt die FuE-Beteiligung bei

**Abb. 3-1: FuE-Intensität der Chemieindustrie im internationalen Vergleich (1999)**  
Anteil der FuE-Aufwendungen am Produktionswert in %



Quelle: OECD (STAN- und ANBERD-Datenbank) – Berechnungen des NIW.

Klein- und Mittelunternehmen nach. Hier ist Vorsicht geboten, denn auch der Zugang zur Wissenschaft und zum Technologietransfer fällt schwer, wenn man nicht gleichsam „in Augenhöhe“ mit den potenziellen Kooperationspartnern arbeiten kann.

#### FuE der deutschen Chemieindustrie im internationalen Vergleich

Im Weltmaßstab betrachtet werden rund 3 % des Umsatzes der Chemieindustrie für FuE aufgewendet.<sup>14</sup> Dies ist mehr als im Industriedurchschnitt, der sich auf etwa 2,5 % eingependelt hat. Allerdings lässt die FuE-Neigung der Chemieindustrie etwas nach. Anfang der 90er Jahre wurden weltweit etwa 3,5 % des Umsatzes für FuE-Mittel reserviert, heute liegt dieser Wert unter der 3%-Marke. Hielt die Chemieindustrie weltweit betrachtet bis Anfang der 90er Jahre noch etwa 10 % der industriellen FuE-Kapazitäten, so sind es aktuell nur noch ca. 8 %.

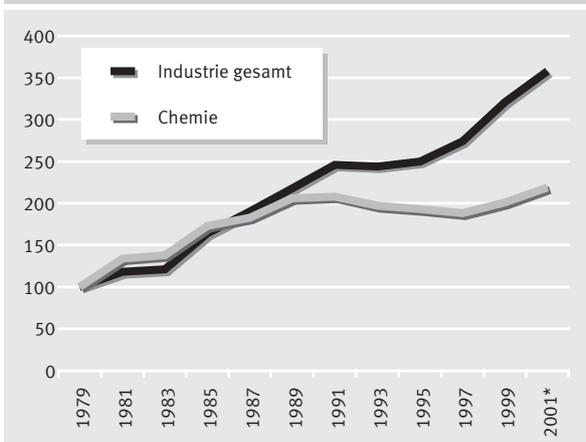
Die chemische Industrie in Deutschland produziert im internationalen Vergleich ausgesprochen FuE-intensiv. Hier werden knapp 5 % des Umsatzes pro Jahr in FuE eingesetzt. Lediglich Japan rangiert von den größeren westlichen Industrieländern vor Deutschland.<sup>15</sup>

13) Hinzu kommen Aufwendungen für Konstruktion und Design, Versuchsproduktion, Anlageinvestitionen, Markttests, Patente und Lizenzen oder die Weiterbildung des Personals.

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

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

**Abb. 3-2: FuE-Aufwendungen der Chemieindustrie im Vergleich zur Industrie insgesamt in Deutschland 1979-1999 (1979=100, nominelle Größen)**



\* vorläufig  
Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Sonderauswertung) – Berechnungen des ZEW.

Die chemische Industrie in Deutschland hat jüngst wieder etwas mehr in FuE investiert. Allerdings waren zuvor – von 1991 bis 1997 – die FuE-Aufwendungen deutlich zurückgegangen. Während in den 80er Jahren die Chemieindustrie den Trend zu steigenden FuE-Aufwendungen in Deutschland noch voll und ganz mitging, blieb sie in den 90er Jahren deutlich zurück.

So gesehen steht die Chemieindustrie etwas im Schatten des innovationsorientierten Strukturwandels. Im Gegensatz zu anderen forschungsintensiven Branchen hat FuE als Investitionsparameter nicht an Bedeutung zugelegt. Es scheint, als ließe 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.

Insbesondere zu Beginn der 90er Jahre haben die Unternehmen auf den verstärkten Innovations- und Kostendruck durch Konzentration der internen FuE auf ihre „Kernkompetenzen“ reagiert. Die mittelfristige und strategische Orientierung in der Forschung wurde vielfach zugunsten von projekt- und stärker an den Marktaussichten orientierten Entwicklungsarbeiten zurückgeschraubt. Gegen Ende der 90er Jahre hat gerade die deutsche Chemieindustrie offensichtlich jedoch wieder umgeschaltet, ihre FuE deutlich intensiviert und damit gegenüber den internationalen Konkurrenten ihre Position im Innovationswettbewerb gefestigt.

**FuE-Intensität der deutschen Chemieindustrie im intersektoralen Vergleich**

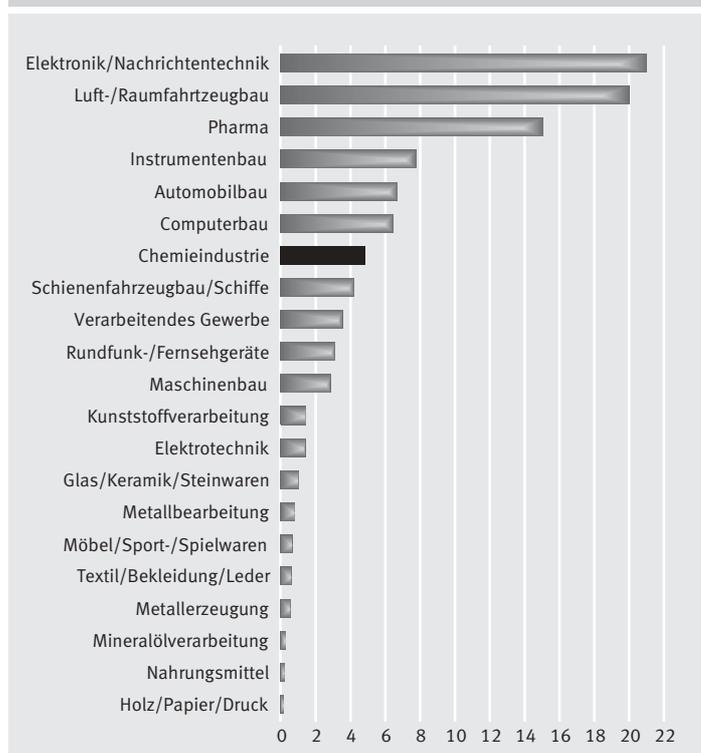
In der zweiten Hälfte der 90er Jahre hat die Chemieindustrie in Deutschland ihre FuE-Intensität wieder gesteigert auf 4,9 % im Jahr 1999. Im Durchschnitt der deutschen Industrie ist die Intensivierung zwar etwas schneller vorange-

kommen; sie liegt dort mit 3,5 % jedoch noch etwa 30 % unter dem Wert der Chemieindustrie, wo im Jahre 2001 nach einer aktuellen Schätzung insgesamt 4,2 Mrd. € für FuE ausgegeben wurden. Davon zu unterscheiden ist das finanzielle Aufkommen, das deutsche Chemieunternehmen weltweit für FuE widmen. Das ist aufgrund der starken Auslandspräsenz um einiges höher.

Rund 30.000 Personen – in Vollzeitstellen gerechnet – waren im Jahr 2000 in der Chemieindustrie mit FuE befasst, das sind 8,1 % aller Beschäftigten und damit ebenfalls deutlich mehr als in der Verarbeitenden Industrie insgesamt (4,3 %). Drei Viertel des FuE-Personals sind in den Laboren der Grundstoffchemie tätig; diese prägt damit zum Großteil natürlich die Gesamtentwicklung der Branche. Neben der Grundstoffchemie setzen die Farben- und Lackindustrie, etliche Sparten aus dem Sektor Spezialchemie sowie vor allem die Pflanzenschutzhersteller vergleichsweise viel FuE-Personal ein. FuE ist damit in der Breite der Chemiebranche ein wichtiger Wettbewerbsparameter; Deutschland gilt als „Universalanbieter“ von forschungsintensiven Chemiewaren.

Es gibt deutliche Anzeichen für eine Umstrukturierung in der chemischen Industrie, die darauf hinausläuft, dass Großunternehmen noch stärker als bislang im Innovationswettbewerb den Ton angeben werden: Einerseits konzentrieren sich die Unternehmen weltweit auf Großanlagen an wenigen Standorten auf großen Märkten, um auf der Basis von hoch-

**Abb. 3-3: FuE-Intensität der deutschen Industriebranchen 1999**  
FuE-Gesamtaufwendungen in % des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen



Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Datenreport 2001), Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.1.) – Berechnungen des NIW.

Tab. 3-1: FuE-Intensitäten der deutschen chemischen Industrie nach Sparten 1995, 1997, 1999

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

\* nicht verfügbar

Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Datenreport, versch. Jgg. sowie unveröffentlichte Angaben), Statistisches Bundesamt (versch. Fachserien des Produzierenden Gewerbes) – Berechnungen des NIW.

wertiger, 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 konzentriert. Sie haben Vorteile, wenn die Forschung hohe Aufwendungen erfordert.

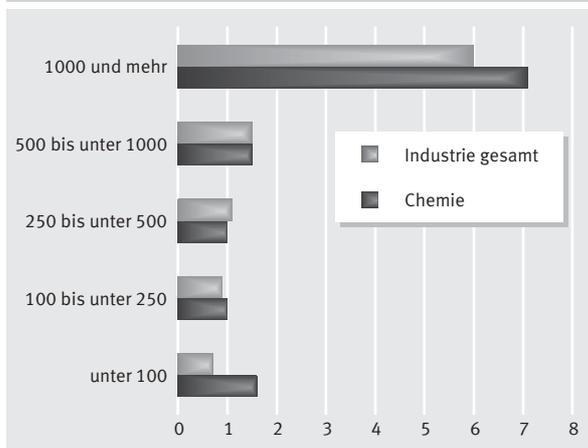
Dies schließt nicht aus, dass flexible Kleinunternehmen mit organisatorisch selbstständigen Strukturen und Innovationskompetenz unter dem Dach der Konzerne erhalten bleiben. Relativ viel wird deshalb auch in Kleinunternehmen mit unter 100 Beschäftigten geforscht und entwickelt. Viele von

ihnen werden erst in Zusammenhang mit einem Innovationsprojekt aus der Taufe gehoben, insbesondere dort, wo Flexibilität von Vorteil ist. Mittelgroße 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.

### 3.2. Kooperationen im Innovationsprozess

Die steigende Vergabe von FuE-Aufträgen nach außen 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. 30 %

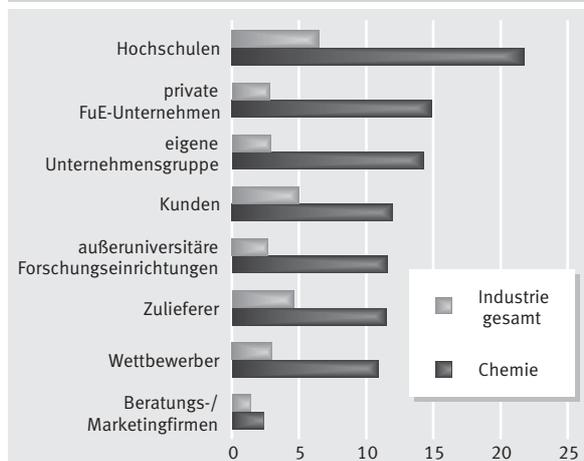
Abb. 3-4: FuE-Intensität der Chemieindustrie nach Größenklassen 1999  
FuE-Aufwendungen in % des Umsatzes



Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Datenreport, versch. Jgg.), Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.3., versch. Jgg.) – Berechnungen des NIW.

Abb. 3-5: Kooperationen in Innovationsprojekten im Jahr 2000 nach Kooperationspartnern

Anteil der Unternehmen mit Kooperationen im Rahmen von Innovationsprojekten im Zeitraum 1998-2000 in %



Quelle: ZEW (Mannheimer Innovationspanel, Erhebung 2001) – Berechnungen des ZEW.

der Unternehmen der Chemieindustrie gehen bei Innovationsprojekten Kooperationen ein, das ist mehr als doppelt so viel wie in der Industrie insgesamt. Dies gilt auch für Klein- und Mittelunternehmen.

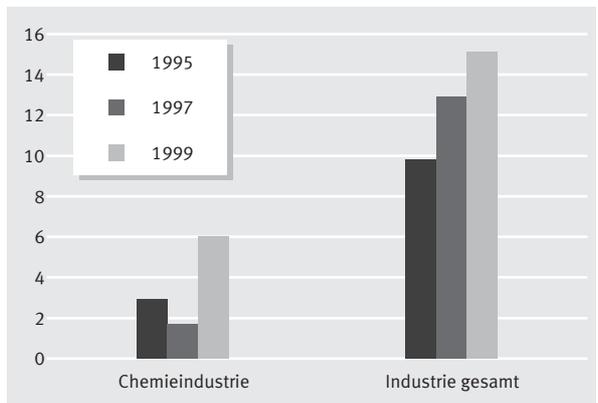
Durch die hohe Kooperationsintensität wird – bei großen wie bei kleinen Unternehmen – praktisch jeder „Typ“ von Kooperationspartnern intensiver kontaktiert als in der Industrie insgesamt. Mit deutlichem Abstand werden von den Chemieunternehmen Hochschulen als Kooperationspartner an erster Stelle genannt. Dies unterstreicht die Bedeutung der Wissenschaft für Chemieinnovationen. In der zweiten Gruppe folgen verbundene Unternehmen und kommerzielle FuE-Dienstleister als gesuchte Partner. Wichtig sind im Innovationstagesgeschäft auch noch die Akteure auf dem Absatz- und Beschaffungsmärkten (Kunden, Zulieferer, sogar – im vorwettbewerblichen Raum – Konkurrenten) und staatliche FuE-Einrichtungen.

**Externe FuE**

Beschränkt man die Kooperationsbetrachtung auf den harten Faktor FuE, d. h. auf die Vergabe von FuE-Aufträgen und auf die FuE-Arbeitsteilung, dann erscheint dies angesichts der Vielfalt von Kooperationskontakten gar nicht einmal so intensiv zu sein. Denn mit 6 % hält der Anteil von externer FuE an den FuE-Aufwendungen insgesamt nicht mit den übrigen Branchen (15 %) Schritt. Besonders stark ist die FuE-Auftragsvergabe in der pharmazeutischen Industrie und im Automobilbau.

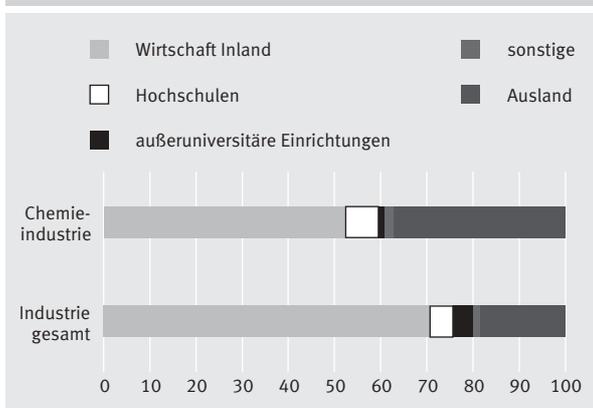
Externe FuE-Aufträge der Chemieindustrie gehen in erster Linie an andere Unternehmen im Inland – dies ist in allen Branchen so. Strukturprägend für die Chemieindustrie ist allerdings der auffallend hohe Anteil des Auslandes (knapp 40 % aller externen FuE-Aufträge). In aller Regel dürften dies verbundene Unternehmen sein. Der internationale Wissensaustausch wird intensiver.

**Abb. 3-6: Externe FuE-Aufträge in der Chemieindustrie und der deutschen Industrie insgesamt**  
Anteil der externen FuE-Aufträge an den gesamten FuE-Aufwendungen 1995, 1997 und 1999 in %



Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Datenreport, versch. Jgg. sowie unveröffentlichte Angaben) – Berechnungen des NIW.

**Abb. 3-7: Anteil der Empfänger von externen FuE-Aufträgen der deutschen Chemieindustrie und der Industrie insgesamt 1999 (in %)**



Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Datenreport, versch. Jgg. sowie unveröffentlichte Angaben) - Berechnungen des NIW.

Ein weiterer Punkt ist – wie bei den Innovationskooperationen insgesamt – die überdurchschnittlich hohe Vergabe von FuE-Aufträgen an Hochschulen, während außeruniversitäre Einrichtungen nur geringe Bedeutung haben. Zum einen ist deren Struktur – was den Technologietransfer angeht – eher auf die Fertigungstechnik (Maschinenbau, Elektro- und Nachrichtentechnik) zugeschnitten und damit weniger chemienah. Zum anderen ist die „Mission“ der außeruniversitären FuE-Einrichtungen mit Chemieaffinität (z. B. einige Max-Planck-Institute) fast ausschließlich auf strategische Forschung ausgerichtet.

**Internationalisierung von FuE**

Die FuE-Arbeitsteilung hat auch im internationalen Raum zugenommen. Zum einen bauen viele deutsche Unternehmen FuE-Kapazitäten im Ausland auf (meist im Zusammenhang mit der Errichtung von Produktionsstätten) oder – was viel häufiger ist – sie übernehmen forschende Unternehmen im Ausland. So halten deutsche Chemieunternehmen noch einmal zusätzlich etwa 40 % ihrer inländischen FuE-Kapazitäten (auf knapp 3,4 Mrd. € beliefen sich 1999 ihre Bruttoinlandsaufwendungen) im Ausland. Das macht 1,4 Mrd. €. Überschlägig gerechnet heißt das, dass sie 30 % ihrer gesamten (weltweiten) FuE-Ausgaben (in Höhe von 4,8 Mrd. €) im Ausland ausgeben. Allein in der Grundstoffindustrie erreicht dieser Anteil 60 %, für die Verarbeitende Industrie insgesamt errechnen sich rund 26 %.

Die Globalisierung von FuE kommt zügig voran und hat manchmal Anlass zur Sorge 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 kei-

ne Einbahnstraße. Denn 12 % der in Deutschland ansässigen FuE-Kapazitäten der Chemieindustrie (FuE-Gesamtaufwendungen von gut 3,8 Mrd. €) gehörten 1999 zu Unternehmen in ausländischem Mehrheitsbesitz. Dieser Anteil nimmt zwar rasch zu (1997: erst 6 %), dabei ist jedoch die besondere Rolle von Fusionen, Übernahmen und – im Zusammenhang damit – von Umstrukturierungen von Unternehmen und Konzernen zu beachten.

Zudem ist eines im Zusammenhang mit der Debatte um die Globalisierung von FuE klar geworden:<sup>16</sup> Die Rahmenbedingungen müssen stimmen. Denn ausländische Unternehmen betreiben vor allem in jenen Produktmärkten FuE, in denen Deutschland neben einem hohen Wissensstand über hochwertige Absatzmöglichkeiten und gute Produktionsbedingungen verfügt. Wo alles zusammenkommt – bspw. beim Automobilbau – hat Deutschland 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.

### 3.3. Bedarf an „Humankapital“

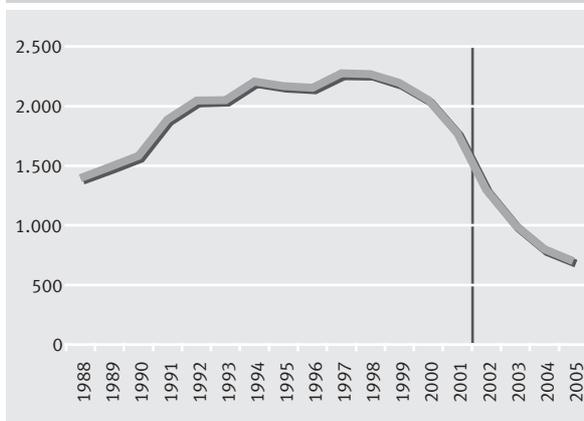
„Humankapital“ ist der wichtigste Inputfaktor für den FuE-Prozess, der seinerseits immer „wissensintensiver“ wird: In den Forschungsabteilungen der Industrie erhöht sich der „Akademisierungsgrad“, auch in der Chemieindustrie. Ein Viertel des FuE-Personals sind Akademiker. Dies ist im Vergleich zur Verarbeitenden Industrie, wo fast die Hälfte des FuE-Personals eine Ausbildung als Naturwissenschaftler bzw. Ingenieur hat, relativ wenig. Chemiker bilden mit einem Anteil von etwa 46 % unter den Naturwissenschaftlern/Ingenieuren in der Chemieindustrie das akademische Rückgrat.

#### Akademisierung bei FuE

Die Akademisierung der Chemieforschung scheint durch die Knappheit an Chemikern in Deutschland gebremst zu werden. Denn Mitte der 90er Jahre fiel die Zahl der Studienanfänger – das sind diejenigen, die sich neun bis zehn Jahre später dem Arbeitsmarkt als promovierte Chemiker zur Verfügung stellen werden – 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. Als Folge ging zwischen 1997 und 2001 die Zahl der promovierten Absolventen deutlich zurück. Erst nach 2005 kann mit einem Ende der rück-

**Abb. 3-8: Promovierte Hochschulabsolventen in der Chemie 1988-2005**

Zahl der promovierten Chemieabsolventen, ab 2002: Prognose



Quelle: GDCh.

läufigen Absolventenzahlen gerechnet werden. Zudem wirkt der Mangel an Informatikern – dort sind die Anfängerzahlen von einem niedrigen Niveau aus jüngst allerdings stark angestiegen – auch in der Chemieindustrie mit ihrem immer stärker an einer Optimierung der Prozesse orientierten Innovationsverhalten als limitierender Faktor.

#### Lehr- und Forschungspersonal an Universitäten

Erfreulich ist die positive Entwicklung bei den Studienanfängerzahlen im Fach Chemie seit Mitte der 90er Jahre. Dieser Anstieg zeigt die rasche Reaktion der Studierenden auf veränderte Nachfragebedingungen am Arbeitsmarkt für Hochqualifizierte. Dadurch steigen auch die Absolventenzahlen deutlich an. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass dieser Prozess auf Kapazitätsgrenzen der Hochschulen stößt oder zu Verschlechterungen der Studienbedingungen und der Ausbildungsqualität führt.<sup>17</sup> Deutlich wird das zyklische Verhalten der Hochschulen: Denn innerhalb von sechs Jahren seit 1995 wurde das Lehr- und Forschungspersonal an Hochschulen im Fachbereich Chemie um fast ein Fünftel reduziert.

Von der Angebotsentwicklung der Lehr- und Forschungskapazitäten in Deutschland her betrachtet ist der Bereich Chemie, auch im Vergleich zu anderen naturwissenschaftlich-technischen Fachbereichen, ziemlich stark in Rückstand geraten. Im Bereich der Grundmittelstellen gab es zwar in allen Fachbereichen – ausgenommen die Medizin – Personalkürzungen; doch diese hielten sich in Grenzen. In der Chemie dagegen wurden die Grundmittelstellen zwischen 1995 und 2001 um über 22 % reduziert. Beim über Drittmittel finanzierten Forschungspersonal war der Rückgang nicht so stark

16) Vgl. DIW-Beitrag zum Indikatorenbericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2001, BMBF, Bonn.

17) Vgl. ZEW-Beitrag zum Indikatorenbericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2001, BMBF, Bonn.

(-5 %), so dass die Zahl des gesamten Forschungspersonals „nur“ um 18 % fiel. Pharmazie und Medizin erlebten – vor allem Dank Drittmittelstellen – derart deutliche Kapazitätserweiterungen, dass das gesamte naturwissenschaftlich-technische Lehr- und Forschungspersonal an Hochschulen insgesamt gesehen selbst in dieser Zeit leicht zugenommen hatte.

Festgehalten werden muss zudem an dieser Stelle, dass die Knappheit an hochqualifizierten Erwerbspersonen nicht nur die Innovationsfähigkeit der Wirtschaft betrifft, sondern auch die Leistungsfähigkeit von Schulen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen, mit Auswirkungen auf Bildung, Wissenschaft und Forschung und damit letztlich das Fundament der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft.

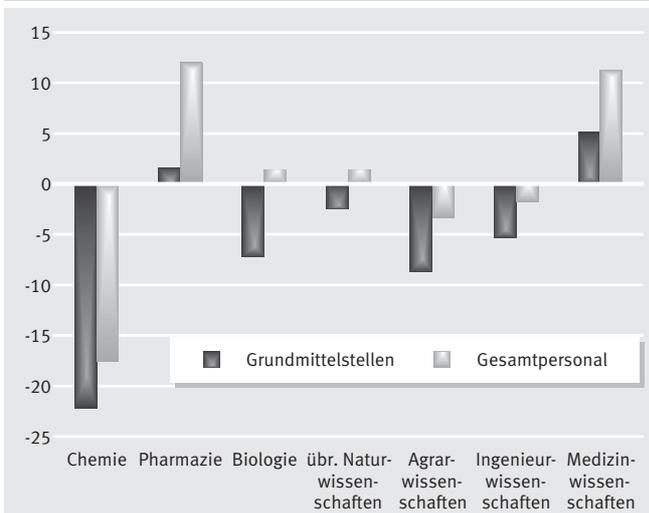
### Qualität der wissenschaftlichen Forschung

Weite Teile der wissenschaftlichen Forschung werden nicht mit dem unmittelbaren Ziel der wirtschaftlichen Nutzung betrieben.<sup>18</sup> Dennoch gibt es – gerade in der Chemie mit ihrem immer noch hohen Anteil an industriefinanzierter Forschung – vielfältige Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaftsentwicklung und Innovationen. Einerseits geben Ergebnisse der Grundlagenforschung Orientierung für die anwendungsorientierte Industrieforschung oder für die Technologieentwicklung in den Unternehmen, andererseits gibt der Wechsel von Wissenschaftlern aus Hochschulen und anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen in die Wirtschaft dem FuE- und Innovationsgeschehen Impulse. Insofern stellt sich auch die Frage nach der Leistungsfähigkeit deutscher Wissenschaftler in den Feldern der Chemie.

Wissenschaftliche Publikationen sind elementarer Bestandteil wissenschaftlicher Tätigkeit; sie bestimmen maßgeblich Reputation und Karriere. Deshalb lassen sich die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung am ehesten in Publikationszahlen ausdrücken. Danach haben – trotz der offensichtlich verschlechterten Lehr- und Forschungsbedingungen – deutsche Wissenschaftler immer noch einen überdurchschnittlich hohen Anteil am weltweiten Publikationsgeschehen. Der Anteil deutscher Publikationen an den weltweiten Publikationen ist in den Chemiefachbereichen (Verfahrenstechnik, Organische Chemie, Polymere und Grundstoffchemie) – auch durch die zunehmende Integration des ostdeutschen Wissenschaftssystems – seit Anfang der 90er Jahre um fast 1,5 Prozentpunkte auf knapp 10 % gestiegen. Insgesamt haben in längerfristiger Betrachtung Wissenschaftler aus anderen Fachbereichen jedoch schneller die wissenschaftlichen Fachzeitschriften erobern können. Dass deutsche Wissenschaftler im internationalen Publikationswettbewerb trotz erheblicher Personalrestriktionen an den

**Abb. 3-9: Veränderung des Lehr- und Forschungspersonals 1995-2001 nach Fachbereichen**

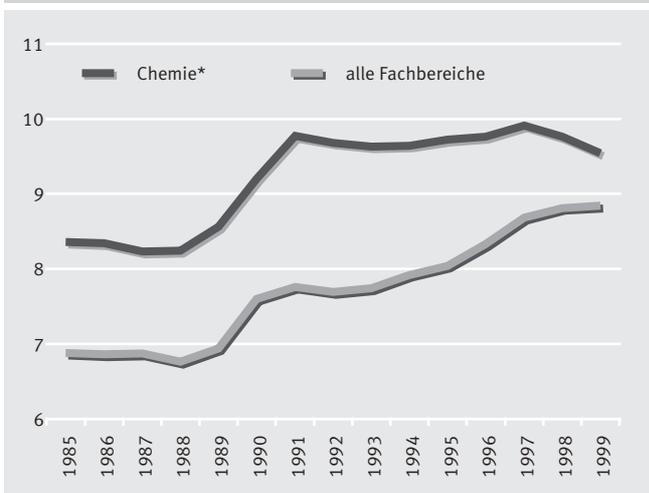
Veränderung der Zahl des wissenschaftlichen Lehr- und Forschungspersonals an Hochschulen 1995-2001 in %



Quelle: Angaben des Statistischen Bundesamtes – Berechnungen des NIW.

**Abb. 3-10: Anteil Deutschlands an den weltweiten Publikationen 1985-1999**

Anteil deutscher Publikationen an allen Publikationen in %



\* Organische Chemie, Polymere, Grundstoffchemie, chemische Verfahrenstechnik. Quelle: Angaben des FhG-ISI zum Indikatorenbericht zur TLF Deutschlands 2001 – Zusammenstellung des NIW.

Hochschulen mithalten können, lässt darauf schließen, dass die Knappheit an hoch qualifizierten, wissenschaftlich ausgebildeten Chemikern auch viele andere Länder erfasst hat.

Quantität ist jedoch nicht Qualität. Daher ist auch zu berücksichtigen, welchen Einfluss deutsche Wissenschaftler in den Feldern der Chemie auf die wissenschaftliche Entwicklung nehmen. Misst man dies an den Zitaten, die jede wissenschaftliche Publikation auf sich zieht, dann schneiden

18) Vgl. FhG-ISI-Beitrag zum Indikatorenbericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2001, BMBF, Bonn.

Deutschlands Chemiewissenschaftler im internationalen Vergleich ebenfalls überdurchschnittlich gut ab, am besten in den Wissenschaftsfeldern Polymere (mit einer um 30 % höheren Zitatrate) und Grundstoffchemie (10 %). Im Zuge der immer stärkeren Internationalisierung der Wissenschaft und der damit steigenden Bedeutung englischsprachiger Fachzeitschriften erhält internationale Publikationstätigkeit immer größeres Gewicht. Englisch ist die „lingua franca“ der globalisierten Wirtschaft. Hohe Offenheit nach außen ist neben einem exzellenten Wissenschaftssystem entscheidend. Angesichts des Trends zur Globalisierung sollte man gerade in dieser Beziehung von deutschen Wissenschaftlern eine Beschleunigung erwarten können. Die Einbindung deutscher Wissenschaftler in den internationalen Wissenschaftswettbewerb sollte verbessert werden.

### 3.4. Innovationshemmnisse

Innovationshemmnisse führen dazu, dass das in den Unternehmen vorhandene Innovationspotenzial (insbesondere qualifizierte Fachkräfte und wissenschaftlich-technisches Personal) nicht voll ausgeschöpft werden kann. Auf Innovationsprojekte wird verzichtet, wenn entweder kein Erfordernis dazu besteht oder aber, weil den Projekten Hemmnisse entgegenstehen. Die Wirkungen von Hemmnissen bestehen jedoch weniger aus dem Verzicht oder sogar dem Abbruch von Projekten. In der Mehrzahl berichten die Chemieunternehmen vielmehr von Verlängerungen der Projektlaufzeit (und damit Verteuerungen).

Die Wirkungen von Innovationshemmnissen sind in der chemischen Industrie weitaus – und nicht nur marginal – kräftiger zu verspüren. Insbesondere werden deutlich häufiger als in anderen Branchen Projekte abgebrochen.

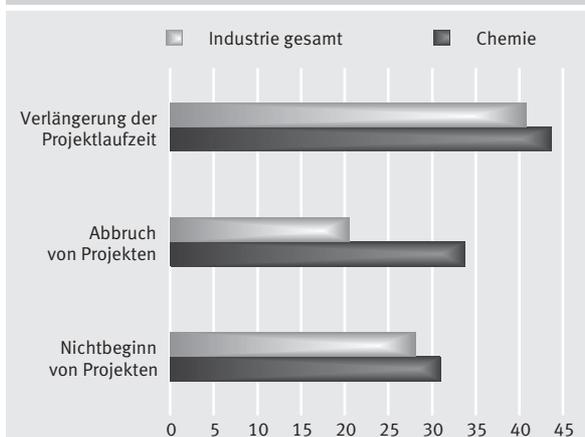
Innovationshemmnisse haben in der Wahrnehmung der Unternehmen nicht nachgelassen. Dabei ist zu beachten: Nur Unternehmen, die ernsthaft Innovationen vorhaben, werden bemerken, dass sich ihnen Hindernisse in den Weg gestellt haben. Da die Chemieindustrie mehr auf Innovationen setzt als die meisten anderen Branchen, nimmt sie Hemmnisse auch verstärkt wahr. Auch wenn also die Rahmenbedingungen für die Chemie objektiv betrachtet nicht schlechter sein sollten als anderswo, so ist der hohe Anteil allerdings ein kräftiges Signal dafür, dass noch nicht alles getan wurde.

Hemmnisse werden in besonders innovativen Unternehmen vielmehr stärker verspürt als in weniger innovativen. In der Chemieindustrie schlagen sie auch deshalb stärker zu Buche, weil Innovationen in einer breiten Produktpalette naturgemäß zu stärkeren Kontakten mit Hemmnisfaktoren der verschiedensten Art führen. Die Hemmnisstruktur ist in der Chemieindustrie vielfältiger.

Wieder stärker ins Blickfeld ist mangelndes Kapital zur Innovationsfinanzierung geraten; dies trifft bei Klein- und Mittelunternehmen im Vergleich zu Unternehmen aus anderen Branchen deutlich stärker zu.

**Abb. 3-11: Wirkung von Innovationshemmnissen im Jahr 2000**

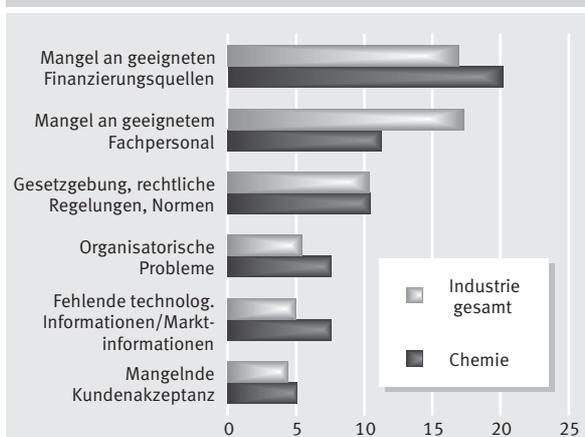
Anteil der innovierenden Unternehmen, bei denen es aufgrund von Innovationshemmnissen zur/zum ... kam (in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2001) – Zusammenstellung des NIW.

**Abb. 3-12: Bedeutung unterschiedlicher Innovationshemmnisse im Jahr 2000**

Anteil der innovierenden Unternehmen, für die das jeweilige Innovationshemmnis eine große Bedeutung hat (in %)



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel (Erhebung 2001) – Zusammenstellung des NIW.

Viele Unternehmen haben im Aufschwung Schwierigkeiten gemeldet, in ausreichendem Umfang geeignetes Fachpersonal zu finden. Am virulentesten dürfte dieses Hemmnis für den Bereich der IuK-Technologien zutreffen, in denen seit geraumer Zeit ein Mangel an Nachwuchs gemeldet wird. Verlängerungen wegen Fachpersonalmangels kann in Zeiten kürzerer Produktlebenszyklen gravierende Konsequenzen für die Rentabilität haben. Da Klein- und Mittelunternehmen von diesem Hemmnis weniger stark betroffen sind, liegt hier die Vermutung nahe, dass es vor allem Großunternehmen mit Spitzenforschung sind, die in ihren Innovationsaktivitäten wesentlich behindert werden. Dies würde jedoch darauf

schließen lassen, dass es vor allem an Kernkompetenzen der Chemieindustrie mangelt (Chemiker).

Genehmigungsverfahren, rechtliche Regelungen und Normen sind immer noch ein bedeutender Hemmschuh. Sie wirken sich besonders in den Hochtechnologiebereichen und bei Marktneuheiten aus, denn die Erfinder neuer Ideen müssen – anders als Imitatoren – ihre Märkte und Nachfrage erst schaffen. An dieser Stelle greifen rechtliche Regelungen, Genehmigungs- und Zulassungsverfahren relativ scharf in den Innovationsprozess ein: Denn Recht und Verwaltung sind im Allgemeinen stärker an die bestehenden Güter angepasst („Stand der Technik“), Innovatoren müssen hingegen Akzeptanz oder gar die Zulassung erst erwirken.<sup>19</sup>

### 3.5. Lead Markt Deutschland in der Chemie

Die chemische Industrie liefert – wie gezeigt – anderen Branchen in bedeutendem Umfang Innovationen und stärkt so deren technologische Leistungsfähigkeit. Doch nicht nur die Abnehmerbranchen profitieren dadurch, sondern auch die Chemie selbst. Denn die Impulse für neue Produkte kommen meistens direkt von den Kunden. Und diese Anstöße sind entscheidend dafür, das Produktsortiment so zu erneuern und zu verbessern, dass es den sich ändernden Anforderungen des Weltmarktes stets entspricht. Innovationen auf Basis von Kundenimpulsen tragen wesentlich zu Umsatzwachstum und der weiterhin starken Exportperformance der deutschen Chemieindustrie bei.

Kunden sind die wichtigste externe Quelle für Chemie-Innovationen (vgl. Abb. 1-15), und trotz aller Internationalisierung kommen die meisten Innovationsanstöße von Abnehmern aus Deutschland. Oft braucht es nämlich eine direkte, vertrauensvolle und langfristige Zusammenarbeit zwischen Kunden und Lieferant, um neue Materialien und Werkstoffe gezielt den spezifischen Erfordernissen anzupassen und das richtige „Innovationsdesign“ mit dem günstigsten Preis-Leistungs-Verhältnis zu finden.

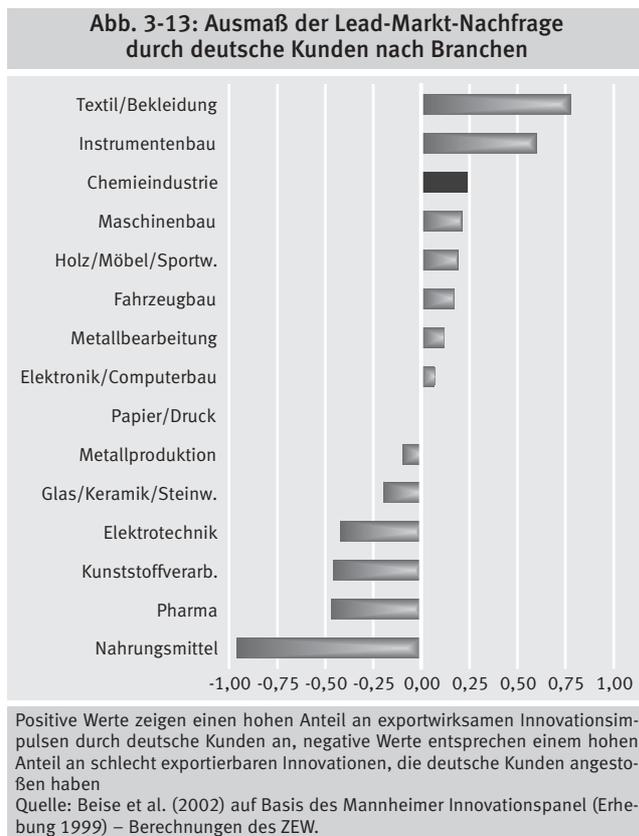
Die Chemieindustrie kann dabei auf die „Lead Markt Eigenschaft“ der deutschen Nachfrage zurückgreifen, um ihre Innovationen auch international erfolgreich zu vermarkten. „Lead Markt“ heißt: Die Anforderungen, die deutsche Kunden an neue Chemieprodukte stellen, liegen häufig voll im internationalen Trend, oftmals führen sie ihn sogar an. Dadurch treffen Innovationen der deutschen Chemieindustrie auch auf anderen Märkten auf hohe Kundenakzeptanz, sie werden zum „Exportschlag“. <sup>20</sup> Ein solcher Kunde, der exportwirksame Innovationen in der Chemie auslöst, ist beispielsweise der

Automobilbau. Die deutsche Autoindustrie ist immer wieder Trendsetter für neue Einsatzmöglichkeiten von Chemieprodukten im Auto und erschließt – in Kooperation mit der Chemie – neue automotiv Anwendungsbereiche, vom Sicherheitsgurt über Reifenmaterialien, Innenraumverkleidung, Teppiche und Luftfilter bis zum Airbag.

Außer der Chemieindustrie profitieren auch der Maschinenbau, der Fahrzeugbau und der Instrumentenbau, aber auch weniger forschungsintensive Branchen wie die Textilindustrie oder die Möbel-, Spiel- und Sportwarenindustrie vom Lead Markt Deutschland.<sup>21</sup>

Ein genauerer Blick zeigt, dass es vor allem die Grundstoffchemie und die Spezialitätenchemie sind, die von der fordernden Nachfrage der Kunden im Inlandsmarkt profitieren. Die wichtigsten Anstöße für weltweite Innovationserfolge kommen vorrangig von anderen Chemieunternehmen sowie von der Kunststoff verarbeitenden Industrie, dem Automobilbau, der Nahrungsmittelindustrie sowie der Holz-, Möbel- und Sportwarenindustrie. Zusätzlich vermittelt auch der Großhandel Anforderungen der Abnehmer von Chemieprodukten, die förderlich auf die Exporttätigkeit wirken.

Für eine exportorientierte Branche wie die deutsche Chemieindustrie ist die Lead-Markt-Eigenschaft des Heimmark-



19) Vgl. Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 1996, BMFT, Bonn.

20) Der Lead Markt Ansatz ist ausführlich dargelegt in Beise, M., "Lead Markets - Country Specific Success Factors of the Global Diffusion of Innovations." ZEW Economic Studies 14, 2001.

21) Vgl. Beise, M., T. Cleff, O. Heneric, C. Rammer, "Lead Markt Deutschland: Zur Rolle Deutschlands als führender Absatzmarkt für Innovationen." Studie im Auftrag des BMBF. ZEW-Dokumentation 02-02, 2002.

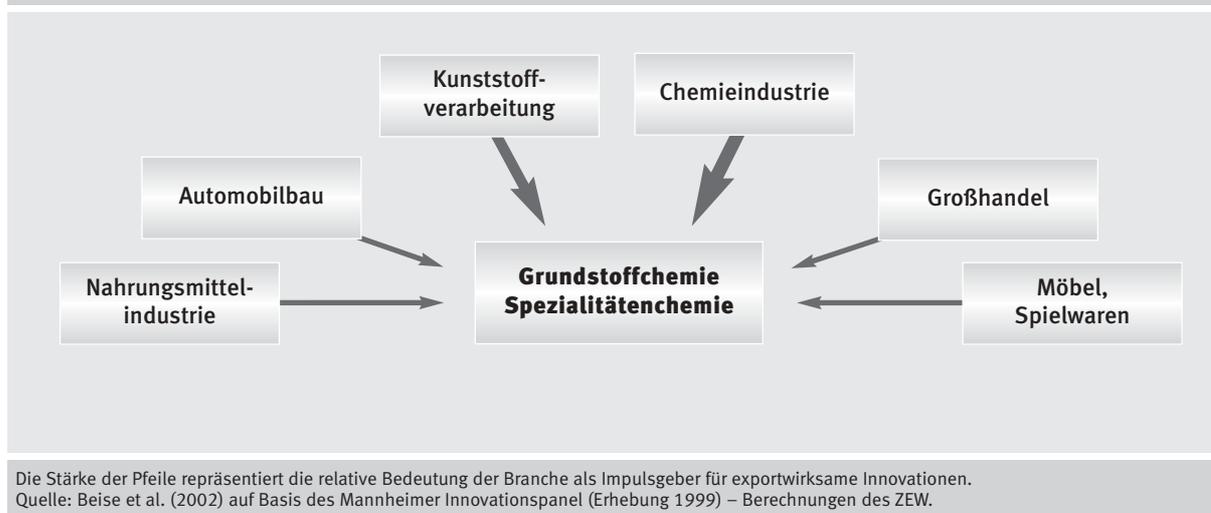
tes eine wesentliche Voraussetzung für den Exporterfolg. Sie ist allerdings kein Selbstläufer. Damit die Kunden die richtigen Innovationsanstöße geben können und die Chemie diese auch in erfolgreiche Innovationen umsetzen kann, sind verschiedene Voraussetzungen notwendig:

- Eine hohe Exportorientierung und Internationalisierung auf beiden Seiten,
- ein intensiver Wettbewerb um die besten und kostengünstigsten Lösungen, und zwar in der Chemie ebenso wie in ihren Abnehmerbranchen, und

- ein großer und dynamischer Inlandsabsatzmarkt.

Gerade bei dem letztgenannten Punkt stehen die Vorzeichen schlecht, ist doch Deutschland seit nun über zehn Jahren Wachstumsschlusslicht in der EU. Hier ist die Politik gefordert, um über wachstumsorientierte Rahmenbedingungen – zusammen mit einer Forcierung des Wettbewerbs – die derzeit noch günstigen Nachfragestrukturen in Deutschland zu sichern.

Abb. 3-14: Herkunft der wichtigsten Lead-Markt-Impulse für die Chemieindustrie



## Kapitel 4

# Chemiestandort Deutschland

## 4. Chemiestandort Deutschland

Die chemische Industrie nimmt im deutschen Innovationssystem eine doppelte Rolle ein. Zum einen ist sie von qualitativ herausragender Bedeutung. Sie ist jener Wirtschaftszweig, der anderen Branchen hochwertige Materialien liefert, die wiederum Grundlage und Anstoßgeber für weitere Innovationen sind. Zum anderen ist sie auch quantitativ eine der Stützen des deutschen Innovationssystems. Die Chemieindustrie (ohne Pharma) stellt mit 330.000 Beschäftigten (Jahresdurchschnitt 2002) und einem Umsatz von rund 88 Mrd. € (2001) einen der großen Industriezweige Deutschlands dar.

Für eine Beurteilung der Rolle der Chemieindustrie im Innovationssystem ist es notwendig, die Struktur der Branche und ihre wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu betrachten. Dazu zählen die Position im internationalen Wettbewerb, die Dynamik bei Umsatz, Beschäftigung und Investitionen und die Unternehmensstrukturen. Diese werden in diesem Abschnitt dargestellt.

Zunächst ist zu beachten, dass die chemische Industrie ein weites Spektrum an Produkten umfasst, die in den unterschiedlichsten Einsatzbereichen und Abnehmermärkten Verwendung finden. Kein Wirtschaftssektor kommt ohne Vorprodukte aus der Chemie aus. Dementsprechend umfangreich und vielfältig ist auch das Angebot an Chemieprodukten. Dies hat natürlich Auswirkungen auf das Innovations- und Absatzverhalten der Chemie: Unterschiedliches Wissen und unterschiedliche Marktverhältnisse und Kundenpräferenzen müssen kombiniert werden.

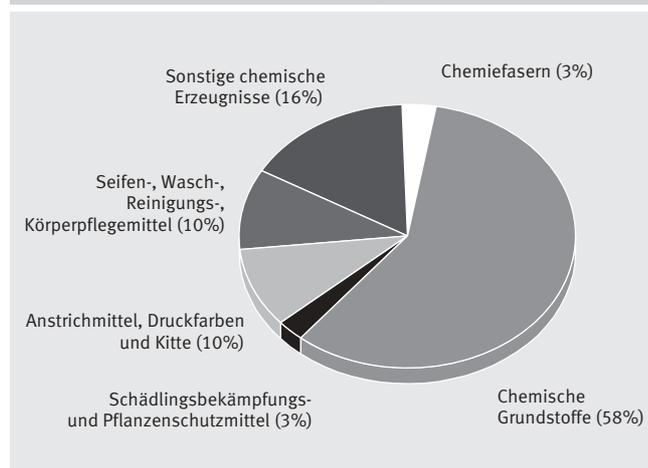
Zu den wichtigsten Anwendungsfeldern zählen der private Konsum (z. B. Reinigungs- und Pflegemittel, Tonträger, Filme), der Fahrzeugbau (Lacke, Kunststoffe, Textilfasern), die Verpackungsindustrie (Kunststofffolien), die Landwirtschaft (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel), das Baugewerbe (Dämmstoffe, Anstrichmittel), die Elektroindustrie (Kunststoffteile, Spezialchemikalien) und das Textilgewerbe (Fasern).

Die chemische Industrie untergliedert sich nach Produktbereichen und Abnehmermärkten in folgende Sparten:

- Die Grundstoffchemie umfasst u. a. die Produktion von Industriegasen (1 Mrd. € Umsatz im Jahr 2001, wichtige Abnehmer sind Stahl und die Chemie selbst), Farbstoffen und Pigmenten (3,8 Mrd. €), Anorganika (5,1 Mrd. €) und Organika (18,1 Mrd. €, jeweils überwiegend zur Weiterverarbeitung in der übrigen chemischen Industrie), Primärkunststoffen (19,1 Mrd. €, Kunststoffverarbeitung) sowie Synthesekautschuk (0,7 Mrd. €, Gummi- und Reifenindustrie).
- Agrochemikalien (Dünger 2,1 Mrd. € und Schädlingsbekämpfungs- und Pflanzenschutzmittel 2,2 Mrd. €) werden in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt.

- Farben, Lacke und Anstrichmittel (8,1 Mrd. €) reagieren in ihren Wachstumsaussichten besonders empfindlich auf Veränderungen der Bau- und Autokonjunktur.
- Seifen-, Wasch-, Reinigungs- und Pflegemittel (8,2 Mrd. €) werden in erster Linie von privaten Haushalten nachgefragt und über den Einzelhandel vertrieben – in dieser Sparte spielen Markennamen und Werbung eine besonders große Rolle.
- Fotochemikalien (1,5 Mrd. €) sowie Ton-, Bild- und Datenträger (0,4 Mrd. €) sind eng mit der technologischen Entwicklung in der IuK-Technik verknüpft.
- Klebstoffe, Gelatine (1,3 Mrd. €), etherische Öle (0,8 Mrd. €) und pyrotechnische Erzeugnisse (0,6 Mrd. €) sowie eine breite Palette „sonstiger chemischer Erzeugnisse“ (zusammen 8,8ige Verwendung als Zwischen- oder Endprodukte in der Industrie (z. B. Nahrungsmittel), im Dienstleistungsbereich sowie für private oder militärische Zwecke.
- Chemiefasern (2,7 Mrd. €) werden überwiegend als Vorprodukte in der Textil- und Bekleidungsindustrie eingesetzt, finden aber auch zunehmend als technische Textilien (Geotextilien, Filter, Medizintechnik) Anwendung.

**Abb. 4-1: Struktur der chemischen Industrie in Deutschland nach Sparten 2001<sup>a)</sup>**



a) nach dem Umsatz fachlicher Betriebsteile, ohne Handels- und fachfremde Umsätze  
Quelle: Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.1) – Berechnungen des NIW.

### 4.1. Gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Chemie

Der Beitrag der chemischen Industrie zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung in Deutschland beträgt gut 1,7 %. Dies ist – obwohl der Anteil etwas abnimmt<sup>22</sup> – im inter-

Tab. 4-1: Beitrag der Chemieindustrie zur Wertschöpfung im internationalen Vergleich (in %)

|             | Gesamtwirtschaft |      |        | Industrie |      |        |
|-------------|------------------|------|--------|-----------|------|--------|
|             | 1991             | 1995 | 2000   | 1991      | 1995 | 2000   |
| Deutschland | 2,2              | 1,9  | 1,7    | 8,0       | 8,5  | 7,5    |
| UK          | 1,6              | 1,7  | 1,3 *  | 7,7       | 8,0  | 7,4 *  |
| Frankreich  | 1,3              | 1,4  | 1,3    | 6,5       | 7,3  | 7,3    |
| Italien;    | 1,0              | 1,2  | 1,1    | 4,5       | 5,6  | 5,1    |
| Spanien     | 1,0              | 1,2  | 1,1 *  | 5,6       | 6,4  | 6,3 *  |
| Niederlande | 2,5              | 2,5  | 2,0    | 13,4      | 14,0 | 12,1   |
| Belgien     | 2,6              | 2,7  | 2,5    | 12,7      | 13,7 | 13,0   |
| Japan       | 1,4              | 1,3  | 1,2 ** | 5,1       | 5,5  | 5,3 ** |
| Südkorea    | 1,7              | 2,0  | 2,0 *  | 6,0       | 6,8  | 6,3 *  |
| USA         | 1,4              | 1,5  | 1,3    | 7,9       | 8,3  | 8,1    |

\* 1999, \*\* 1998a

Quelle: OECD (STAN-Datenbank), Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, R. 4.3), DIW (Beitrag zum Indikatorenbericht zur TLF Deutschlands 2002) – Berechnungen des NIW.

nationalen Vergleich viel: Lediglich in den Benelux-Ländern und Korea leistet die Chemieindustrie einen höheren Beitrag zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung. Im Vergleich der „großen Volkswirtschaften“ spielt die Chemieindustrie in Deutschland also eine wichtige 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 forschungsintensiven Industrien wie der Chemieindustrie für das „Innovationssystem“ ist eher indirekt: In ihnen bündelt sich die wissenschaftlich-technische Problemlösungskompetenz einer Gesellschaft. Technologien und wissensintensive Güter aus der Chemieindustrie und aus anderen technologieintensiven Industrien liefern Lösungsansätze, die von anderen Wirtschaftszweigen angewendet und dort in Wertschöpfung und Arbeitsplätze umgesetzt werden.

Gerade Deutschland hat den Strukturwandel zu (wissensintensiven) Dienstleistungen in den 90er Jahren besonders ausgeprägt mitgemacht. Hier bestand ein gewisser Rückstand im Vergleich zu anderen Volkswirtschaften. Auch deshalb geht das rechnerische Gewicht der Chemieindustrie in der deutschen Wertschöpfungsbilanz zurück. Nimmt man allein die Verarbeitende Industrie zum Maßstab, dann konnte die Chemieindustrie in den 90er Jahren im Wachstum der Wertschöpfung durchaus mit anderen Industriezweigen mit-

halten: Rund 8 % der gesamten industriellen Wertschöpfung werden in der chemischen Industrie erwirtschaftet. Auch dies ist im internationalen Vergleich viel.

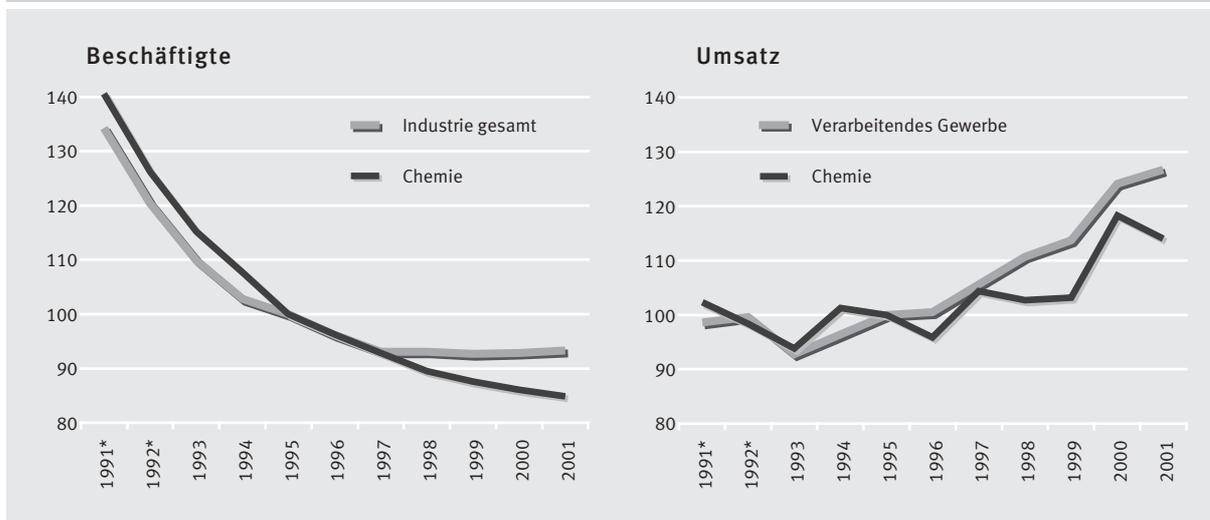
Allerdings hat die Chemieindustrie in der zweiten Hälfte der 90er Jahren an Dynamik verloren. Ihr Anteil an der gesamten Wertschöpfung in der Industrie ist in allen großen Industrieländern rückläufig. Andere Branchen – z. B. Telekommunikation, Fahrzeugbau, Maschinenbau, Pharma – wuchsen deutlich stärker. Auch in Deutschland nahm das Gewicht der Chemie innerhalb der Industrie zuletzt ab, von 8,5 auf 7,5 %.

Die Chemieindustrie spürt als Anbieter von Vorprodukten den Konjunkturzyklus früher und meist stärker als andere Branchen. Dies zeigt sich auch in der Umsatzentwicklung der letzten zehn Jahre: Einem schnellen Umsatzwachstum am Beginn von Konjunkturaufschwüngen steht häufig eine Stagnation des Absatzes nach dem Erreichen einer Konjunkturspitze gegenüber. In Summe erreichte die Chemieindustrie in Deutschland in den 90er Jahren eine deutliche Ausweitung ihres Umsatzes, von 71 Mrd. € im Jahr 1991 auf 88 Mrd. € im Jahr 2001. Damit blieb sie allerdings etwas hinter der Umsatzentwicklung der Industrie insgesamt zurück.

Die Beschäftigung nahm hingegen in der ersten Hälfte der 90er Jahre stark ab, in erster Linie bedingt durch den Abbau der großen Chemiekapazitäten in Ostdeutschland. Mit diesem Beschäftigungsabbau lag die Chemie allerdings im Industrietrend. Ab 1996 verläuft die Kurve zwar flacher, sie zeigt aber weiterhin nach unten. In den vergangenen fünf Jahren wurden im Schnitt jedes Jahr rund 2 % der Arbeitsplätze ab-

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.

**Abb. 4-2: Entwicklung von Beschäftigung und Umsatz<sup>a)</sup> in der Chemieindustrie in Deutschland 1991-2001 im Vergleich zur Industrie insgesamt (1995=100)**



a) fachliche Betriebsteile

\* geschätzt

Quelle: Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.1), Gözlig (Vergleichbare Branchendaten für das Verarbeitende Gewerbe in Ost- und Westdeutschland, Berlin: DIW, 2002) – Berechnungen und Schätzungen des NIW.

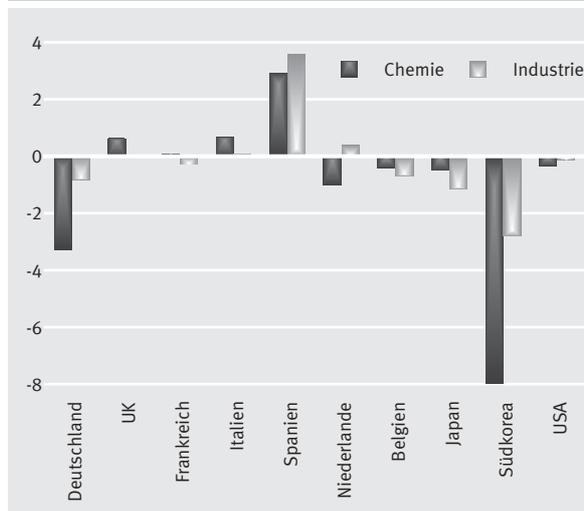
gebaut. Demgegenüber konnte die deutsche Industrie in Summe die Zahl der Arbeitsplätze seit 1997 konstant halten. Hinter den steigenden Umsätzen bei abnehmender Beschäftigung stehen beträchtliche Produktivitätsfortschritte in der Chemieindustrie: Zwischen 1995 und 2001 nahm die Arbeitsproduktivität – d. h. die Wertschöpfung je Beschäftigtem – um 17 % zu.

Die Beschäftigungsbilanz der chemischen Industrie Deutschlands (ohne Pharma) in den 90er Jahren muss im internationalen Vergleich als enttäuschend angesehen werden. Zwar haben im Jahre 2000 nur wenige Volkswirtschaften mehr Beschäftigte in der chemischen Industrie in Lohn als Anfang der 90er Jahre. Tendenziell gilt dies auch für die Verarbeitende Industrie insgesamt; in der Chemieindustrie ist die Gefällstrecke bei den Arbeitsplätzen allerdings steiler. In keinem Land – außer Korea – ging der Beschäftigungsabbau so schnell und nachhaltig voran 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 – im Vergleich zu den wichtigsten Konkurrenten – besonders kräftigen Abbau von Arbeitsplätzen bieten. Aber auch im Aufschwung der zweiten Hälfte der 90er Jahre wurden in Deutschland mit nur wenig verminderter Geschwindigkeit Chemiearbeitsplätze abgebaut. Hingegen hatte sich das Beschäftigungsklima in den großen westlichen Industrieländern wieder einigermaßen beruhigt; in den übrigen Industriezweigen wurden per Saldo bereits wieder zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen.

Die Chemieindustrie stand also ungeachtet ihrer bedeutenden Rolle im Innovationssystem in den 90er Jahren nicht an der Spitze der weltwirtschaftlichen Dynamik, weder beim Wachstum noch bei der Beschäftigung, und schon gar nicht in Deutschland.

**Abb. 4-3: Beschäftigungsveränderung in der Chemieindustrie und der Industrie insgesamt 1995-2000**  
Durchschnittliche jährliche Veränderungsrate in %



Quelle: OECD (STAN-Datenbank), Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, R. 4.3), DIW (Beitrag der zum Indikatorenbericht zur TLF Deutschlands 2002) – Berechnungen und Schätzungen des NIW.

## 4.2. Internationalisierung und Außenhandelsposition

Die deutsche Chemieindustrie (ohne Pharma) liegt mit einer Wertschöpfung von rund 31 Mrd. € (2000) hinter den USA und Japan an dritter Stelle unter allen Volkswirtschaften, gemessen an den Beschäftigten (über 370.000) befindet sie sich sogar auf Platz zwei. Sie beeinflusst damit wesentlich das Tempo der Welt-Chemieindustrie.

Der internationale Wettbewerb gibt die Richtschnur für die Beurteilung der Innovationskraft einer Branche und der Resultate ihrer Innovationsaktivitäten vor. Denn Innovationsaktivitäten müssen sich letztlich auch daran messen lassen, wie sie sich in den ökonomischen Erfolgsbilanzen – Wachstum, Beschäftigung und Beitrag zum Außenhandels-saldo – auswirken.

Der Markt der deutschen Chemieindustrie ist der Weltmarkt: Über die Hälfte der in Deutschland produzierten Chemiewaren wird im Ausland abgesetzt. Das weltweite Marktwachstum ist deutlich größer als im Inland, insbesondere in Asien und Nordamerika. 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. In den Jahren 1998 bis 2000 lagen die Inlandsinvestitionen nur geringfügig über dem Niveau von 1991, die 90er Jahre sahen keine Ausweitung der inländischen Investitionstätigkeit. Die Investitionen in Deutschland zielten somit in Summe auf die Modernisierung des bestehenden Kapitalstocks der Chemieindustrie ab und nicht auf dessen Erweiterung.

Die starke Position der deutschen Chemieindustrie auf den Weltmärkten zeigt sich auch am Investitionsbestand: Der im Ausland investierte Kapitalstock der deutschen Chemieunternehmen ist mehr als doppelt so hoch wie der von ausländischen Chemieunternehmen in Deutschland gehaltene Investitionsbestand. Im Lauf der 90er Jahre nahmen beide Indikatoren mit hohem Tempo zu und wuchsen rascher als die Umsätze – ein klares Indiz für die zunehmende weltwirtschaftliche Verflechtung in der Chemieindustrie.

Diese zunehmende internationale Verflechtung zeigt sich an steigenden Export- und Importquoten: Knapp 60 Hälfte des Inlandsbedarfs aus ausländischer Produktion gedeckt. Dahinter steht auch ein bedeutender konzerninterner Handel im Rahmen von grenzüberschreitenden Produktionsverbänden.

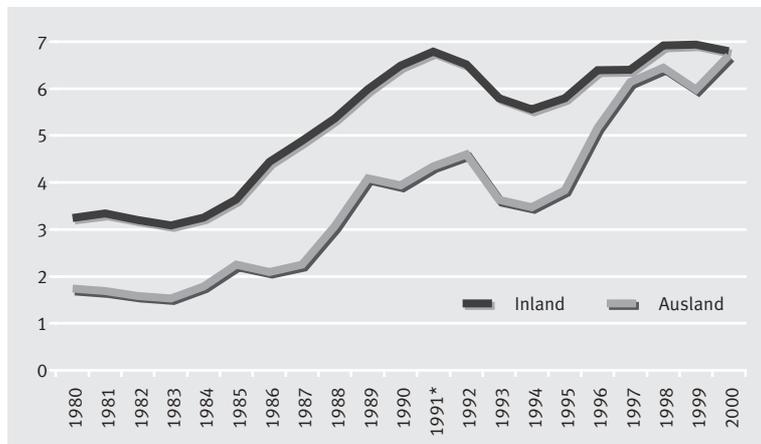
In den 90er Jahren nahm die internationale Einbindung der deutschen Chemieindustrie mit hohem Tempo zu. Vor allem das Importvolumen wuchs seit Mitte der 90er Jahre enorm an. Dahinter steht in erster Linie eine intensivierte Arbeitsteilung innerhalb europäischer Chemieindustrie. Daran

gemessen sind die Industrien in großen Volkswirtschaften wie USA und Japan beinahe als „autark“ anzusehen. Ein Ende des Globalisierungstrends ist nicht abzusehen. Die Globalisierung ist zu einer entscheidenden Triebfeder im Innovationswettbewerb geworden.

In Deutschland sind 10,5 % der gesamten Industriewarenausfuhren bzw. 9 % der Einfuhren Chemiewaren. Die Exportanteile sind höher als die Importanteile, d. h. Deutschlands Chemieindustrie leistet einen kräftigen Beitrag zum Exportüberschuss. Während der Chemieexportanteil jedoch etwas nachlässt, hat der Chemieimportanteil zugenommen: Die Einbindung in den internationalen Wettbewerb ist intensiver und – über den Importdruck – auf dem Inlandsmarkt immer stärker spürbar geworden.

Der Indikator „Beitrag zum Außenhandelssaldo“ gibt ein Signal in zweierlei Richtung: Zum einen zeigt ein positives

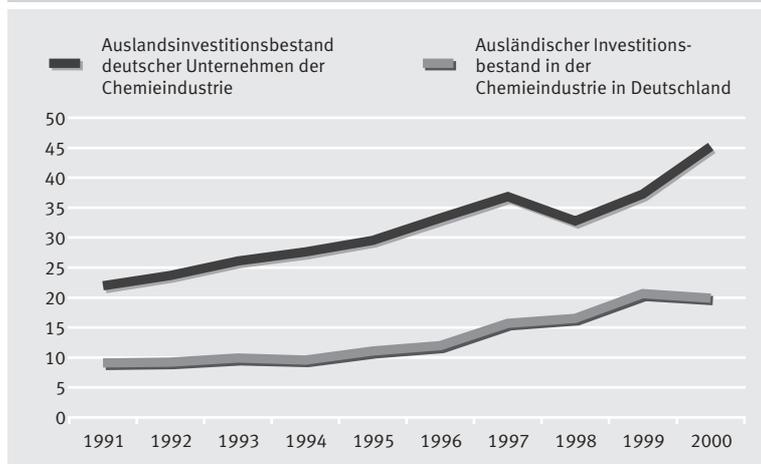
**Abb. 4-4: Inlands- und Auslandsinvestitionen der deutschen Chemieunternehmen 1980-2000**  
Sachanlageinvestitionen in Mrd. € zu laufenden Preisen (ohne Pharma)



\* ab 1991: inklusive Neue Länder

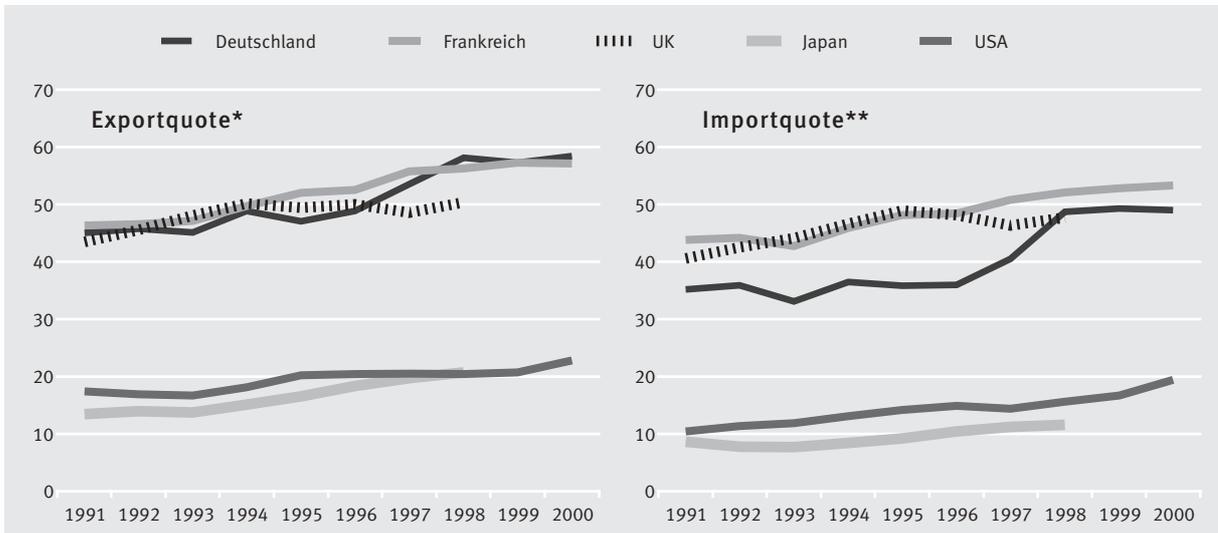
Quelle: Statistisches Bundesamt, VCI

**Abb. 4-5: Bestand an Auslandsinvestitionen der deutschen Chemieunternehmen und Bestand an ausländischen Investitionen in der Chemieindustrie in Deutschland 1991-2000 (in Mrd. €)**



Quelle: Deutsche Bundesbank.

Abb. 4-6: Export- und Importquoten der Chemieindustrie 1991-2001 im internationalen Vergleich (in %)



\* Anteil der Exporte an der Produktion; \*\* Anteil der Importe an der Inlandsnachfrage  
 Quelle: STAN-Datenbank, Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.1) – Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Vorzeichen an, welche Länder auf Chemierzeugnisse spezialisiert sind; Deutschland gehört uneingeschränkt 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 Außenhandelsüberschuss. Die zunehmende internationale Arbeitsteilung innerhalb der Chemieindustrie bedeutet jedoch neben der ständigen Ausweitung der Absatzmöglichkeiten auch ein erweitertes Angebot an

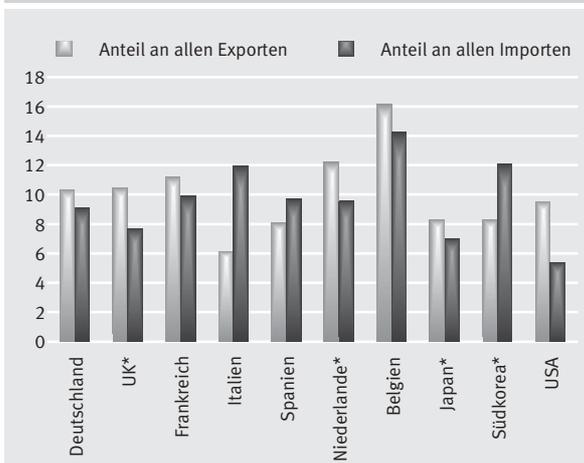
hochwertigen Chemiegütern auf dem Inlandsmarkt.

Deutschland ist also 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 etwas nach.

Die starke Stellung der deutschen Chemieindustrie am Weltmarkt kommt auch beim „Revealed Comparative Advantage“ (RCA) – einem Maß für die Außenhandelspezialisierung – zum Ausdruck: Insbesondere bei forschungsintensiven Chemierzeugnissen ist der Exportanteil der Chemie deutlich höher

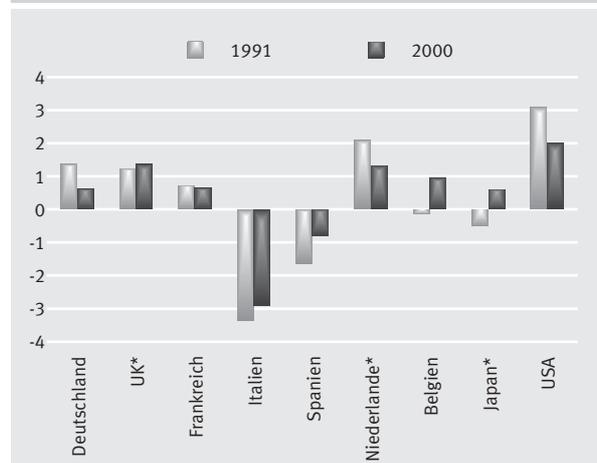
Abb. 4-7: Bedeutung der Chemie für den Außenhandel im Jahr 2000

Anteil der Exporte und Importe an Chemiewaren an den gesamten Exporten bzw. Importen (in %)



\* 1999  
 Quelle: OECD (STAN-Datenbank) – Berechnungen des NIW.

Abb. 4-8: Beitrag der Chemie zum Außenhandelsaldo 1991 und 2000 (in %)



\* 1999  
 Quelle: OECD (STAN-Datenbank) – Berechnungen des NIW.

her als der Importanteil. Herausragend ist die Exportspezialisierung der forschungsintensiven Chemieindustrie im Sektor Synthesekautschuk/Kunststoffe, bei Farbstoffen/Farben, bei Pflanzenschutzmitteln und anorganischen Grundstoffen. Aber auch bei weniger forschungsintensiven Chemiewaren ist die Spezialisierung positiv. Insgesamt erreicht Deutschland mit 15 % um knapp 2,5 Prozentpunkte höhere Welthandelsanteile mit Chemiewaren, als die deutsche Industrie bei Industriewaren insgesamt verbuchen kann.

Allerdings konnte der forschungsintensive Sektor der Chemieindustrie in den 90er Jahren nicht mehr so gut wie andere Branchen in Deutschland ausländischen Konkurrenten auf dem Inlandsmarkt Paroli bieten. Der RCA-Wert ging – vor allem aufgrund zunehmenden Importdrucks – deutlich zurück. Dies betrifft insbesondere die anorganische und organische Grundstoffchemie sowie die Farben- und Lackindustrie. Spezialchemikalien, Pflanzenschutz sowie Synthesekautschuk/Kunststoffe haben sich in dieser Hinsicht in den 90er Jahren besser behaupten können.

### 4.3. Unternehmensstruktur

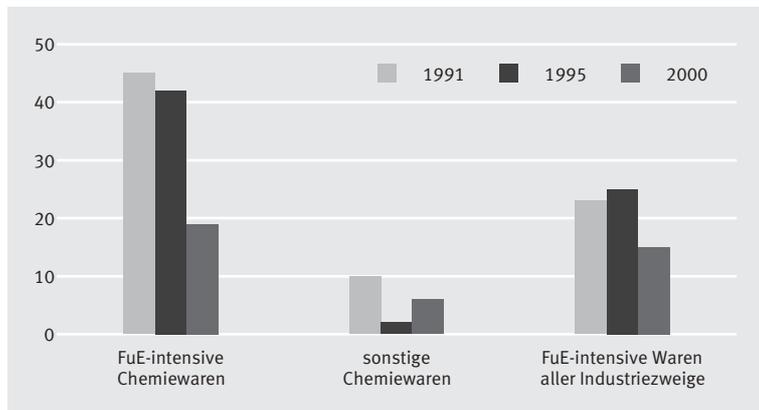
Die chemische Industrie ist großbetrieblich strukturiert, nicht nur in Deutschland, sondern weltweit. Die Nutzung von Größen- und Verbundvorteilen – insbesondere bei der Herstellung und Verarbeitung von chemischen Grundstoffen und Vorprodukten – verlangt nach einer Produktion in großen Einheiten. Folglich fällt auch der größte Teil des Umsatzes auf Großbetriebe mit über 500 Beschäftigten, nämlich 60 % des Chemieumsatzes. Trotzdem dürfen die kleinen und mittelgroßen Unternehmen (KMU) nicht außer Acht gelassen werden: Sie stellen nicht nur einen relevanten Teil der Produktion, sie öffnen auch neue Marktnischen und sind in vielen Spezialanwendungen Innovationstreiber.

Mit der großbetrieblichen Ausrichtung geht einher, dass die Unternehmensstruktur in der deutschen Chemieindustrie von großen Konzernen dominiert wird. Vom Gesamtumsatz der deutschen Chemieunternehmen von ca. 115 Mrd. € (2001, nur Chemie-Produkte ohne Pharma) entfallen allein 65 % auf die fünf größten Unternehmen BASF, Bayer, Henkel, Degussa und Celanese (der Hoechst-Nachfolger in der Grundstoff- und Spezialitätenchemie). 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 Rei-

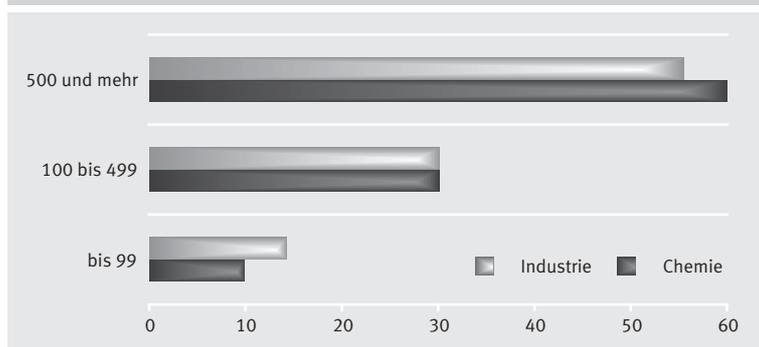
**Abb. 4-9: Außenhandelsspezialisierung der Chemieindustrie in Deutschland: RCA-Werte 1991, 1995 und 2000**

Revealed Comparative Advantage (RCA): Positives Vorzeichen bedeutet, dass Export-Import-Relation bei dieser Produktgruppe höher ist als bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt



Quelle: OECD: International Trade By Commodity Statistics (Rev. 3, 2001) – Berechnungen des NIW.

**Abb. 4-10: Verteilung des Umsatzes nach Betriebsgrößen<sup>a)</sup> in der Chemieindustrie und der Industrie insgesamt (in %)**



a) auf Basis von Werten für September 2000

Quelle: Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, Reihe 4.1.2) – Berechnungen des ZEW.

he mit: Unter den zehn 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) inne hatten, jüngst verloren. Im Jahr 2001 stand erstmals seit langem kein deutsches Unternehmen an erster Stelle der Chemie-Rangliste.

Missst man das weltweite Gewicht der deutschen Chemieindustrie nicht am Anteil der Produktion, die in Deutschland stattfindet, sondern am weltweiten Umsatzanteil der deutschen Chemiekonzerne, so verdoppelt es sich fast: Während im Jahr 2000 7,5 % der Weltchemieproduktion (hier: inklusive Pharma) auf Deutschland entfiel, sind die deutschen Chemieunternehmen (inklusive Pharma) für gut 11,5 % 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

Tab. 4-2: Die weltweit 10 größten Unternehmen<sup>a)</sup> der Chemieindustrie 1986, 1990, 1995, 2001

| Rang | 1986            |       | 1990             |       | 1995             |    | 2001            |       |
|------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|----|-----------------|-------|
| 1    | BASF            | DE    | Hoechst          | DE    | Hoechst          | DE | Dow Chemical    | US    |
| 2    | Bayer           | DE    | Bayer            | DE    | BASF             | DE | Du Pont         | US    |
| 3    | Hoechst         | DE    | BASF             | DE    | Bayer            | DE | BASF            | DE    |
| 4    | Du Pont         | UK    | ICI              | UK    | Du Pont          | US | Bayer           | DE    |
| 5    | ICI             | US    | Du Pont          | US    | Dow Chemical     | US | TotalFinaElf    | FR    |
| 6    | Dow Chemical    | US    | Procter & Gamble | US    | Ciba-Geigy       | CH | Exxon/Mobil     | US    |
| 7    | Ciba-Geigy      | CH    | Dow Chemical     | US    | Mitsubishi Chem. | JA | Shell Chemicals | UK/NL |
| 8    | Montedison      | US    | EastmanKodak     | US    | Rhône-Poulenc    | FR | Degussa         | DE    |
| 9    | Shell Chemicals | UK/NL | Unilever         | NL/UK | Merck & Co       | US | BP Chemicals    | UK    |
| 10   | Rhône-Poulenc   | FR    | Rhône-Poulenc    | FR    | ICI              | UK | ICI             | UK    |

a) gemessen am Umsatz mit Chemieprodukten (ohne Pharma und ohne Reinigungs- und Pflegemittel) in Euro.  
Quelle: CWD, VCI

Marktanteile innerhalb der vergangenen zehn Jahre weitgehend halten.

Diese Behauptung der Weltmarktposition fand vor dem Hintergrund einer tiefgreifenden Umstrukturierung in der Branche statt, die auch an der Top-Ten-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 nach Sparten in selbstständige Unternehmen getrennt und teilweise über Ländergrenzen hinweg fusioniert (z. B. ICI, Hoechst, Rhône-Poulenc, Ciba-Geigy, Sandoz).
- Die Konsumproduktehersteller (Reinigungs- und Pflegemittel, Kosmetika, Fotochemikalien) verloren sukzessive an Bedeutung innerhalb der Chemieindustrie.
- 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 Du Pont 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.

## Kapitel 5

Empfehlungen zur  
Sicherung des  
„Innovationsmotors Chemie“

## Empfehlungen zur Sicherung des „Innovationsmotors Chemie“

Die chemische Industrie ist in allen großen Industrieländern ein wesentlicher Eckpfeiler des Innovationssystems. Aus wissenschaftlicher Basis heraus 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. Die chemische Industrie rangiert im Substitutionswettbewerb ganz weit vorne und ist eine der treibenden Kräfte des Wachstums. 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.

Ein hoher Stand der Wissenschaft ist unabdingbar für die chemische Industrie in Deutschland. Zwar hält sie große eigene FuE-Kapazitäten und produziert im internationalen Vergleich auch ausgesprochen forschungsintensiv. Sie ist aber gleichzeitig wie kaum eine andere Branche in Innovations- und Wissenschaftsnetzwerke eingebunden und legt auf Kooperationen mit der Forschung in Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen hohen Wert. Kooperationen werden auch deswegen immer wichtiger, weil sich die Forschung in der deutschen Chemieindustrie von einer mittelfristigen, strategischen Orientierung partiell abwendet und eine eher an kurzfristigen Umsetzungszielen orientierte technologische Entwicklung an Bedeutung gewinnt.

FuE ist in diesem Sinne effizienter geworden. Hierzu hat auch die hohe und weiterhin steigende Internationalisierung von FuE beigetragen. Der internationale Transfer von Wissen zwischen (verbundenen) Unternehmen ist ebenso wie der kontinuierliche (temporäre) Austausch von Wissenschaftlern zwischen öffentlichen und privaten Forschungseinrichtungen auch ein Mittel, um mit den nachteiligen Folgen des Nachwuchskräftemangels besser umgehen zu können.

Die Globalisierung hat die Möglichkeiten der Vermarktung von Produktinnovationen deutlich erhöht, sie hat allerdings auch den Konkurrenzkampf weiter angeheizt. Dieser spielt sich heute mehr zwischen und innerhalb von Konzernen ab als zwischen Volkswirtschaften. Eine Facette des steigenden Wettbewerbsdrucks ist neben der zunehmenden Konzentration der FuE-Mittel auf Großunternehmen die – zumindest auf mittelfristige Sicht – stark gestiegene Ausrichtung der Innovationstätigkeit in der chemischen Industrie auf die Senkung der Produktionskosten. Denn um Skalen- und Verbundvorteile zu nutzen und ressourceneffizient zu produzieren, kommt gerade hier der Produktion in großen Einheiten eine herausragende Rolle zu.

Wettbewerbsdruck und Prozessinnovationen führen gemeinsam zur laufenden relativen Verbilligung von Chemiewaren. Diese drückt zwar auf die Profitmargen der Chemieunternehmen, sie ist aber auch Triebkraft für Innovationen in anderen Branchen. Fallende Preise beschleunigen den Einsatz neuer Materialien aus der Chemie in anderen Anwendungsgebieten, sie fördern die Diffusion der Chemie-Innovationen in der Wirtschaft.

Beides – Produkt- und Prozessinnovationen – sind nicht nur für die chemische Industrie von enormer Bedeutung, sondern vor allem für den Standort Deutschland. Denn die meisten großen Unternehmen haben die Option der „Standortinnovation“. Umschichtungen in den FuE-Kapazitäten innerhalb der großen Chemie-Konzerne könnten Lücken in die Innovationsnetzwerke in Deutschland reißen, die möglicherweise so schnell nicht geflickt werden können.

Die chemische Industrie ist ein Eckpfeiler im deutschen Innovationssystem, 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. Hierzu mag auch beigetragen haben, dass noch nicht alles getan ist, um Innovationshemmnisse, die sich in der chemischen Industrie wie in kaum einer anderen Branche auswirken, aus dem Wege zu räumen.

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:

Ein starker Chemiestandort Deutschland erfordert hohe Investitionen in neue Produkte und effiziente Produktionsanlagen. Hier hat die deutsche Chemieindustrie – was die Inlandsinvestitionen betrifft – in den 90er Jahren wenig Dynamik gezeigt. Künftig sind verstärkte Investitionsanstrengungen notwendig, um die breite Angebotspalette zu erhalten. Hierfür sind die entsprechenden Rahmenbedingungen zu schaffen: Stärkung der gesamtwirtschaftlichen Wachstumskräfte, kritische Prüfung von Regulierungen im Umweltbereich hinsichtlich ihrer Innovationsanreize (so können z. B. der Emissionshandel und die EU-Chemikalienpolitik – je nach Ausgestaltung – die Bereitschaft der Chemieunternehmen, in effizientere Verfahren oder neue Produkte zu investieren, deutlich verringern) sowie generell die Schaffung von Anreizen für Investitionen. Ein konsequenter Abbau von un-

nötigen Innovationshemmnissen durch Gesetzgebung und Verwaltungshandeln sollte ohnehin weit oben auf der innovationspolitischen Agenda stehen.

Kontinuierlich hohe FuE-Anstrengungen sind die entscheidende Voraussetzung dafür, dass die Chemie ihre zentrale Rolle als Innovationsmotor auch in Zukunft wahrnehmen kann. Forschung und Innovation in der Chemie sind nicht nur für ihre eigene internationale Wettbewerbsfähigkeit maßgebend, sondern bilden die Grundlage für Innovationen in weiten Teilen der Industrie. Insofern trägt die Chemie als Querschnittstechnologie Verantwortung für das gesamte Innovationssystem. Die nachlassenden FuE-Anstrengungen Mitte der 90er Jahre haben den Innovationsmotor Chemie an Tempo gekostet. Den Konjunkturaufschwung Ende der 90er Jahre hat die Chemieindustrie wieder für höhere FuE-Investitionen genutzt. Diesen Weg gilt es, auch in konjunkturell weniger rosigen Zeiten fortzusetzen.

Eine starke Wissenschaft ist Voraussetzung für eine starke Chemie, insbesondere angesichts der starken FuE-Orientierung der deutschen Chemie. Daher braucht es eine Kontinuität in der wissenschaftlichen Chemieforschung ebenso wie eine weitere Verbesserung der Qualität und Attraktivität der Hochschulausbildung. Die vergangenen Jahre sahen einen merklichen Rückgang des Lehr- und Forschungspersonals an den chemischen Instituten der Hochschulen. Dieser Trend muss gestoppt werden, soll die langfristige Versorgung der chemischen Industrie mit neuen Forschungsergebnissen und mit hoch qualifizierten Fachkräften nicht in Gefahr geraten. Zur Überwindung akuter Engpässe in beiden Bereichen – in der wissenschaftlichen Forschung an der Universität und in der industriellen FuE – sollte der Personalaustausch zwischen Industrie und FuE-Einrichtungen intensiviert werden. Hier kann

auf die bestehenden, informellen Netzwerke zwischen Chemieunternehmen und Hochschulen zurückgegriffen werden.

Für die Verbreitung neuer Materialien aus der Chemie ist die Akzeptanz von Chemieprodukten in der Bevölkerung ein entscheidender Faktor. Vermittelt über die Kunden der Chemie gelangen neue Chemiematerialien letztlich an die Endverbraucher – sei es im Haushalt, in der Bekleidung, bei Freizeitdienstleistungen und -produkten, im Mobilitätsbereich oder im Wohnungsbau. Ist die Präferenz der Konsumenten zur Anwendung von Produkten auf Basis von (neuen) Chemiematerialien niedrig, bremst dies auch die Diffusion von Chemie-Innovationen. Zur Förderung der Akzeptanz der Chemieprodukte ist ein fundierter und anregender Chemieunterricht in der Schule ebenso notwendig wie eine verbraucherorientierte Produktpolitik, die Anforderungen der Konsumenten bezüglich Produktinformation und Wiederverwertbarkeit entsprechend berücksichtigt.

Trotz der zentralen Rolle der Chemie für das deutsche Innovationssystem darf die internationale Perspektive nicht aus dem Blickfeld geraten: Die deutsche Chemie ist in hohem Maß international ausgerichtet. Dies ist ein Standortvorteil, denn dadurch können die Unternehmen rasch neue Trends – wo immer diese entstehen – wahrnehmen und Chemie-Innovationen an den unterschiedlichen Anforderungen der Kunden in den verschiedenen Weltregionen ausrichten. Gleichzeitig sichert die weltweite Marktpräsenz die Ausbreitung von Innovationen, die im deutschen oder europäischen Markt erprobt wurden, und fördert so den Exporterfolg. Die Internationalisierung ist deshalb konsequent fortzusetzen, insbesondere in Richtung der expandierenden und bei vielen Chemieanwendungen neue Trends setzenden Märkte Südostasiens und Nordamerikas.