

INNOVATIONSINDIKATOREN CHEMIE 2018

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

ZEW

Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover

CWS Center für Wirtschaftspolitische Studien

Mannheim und Hannover, Oktober 2018

Innovationsindikatoren

Chemie 2018

Schwerpunktthema: Digitalisierung

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

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (ZEW)

Center für Wirtschaftspolitische Studien (CWS)

Mannheim und Hannover, Oktober 2018

Innovationsindikatoren Chemie 2018

Dieser Bericht setzt die regelmäßige Darstellung der Innovationsleistung der deutschen Chemieindustrie fort. Er stellt anhand ausgewählter Indikatoren aktuelle Entwicklungen und Trends bei Forschung und Innovation im Wissenschafts-, Technologie- und Industriefeld Chemie dar.

Die Chemieindustrie ist in diesem Bericht wie folgt abgegrenzt:

- **Industrie:** Herstellung von Chemikalien (Abteilung 20 der Wirtschaftszweigsystematik 2008)
- **Wissenschaft:** Fachgruppe/Studienbereich 40 („Chemie“) der Systematik der Fächergruppen, Studienbereiche und Studienfächer; für Publikationen: SCI-Search Kategorien „chemistry“ (ohne „clinical“ oder „medical“), „electrochemistry“, „polymer“, „engineering + chemical“
- **Technologie:** IPC-Klassen A01N, A01P, C05*, C06*, C09B, C09C, C09F, C09G, C09H, C09K, C09D, C09J, C10B, C10C, C10F, C10G, C10H, C10J, C10K, C10L, C10M, C10N, C11B, C11C, C11D, C99Z, C08B, C08C, C08F, C08G, C08H, C08K, C08L, B01B, B01D-00*, B01D-01*, B01D-02*, B01D-03*, B01D-041, B01D-043, B01D-057, B01D-059, B01D-06*, B01D-07*, B01F, B01J, B01L, B02C, B03*, B04*, B05B, B06B, B07*, B08*, D06B, D06C, D06L, F25J, F26*, C14C, H05H sowie C07B, C07C, C07D, C07F, C07H, C07J, C40B sofern nicht auch A61K vorliegt

Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Dokument für Personenbezeichnungen der Einfachheit halber nur die männliche Sprachform verwendet. Die weibliche Sprachform ist selbstverständlich immer mit eingeschlossen.

Kontakt und weitere Informationen:

Dr. Birgit Gehrke
Center für Wirtschaftspolitische Studien (CWS)
Leibniz Universität Hannover
Königsworther Platz 1, 30167 Hannover
Tel: +49 (0) 511 762 14592
Tel: +49 (0) 511 762 4574
E-Mail: gehrke@cws.uni-hannover.de

Dr. Christian Rammer
Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung (ZEW)
L 7,1 – D-68161 Mannheim
Tel: +49 (0) 621 1235 184
Fax: +49 (0) 621 1235 170
E-Mail: rammer@zew.de

Innovationsleistung der Chemie und Herausforderungen der Digitalisierung

Aktuelle Trends bei Forschung und Innovation

- Die FuE-Ausgaben der Unternehmen der deutschen Chemieindustrie stiegen 2016 leicht (+1,5 %) auf 4,25 Mrd. € an. Für 2017 ist eine deutlichere Ausweitung (+2,9 %) geplant. Damit bleibt die Chemieindustrie deutlich hinter dem stark ansteigenden Trend der deutschen Industrie insgesamt zurück. Von den gesamten FuE-Ausgaben der deutschen Industrie entfallen 6,2 % auf die Chemie.
- Im internationalen Vergleich weist die deutsche Chemieindustrie eine hohe FuE-Intensität auf. Von den großen Chemienationen wird - in Relation zum Umsatz der Chemieindustrie - nur in Japan und der Schweiz mehr für FuE aufgewendet. Maßgebend für die hohe FuE-Intensität sind die FuE-Ausgaben der großen Unternehmen. Die 15 größten deutschen Chemieunternehmen waren 2017 für gut 14 % der weltweiten FuE-Ausgaben in der Chemie verantwortlich. Ihre weltweiten FuE-Ausgaben steigen seit 2010 kontinuierlich und schneller als ihr Umsatz an.
- Die Innovationsausgaben der deutschen Chemieindustrie, die neben FuE auch markt- und umsetzungsnahe Ausgaben umfassen, gingen 2016 leicht zurück. Sie sollen den Planungen der Unternehmen zufolge 2017 und 2018 aber deutlich ansteigen.
- Der Anteil der kleinen und mittleren Chemieunternehmen, die Innovationsaktivitäten durchführen, ging 2016 im zweiten Jahr in Folge zurück - ein Trend, der bis 2018 anhalten soll. Gleichwohl ist der Anteil der innovativ tätigen Chemieunternehmen höher als in jeder anderen Industriebranche und der höchste in der europäischen Chemieindustrie. Besonders hoch ist dabei der Anteil der Unternehmen, die intern FuE betreiben.
- Die Anzahl der Patentanmeldungen im Technologiefeld Chemie durch Erfinder aus Deutschland zeigt seit langem einen rückläufigen Trend. 2016 dürfte es erstmals seit 2007 wieder zu einem Anstieg kommen, der den starken Rückgang aus dem Vorjahr aber nicht wettmacht. Der Anteil Deutschlands an allen Patentanmeldungen in der Chemie ging von 18 % (2005) auf 12 % (2016) zurück. Der Rückgang betraf alle Chemie-sparten.
- Auch bei den Innovationserfolgen zeigen die Indikatoren am aktuellen Rand nach unten, und zwar sowohl beim Umsatzanteil mit neuen Produkten als auch bei den Kosteneinsparungen durch Prozessinnovationen. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland beim Umsatzanteil neuer Produkte zwar in der oberen Hälfte, jedoch deutlich hinter Großbritannien und Dänemark. Im Vergleich zu anderen Branchen ist der Umsatzanteil neuer Produkte in der Chemieindustrie gering, was u.a. an langen Produktzyklen und Anlaufzeiten liegt.
- Die Exporte von forschungsintensiven Chemiewaren aus Deutschland haben 2017 kräftig zugenommen und einen neuen Höchstwert erreicht. Gleichzeitig stiegen auch die Importe von forschungsintensiven Chemiewaren merklich an, sodass sich beim Saldo nur ein leichtes Plus ergab. Der Welthandelsanteil Deutschlands bei forschungsintensiven Chemiewaren lag 2017 bei 8,3 %. Dies ist Platz drei Hinter den USA und China.
- Die Chemieindustrie beschäftigte 2016 insgesamt 21.670 Personen (in Vollzeitstellen) im Bereich Forschung und Entwicklung. Dies bedeutet, dass 6,8 % aller Beschäftigten in der Chemieindustrie im Bereich FuE tätig waren. Dieser Wert liegt deutlich über dem Industriedurchschnitt von 5,3 %. Die Zahl des FuE-Personals in der Chemieindustrie hat sich in den vergangenen zehn Jahren nur wenig verändert.
- Die Anzahl der in der Chemieindustrie beschäftigten Akademiker stieg 2017 im fünften Jahr in Folge an und lag um ein Drittel über dem Wert aus 2012. Der Anteil der Hochqualifizierten insgesamt (Akademiker und Meister/Techniker) an allen Beschäftigten lag 2017 bei 33 %.
- Im Fachgebiet Chemie waren im Jahr 2016 an Hochschulen in Deutschland mehr als 10.500 Wissenschaftler (Lehr- und Forschungspersonal) beschäftigt. Gegenüber dem Vorjahr blieb diese Zahl nahezu unverändert. In staatlichen Forschungseinrichtungen waren knapp 3.500 Wissenschaftler im Bereich Chemie tätig. Rund 40 % des wissenschaftlichen Personals in der Chemie an Hochschulen ist über Drittmittel finanziert. In den vergangenen zehn Jahren stieg diese Quote um rund 15 Prozentpunkte an.
- Die Anzahl der wissenschaftlichen Chemie-Publikationen von Autoren in Deutschland betrug im Jahr 2017 rund 14.500. Das sind 6,2 % der weltweiten wissenschaftlichen Chemie-Publikationen. Während der Anteil Deutschlands seit 2005 (7,5 %) nicht stark zurückging, mussten die USA und Japan deutliche Einbußen hinnehmen. Größte Publikationsnation in der Chemie ist seit einigen Jahren China (Anteil 2017: 32 %).
- Die Studienanfängerzahl sowie die Anzahl der Master- und Diplomabschlüsse in den Chemiefächern an deutschen Hochschulen blieben 2017 auf dem hohen Niveau des Vorjahres. Bei den Bachelorabsolventen scheint der leicht rückläufige Trend der letzten Jahre zum Stillstand gekommen zu sein. Die Anzahl der neu Promovierten in der Chemie erreichte 2017 einen neuen Höchstwert.
- Die Zahl der neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge in Chemieberufen blieb seit 2011 entgegen dem allgemein rückläufigen Trend in Deutschland auf hohem Niveau. Vor allem bei Chemieproduktionsberufen wurden die Ausbildungsanstrengungen deutlich ausgeweitet.

Digitalisierung: Herausforderungen und Handlungsbedarf

Die Digitalisierung hat für die Chemieindustrie aus mehreren Gründen eine herausragende Bedeutung:

- Der Einsatz digitaler Technologien erlaubt neue Forschungsansätze in der Chemie, wie Simulationsansätze zur Eingrenzung des Lösungsraums bei der Suche nach neuen Formulierungen oder die Analyse von unstrukturierten Massendaten mit Hilfe von künstlicher Intelligenz.
- Digitale Technologien versprechen wesentliche Produktivitätsgewinne in einer Branche, die auf Basis der etablierten Fertigungstechnik bei bereits hoch-optimierten Anlagen kaum noch weitere Effizienzsteigerungen erzielen kann. Zentrale Ansätze sind dabei u.a. ein digitales Supply-Chain-Management, modulare Anlagen sowie ein digitales Anlagenmanagementsystem.
- Neue digitale Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle sind eine wesentliche Quelle für Innovationen auch in der Chemieindustrie. Besonders groß sind die Potenziale im B2C-Bereich, etwa bei Reinigungs- und Pflegemitteln oder Kosmetika. Hier lassen sich z.B. durch eine Integration von Chemieprodukten und Nutzerdaten kundenspezifische Lösungen realisieren. Aber auch im B2B-Geschäft bieten sich viele neue Innovationsmöglichkeiten, wie z.B. die Preisverrechnung anhand des - mittels digitaler Technologien optimierten - Ergebnisses (z.B. der durch Pflanzenschutzmittel versorgten Fläche) oder Betreibermodelle für den Einsatz von Chemieprodukten bei Kunden.
- Digitale Plattformen verändern auch in der Chemieindustrie den Wettbewerb. Dies gilt insbesondere für Handelsplattformen.

Die Nutzung dieser Chancen erfordert Veränderungen in den Unternehmen, bei den Beschäftigten, in der Wissenschaft und in der Politik. Wichtige Themen sind:

- Sicherheitsaspekte: Datenschutz und Datensicherheit stellen neue Herausforderungen dar, die Änderungen in den IT-Systemen, beim Austausch von Daten mit Geschäftspartnern und in der Datengenerierung und Datenspeicherung notwendig machen. Für KMU stellen diese Themen besondere Schwierigkeiten dar.
- IT-Infrastruktur: Für die optimale Nutzung von Digitalisierung sind zunächst erhebliche Investitionen in die IT-Infrastruktur (Hard- und Software) und die Reorganisation von IT-Systemen nötig, weshalb v.a. KMU oft davon Abstand nehmen. Informations- und Awarenessmaßnahmen sowie die Entwicklung von KMU-kompatiblen Technologien, können zu einer schnelleren Verbreitung und Nutzung auch bei KMU beitragen.
- IT-Kompatibilität: Integrierte digitale Wertschöpfungsnetzwerke setzen einheitliche Schnittstellen, gemeinsame Datenstandards und oft auch die Offenheit von Software-Tools voraus. Als Hemmnis wirken derzeit Probleme bei der Nutzung verschiedener digitaler (Software-)Werkzeuge, hohe Kosten bei der Pflege von Modellen und ein großer Bestand an nur unzureichend digitalisierten Altanlagen.
- Digitale Plattformen: Die Entwicklung digitaler, nutzerfreundlicher und innovative Plattformen in der Chemieindustrie erfordert ein Höchstmaß an Transparenz und Offenheit, ermöglicht aber gleichzeitig die Erschließung neuer Kundengruppen sowie die Abgrenzung gegenüber Wettbewerbern aus der digitalen Wirtschaft.
- Open Innovation: Die Öffnung von Innovationsprozessen verlangt nach neuen Organisations- und Kooperationsformen, auch was die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft betrifft.
- Digitalisierungsstrategie: Die Unternehmen benötigen ein umfassendes Konzept, wie sie Digitalisierung in allen Funktionsbereichen und externen Beziehungen umsetzen können.

Eine der größten Herausforderungen des digitalen Wandels ist die Vermittlung der benötigten digitalen Kompetenzen in der Aus- und Weiterbildung. Dies gilt auch für die Chemie. Die Basis ist im öffentlichen Bildungssystem zu schaffen:

- Die Schulen sind für eine digitale Grundbildung verantwortlich. MINT-Fächer sollten modern und praxisnah unterrichtet werden. Digitale Kompetenzen sind sowohl fachlich, als auch methodisch-didaktisch, im Curriculum zu verankern; gleichzeitig sind Schulen besser mit digitalen Lehrmitteln auszustatten und damit verbundene digitale Lehr- und Lernkonzepte zu fördern. Der DigitalPakt Schule aus dem Jahr 2017 ist konsequent umzusetzen - die beruflichen Schulen müssen hiervon gleichberechtigt profitieren.
- In der beruflichen Bildung besteht ein erheblicher Unterstützungsbedarf bei den Berufsschulen. Damit diese nicht den Anschluss an die Betriebspraxis verlieren, sind umfangreiche Investitionen in die Infrastruktur, mehr Fachpersonal sowie die Qualifizierung der Lehrkräfte notwendig. In diese Richtung geht auch die Forderung von BAVC und VCI, dass Bund und Länder eine gemeinsame Exzellenz-Initiative „Berufliche Bildung“ zur Förderung ausgewählter Leuchtturmprojekte schaffen sollen.
- An den Hochschulen sollten in die Curricula von Chemikern/Chemieingenieuren sowie von MINT-Lehrern digitale und informationstechnische Inhalte stärker verankert werden.
- Die Unternehmen sollten sich mit den Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung vorausschauend auseinandersetzen. Top-Themen im Bereich Arbeiten 4.0 sind derzeit zeit- und ortflexibles Arbeiten, Qualifizierung und Gesundheit sowie Datenschutz.

Innovation in Chemistry and Challenges of Digitalisation

Recent Trends in Research and Innovation

- Business R&D expenditure in the German chemical industry grew moderately (+1.5%) to €4.25 billion in 2016. For 2017, firms planned a stronger increase (+2.9%). The dynamics in the chemical industry fall short of the strong growth of R&D expenditure in the German manufacturing sector. The share of the chemical industry in total R&D expenditure of German manufacturing stands at 6.2%.
- By international standards, the chemical industry in Germany is characterised by a high R&D intensity. Among the nations with a significant chemical industry, only the chemical industries of Japan and Switzerland spent more on R&D when related to the industry's total sales. The high R&D intensity in Germany is strongly driven by large corporations. In 2017, the 15 largest chemical companies headquartered in Germany spent about 14% of the R&D expenditure of the global chemical industry. R&D in these companies grew steadily since 2010, and at a higher pace than sales.
- Innovation expenditure of the chemical industry in Germany include, in addition to R&D, also close-to-market expenditure. In 2016, total innovation expenditure slightly declined. According to company plans, 2017 and 2018 will see a significant increase in these expenditure, however.
- The share of small and medium-sized chemical enterprises (SMEs) conducting innovation activities was decreasing in 2016 in the second consecutive year and is likely to decrease further until 2018. Nevertheless, the share of innovation active firms in the chemical industry is higher than in any other sector in Germany and the highest within the European chemical industry. Particularly high is the share of firms conducting in-house R&D.
- The number of patent applications in the field of chemistry by inventors from Germany is showing a decreasing trend for a number of years. 2016 may be the first year since 2007 that patent applications will grow, though not enough to compensate for the strong decline in 2015. The share of Germany in all patent applications in chemistry went down from 18% (2005) to 12% (2016). This decline can be seen in all sections of chemistry.
- Indicators on innovation success are also showing a downward trend in recent years. This holds both for the sales share of product innovations and for cost savings owing to process innovation. Compared to other European countries, the German chemical industry reports an above-average sales share of product innovations, though this share clearly falls behind the one of the UK and Danish chemical industries. In contrast to many other sectors, new product sales share in the chemical industry are rather low, reflecting long product cycles and start-up times for new products.
- Exports of R&D intensive chemical goods out of Germany substantially increased in 2017 to a new record level. At the same time, imports of R&D intensive chemical goods also went up, resulting only in a slightly positive trade balance. Germany's share in global trade of R&D intensive chemical goods was 8.3% in 2017, putting Germany on position three, following the U.S. and China.
- In 2016, the chemical industry in Germany employed 21,760 persons (at full-time equivalents) in research and development, which is 6.8% of total chemical employment. This indicator is well above the average value in German manufacturing (5.3%). The number of R&D personnel in the chemical industry did not change much over the past ten years.
- The number of university graduates employed in the chemical industry grew in 2017 for the fifth year in a row and exceeded the level of 2012 by a third. The share of highly qualified personnel (which includes graduates, master craftsmen and technicians) in total employment was 33% in 2017.
- More than 10,500 scientists were working in the field of chemistry at German universities in 2017, either as researchers or lecturers. Compared to 2016, this figure did not change significantly. Public research institutes, employ another 3,500 scientists in the field of chemistry. About 40% of total scientific staff at universities are funded by third-party funds. This share went up by 15 percentage points over the past ten years.
- The number of scientific publications in the field of chemistry by authors from Germany was about 14,500 in 2017. This figure corresponds to 6.2% of global scientific publications in chemistry. The German share in total publication output fell from 7.5% in 2005. Other countries like the U.S. and Japan experienced a much sharper decline, however. China reports by far the largest share in all scientific publications in chemistry (2017: 32%).
- The number of first-year students in chemistry at German universities as well as the number of graduates (M. Sc. and diploma) in chemistry remained at a high level in 2017. The number of B. Sc. graduates, which declined in recent years, did not fall further. The number of new doctoral degrees in chemistry was at a new all-time high in 2017.
- The number of newly signed vocational training contracts in chemical occupations remained at a high level despite the downward trend in other occupations in Germany. A strong increase was observed for occupations related to chemical production activities.

Digitalisation: Challenges and Need for Action

Digitalisation is of utmost importance for the chemical industry for several reasons:

- The use of digital technologies enables new types of chemical research, including simulation methods for delineating the solution space when searching for new formulations or the analysis of unstructured mass data using artificial intelligence.
- Digital technologies have a great potential to further increase productivity in an industry that is running highly efficient operations and for which further efficiency gains are difficult to obtain based on traditional production engineering techniques. Important approaches include digital supply chain management, modular plant systems and a digital asset management system.
- New digital products, services and business models are a main source for innovation in the chemical industry. Digitalisation applications in B2C offer great opportunities by integrating chemical products and user data for offering customer-specific solutions, e.g. for detergents, care products and cosmetics. There are also many innovation opportunities in B2B, including new pricing models for pesticides and agrochemical products (e.g. pricing based on the area supplied with plant protection products, optimisation of pesticide output using digital data and technology) as well as operator models for the use of chemicals at customer sites.
- Digital platforms change competition also in the chemical industry. This is particularly true for trading platforms.

Exploring and exploiting the digital opportunities require changes in firms, among employees, in science system, and in policy. The following issues are particularly important:

- Security: Data protection and data security are new challenges that call for modifications of IT systems and new approaches for exchanging data with business partners, and for generating, recording and saving data. SMEs are facing special challenges when dealing with these changes.
- IT infrastructure: For using the opportunities of digitalisation in an optimal way, substantial investment in a firm's IT infrastructure (both hardware and software) is needed. Many SMEs refrain from such investment and corresponding re-organisations of their entire IT system. Raising awareness, providing information services and developing technologies tailor-made to the specific situation in SMEs can contribute to a faster diffusion of digitalisation in SMEs.
- IT interoperability: Digitally integrated value chains require standardised interfaces, common data standards and openness of software. Problems when using different digital tools, high cost of maintaining digital modelling and a large stock of insufficiently digitalised existing facilities act as barriers for a rapid and comprehensive digitalisation.
- Digital platforms: Developing digital, user-friendly and innovative platforms in the chemical industry calls for a high level of transparency and openness, but promises access to new customer groups and allows to better differentiate from offers by competitors from the digital economy.
- Open innovation: Opening innovation processes to external partners must be accompanied by new organisational forms and new ways of cooperation between industry and science.
- Digital strategies: Firms need a comprehensive approach, how digitalisation can be used both in all functional areas of the firm, and in external relations.

Digital skills are a key challenge for meeting the challenges of digital change. This also applies to the chemical industry. Education and training of employees are critical in this respect.

- Schools need to provide a basic education in digitalisation. STEM disciplines need to be taught in a modern and practical way. Delivering digital capabilities has to become part of curricula while schools have to be equipped with digital learning tools and adequate didactic approaches towards digitalisation. The 'DigitalPakt Schule' presented in 2017 should be fully implemented, including vocational colleges.
- In vocational training, schools require special support in order to keep pace with changes in firms and business practices. Substantial investment in infrastructure and new qualified teachers as well as further education of teachers is needed. Against this background, BAVC and VCI demand a joint initiative of excellence for vocational education by the Federal and the State governments that will fund selected beacon projects.
- At universities, curricula for chemists and chemical engineers, as well as education programmes for STEM teachers, should be extended towards digital and information engineering contents.
- Firms are required to deal with the opportunities and challenges of digitalisation in a pro-active anticipatory way. Key issues of 'Work 4.0' include flexible working (both across time and places), qualification and health, and data protection.

Inhalt

Innovationsleistung der Chemie und Herausforderungen der Digitalisierung	1
Innovation in Chemistry and Challenges of Digitalisation	3
1 Studienanfänger und Studienabsolventen	6
2 Lehr- und Forschungspersonal in der Wissenschaft	7
3 Wissenschaftliche Publikationen	8
4 Berufliche Bildung im MINT-Bereich	9
5 Beschäftigung von hochqualifiziertem Personal	10
6 FuE-Ausgaben und FuE-Personal der Wirtschaft	11
7 FuE-Ausgaben der größten Chemieunternehmen	12
8 Innovationsausgaben	13
9 Innovations- und Forschungsorientierung der Unternehmen	14
10 Patentanmeldungen	15
11 Innovationserfolge	16
12 Außenhandel mit forschungsintensiven Waren	17
Schwerpunktthema: Digitalisierung	18
Verbreitung von Digitalisierungsanwendungen	18
Relevanz der Digitalisierung für die Chemieindustrie	20
Digitale Geschäftsmodelle und Plattformen	21
Digitalisierung in der Produktion	22
Digitalisierung in der Forschung	23
Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung	24
Herausforderungen der Digitalisierung	25

1 Studienanfänger und Studienabsolventen

Studienanfänger und Hochschulabsolventen der Fachrichtung Chemie sowie anderer naturwissenschaftlich-technischer Fachrichtungen bilden einen wesentlichen Teil des Fachkräftpotezials, das für die Durchführung von Forschungs- und Innovationsprojekten in der Chemieindustrie notwendig ist.

Gemäß Hochschulstatistik haben im Jahr 2016 mit 2,0 % aller Studienanfänger in Deutschland ein Chemiestudium aufgenommen. Der Anteil von Chemie-Absolventen an allen Studierenden, die ein Erststudium erfolgreich abgeschlossen, liegt mit 1,5 % darunter. Damit sind die Anteile der Chemie etwas niedriger als in der Biologie, aber höher als in der Physik.

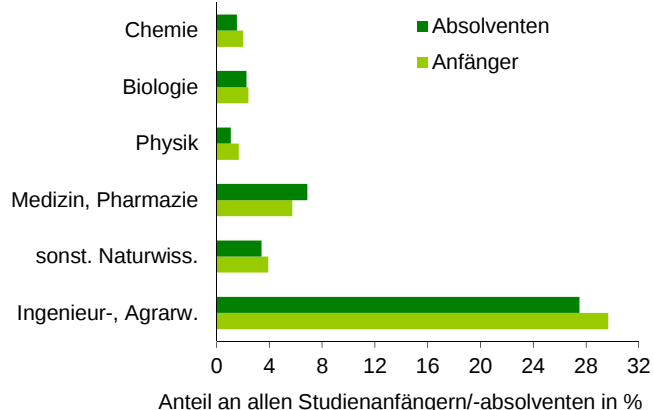
In der Chemie ist die Zahl der Studienanfänger seit 2005 merklich gestiegen, bleibt jedoch in der Dynamik – ähnlich wie die übrigen Naturwissenschaften – klar hinter den technischen Disziplinen sowie Medizin/Pharmazie zurück. Die Zahl der Erstabsolventen (i.W. Bachelor) hat sich von 2005 bis 2014 annähernd verdoppelt, ging 2015 und 2016 aber wieder zurück.

Aktuellere Angaben der GDCh-eigenen Erhebung deuten darauf hin, dass sich dieser rückläufige Trend bei den Bachelorabsolventen 2017 (4.430) nicht mehr fortgesetzt hat. Zudem wird der verfügbare Nachwuchs für Wirtschaft und Forschung vorwiegend von der Zahl der Diplom- und Masterabschlüsse bestimmt, weil die Bachelorabsolventen zumeist direkt ein Masterstudium anschließen. Mit ca. 4.140 Diplom- und Masterabsolventen 2017 wurde der Spitzenwert des Vorjahres (4.100) leicht übertroffen.

In den klassischen Naturwissenschaften und besonders in der Chemie spielt wissenschaftliche Weiterqualifizierung über Promotionen eine große Rolle. Im Jahr 2017 wurden 2.325 Personen in Deutschland im Fach Chemie promoviert. Das sind über 50 % mehr als zehn Jahre zuvor. In der Chemie lag die Promotionsquote 2016 bei 67 % und war damit merklich höher als in Physik (58 %) oder Biologie (53 %). Seit 2015 geht die Promotionsquote in der Chemie, die ab 2008 rückläufig war, nicht weiter zurück.

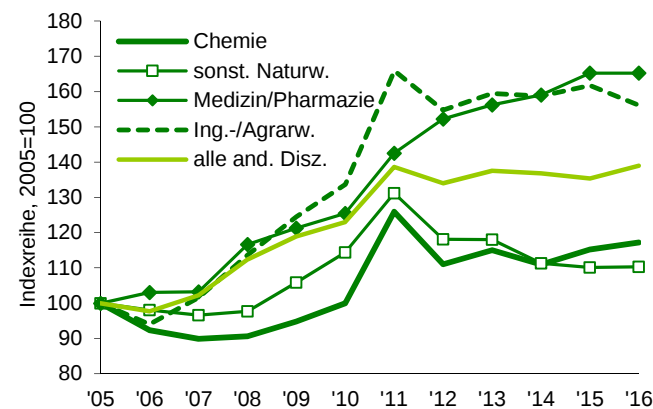
Für die Betrachtung der Chemie im Vergleich zu anderen Studienbereichen wird auf Daten der Hochschulstatistik des Statistischen Bundesamtes (Fachserie 11, Reihen 4.1 bis 4.3) zurückgegriffen. Dabei wird für den gesamten Betrachtungszeitraum die seit 2015 gültige **Fächergliederung** verwendet, in der die Informatik den Ingenieurwissenschaften (vorher Naturwissenschaften) und die Veterinärmedizin den Agrarwissenschaften (vorher Medizin) zugerechnet wird. Der **Studienbereich Chemie** besteht aus den **Studienfächern Biochemie, Chemie und Lebensmittelchemie**. **Studienanfänger**: Studierende im 1. Hochschulsemester im jeweiligen Studienjahr. **Studienabsolventen**: Absolventen eines **Erststudiums** an einer deutschen Hochschule (inkl. Bachelorabschlüsse). Masterabsolventen aus einem Zweit-, Aufbau- oder Weiterbildungsstudium werden nicht gezählt. Erstmals wird in dieser Studie die neue Fächergliederung des Statistischen Bundesamtes verwendet. Differenzierte Daten zu den Chemieabsolventen nach Abschlussarten (Bachelor, Diplom plus Master, Promotion) werden von der **Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)** bereitgestellt, die eigene Erhebungen bei den Hochschulen durchführt. Unterschiede in den Erhebungsmethoden führen zu leichten Abweichungen in den absoluten Anfänger- und Absolventenzahlen von GDCh (seit 2009 ohne Lehramt) und Statistischem Bundesamt. Die **Promotionsquote** wird vom Deutschen Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW) als Anzahl der Promotionen bezogen auf den Durchschnitt der Erstabsolventen an Universitäten mit traditionellem Abschluss (Diplom, Magister, Staatsexamen, Lehramt) im Erststudium sowie mit einem Masterabschluss (einschl. Lehramt) im Folgestudium 4, 5 oder 6 Jahre zuvor berechnet.

Verteilung der Studienanfänger und -absolventen nach Studienbereichen und Fächergruppen 2016



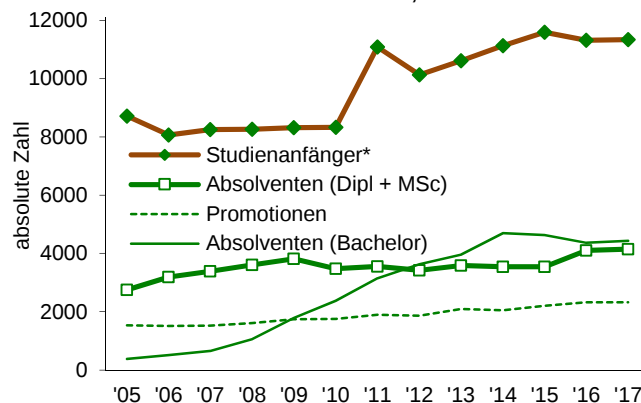
Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

Studienanfänger an deutschen Hochschulen nach Studienbereichen und Fächergruppen 2005-2016



Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

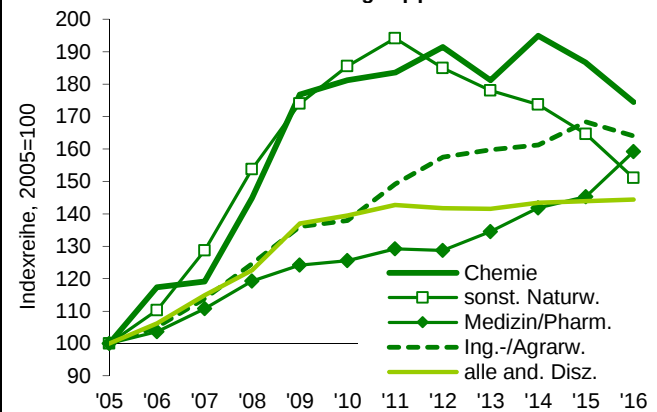
Studienanfänger, -absolventen und Promotionen in der Chemie an deutschen Hochschulen, 2005-2017



*Studienanfänger ab 2009 ohne Lehramt

Quelle: Gesellschaft Deutscher Chemiker – Darstellung des CWS

Erstabsolventen an deutschen Hochschulen nach Studienbereichen und Fächergruppen 2005-2016



Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

2 Lehr- und Forschungspersonal in der Wissenschaft

Die Entwicklung des Lehr- und Forschungspersonals in der Wissenschaft (LuF) kann als Indikator sowohl für das Angebot an chemischer Hochschulbildung als auch für die Forschungsstärke dieses Fachgebietes herangezogen werden. Der Indikator bildet sowohl die Erarbeitung von Grundlagenforschungsergebnissen als auch die Ausbildung künftiger Forschergenerationen ab.

Im Jahr 2016 waren an deutschen Hochschulen mit 10.540 ähnlich viele Personen wie im Vorjahr hauptberuflich in chemischer Forschung und Lehre tätig. Dies entspricht einem Viertel des LuF-Personals in den Naturwissenschaften (ohne Informatik) und 4,3 % des gesamten LuF-Personals. Dieser im Vergleich zu den Studienanfängern und Absolventen mehr als doppelt so hohe Anteil ist auf den hohen Betreuungsbedarf in der Lehre sowie auf die relativ hohe Anzahl an Promotionen zurückzuführen.

Parallel zur Entwicklung der Studienanfängerzahlen ist das wissenschaftliche Hochschulpersonal in Deutschland insgesamt wie auch in der Chemie von 2005 bis 2013 um rund 40 % gestiegen. Seitdem hat

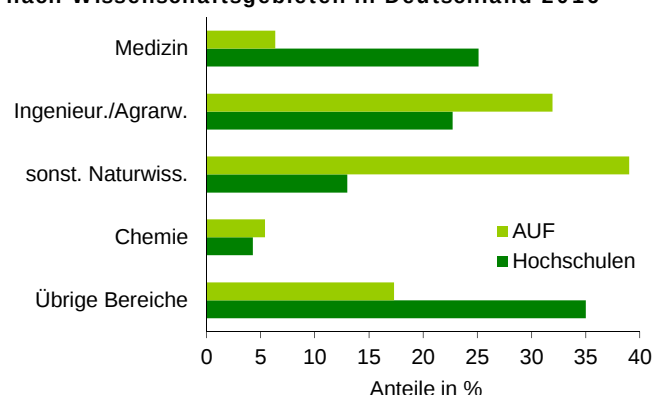
die Anzahl des Personals in Chemie und sonstigen Naturwissenschaften aber kaum noch zugenommen.

Der Zuwachs von 2005 bis 2013 wurde in der Chemie vor allem über Drittmittelstellen und die Ausweitung von Teilzeitverträgen erreicht. Die Drittmittelquote in chemischen Fachbereichen ist nicht nur wie in Biologie und Physik herausragend hoch, sondern zudem überproportional gestiegen. Dies kann auch als Indiz für zunehmende FuE- und Innovationskooperationen zwischen Hochschulen und Wirtschaft gewertet werden.

Die außeruniversitäre Forschung setzt generell besondere Schwerpunkte in den Natur- und Ingenieurwissenschaften. Insgesamt waren dort 2016 3.470 Wissenschaftler im Bereich Chemie tätig, rund 500 mehr als noch 2011. Damit machten 2016 Chemiker 5,4 % des gesamten wissenschaftlichen Personals aus und sind in allen Einrichtungsarten vertreten. Von allen Wissenschaftlern in der Chemie in Deutschland waren 2016 24,8 % in der außeruniversitären Forschung, 2,5 % an Fachhochschulen und 72,7 % an Universitäten beschäftigt.

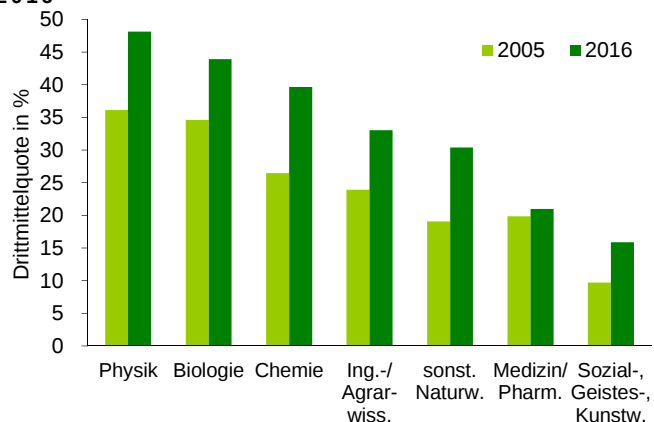
Die **Lehr- und Forschungskapazitäten an Hochschulen** umfassen das hauptberuflich tätige wissenschaftliche und künstlerische Personal an deutschen Hochschulen. Die **Drittmittelquote** ist der Anteil des nicht aus Grundmitteln der Hochschulen, sondern aus der Wirtschaft oder über Projekte der Deutschen Forschungsgemeinschaft u. ä. finanzierten Lehr- und Forschungspersonals. Die Zahlen zum Personal und zu den **Wissenschaftlern in außeruniversitären Forschungseinrichtungen** beziehen sich auf die vier großen Forschungsorganisationen (Fraunhofer, Max-Planck, Helmholtz, Leibniz), die Bundes- und Landesforschungsanstalten und sonstige öffentliche FuE-Einrichtungen. Dabei wird für den gesamten Betrachtungszeitraum die seit 2015 gültige **Fächergliederung** verwendet, in der die Informatik den Ingenieurwissenschaften (vorher Naturwissenschaften) und die Veterinärmedizin den Agrarwissenschaften (vorher Medizin) zugerechnet wird.

Verteilung der Wissenschaftler an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen (AUF) nach Wissenschaftsgebieten in Deutschland 2016



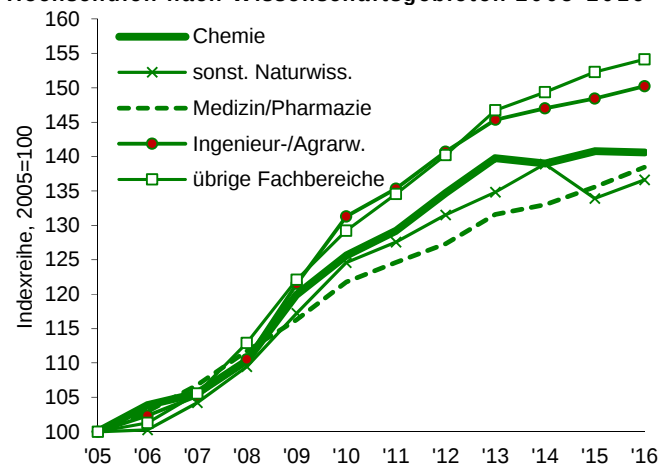
Hochschulen: hauptberufliches LuF-Personal, AUF: Wissenschaftler
Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS und ZEW

Drittmittelquote beim Lehr- und Forschungspersonal an Hochschulen nach Wissenschaftsgebieten 2005 und 2016



Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

Entwicklung des Lehr- und Forschungspersonals an Hochschulen nach Wissenschaftsgebieten 2005-2016



Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

Wissenschaftler in der Chemie an Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Deutschland 2016

	Anzahl	Anteil in %	Anteil an allen Wissensch. (%)
Universitäten	10.190	72,7	5,0
Fachhochschulen	352	2,5	1,0
Hochschulen	10.542	75,2	4,3
Helmholtz-Gemeinschaft	751	5,4	4,3
Max-Planck-Gesellschaft	793	5,7	10,5
Fraunhofer-Gesellschaft	429	3,1	5,0
Leibniz-Gemeinschaft	483	3,4	7,2
Bundes-/Landesforschungseinr.	577	4,1	5,0
sonst. außeruniversitäre Einricht.	437	3,1	3,5
Außeruniversitäre Forschung	3.470	24,8	5,4
Gesamt	14.012	100,0	4,6

„Wissenschaftler“: an Hochschulen hauptberufliches Lehr- und Forschungspersonal; an außeruniversitären Forschungseinrichtungen: wissenschaftliches Personal in Vollzeitstellen

Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS und ZEW

3 Wissenschaftliche Publikationen

Die Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen in internationalen, referierten Zeitschriften ist ein wichtiger Indikator für den Forschungsoutput von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen und damit für die Leistungsfähigkeit der wissenschaftlichen chemischen Forschung.

Im Jahr 2017 wurden im Science Citation Index (SCI) fast 14.500 Chemiepublikationen von Wissenschaftlern in Deutschland gezählt. Bezogen auf die weltweiten Chemiepublikationen liegt Deutschland mit einem Anteil von 6,2 % auf Rang 4 hinter China, den USA und Indien. Gegenüber 2005 haben Deutschland und die anderen westlichen Chemienationen spürbar verloren, wohingegen insbesondere China, aber auch Indien und Südkorea anteilmäßig deutlich hinzugewonnen haben. Der Anteil Chinas an allen Chemiepublikationen betrug 2017 32 %. Generell spielt die Chemie als Wissenschaftsfeld in Asien eine besondere Rolle: In allen vier betrachteten Ländern ist der Anteil der Chemiepublikationen an allen wissenschaftlichen Publikationen überdurchschnittlich hoch.

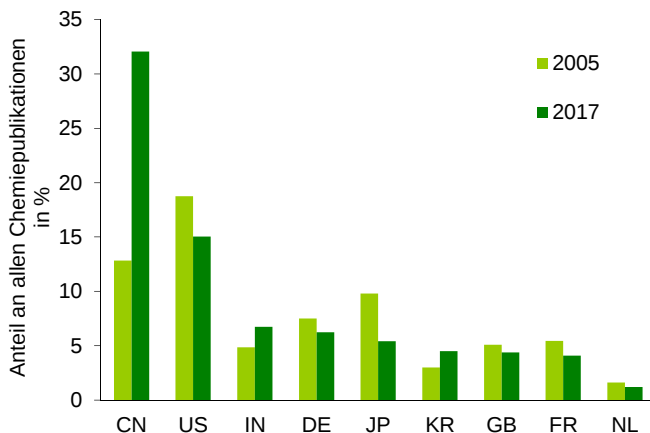
Während die Chemiepublikationen aus Deutschland dem allgemeinen Wachstumstrend der deutschen Wissenschaft folgen, zeigen die weltweiten Chemiepublikationen schon seit 2010 eine überdurchschnittlich hohe und zunehmende Dynamik. Dies ist vor allem auf die überdurchschnittlich günstige Entwicklung in der Grundstoffchemie und Verfahrenstechnik vor allem von China, Indien und Südkorea zurückzuführen.

Weltweit wie auch in Deutschland hat insbesondere die Organische Chemie an Bedeutung verloren. Zudem bleiben die Verfahrenstechnik und die Polymer-Chemie aus deutscher Sicht hinter der globalen Entwicklung zurück, während die Grundstoffchemie Träger der Wachstumsdynamik bei deutschen Chemiepublikationen ist.

Eine qualitative Bewertung der Publikationstätigkeit zeigt, dass China bei allen zitationsbezogenen Indikatoren deutlich aufgeholt hat. Quer über alle chemischen Wissenschaftsfelder ist China mittlerweile besser in international viel zitierten und stark sichtbaren Zeitschriften vertreten als Deutschland.

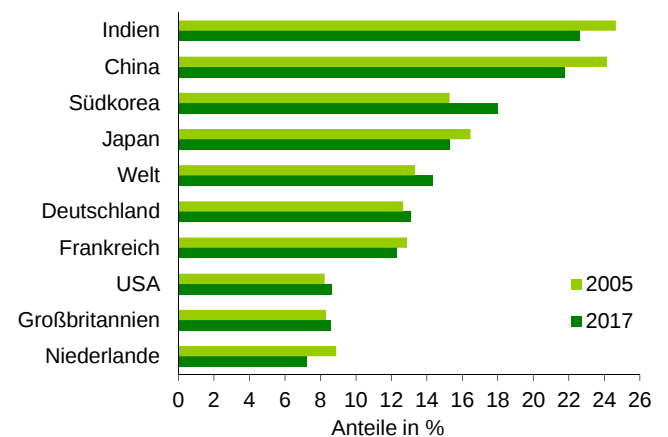
Die Analyse zu den wissenschaftlichen **Chemiepublikationen** beruht auf einer Recherche des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) im Science Citation Index (SCI), dem Hauptteil der Datenbank Web of Science (WoS), die Natur-, Lebens-, Ingenieurwissenschaften sowie die Medizin abdeckt. Schon die Registrierung einer Publikation im SCI kann als ein Qualitätsindikator betrachtet werden, da dort generell Zeitschriften berücksichtigt sind, die häufig zitiert werden und eine hohe Sichtbarkeit haben. Die Zuordnung nach Ländern erfolgt dabei auf Basis des **Arbeitsortes des Wissenschaftlers**. Ein Teil des Anstiegs der Publikationszahlen ist darauf zurückzuführen, dass die Zahl der im SCI berücksichtigten Zeitschriften kontinuierlich ausgeweitet worden ist. Die Aussagen zur qualitativen Bewertung der Publikationen beziehen sich auf Frietsch/Helmich/Neuhäusler (2017): Performance and Structures of the German Science System 2016. Studien zum Deutschen Innovationssystem 5-2017. Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation.

Anteil ausgewählter Länder an den wissenschaftlichen Publikationen in der Chemie 2005 und 2017



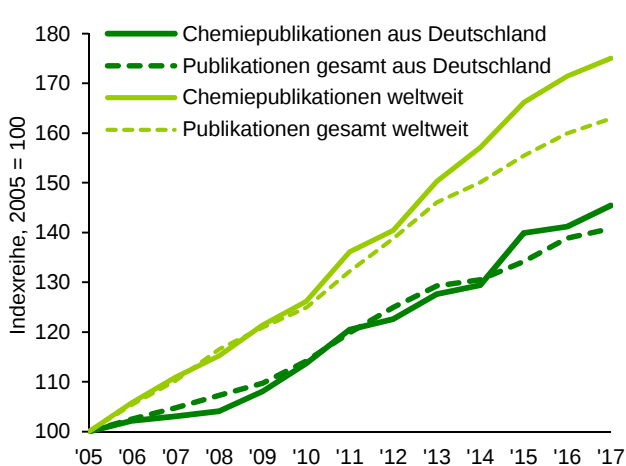
Quelle: Web of Science – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

Anteil der Chemiepublikationen an allen wissenschaftlichen Publikationen 2005 und 2017



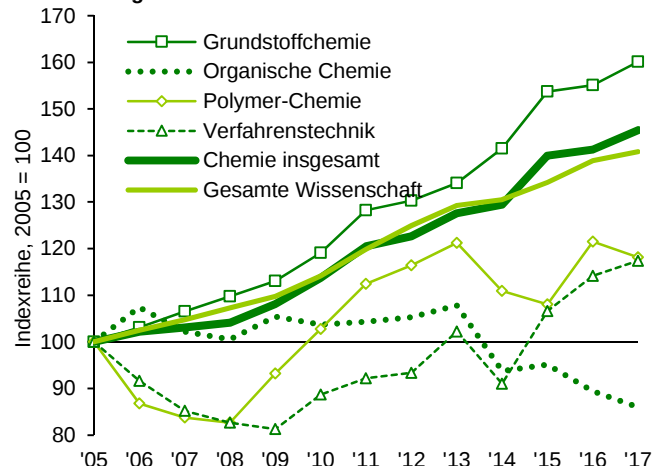
Quelle: Web of Science – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

Entwicklung der Publikationen in Deutschland und weltweit 2005-2017



Quelle: Web of Science – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

Entwicklung der Chemiepublikationen aus Deutschland nach Teilsegmenten 2005-2017



Quelle: Web of Science – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

4 Berufliche Bildung im MINT-Bereich

Die berufliche Bildung im MINT-Bereich ist ein wichtiger Baustein für die Diffusion von neuen Technologien und die Verankerung des Innovationsgedankens bis weit in die mittelständische Wirtschaft hinein. 2017 wurden in typischen Chemieberufen quer über alle Wirtschaftsbereiche in Deutschland über 4.800 Ausbildungsverträge neu abgeschlossen, 100 mehr als im Vorjahr. Die größten Anteile entfallen auf Chemikanten (43 %) und Chemielaboranten (34 %). Laborberufe sind aufgrund hoher Ausbildungsanforderungen und attraktiver Karrierewege zum überwiegenden Teil von Abiturienten besetzt. Aber auch unter den Chemikanten ist der Anteil der Ausbildungsanfänger mit Hochschulreife (37,5 %) überdurchschnittlich hoch. Chemieproduktionsberufe sind klar von Männern dominiert, der Nachwuchs in Laborberufen wird mehrheitlich von Frauen gestellt.

Während die Zahl der Ausbildungsanfänger in Deutschland seit 2008 stark rückläufig ist, stieg die Zahl der Neuabschlüsse in Chemieberufen 2010/11 deutlich. Grund hierfür ist der hohe Zuwachs bei Che-

mieproduktionsberufen. Dort ist die Zahl der Neuabschlüsse 2017 (2.600) fast 30 % höher als 2009.

In der deutschen Chemieindustrie waren Ende 2017 15.450 Auszubildende beschäftigt, darunter 44 % in Chemieberufen und 13 % in technischen MINT-Berufen. Rechnet man noch die Berufe der Kunststoffverarbeitung sowie Farb- und Lacktechnikberufe hinzu, sind 61 % der Auszubildenden in MINT-Berufen tätig, 2012 waren es erst 53 %. Damit kommen in Chemieberufen 2017 8,7 Auszubildende auf 100 Fachkräfte, 2012 waren es erst 5,9.

Insgesamt waren Ende 2017 in Deutschland 172.950 Fachkräfte mit einem Abschluss in einem Chemieberuf beschäftigt, davon 41 % in der Chemieindustrie, 17 % in der Pharmaindustrie, 21 % im übrigen Produzierenden Gewerbe und 10 % in den technischen Dienstleistungen. Bei den Auszubildenden in Chemieberufen ist der Anteil der Chemieindustrie mit fast 47 % deutlich höher als bei den Beschäftigten und unterstreicht die gewachsenen Ausbildungsanstrengungen in der Branche.

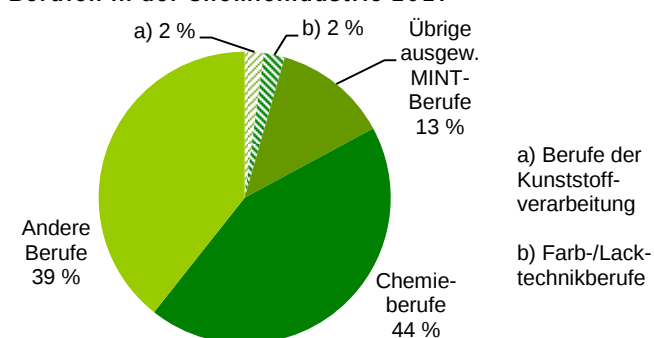
Die Angaben zur Zahl der **neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge** (Stand 31.12.) in chemietypischen Ausbildungsberufen beruhen auf der Berufsbildungsstatistik des Statistischen Bundesamtes (Fachserie 11, Reihe 3). Die Informationen zur **Beschäftigung und Ausbildung in ausgewählten Berufen und Wirtschaftszweigen** stammen aus einer Sonderauswertung der Beschäftigtenstatistik der Bundesagentur für Arbeit (BA) zum 31.12.2017. Die Zuordnung folgt der **Klassifikation der Berufe (KldB) 2010**. **Fachkräfte** verfügen üblicherweise über eine abgeschlossene zwei- bis dreijährige Berufsausbildung. Die **Chemieberufe** sind in der KldB 2010 in der Berufsgruppe 413 erfasst. **Andere typische MINT-Berufe** sind Berufe der Kunststoff- und Kautschukherstellung und -verarbeitung (221) sowie Farb- und Lacktechnikberufe (222). Hinzu kommen **Querschnittsberufe aus dem MINT-Bereich**: Mechatronik, Energie- und Elektroberufe (26), Technische Forschungs-, Entwicklungs-, Konstruktions- und Produktionssteuerungsberufe (27) sowie Informatik-, Informations- und Kommunikationstechnologieberufe (43) (ausgewiesen als „übrige ausgewählte MINT-Berufe“), sofern diese über eine duale Berufsausbildung erworben werden können. **Technische Dienstleistungen** umfassen „Architektur- und Ingenieurbüros“, „Technische, physikalische und chemische Untersuchung“ sowie „Forschung und Entwicklung in Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin“.

Neu abgeschlossene Ausbildungsverträge in wichtigen technisch-naturwissenschaftlichen Ausbildungsberufen in der Chemie 2017

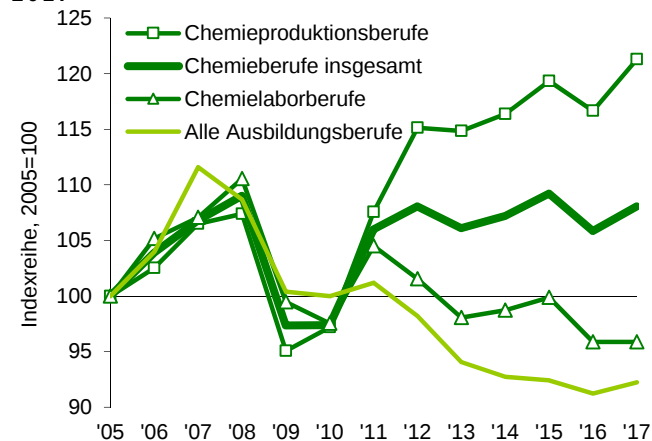
Ausbildungsberuf	Insgesamt abs.	davon weibl.* %	Schulische Vorbildung*				
			HS	RS	HR	Son.	in %
Produktionsberufe*	2.598	17,2	8,0	51,7	37,5	2,8	
Chemikant/in	2.082	14,3	5,8	53,9	37,9	2,4	
Produkt.-fachkr. Chemie	240	8,8	33,8	45,0	13,8	7,5	
Laborberufe**	2.217	55,9	0,8	27,2	69,1	2,7	
Chemielaborant/in	1.617	52,9	0,9	29,1	67,2	2,8	
Biologielaborant/in	483	70,2	0,6	19,9	77,0	1,9	
Chemieberufe insg.**	4.815	35,0	4,7	40,4	52,1	2,7	
alle Ausbildungsberufe	515.679	37,7	24,3	41,5	28,7	5,5	

* einschl. Pharmakanten, ** einschl. Lacklaboranten
HS/RS: Hauptschul-/Realschulabschluss, HR: Hochschulreife
Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

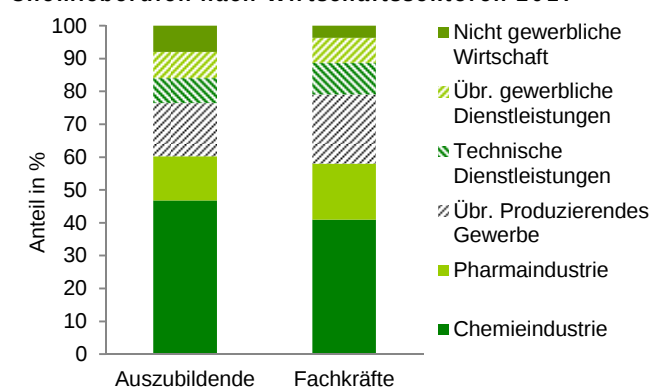
Auszubildende in chemietypischen und anderen MINT-Berufen in der Chemieindustrie 2017



Neu abgeschlossene Ausbildungsverträge in Chemieberufen im Vergleich zu allen Neuabschlüssen 2005-2017



Verteilung der Auszubildenden und Fachkräfte in Chemieberufen nach Wirtschaftssektoren 2017



5 Beschäftigung von hochqualifiziertem Personal

Das spezifische Wissen von hochqualifizierten Chemikern und Chemieingenieuren ist für Forschung und Innovation in der Chemieindustrie unerlässlich, aber auch andere hochqualifizierte „Experten“ und „Spezialisten“ (s. Methodenkasten) mit weiteren Qualifikationen spielen dabei eine wichtige Rolle.

Im Jahr 2017 lag der Anteil aller Hochqualifizierten an den insgesamt 374.950 sozialversicherungspflichtig beschäftigten Personen in der Chemieindustrie bei 33 %, 2012 waren es erst 31,5 %. Ähnlich wie im Maschinenbau ist in der Chemieindustrie der Anteil der „Experten“ (das sind i.d.R. Akademiker) mit 13,9 % vergleichsweise niedrig, der Anteil der „Spezialisten“ (das sind i.d.R. Meister/Techniker) mit 19,1 % hingegen relativ hoch.

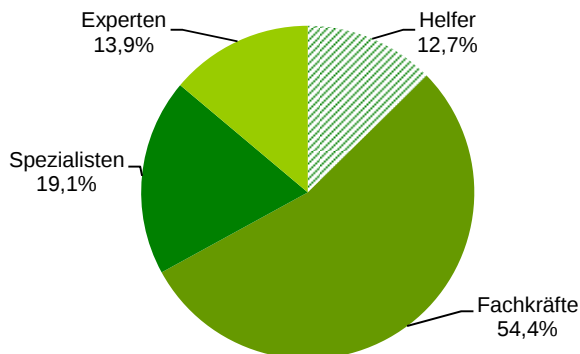
Insgesamt waren 2017 fast 110.500 Hochqualifizierte in der Chemieindustrie beschäftigt. Fast ein Fünftel davon üben einen Chemieberuf aus: hierzu gehören z.B. „Spezialisten“ wie Chemietechniker und Industriemeister der Chemie sowie „Experten“ wie Chemiker und Chemieingenieure. Knapp 22 % sind in anderen hochqualifizierten MINT-Berufen tätig.

Im Hinblick auf die demographische Entwicklung zeigt sich, dass der Anteil hochqualifizierter Beschäftigter, die 50 Jahre oder älter sind, in der Chemieindustrie mit 43,3 % deutlich höher ist als im Schnitt des produzierenden Gewerbes (38,7 %) oder erst recht in der Pharmaindustrie (31,9 %). Gerade in den Chemie- und übrigen MINT-Berufen – darunter vor allem bei „Spezialisten“ in Chemieberufen mit fast 48 % – ist der altersbedingte Ersatzbedarf in den nächsten 15 Jahren besonders hoch. Dies unterstreicht die hohe Bedeutung von strategischer Personalplanung und Nachwuchssicherung in der Chemieindustrie.

Der längerfristige Blick auf die Beschäftigten mit akademischem Abschluss zeigt, dass die Bedeutung dieses Beschäftigungssegments auch in der Chemieindustrie seit 2005 absolut und relativ deutlich zugenommen hat. Seit 2015 ist die Beschäftigung in der Chemieindustrie zudem sowohl bei den Akademikern als auch bei den übrigen Beschäftigten überdurchschnittlich gewachsen, nachdem die Entwicklung in beiden Segmenten in der Dekade zuvor noch ungünstiger verlaufen ist als in der übrigen Industrie.

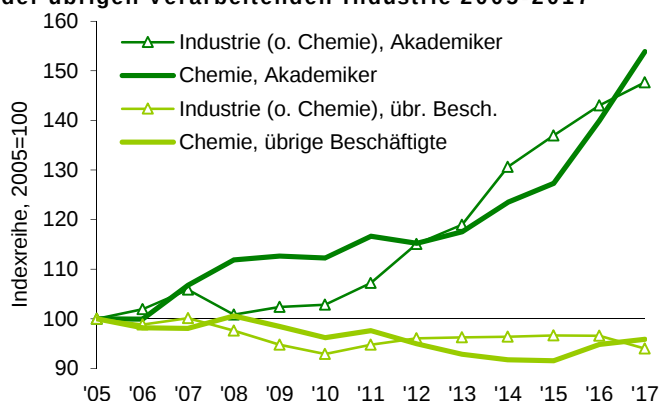
Die Informationen zur **Beschäftigung** (zum 31.12.2017) in **ausgewählten Berufen und Wirtschaftszweigen** stammen aus einer Sonderauswertung der Beschäftigtenstatistik der Bundesagentur für Arbeit (BA). Die aktuelle Berufsklassifikation der BA (KldB 2010) unterscheidet zusätzlich zur formalen Qualifikation nach dem Anforderungsniveau der jeweiligen Beschäftigten und differenziert zwischen Helfern, Fachkräften sowie **Spezialisten und Experten**. **Fachkräfte** haben in der Regel eine betriebliche Berufsausbildung ohne zusätzliche Fort- oder Weiterbildung. **Spezialisten** verfügen üblicherweise über einen Meister-, Techniker-, oder Fachhochschulabschluss und **Experten** über ein mindestens 4-jähriges Hochschulstudium. Allerdings kann auch langjährige Berufserfahrung ausreichen. Berufsgruppe 413 der KldB 2010 erfasst die **Chemieberufe**, darunter **als Spezialisten** Chemietechniker und Industriemeister Chemie, als **Experten** Chemiker und Chemieingenieure. Andere **MINT-Berufe** sind Querschnittsberufe aus der technischen Forschung, Entwicklung, Konstruktion und Produktionssteuerung (27), der Mechatronik/Energie- und Elektrotechnik (26) sowie aus dem Bereich der Informatik, Informations- und Kommunikationstechnologie (43). Im Zeitablauf lässt sich nur die Entwicklung der sozialversicherungspflichtig beschäftigten **Akademiker** ohne nähere berufliche Spezifizierung beobachten. Die Revision der Statistik im Jahr 2014 hatte auf die Chemie und andere Industriebranchen kaum Auswirkungen.

Verteilung der Beschäftigten in der deutschen Chemieindustrie 2017 nach Anforderungsniveau



Quelle: BA: Beschäftigtenstatistik – Berechnungen des CWS

Akademikerbeschäftigung¹ in der Chemieindustrie und der übrigen Verarbeitenden Industrie 2005-2017



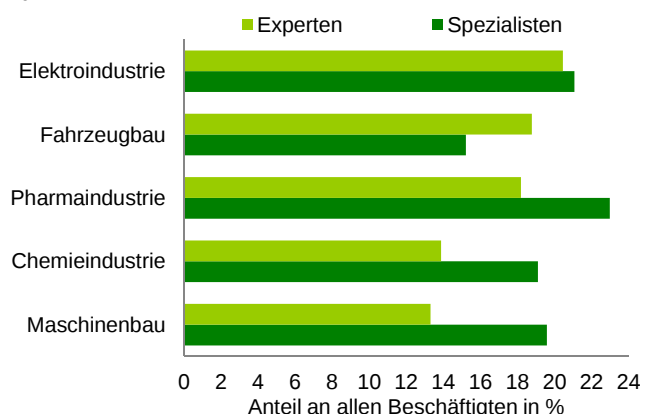
1) hier Stichtag 30.06 – 2) Zahl der Akademiker geschätzt – 3) Bruch in der Reihe wegen der Revision der Beschäftigtenstatistik
Quelle: BA Beschäftigtenstatistik – Berechnungen des CWS

Beschäftigung von Hochqualifizierten in der deutschen Chemieindustrie 2017

	Hochqualifizierte insgesamt		Spezialisten	Experten	Anteil 50+
	in Tsd.	in %	in Tsd.	in Tsd.	in %
Chemieindustrie					
Hochqualifizierte insg.	110.450	100,0	63.960	46.490	43,3
Chemieberufe	21.801	19,7	11.620	10.181	44,3
Andere MINT-Berufe	24.005	21,7	14.046	9.959	44,5
Rest	64.644	58,5	38.294	26.350	42,4
Produz. Gew. insg.	2.211.660		1.279.008	932.652	38,7
Pharmaindustrie	60.937		34.020	26.917	31,9

Quelle: BA: Beschäftigtenstatistik – Berechnungen des CWS

Anteil der Hochqualifizierten in der Chemieindustrie und anderen Technologiebranchen in Deutschland 2017



Quelle: BA: Beschäftigtenstatistik – Berechnungen des CWS

6 FuE-Ausgaben und FuE-Personal der Wirtschaft

Im Jahr 2016 wendete die deutsche Chemieindustrie insgesamt fast 4,25 Mrd. € für Forschung und Entwicklung (FuE) auf. Damit liegt die Branche mit unverändert 6,2 % aller von der Industrie getätigten FuE-Ausgaben auf Rang 5 hinter dem Fahrzeugbau, der Elektroindustrie, dem Maschinenbau und der Pharmabranche. Bezogen auf das für FuE eingesetzte Personal (ca. 21.670 Personen in Vollzeitstellen gerechnet) belegt die Chemieindustrie mit einem Anteil von 6,5 % den vierten Rang vor der Pharmabranche.

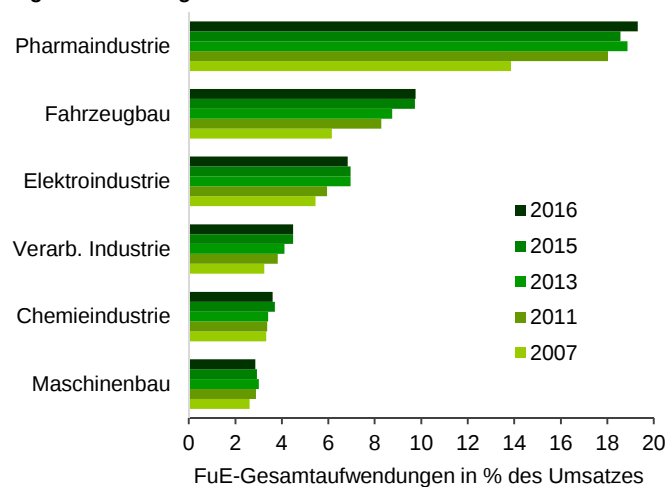
Von 2005 bis 2010 stiegen die gesamten FuE-Ausgaben der Chemieindustrie nur leicht an. Von 2011 bis 2014 war wieder ein klarer Aufwärtstrend zu verzeichnen, der sich 2015/16 allerdings etwas abgeflacht hat. Erst die Planungen für 2017 gehen wieder von einem merklichen Zuwachs von 2,9 % aus. Gleichwohl ist die Dynamik der FuE-Ausgaben in der Chemieindustrie im Vergleich zur Verarbeitenden Industrie schwächer. Dort lagen die FuE-Ausgaben 2017 um 5,6 % über dem Wert von 2015 (Chemie: 3,7 %).

Gemessen am Umsatz lag der Anteil der FuE-Ausgaben 2016 mit 3,7 % hinter dem Industriedurchschnitt (4,5 %), der infolge der stärkeren FuE-Intensivierung anderer Technologiebranchen im Zeitablauf spürbar gewachsen ist. Hingegen erweist sich die Chemieindustrie bezogen auf den Anteil des FuE-Personals an den Beschäftigten weiterhin als überdurchschnittlich forschungsintensiv (2016: 6,8 %). Allerdings ist der „Vorsprung“ zum Industriedurchschnitt auf lange Sicht kleiner geworden.

Im internationalen Vergleich ist die deutsche Chemieindustrie bezogen auf ihre FuE-Intensität weiterhin günstig positioniert. Hier lag sie gemessen an den internen FuE-Aufwendungen am Produktionswert 2015 mit 2,7 % hinter Japan (3,5 %) und knapp vor Frankreich weiterhin auf Rang 2. Für die Schweizer Chemieindustrie, deren FuE-Intensität wohl höher ist, liegen keine amtlichen Werte vor. Hingegen sind die USA und die Niederlande im Vergleich zu 2005 hinter Großbritannien und Korea zurückgefallen.

Für die Analyse der **FuE-Aktivitäten in Deutschland** werden die **gesamten** von den Unternehmen selbst erbrachten internen und durch Auftragsvergabe von Dritten erbrachten externen FuE-Ausgaben betrachtet. Die **FuE-Intensität** errechnet sich als Anteil der gesamten FuE-Ausgaben am Umsatz aus eigenen Erzeugnissen. Das **FuE-Personal** wird in Vollzeitäquivalenten ausgewiesen. Die FuE-Personalintensität ist der Anteil des FuE-Personals an allen Beschäftigten in Unternehmen. Für den **internationalen Vergleich** liegen nur Daten für die **internen** FuE-Ausgaben vor. Die Angaben zu den FuE-Aktivitäten in Deutschland stammen von der Wissenschaftsstatistik im Stifterverband für die deutsche Wissenschaft. Die Angaben für den internationalen Vergleich von der OECD.

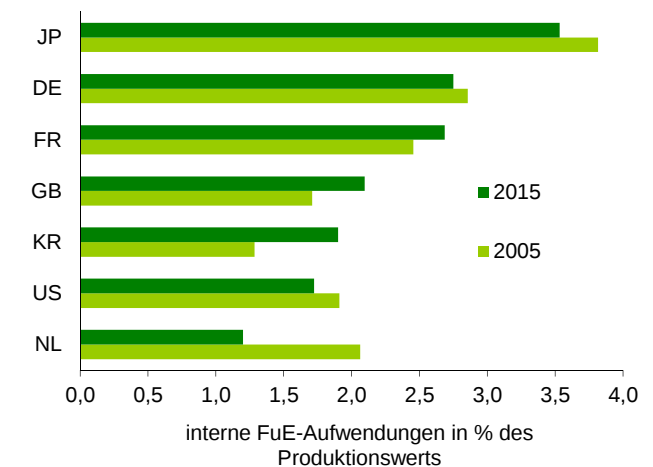
FuE-Gesamtaufwendungen in % des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen in Deutschland 2007-2016



2007: WZ 2003; Ab 2011: WZ 2008

Quelle: Wissenschaftsstatistik Stifterverband – Berechnungen des CWS

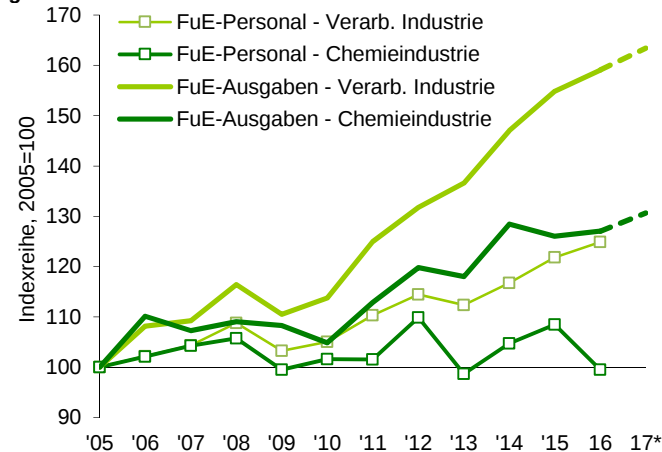
Interne FuE-Aufwendungen in % des Produktionswerts in der Chemieindustrie 2005 und 2015



FR: 2013 statt 2015; Berechnungen für China nicht möglich

Quelle: OECD: STAN R&D; MSTI – Berechnungen des CWS

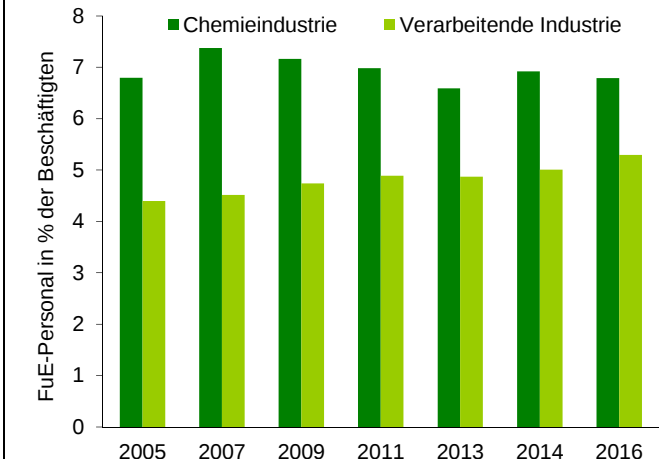
Entwicklung des FuE-Personals und der FuE-Gesamtaufgaben in Deutschland 2005-2017



* Planzahlen für die internen FuE-Aufwendungen

Quelle: Wissenschaftsstatistik Stifterverband – Berechnungen des CWS

FuE-Personalintensität in der Chemieindustrie und der verarbeitenden Industrie in Deutschland 2005-2016



Bis 2007: WZ 2003; ab 2009: WZ 2008

Quelle: Wissenschaftsstatistik Stifterverband – Berechnungen des CWS

7 FuE-Ausgaben der größten Chemieunternehmen

Die Chemieindustrie ist eine global vernetzte Branche. Um im weltweiten Wettbewerb erfolgreich zu sein, müssen die Unternehmen Präsenz auf allen wichtigen geographischen Märkten zeigen. Dadurch kommt großen, global tätigen Unternehmen eine besondere Rolle in der Chemieindustrie zu. Dies gilt auch für FuE. Im Jahr 2016 entfielen 84 % der globalen FuE-Ausgaben der Branche von ca. 41 Mrd. € auf nur 200 Unternehmen. Über die Hälfte dieser „globalen Champions“ ist in den USA und Japan angesiedelt. Deutschland stellt 15 der 200 FuE-ausgabenstärksten Unternehmen in der Chemie. Auf sie entfielen 2016 16,6 % der FuE-Ausgaben der Top-200-Unternehmen. Die deutschen, US-amerikanischen, japanischen und Schweizer Chemieunternehmen weisen eine deutlich

überdurchschnittlich hohe FuE-Intensität auf. In den vergangenen sechs Jahren haben die FuE-Ausgaben chinesischer, US-amerikanischer und deutscher Unternehmen sowie Unternehmen aus kleineren Chemienationen besonders stark zugenommen.

Die gemessen an ihren FuE-Ausgaben 15 größten deutschen Chemieunternehmen trugen 2017 knapp 14 % zu den weltweiten FuE-Ausgaben der Chemieindustrie bei. Dies ist deutlich mehr als der Anteil des Standorts Deutschland (2017: 9,4 %). Seit 2005 haben die 15 größten deutschen Chemieunternehmen ihre weltweiten FuE-Ausgaben mit 4,4 % pro Jahr kräftig erhöht. Von 2011 bis 2016 stiegen sie stärker als die Umsätze, 2017 sank die FuE-Intensität.

Angaben zu den **200 Chemieunternehmen mit den höchsten FuE-Ausgaben** sind dem Industrial R&D Scoreboard der EU-Kommission sowie Branchenverzeichnissen entnommen. Für Unternehmen mit Geschäftsbereichen außerhalb der Chemie werden nur die Werte des Segments Chemie (ohne Pharma) berücksichtigt. Unternehmen der Erdölgewinnung und -verarbeitung mit Chemie-Geschäftsfeldern bleiben unberücksichtigt.

Angaben zu den **15 größten Chemieunternehmen mit Sitz in Deutschland** sind den Geschäftsberichten entnommen und beziehen sich auf die Unternehmensstrukturen des jeweiligen Jahres. Geschäftsaktivitäten außerhalb des Chemiebereichs bleiben unberücksichtigt. Die Gruppe umfasst Altana, BASF, Bayer, Beiersdorf, Cognis (2005-2010), Covestro (ab 2016), Evonik (bis 2006: Degussa), Henkel, Klüber Lubrication, K+S (2011-2013, 2015), Lanxess, Linde, Merck, SGL (ab 2006), Fuchs Petrolub (2005, ab 2011), Sto (2000, 2014), Südchemie (bis 2010), Symrise, Wacker.

Die 200 Chemieunternehmen mit den höchsten FuE-Ausgaben¹⁾ 2016 nach Ländern

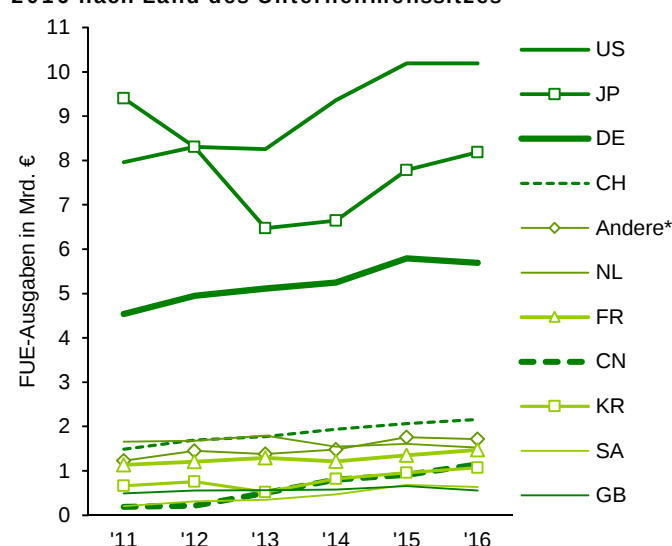
	Anz. Unternehmen	FuE-Ausgaben in Mio. €	Umsatz in Mio. €	FuE-Ausg. je Umsatz in %	FuE-Dyn. '15-'16 in %	Anteil an insgesamt FuE-Ausg. in %	Anteil an Umsatz in %	Beschäftigte in Tsd.
US	51	10.191	318.014	3,2	-0,2	29,7	25,1	747,3
JP	55	8.186	234.595	3,5	5,4	23,8	18,5	616,0
DE	15	5.691	163.206	3,5	-5,9	16,6	12,9	394,1
CH	6	2.158	32.987	6,5	4,4	6,3	2,6	86,2
NL	4	1.524	92.067	1,7	-5,2	4,4	7,3	214,9
FR	4	1.471	69.005	2,1	8,8	4,3	5,5	294,8
CN	20	1.149	72.815	1,6	23,2	3,3	5,8	253,5
KR	12	1.072	58.899	1,8	12,3	3,1	4,7	73,5
SA	3	634	41.094	1,5	-7,8	1,8	3,2	42,5
GB	6	555	30.006	1,9	-7,6	1,6	2,4	71,4
And.*	24	1.714	152.960	1,1	-2,7	5,0	12,1	231,6
Ges.	200	34.345	1.265.648	2,7	1,0	100,0	100,0	3.025,9

1) ohne Mineralölunternehmen; nur Unternehmen mit Angaben zu FuE

* BE, DK, IN, IL, AT, BR, TW, AU, IT, ZA, SE, IR, NO, FI, CA, MX

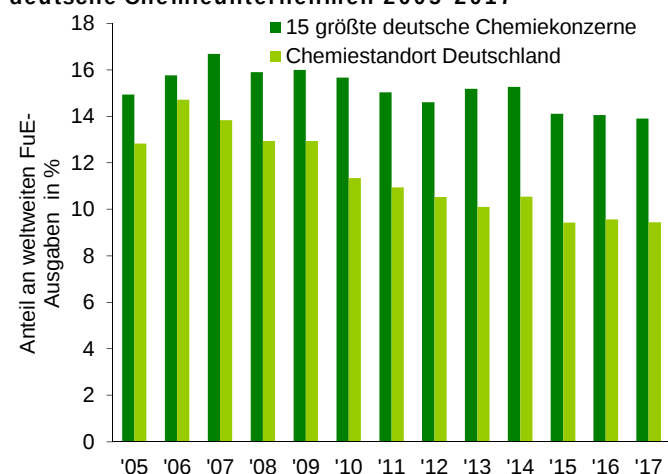
Quelle: EU-Kommission: Industrial R&D Scoreboard 2017, Geschäftsberichte – Berechnungen des ZEW

FuE-Ausgaben der größten Chemieunternehmen 2011-2016 nach Land des Unternehmenssitzes



Quelle: EU-Kommission: Industrial R&D Scoreboard 2017, Geschäftsberichte – Berechnungen des ZEW

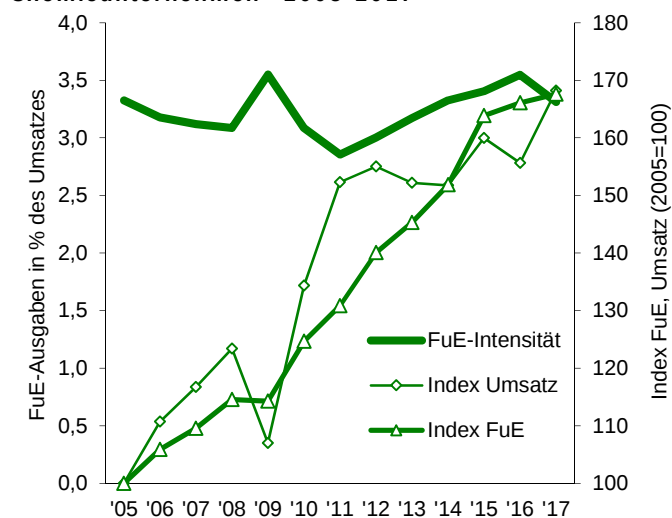
Anteil Deutschlands an den weltweiten¹⁾ FuE-Ausgaben in der Chemieindustrie: Standortprinzip und 15 größte deutsche Chemieunternehmen 2005-2017



1) 37 OECD/EU-Länder, CN, TW, SG. 2016 und 2017 geschätzt

Quelle: Geschäftsberichte; OECD: ANBERD; Eurostat: CIS – Berechnungen und Schätzungen des ZEW und CWS

Weltweite FuE-Ausgaben der 15 größten deutschen Chemieunternehmen¹⁾ 2005-2017



1) Ohne Geschäftsbereiche außerhalb der Chemie

Quelle: Geschäftsberichte – Berechnungen des ZEW

8 Innovationsausgaben

Im Jahr 2016 gaben die Unternehmen der deutschen Chemieindustrie 7,0 Mrd. € für Innovationsvorhaben aus. Dies ist ein leichter Rückgang gegenüber dem Vorjahr (-2 %). Die Planungen bis 2018 lassen einen erneuten Anstieg auf einen neuen Spitzenwert von 7,5 Mrd. € erwarten.

Die Innovationsintensität nahm 2016 trotz niedrigerer Innovationsausgaben leicht auf 4,6 % zu, da der Umsatz der deutschen Chemieindustrie um 4 % zurückging. Damit wurde der höchste Wert nach 2009 erreicht. 2017 und 2018 wird die Innovationsintensität voraussichtlich leicht sinken, da der Branchenumsatz deutlich zulegen wird. Im Vergleich zu anderen Technologiebranchen ist die Innovationsintensität der Chemieindustrie eher niedrig und liegt unter dem Industriedurchschnitt. Der Abstand hat sich in den vergangenen zehn Jahren leicht erhöht.

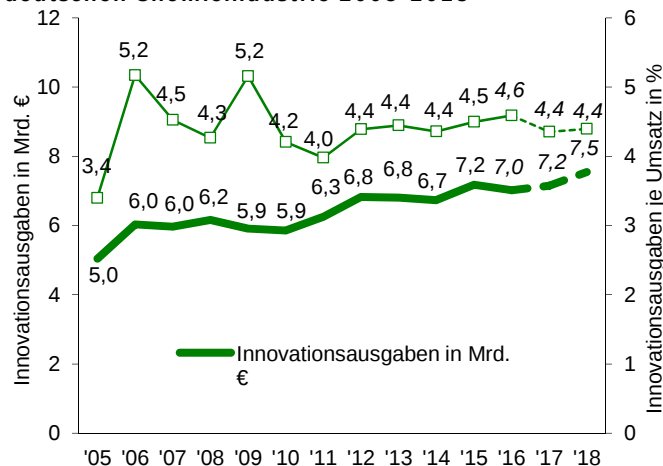
Im europäischen Vergleich ist die Innovationsintensität der deutschen Chemieindustrie gleichwohl sehr hoch. 2014 wies nur Dänemark einen höheren Wert auf. Allerdings liegen für die Schweiz keine Angaben vor. Unter den außereuropäischen Ländern dürfte die Chemieindustrie der USA eine ähnlich hohe und die Japans eine höhere Innovationsintensität besitzen.

Die Innovationsausgaben der Chemieindustrie umfassen zu über zwei Drittel Ausgaben für interne und externe FuE. Dies entspricht dem Wert der anderen Technologiebranchen. 18 % des Innovationsbudgets entfiel 2016 auf Investitionen in neue Anlagen. Der Anteil der Aufwendungen für Marketing, Produktdesign, Produktionsvorbereitung und Weiterbildung betrug 14 %. Zuletzt nahm der Anteil der FuE-Ausgaben zu, während der Anteil der investiven Innovationsausgaben zurückging.

Innovationsausgaben: Ausgaben für interne und externe Forschung und Entwicklung (FuE), für Investitionen in Sachanlagen, Software und andere immaterielle Wirtschaftsgüter (z.B. Patente, Lizenzen) im Zusammenhang mit Produkt- oder Prozessinnovationsaktivitäten sowie Weiterbildungsaufwendungen, Marketingaufwendungen und Aufwendungen für Konzeption, Konstruktion, Design und Produktions- und Vertriebsvorbereitung im Zusammenhang mit Innovationsprojekten. Alle **FuE-Ausgaben** sind grundsätzlich **Teil der Innovationsausgaben**. Im internationalen Vergleich umfassen die Innovationsausgaben nur FuE-Ausgaben und Investitionen. **Innovationsintensität:** Innovationsausgaben in % des Umsatzes.

Europäischer Vergleich: Die europäischen Vergleichszahlen beziehen sich auf Unternehmen mit 10 oder mehr Beschäftigten. Die aktuellsten Werte lagen zum Zeitpunkt der Studiererstellung für das Jahr 2014 vor.

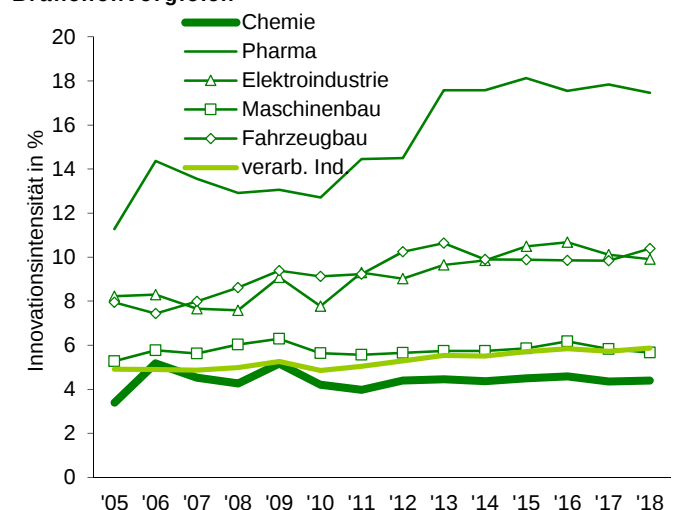
Innovationsausgaben und Innovationsintensität in der deutschen Chemieindustrie 2005-2018



'17 und '18: Planzahlen vom Frühjahr/Sommer 2017, Innovationsintensität auf Basis der VCI-Umsatzprognose für 2018; ab 2006: WZ 08

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

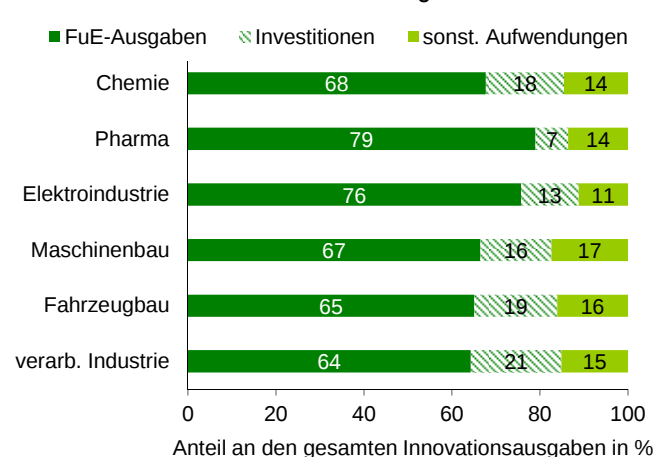
Innovationsintensität 2005-2018 in Deutschland im Branchenvergleich



'17 und '18: Planzahlen vom Frühjahr/Sommer 2017; ab 2006: WZ 08

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

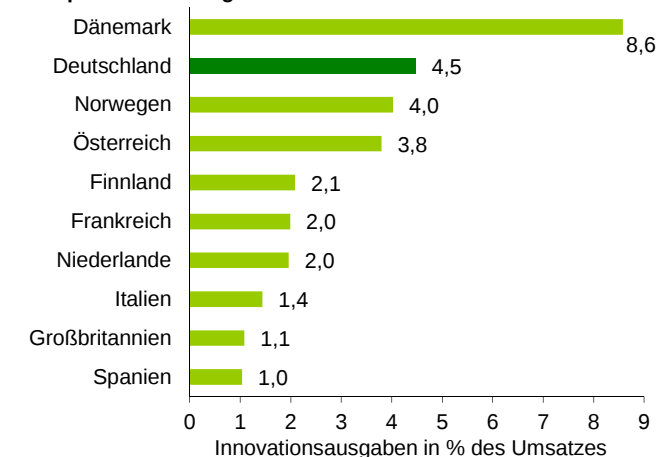
Zusammensetzung der Innovationsausgaben in Deutschland 2016 im Branchenvergleich



Investitionen ohne FuE-Investitionen (sind Teil der FuE-Ausgaben)

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Innovationsintensität in der Chemieindustrie 2014 im europäischen Vergleich



Unternehmen ab 10 Beschäftigte

Quelle: Eurostat: CIS 2014 – Berechnungen des ZEW

9 Innovations- und Forschungsorientierung der Unternehmen

Der Anteil der Chemieunternehmen, die innovativ tätig sind, d.h. die die Entwicklung oder Einführung von Produkt- oder Prozessinnovationen verfolgen, ist 2016 auf 75 % zurückgegangen. Für 2017 könnte die Quote den Planungen der Unternehmen zufolge wieder leicht ansteigen. Der Abstand zum Industriedurchschnitt bleibt aber sehr hoch, da auch in anderen Industriebranchen der Anteil innovativ tätiger Unternehmen zurückgegangen ist.

Die Innovationsbeteiligung in der Chemieindustrie ist deutlich höher als in den meisten anderen Technologiebranchen. Einzig die Pharmaindustrie lag 2015 – wie auch in den Vorjahren – knapp vor der Chemie. Besonders hoch ist in der Chemieindustrie der Anteil der forschenden Unternehmen. 2016 betrieben 51 % der Chemieunternehmen kontinuierlich FuE, weitere

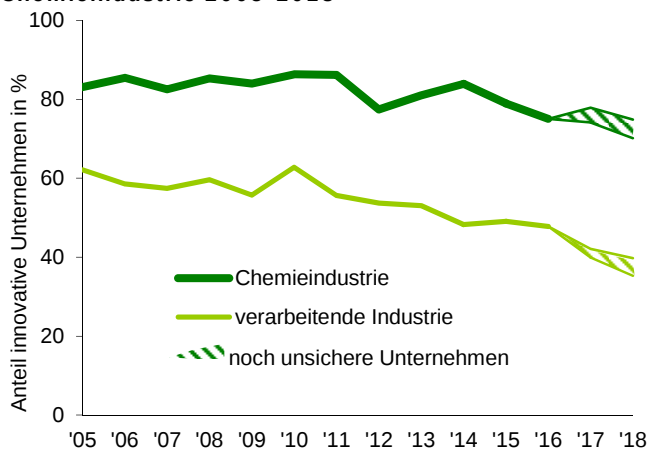
12 % gelegentlich. Der Anteil der Unternehmen mit kontinuierlicher FuE ist der höchste im Branchenvergleich. Im europäischen Vergleich nimmt die deutsche Chemieindustrie ebenfalls einen Spitzenplatz ein. Sowohl der Anteil innovativ tätiger als auch der Anteil kontinuierlich forschender Chemieunternehmen ist in Deutschland höher als in jedem anderen europäischen Land, für das Vergleichszahlen vorliegen.

2016 ging allerdings der Anteil der Chemieunternehmen mit kontinuierlicher FuE deutlich zurück. Vor allem kleine Unternehmen in Sparten mit traditionell geringerer FuE-Aktivität (z.B. Lacke, Reinigungsmittel, Grundstoffe) zogen sich aus kontinuierlicher FuE zurück. Damit fiel die Quote auf den niedrigsten Wert seit 2006. Der Anteil der gelegentlich forschenden Unternehmen stieg 2016 nur leicht an.

Innovationsaktivitäten: Durchführung von Aktivitäten zur Entwicklung und Einführung von Produkt- oder Prozessinnovationen. „Innovative Unternehmen“: Unternehmen mit Innovationsausgaben im jeweiligen Jahr. „Innovationsaktive Unternehmen“: Unternehmen mit Produkt- oder Prozessinnovationsaktivitäten im vorangegangenen Dreijahreszeitraum. Angaben zu geplanten Innovationsaktivitäten in den Jahren 2016 und 2017 beziehen sich auf Produkt- oder Prozessinnovationen (inkl. FuE-Aktivitäten) und wurden im Frühjahr und Sommer 2016 abgegeben. Unternehmen mit noch unsicheren Innovationsaktivitäten hatten zum Befragungszeitpunkt noch nicht entschieden, ob sie im jeweiligen Jahr Innovationsaktivitäten durchführen werden.

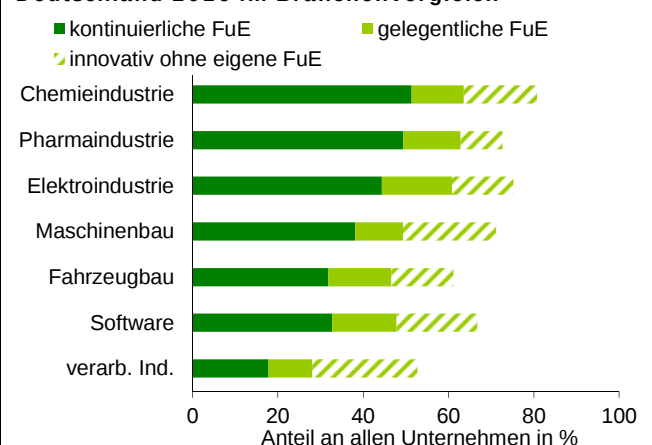
FuE-Aktivitäten: Durchführung von unternehmensinterner Forschung und Entwicklung. „Kontinuierliche FuE“; FuE-Aktivitäten werden auf permanenter Grundlage (z.B. in Form einer eigenen Organisationseinheit oder eigens dafür zuständiger Mitarbeiter) betrieben, „gelegentliche FuE“: FuE-Aktivitäten werden nur anlassbezogen durchgeführt. FuE-Aktivitäten sind grundsätzlich ein Teil der Innovationsaktivitäten.

Innovative Unternehmen in der deutschen Chemieindustrie 2005-2018



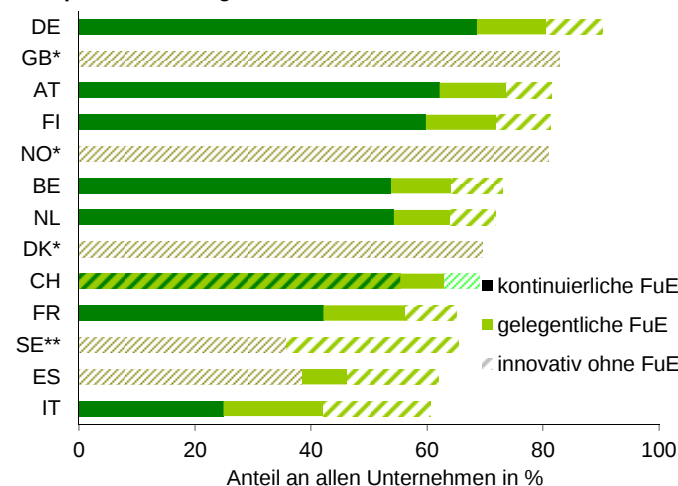
'17 und '18: Planzahlen vom Frühjahr/Sommer 2017; ab 2006: WZ 08
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Anteil innovationsaktiver Unternehmen in Deutschland 2016 im Branchenvergleich



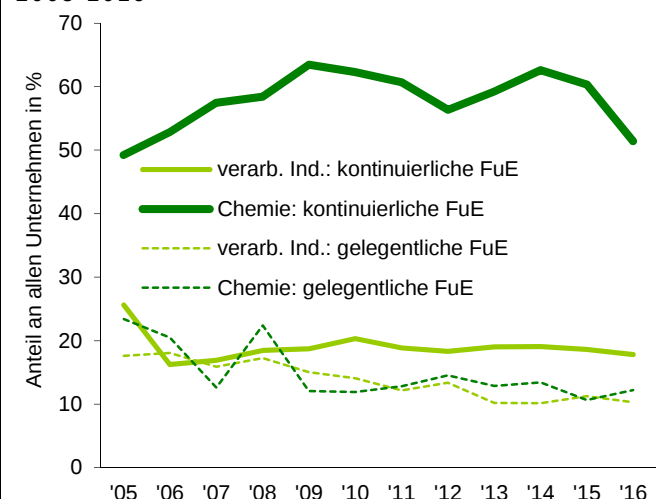
ab 2006: WZ 08
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Anteil innovativer Chemieunternehmen 2014 im europäischen Vergleich



ab 2006: WZ 08
* keine Differenzierung nach FuE-Tätigkeit ausgewiesen
** keine Angaben zu gelegentlicher FuE-Tätigkeit ausgewiesen
Quelle: Eurostat: CIS 2014 – Berechnungen des ZEW

Anteil kontinuierlich und gelegentlich forschender Unternehmen in der deutschen Chemieindustrie 2005-2016



ab 2006: WZ 08
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

10 Patentanmeldungen

Patentgeschützte Erfindungen sind das Ergebnis von Forschung und Entwicklung und zielen auf die Märkte der Zukunft. Sie sind ein guter „Frühindikator“ dafür, wo und wie viel neues Wissen entstanden ist und kommerziell verwertet werden soll. Im Jahr 2016 wurden in der Chemie weltweit schätzungsweise über 23.900 transnationale Patente angemeldet, gut 1.000 mehr als im Vorjahr. Deutschland liegt 2016 mit einem Anteil von 11,9 % hinter Japan (27,1 %) und den USA (24,6 %) auf dem dritten Platz. Während vor allem China, aber auch Korea, Japan und Indien gegenüber 2005 anteilmäßig deutlich hinzugewonnen haben, haben insbesondere die USA, aber auch alle anderen westlichen Chemienationen Anteile verloren.

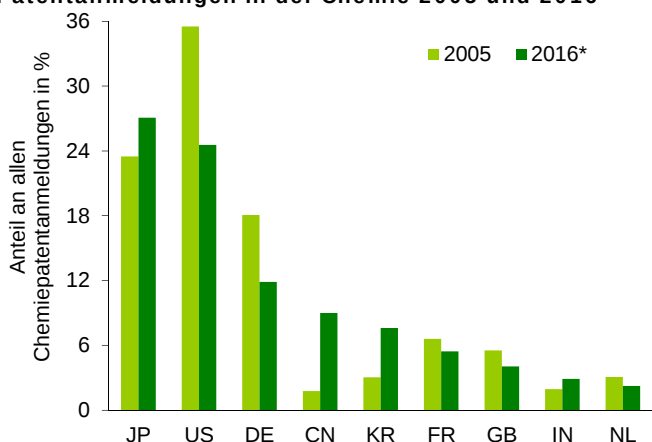
Trotz des aktuellen Zuwachses bleibt die weltweite Patentdynamik in der Chemie seit 2008 deutlich hinter der Patentdynamik über alle Technologiefelder zurück. Deutschland zeigt grundsätzlich eine ähnliche Entwicklung. Allerdings nahm hier die Zahl der Chemiepatent-

anmeldungen von 2007 bis 2015 auch absolut ab. Hier- von waren alle Teilsektoren der Chemie betroffen. Erst 2016 ist in Deutschland im Zuge des allgemeinen Trends wieder von einem merklichen Zuwachs der Chemiepatentanmeldungen auszugehen.

Der Anteil der Chemiepatente an allen Patentanmeldungen in Deutschland ist mit 9,0 % höher als im Durchschnitt aller Länder, wo die Chemie auf einen Anteil von 8,3 % an allen Patentanmeldungen kommt. Für die meisten anderen betrachteten Länder ergeben sich teils deutlich höhere Strukturanteile, insbesondere für Indien – bei jedoch insgesamt wenigen transnationalen Patentanmeldungen - und Japan. Die USA weisen mit 8,4 % einen Wert knapp über dem Weltdurchschnitt auf. Deutlich niedriger ist der Strukturanteil der Chemie dagegen in China (4,4 %). Trotz hoher absoluter Zuwächse sind Chemiepatentanmeldungen innerhalb des chinesischen Patentportfolios unverändert klar unterrepräsentiert.

Patentanmeldungen sind der am weitesten verbreitete Indikator zur Messung der technologischen Position auf den Weltmärkten. Die Analyse zielt auf transnationale Patentanmeldungen mit ausgeprägt internationaler Orientierung in der Chemie und beruht auf einer Patentrecherche des Fraunhofer ISI im „World Patents Index“ (WPI) in der Version des Datenbank-Anbieters STN. Einbezogen werden Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt (EPA) sowie bei der World Intellectual Property Organisation (WIPO) im Rahmen des PCT-Verfahrens (Patent Cooperation Treaty). Aufgrund der aufwendigeren Verfahren und höheren Kosten sind transnationale Patente in der Regel von größerer technologischer und ökonomischer Relevanz als rein nationale Anmeldungen. Die Zuordnung nach Ländern erfolgt nach dem Erfindersitz, die zeitliche Einordnung nach dem Jahr der Erstanmeldung (Prioritätsjahr). Patente von Erfindern aus mehreren Ländern werden in der Länderzuordnung mehrfach berücksichtigt. Die Definition der Teilfelder lehnt sich an die der Wirtschaftszweige (WZ 2008) an. Zum Zeitpunkt der Erhebung im Juli 2018 waren einige Angaben für das Prioritätsjahr 2016 noch unvollständig (zeitliche Abdeckung, Zuordnung von Codes der International Patent Classification). Diese Effekte lassen sich für die weltweiten Angaben gut hochrechnen, auf Länderebene sind Unsicherheiten möglich.

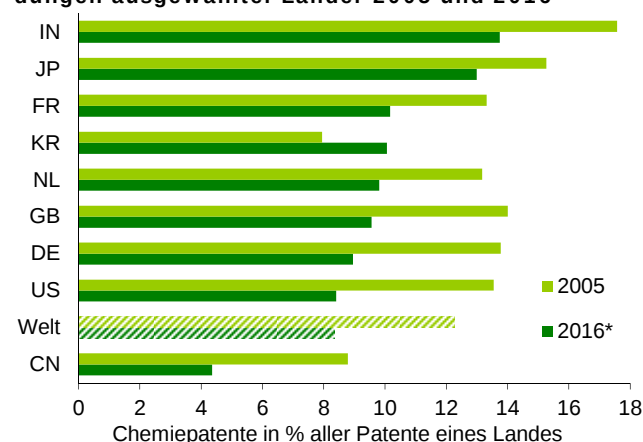
Anteil ausgewählter Länder an den internationalen Patentanmeldungen in der Chemie 2005 und 2016



* hochgerechnet

Quelle: WPI (STN) – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

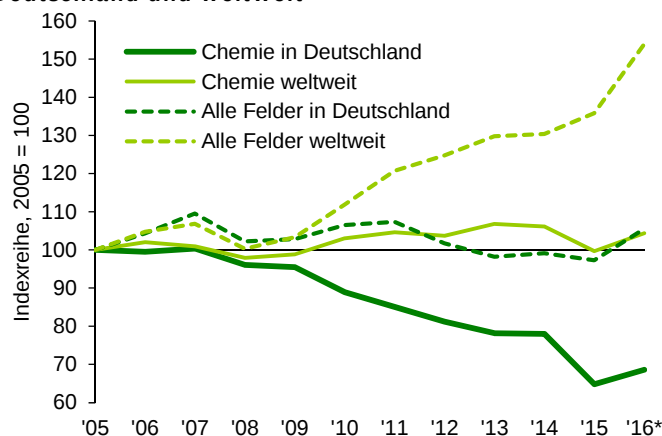
Anteil der Chemiepatente an allen Patentanmeldungen ausgewählter Länder 2005 und 2016



* hochgerechnet

Quelle: WPI (STN) – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

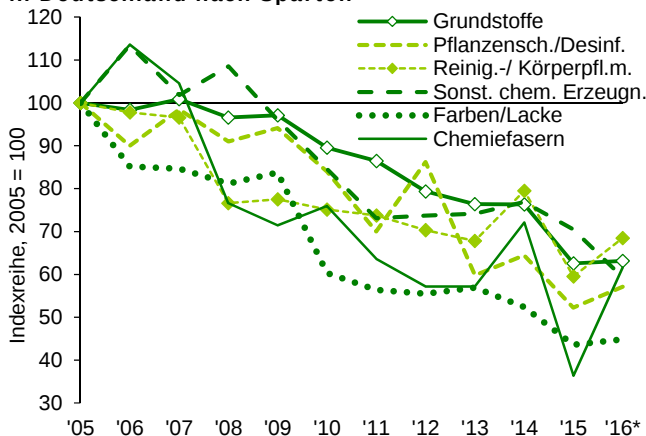
Dynamik von Chemiepatentanmeldungen 2005-2016 in Deutschland und weltweit



* hochgerechnet

Quelle: WPI (STN) – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

Dynamik von Chemiepatentanmeldungen 2005-2016 in Deutschland nach Sparten



* hochgerechnet

Quelle: WPI (STN) – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

11 Innovationserfolge

Der Umsatz mit Produktneuheiten der deutschen Chemieindustrie belief sich im Jahr 2016 auf 23,6 Mrd. €. Dies ist ein Rückgang um 4 % gegenüber dem (revidierten) Vorjahreswert. Gemessen am Branchenumsatz machten neue Produkte 2016 15,4 % aus. 4,6 % des Gesamtumsatzes entfielen auf Marktneuheiten (nach 5,1 % in 2015) und 10,9 % auf Nachahmerinnovationen (2015: 10,3 %). Nur ein kleiner Teil des Umsatzes mit Produktneuheiten (2016: 1,5 %) geht auf Neuheiten zurück, die neue Marktsegmente erschließen und das Produktportfolio ausweiten.

Der Umsatzanteil mit neuen Produkten ist in der Chemieindustrie niedriger als in anderen Technologiebranchen, die Anteile zwischen 20 und 50 % erreichen. Auch die Pharmaindustrie erzielte 2016 mit knapp 22 % einen höheren Wert als die Chemieindustrie. Der Industriedurchschnitt lag bei 23 %. Der Rückstand ist vor allem bei Nachahmerinnovationen hoch. Der niedrige Wert der Chemieindustrie liegt primär an langen

Produktlebenszyklen sowie langen Anlaufzeiten, bis Neuheiten hohe Umsatzzahlen generieren.

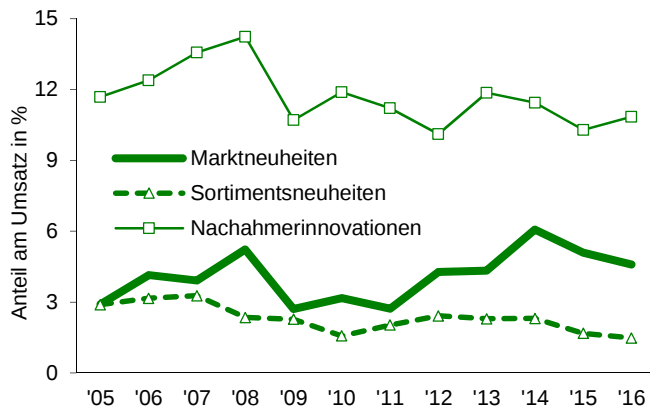
Im internationalen Vergleich ist der Umsatzanteil der deutschen Chemieindustrie mit neuen Produkten als durchschnittlich einzustufen. Mit einer Quote von 17,4 % im Jahr 2014 lag die Branche knapp unter dem EU-Mittel (18,3 %). Besonders hohe Werte wiesen Dänemark und Großbritannien auf. Vom gesamten Neuproduktumsatz der EU-Chemieindustrie entfiel deutlich über ein Viertel auf Deutschland (28,5 %).

Prozessinnovationen trugen 2016 zu einer durchschnittlichen Kostensenkung in der Chemieindustrie von 2,0 % bei. Seit Mitte der 2000er Jahre ist dieser Indikatorwert in der Tendenz rückläufig. Er liegt auch stets unter dem Industriedurchschnitt. Qualitätsverbesserungen haben 2016 zu zusätzlichen Umsätzen von 4,6 Mrd. € (= 2,2 % des Gesamtumsatzes) beigetragen. Dieser Wert entspricht dem Industriemittel, ist im langfristigen Vergleich aber niedrig.

Umsatz mit Produktinnovationen: Umsatz eines Jahres, der auf Produkte zurückgeht, die im vorangegangenen Dreijahreszeitraum neu eingeführt wurden. **Produktinnovationen** sind Produkte, deren Komponenten oder grundlegende Merkmale (wie technische Grundzüge, Komponenten, integrierte Software, Verwendungseigenschaften, Benutzerfreundlichkeit, Verfügbarkeit) – aus Sicht des jeweiligen Unternehmens – neu oder merklich verbessert sind. Nach dem Neuheitsgrad werden **Marktneuheiten** (Produkte, die es im Markt zuvor noch nicht gab), **Nachahmerinnovationen** (neu für ein Unternehmen, aber nicht für den Markt) und **Sortimentsneuheiten** (neue Produkte ohne Vorgängerprodukt im Unternehmen) unterschieden. Die Umsatzzahlen schließen branchenfremde Umsätze und Umsätze mit Handelswaren ein.

Kostensenkungen durch Prozessinnovationen: Anteil der Stückkosten, die mit Hilfe von Prozessinnovationen reduziert werden konnten, die im vorangegangenen Dreijahreszeitraum neu eingeführt wurden. **Qualitätsverbesserungen durch Prozessinnovationen:** Umsatzanstieg, der auf Qualitätsverbesserungen zurückgeführt werden kann.

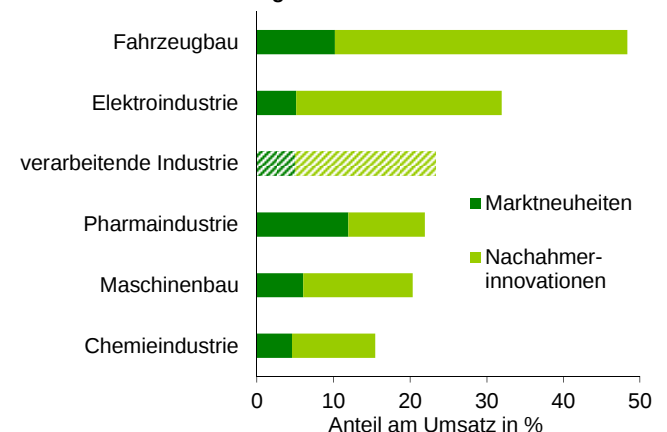
Umsatzanteil mit Produktneuheiten 2005-2016 in der deutschen Chemieindustrie



ab 2006: WZ 08

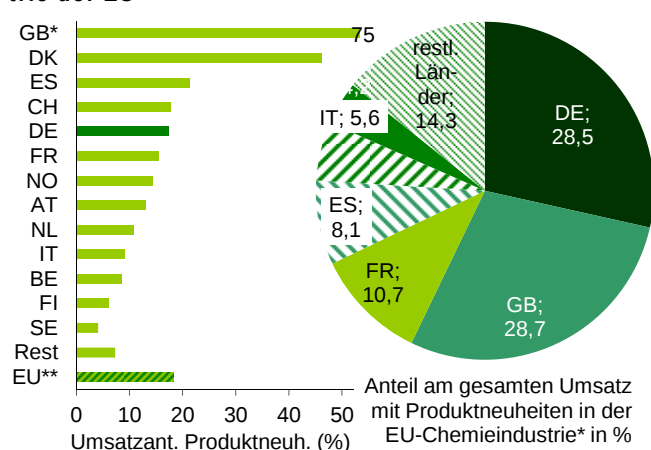
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Umsatzanteil mit Produktneuheiten in Deutschland 2016 im Branchenvergleich



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

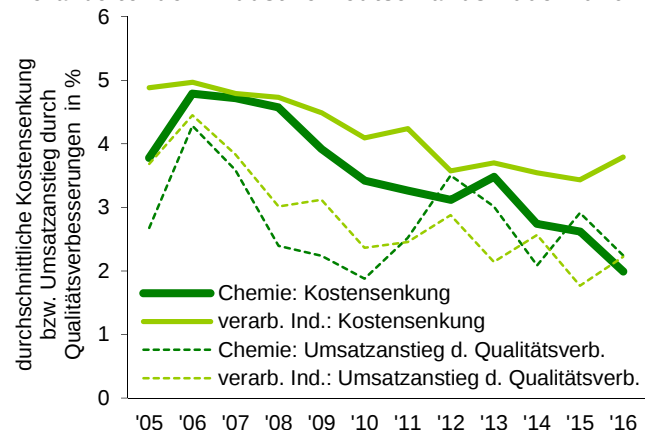
Umsatz mit Produktneuheiten 2014 in der Chemieindustrie der EU



* o. CY, LT, LU, SI, SK, inkl. CH, NO; Unternehmen ab 10 Beschäftigte

Quelle: Eurostat: CIS 2014 – Berechnungen des ZEW

Kostenreduktion und Qualitätsverbesserung durch Prozessinnovationen in der Chemieindustrie und der Verarbeitenden Industrie Deutschlands 2005-2016



ab 2006: WZ 08

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

12 Außenhandel mit forschungsintensiven Waren

Hochentwickelte Volkswirtschaften wie Deutschland können sich auf den Weltmärkten am ehesten mit Gütern behaupten, für die FuE und Innovation entscheidende Erfolgsfaktoren darstellen. Demzufolge ist der deutsche Exportanteil und Handelsbilanz-überschuss bei forschungsintensiven Waren insgesamt besonders hoch. Dabei wird das deutsche Export-volumen zu 40 % von Fahrzeugen dominiert, andere forschungsintensive Waren fallen deutlich weniger ins Gewicht.

Im Jahr 2017 wurden aus Deutschland forschungsintensive Chemiewaren im Wert von 34,8 Mrd. € ausgeführt. Das Einfuhrvolumen lag bei 35,2 Mrd. €. Damit hat sich der seit 2015 negative Außenhandels-saldo bis auf -0,4 Mrd. € verringert. Diese leicht negative Handelsbilanz ist ausschließlich auf organische Industriechemikalien zurückzuführen. Bei den anderen drei Warengruppen werden regelmäßig Exportüberschüsse erzielt. Abgesehen vom Krisenjahr 2009 ist das deutsche Handelsvolumen (Exporte und Importe) bis 2015 kontinuierlich gewachsen. Erst 2016 war auch Ölpreis- und wechsellkursbedingt ein leichter Rückgang

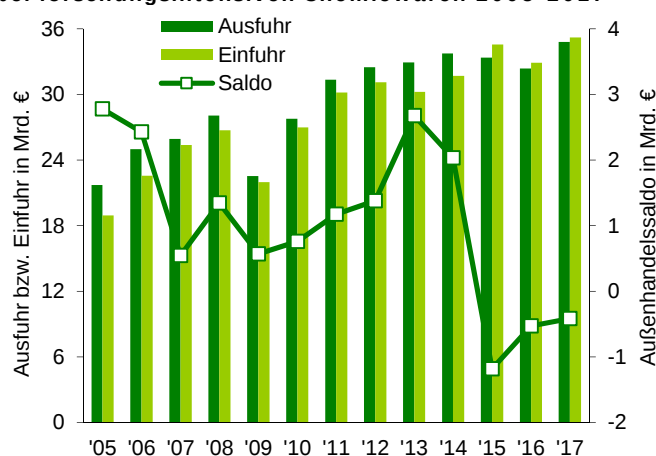
zu verzeichnen, der jedoch 2017 auf beiden Seiten der Bilanz überkompensiert werden konnte.

Deutschland war 2017 mit einem Welthandelsanteil von 8,3 % hinter den USA und China drittgrößter Exporteur forschungsintensiver Chemiewaren. Wie alle anderen traditionellen Chemienationen hat Deutschland Anteile zugunsten von China und Südkorea verloren, konnte sich dabei aber besser behaupten als Japan, Frankreich, Großbritannien und auch die USA.

Im bilateralen Handel mit forschungsintensiven Chemiewaren hat sich die deutsche Position gegenüber allen betrachteten Ländern von 2008 bis 2017 verbessert. Besonders gegenüber Großbritannien sind die früheren Nachteile deutlich geschrumpft, die Bilanz ist aktuell nahezu ausgeglichen. Ähnliches gilt, bei leichten deutschen Vorteilen, gegenüber China. Gegenüber Frankreich, den USA, Südkorea und Japan ist Deutschland klarer Nettoexporteur. Der insgesamt leicht negative Saldo für Deutschland resultiert aus Importüberschüssen gegenüber Belgien und den Niederlande, die primär konzerninterne Lieferungen widerspiegeln.

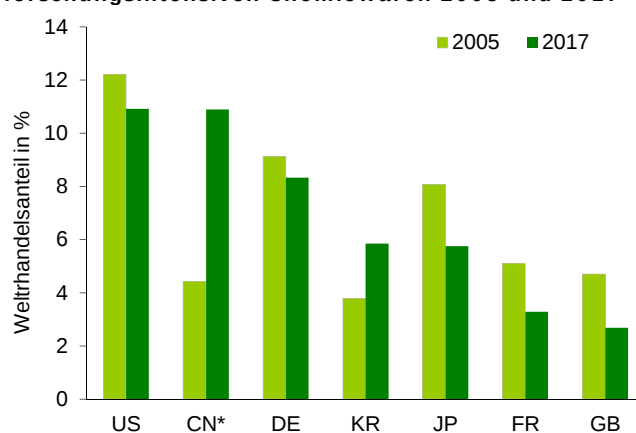
Die Abgrenzung **forschungsintensiver Waren** folgt der NIW/ISI/ZEW-Liste 2012. Ausgehend von den FuE-Intensitäten (interne FuE-Aufwendungen in % des Produktionswerts), wie sie sich für die OECD-Länder auf grober sektoraler Ebene 2008 und 2009 darstellen, wurden mit Hilfe vertiefender und zusätzlicher Informationen differenziertere Listen forschungsintensiver Güter entwickelt und bereitgestellt. Da Teile der Chemie in ihrer FuE-Dynamik im Verlauf des letzten Jahrzehnts hinter anderen Industrien und Gütern zurückgeblieben sind, zählen diese (z.B. Farbstoffe/Pigmente, Polymere, Pyrotechnik) anders als in früheren Abgrenzungen nicht mehr zur Gruppe besonders forschungsintensiver Waren. Der **Außenhandels-saldo** bei einer Warengruppe errechnet sich aus der Differenz von Exporten und Importen. Der **Welthandelsanteil** eines Landes entspricht dem Anteil der Exporte des Landes an allen Exporten in der jeweiligen Warengruppe. Die Niederlande werden beim Außenhandel nicht betrachtet, da deren Handelsvolumen sehr stark von konzerninternen Verflechtungen bestimmt ist (Produktion von chemischen Grundstoffen und Ausfuhr an verbundene Chemieunternehmen zur Weiterverarbeitung).

Ausfuhr, Einfuhr und Außenhandels-saldo Deutschlands bei forschungsintensiven Chemiewaren 2005-2017



Quelle: UN: COMTRADE – Berechnungen des CWS

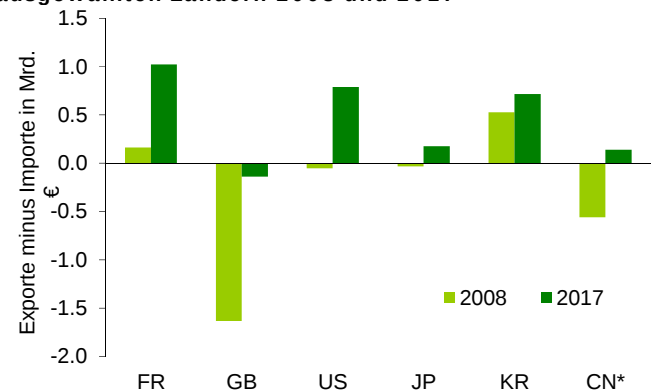
Welthandelsanteil ausgewählter Länder bei forschungsintensiven Chemiewaren 2005 und 2017



* inkl. Hongkong – Welthandel 2017 geschätzt

Quelle: UN: COMTRADE – Berechnungen des CWS

Außenhandels-saldo Deutschlands bei forschungsintensiven Chemiewaren gegenüber ausgewählten Ländern 2008 und 2017



* inkl. Hongkong

Quelle: UN: COMTRADE – Berechnungen des CWS

Kennzahlen zum Außenhandel Deutschlands mit forschungsintensiven Waren 2017

Warengruppe	Ausf. Einf.		AH-Saldo		WHA
	Mrd. €	Mrd. €	Mrd. €	in %	
Anorganische Grundchem.	5,0	3,7	1,3	0,4	10,8
Organische Industriechem.	17,2	24,5	-7,3	-2,2	6,5
Pflanzenschutz-, Desinf.-m.	3,7	1,4	2,3	0,7	12,3
Sonstige Chemiewaren	8,9	5,6	3,3	1,0	11,8
Chemische Erzeugnisse	34,8	35,2	-0,4	-0,1	8,3
Pharmazeutische Erzeugn.	74,1	47,1	27,0	8,3	15,2
Maschinenbauerzeugnisse	96,9	37,4	59,5	18,3	15,2
Fahrzeuge	264,7	128,6	136,2	41,8	16,5
Elektrotechnische Erzeugn.	181,6	167,9	13,7	4,2	7,4
Forschungsint. Waren	663,1	426,4	236,7	72,7	11,6
Verarb. Industriewaren	1208,5	882,8	325,6	100,0	9,7

* AH-Saldo: Außenhandels-saldo; WHA: Welthandelsanteil

Quelle: UN: COMTRADE – Berechnungen des CWS

Schwerpunktthema: Digitalisierung

Die Digitalisierung ist der bestimmende technologische Trend unserer Zeit. Ihr technologischer Kern ist die Generierung und der Austausch digitaler Daten und die Vernetzung von virtueller und physischer Welt. Der digitale Wandel geht allerdings weit über neue technische Entwicklungen hinaus:

- Die breite Verfügbarkeit von internetfähigen mobilen Endgeräten verändert das **Kommunikations- und Konsumverhalten** nachhaltig.
- Die digitale Vernetzung von Teilsystemen und entlang der Wertschöpfungskette (**Industrie 4.0**) bietet enorme Potenziale zur Steigerung der Produktivität, zur Verbesserung der Qualität von Produkten und Dienstleistungen und zu neuen Service-Angeboten und Geschäftsmodellen.
- Die Entstehung einer **Plattform-Ökonomie** schafft neue Marktangebote und Kundenbeziehungen und gestaltet den Wettbewerb in Märkten grundlegend um.
- Die immer größere Bedeutung von Daten als eine wirtschaftliche Ressource rückt das Thema **Datensicherheit** ins Zentrum. Hier ist eine Balance zwischen der umfassenden Generierung und Nutzung von Daten und dem Schutz wettbewerbsrelevanter Informationen zu halten.

Für Unternehmen eröffnet die Digitalisierung nicht nur neue Möglichkeiten für Innovationen und die Umgestaltung von Produktions- und FuE-Prozessen. Über neue Geschäftsmodelle und Vertriebskanäle können auch neue Kundenbedürfnisse und Kundengruppen angesprochen werden. Gleichzeitig treten über digitale Plattformen auch neue Wettbewerber auf, und Wertschöpfungsketten werden neu ausgerichtet. Für die Chemieindustrie ergibt sich daraus eine Vielzahl von **Innovationsmöglichkeiten** in unterschiedlichen Bereichen:

- **Prozesstechnologie:** digitale Anlagen (höhere Flexibilität, Modularität, Autonomie, Optimierung des Asset Lifecycle Managements, Remote Operations, Augmented Reality)
- **FuE:** neue Simulationstechniken beschleunigen Forschung, schnellere Entwicklung von Formulierungen und Rezepturen
- **Produkte:** digitale Angebote und weitergehende Dienstleistungen zu bestehenden Produkten
- **Kundenbeziehungen:** Integration von Kundendaten in Produktangebote, Kollaborationsplattformen
- **Beschaffung:** Supply Chain Optimierung, Handelsplattformen
- **Geschäftsmodelle:** Individualisierung von Produkten, Leistung statt Produkt, additive Fertigung

Verbreitung von Digitalisierungsanwendungen

Zur Verbreitung von Digitalisierung in der Chemie liegen aus mehrere Datenquellen Angaben zu verschiedenen Anwendungsbereichen digitaler Technologien vor. Eine Befragung von mittelständischen Chemie- und Pharmaunternehmen durch den VCI im Jahr 2017 zeigt, dass digitale Prozesse und digitale Betriebsmodelle bereits heute zum Alltag vieler Unternehmen gehören. Zwei Drittel nutzen digitale Instrumente für ihre interne Kommunikation. Rund die Hälfte hat die Vernetzung mit Kunden und Lieferanten digitalisiert und 46 % setzen digitale Prozesssteuerung ein. Hingegen wird E-Commerce erst von rund einem Drittel der Unternehmen genutzt und Big-Data-Analysen oder additive Fertigung, Sensorik und Augmented Reality spielen noch kaum eine Rolle (Deloitte 2017).

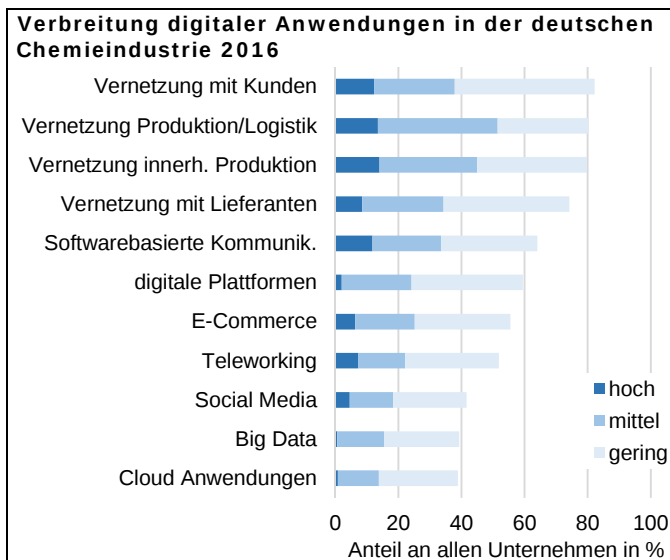
Auch die Ergebnisse der Innovationserhebung bestätigen die beachtliche Verbreitung digitaler Anwendungen in der deutschen Chemieindustrie. So haben im Jahr 2016 über 80 % der Unternehmen digitale Anwendungen im Produktions- und Vertriebsprozess eingesetzt, sei es in Form einer digitalen Vernetzung innerhalb der Produktion, zwischen Produktion und Logistik oder an den Schnittstellen zu Kunden und Lieferanten. Allerdings kommt nur in einem kleinen Teil der Unternehmen der Digitalisierung im Produktionsbereich eine hohe Bedeutung zu. Dies liegt wohl daran, dass die Chemieindustrie beim Thema Prozessoptimierung schon sehr gut aufgestellt ist, sodass der Bedarf für Digitalisierungslösungen geringer ist. So ist etwa die datenbasierte Vernetzung von Produktionsprozessen (Messen, Steuern, Regeln) in der Chemie schon länger weit verbreitet.

Befragungen des VCI 2017: Im Rahmen einer Studie von Deloitte (2017) hat der VCI 124 vor allem mittelständische Mitgliedsunternehmen u.a. dazu befragt, inwieweit sie auf die digitale Transformation vorbereitet sind und welche spezifischen Herausforderungen sie sehen.

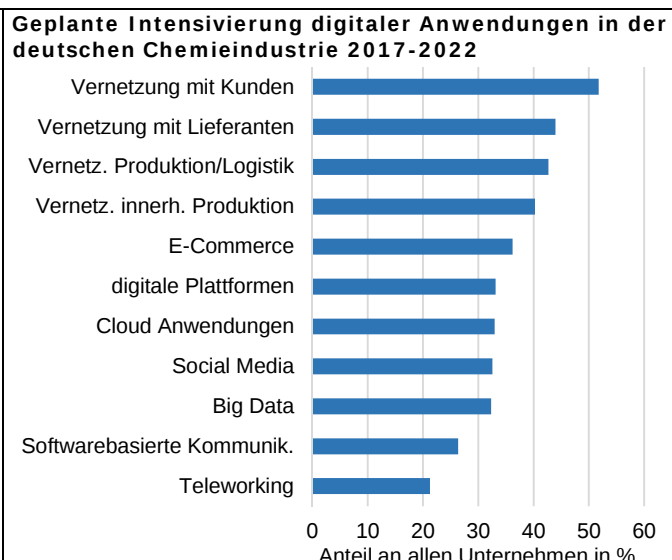
Das **Mannheimer Innovationspanel des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)** erfasste in der Befragungswelle 2016 die damals aktuelle (= Mitte 2016) und mittelfristig geplante (= nächsten 3-5 Jahre) Verbreitung von Digitalisierungsanwendungen in verschiedenen Funktionsbereichen von Unternehmen sowie die Schwierigkeiten bei der Digitalisierungsnutzung aus Sicht der Unternehmen.

Das **Betriebspanel des Instituts für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB)** ist eine jährlich wiederkehrende repräsentative Befragung von derzeit rund 16.000 Betrieben mit mindestens einem sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, darunter gut 180 Betrieben aus der Chemie- und Pharmaindustrie (WZ 20-21). Der Datenzugang erfolgt mittels kontrollierter Datenfernverarbeitung beim Forschungsdatenzentrum (FDZ) der Bundesagentur für Arbeit im IAB. In der Welle 2016 wurden erstmals auf einer 10-stufigen Bewertungsskala Einschätzungen zu Automatisierungs- und Digitalisierungstechnologien erfragt, die für die Analyse zu drei Items verdichtet wurden.

Das **Institut der deutschen Wirtschaft (IW)** Köln führt jeweils in dreijährigem Turnus eine Befragung von Unternehmen zu deren **Weiterbildungsaktivitäten** durch, aus der sich der Bundesarbeitgeberverband Chemie (BAVC) jeweils eine Sonderauswertung für die Chemieindustrie (hier: inkl. Pharmaindustrie sowie Gummi- und Kunststoffverarbeitung: WZ 20-22) erstellen lässt. In der Befragung 2017 wurde erstmals ein Themenschwerpunkt auf Weiterbildungsaktivitäten im Kontext der Digitalisierung gesetzt.



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Digitale Anwendungen mit hoher Verbreitung in Unternehmen in Deutschland 2016 im Branchenvergleich

	Chemie-ind.	Pharma-ind.	Elektro-ind.	Fahr-zeugb.	Masch.-bau	verarb. Gew.
Vern. in Prod.	14	18	17	12	9	11
Vern. Prod./Log.	13	21	14	14	7	10
Vern. Kunden	12	18	12	12	14	12
Softw.b. Komm.	12	9	8	7	5	4
Vern. Liefer.	9	16	11	6	10	9
Teleworking	7	6	4	7	3	3
E-Commerce	6	4	6	3	5	4
Social Media	5	3	1	4	3	2
digitale Plattf.	2	2	5	2	3	2
Cloud Anw.	1	4	3	1	2	2
Big Data	1	2	1	1	1	1

Anteil an allen Unternehmen in %

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

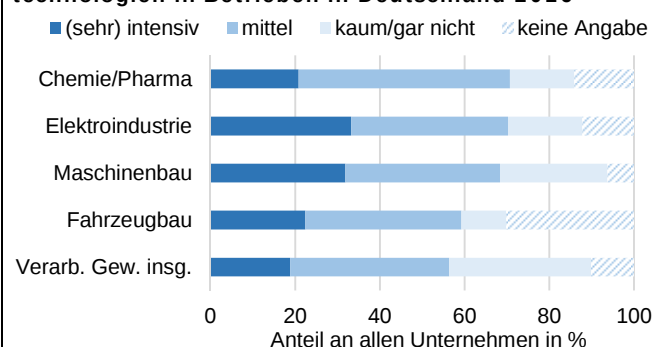
Geplante Intensivierung digitaler Anwendungen 2017-2022 im Branchenvergleich

	Chemie-ind.	Pharma-ind.	Elektro-ind.	Fahr-zeugb.	Masch.-bau	verarb. Gew.
Vern. Kunden	52	28	51	43	51	45
Vern. Liefer.	44	36	47	55	42	42
Vern. Prod./Log.	43	40	41	50	43	36
Vern. in Prod.	40	41	47	49	51	41
E-Commerce	36	27	31	32	29	26
Social Media	33	31	24	33	26	23
Cloud Anw.	33	25	28	33	37	21
digitale Plattf.	33	33	30	36	28	20
Big Data	32	21	22	30	25	15
Softw.b. Komm.	26	44	31	36	36	22
Teleworking	21	22	20	14	20	14

Anteil an allen Unternehmen in %

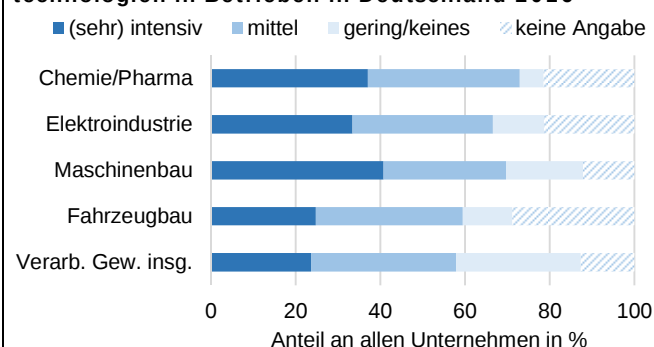
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Befassung mit Automatisierungs- und Digitalisierungstechnologien in Betrieben in Deutschland 2016



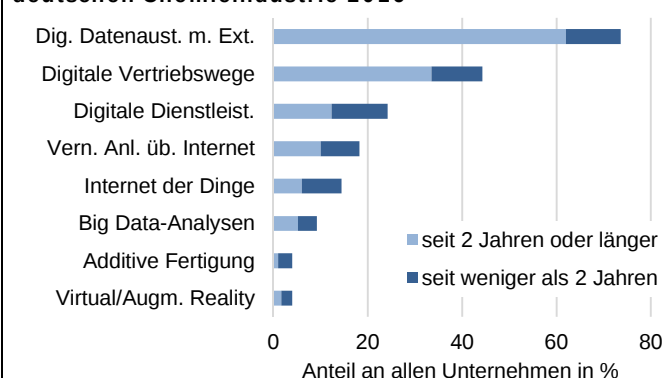
Quelle: IAB Betriebspanel 2016 – Berechnungen des CWS

Potenzial für Automatisierungs- und Digitalisierungstechnologien in Betrieben in Deutschland 2016



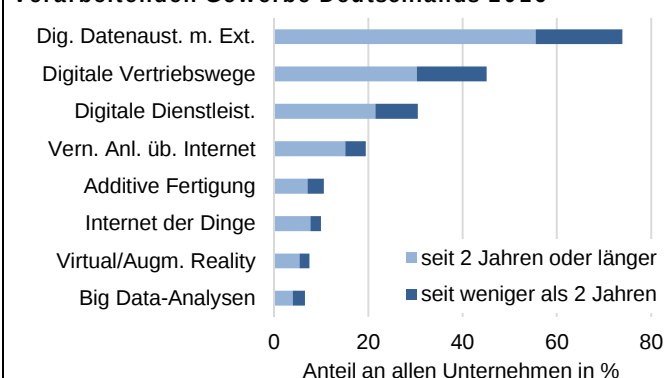
Quelle: IAB Betriebspanel 2016 – Berechnungen des CWS

Nutzung ausgewählter digitaler Technologien in der deutschen Chemieindustrie 2016



Quelle: IW-Weiterbildungserhebung 2017 - Zusammenstellung CWS

Nutzung ausgewählter digitaler Technologien im Verarbeitenden Gewerbe Deutschlands 2016



Quelle: IW-Weiterbildungserhebung 2017 - Zusammenstellung CWS

Im Branchenvergleich zeichnet sich die Chemieindustrie durch einen überdurchschnittlichen Anteil von Unternehmen aus, die Teleworking, softwarebasierte Kommunikationsformen, E-Commerce und Soziale Medien nutzen. In den kommenden Jahren planen die meisten Chemieunternehmen mit einer weiteren Intensivierung des Digitalisierungseinsatzes. Dabei handelt es sich überwiegend um KMU, die oft erst mit einer Zeitverzögerung gegenüber den großen Unternehmen in neue digitale Technologien einsteigen. Am häufigsten soll die digitale Vernetzung mit Kunden vorangetrieben werden. Dazu zählen auch neue digitale Dienstleistungen für die Abnehmer von Chemiewaren, z.B. digitale Produktdokumentations- und -zulassungssysteme oder "Performance as a Product" Angebote. Aber auch bei den Themen Big Data und Cloud-Lösungen planen viele Unternehmen verstärkte Anstrengungen.

Daten des IAB-Betriebspanels bestätigen die Befunde der Innovationserhebung. Der Anteil der Betriebe aus der Chemie- und Pharmaindustrie, die sich intensiv mit dem Thema Digitalisierung und digitale Automatisierung beschäftigen, ist niedriger als in anderen Technologiebranchen, während der Anteil der Betriebe, die sich insgesamt mit dem Thema befassen, sehr hoch ist. Außerdem zeigt sich auch hier, dass ein großer Teil der Betriebe der Chemie- und Pharmaindustrie sich künftig verstärkt mit Automatisierungs- und Digitalisierungstechnologien befassen wollen, was auf eine Zunahme der Diffusion solcher Technologien in KMU hindeutet.

Die IW-Weiterbildungserhebung 2017 mit Themenschwerpunkt Digitalisierung zeigt, dass Unternehmen der Chemiebranche (hier: Chemie/Pharma/Gummi/Kunststoff) am häufigsten (zu fast 75 %) den digitalen Datenaustausch mit Lieferanten, Dienstleistern oder Kunden nutzen. Fast ein Viertel der Unternehmen setzt auf digitale Dienstleistungen und knapp ein Fünftel steuert und vernetzt seine Maschinen und Anlagen über das Internet. Im Vergleich zum Verarbeitenden Gewerbe nutzen Chemieunternehmen schon seit längerem den digitalen Datenaustausch mit Externen, wohingegen digitale Dienstleistungen erst in jüngerer Zeit stärker an Bedeutung gewonnen haben. Additive Fertigung und Virtual/Augmented Reality sind in Chemieunternehmen seltener anzutreffen, während das Internet der Dinge eine größere Bedeutung hat als im Industrieschnitt.

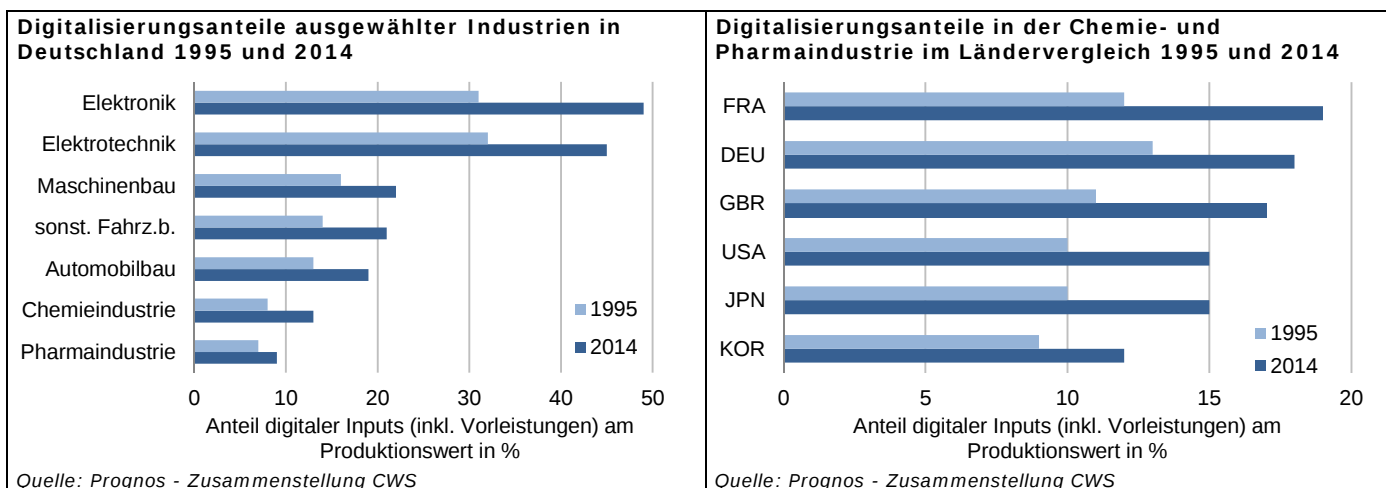
Relevanz der Digitalisierung für die Chemieindustrie

Die Digitalisierung ist nicht nur ein zentraler Wettbewerbsfaktor für Industrien, die digitale Produkte oder Digitalisierungstechnologien herstellen. Auch in einer Prozessindustrie wie der Chemie hat die Digitalisierung einen großen Einfluss. Im Jahr 2014 entfielen 13 % des gesamten Inputs, den die deutsche Chemieindustrie im Rahmen der Herstellung von Chemieprodukten einsetzt, auf digitale Produkte und Dienstleistungen. Dieser Anteil stieg seit 1995 um 5 Prozentpunkte. Gleichwohl liegt die Chemieindustrie damit hinter anderen forschungsintensiven Industriezweigen. Die größte quantitative Bedeutung hat die Digitalisierung in der Elektronik (inkl. Computer, Messtechnik, Optik) und der Elektrotechnik. Dort stieg auch der Digitalisierungsanteil am Produktionswert am stärksten an. Der Bedeutungszuwachs in der Chemieindustrie liegt in der Größenordnung der Werte des Automobil- und Maschinenbaus (jeweils plus 6 Prozentpunkte).

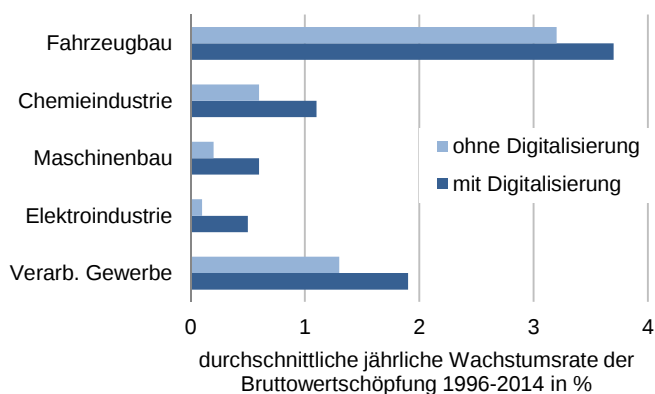
Der Digitalisierungsanteil der deutschen Chemie- und Pharmaindustrie ist höher als der der US-amerikanischen oder japanischen. Unter den großen Chemienationen weist nur die französische Chemie- und Pharmaindustrie einen höheren Digitalisierungsanteil auf, dieser stieg seit 1995 auch besonders stark an. Dies kann an Strukturunterschieden zwischen der französischen und der Chemieindustrie anderer Länder liegen.

Im Zeitraum 1996-2014 wäre die Bruttowertschöpfung der deutschen Chemieindustrie ohne diesen Anstieg des Digitalisierungsanteils um 0,5 Prozentpunkte pro Jahr schwächer gewachsen. Der Beitrag der zunehmenden Digitalisierung zum Wachstum der Wertschöpfung in der Chemieindustrie ist damit genauso hoch wie im Verarbeitenden Gewerbe Deutschlands oder im Fahrzeugbau.

In einer von der Prognos AG für die Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V. (vbw) erstellten Analyse wird der **Digitalisierungsanteil einzelner Branchen** zunächst am Anteil digitaler Patentanmeldungen an allen Patentanmeldungen gemessen. Die umfassenderen Digitalisierungsanteile einschließlich Berücksichtigung aller Vorleistungen werden auf Grundlage von Input-Output-Rechnungen des Statistischen Bundesamtes (für den nationalen Vergleich) bzw. der OECD (für den internationalen Vergleich) berechnet, die jeweils in unterschiedlicher Branchengliederung vorliegen (national: Chemieindustrie; international: Chemie einschließlich Pharma) und digitale Inputs unterschiedlich abgrenzen.



Durchschnittliche Wachstumsraten der Bruttowertschöpfung 1996-2014 mit und ohne Wachstum des Digitalisierungsanteils



Quelle: Prognos - Zusammenstellung CWS

Die Unternehmen und Sozialpartner setzen sich mit den Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung vorausschauend auseinander. Top-Themen im Bereich Arbeiten 4.0 sind derzeit zeit- und ortflexibles Arbeiten, Qualifizierung und Gesundheit sowie Datenschutz. Hierfür stellt der BAVC mit der Toolbox Arbeiten 4.0 bereits erste Unterstützungsangebote für Unternehmen zur Verfügung. Im Rahmen des Dialoges WORK@industry 4.0 werden auch auf Sozialpartnerebene zwischen BAVC und IG BCE gemeinsam Ideen und Lösungsansätze entwickelt, wie sich die digitale Arbeitswelt in der Chemie-Branche erfolgreich gestalten lässt.

Digitale Geschäftsmodelle und Plattformen

Mit der Digitalisierung rückt der Kunde noch stärker ins Zentrum von Produktions- und Innovationsprozessen. Sein Bedarf ist es, der Veränderungen in Produktionsprozessen, Logistikabläufen, der Bereitstellung von Dienstleistungen und der (Weiter-)Entwicklung von Produktangeboten anstößt. Wissen über die eigene Klientel wird also auch in der Chemieindustrie zur zentralen Ressource. Für die Branche bedeutet dies eine umfassende Transformation der heutigen Geschäftsmodelle, weg von den gewohnten, produktzentrierten Ansätzen, hin zu vollständiger Kundenzentrierung. Dies erfordert einerseits zunächst Investitionen in die notwendige IT-Infrastruktur, verbunden mit Investitionen in Aus- und Fortbildung. Gleichzeitig müssen aus Sicht der Unternehmensorganisation Bereichsgrenzen überwunden, neue, übergreifende Strukturen und Kompetenzen geschaffen und neue Formen der innerbetrieblichen Zusammenarbeit gefunden werden. Andererseits eröffnen sich durch die intensivere Betreuung und technische Anbindung der Kunden für den Anbieter Chancen auf immer neue Angebote und individualisierte Zusatzdienstleistungen (EY 2017, KPMG 2016).

Dabei können neue Netzwerke zwischen Unternehmen aus der Chemieindustrie und anderen Branchen entstehen, insbesondere aus der digitalen Wirtschaft. Am Ende kommt es zur Herausbildung branchenübergreifender **Ökosysteme**, die traditionelle Branchengrenzen verwischen. Die Chemieindustrie muss dabei ihre Position in diesen neuen Ökosystemen finden.

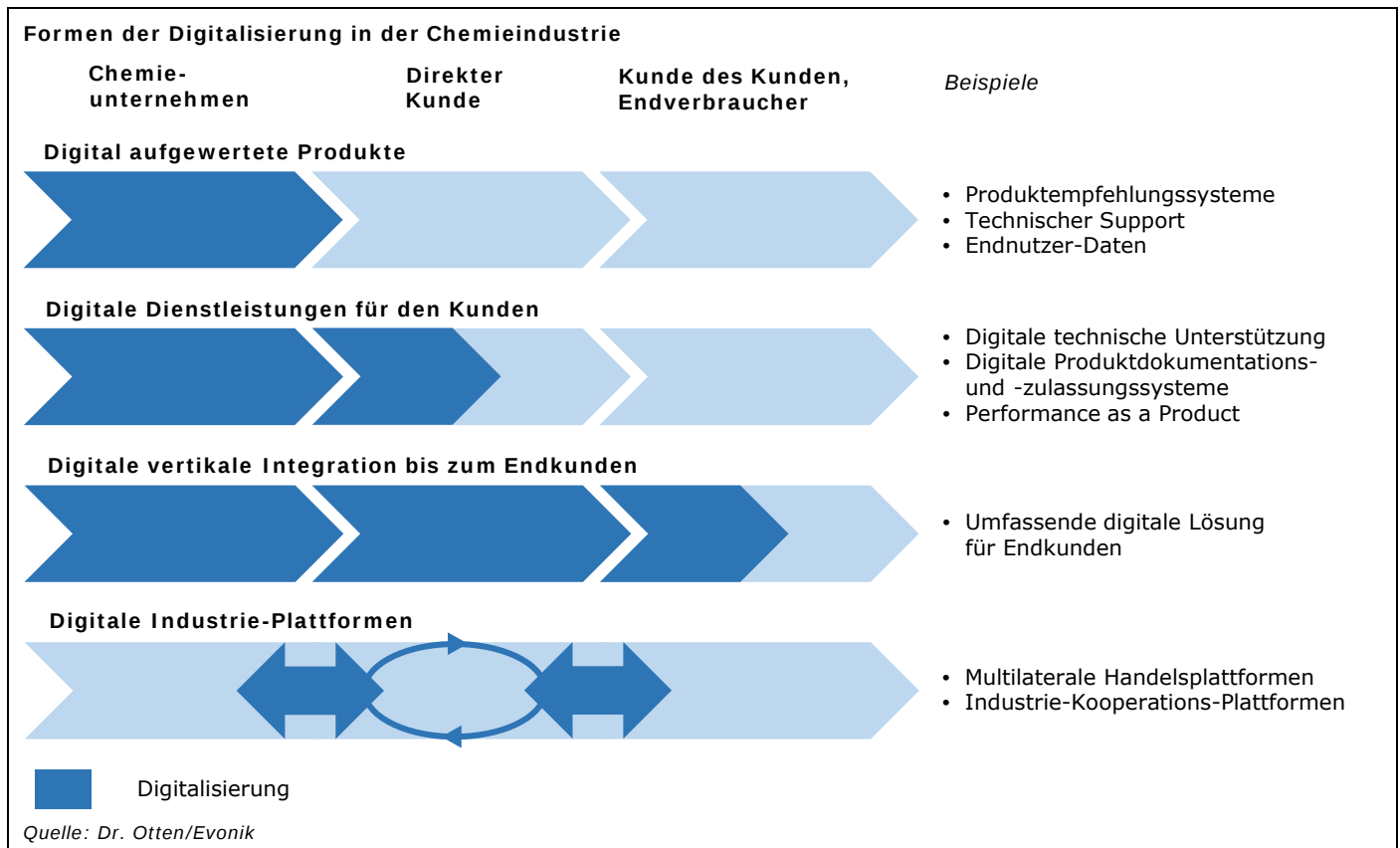
Grundsätzlich beeinflusst die Digitalisierung die **Geschäftsmodelle** der chemischen Industrie auf zweierlei Weise. Erstens müssen die Angebote von Unternehmen, die selbst als Zulieferer auftreten, kundenorientierter, integrierter und individualisierter werden. Zweitens ist die chemische Industrie auch Abnehmer von Produkten und Leistungen, die sich durch die Digitalisierung verändern und die sie gemeinsam mit ihren Zulieferern für sich weiterentwickeln kann (Bazzanella et al. 2016).

Eine Studie des Bundesverbandes Deutscher Unternehmensberater, basierend auf einer Befragung von 160 Managern von deutschen Spezialchemieunternehmen, zeigt, dass nahezu alle Befragten der Meinung sind, dass funktions- und unternehmensübergreifende Prozesse konsequent an den Bedürfnissen der Kunden ausgerichtet sein müssen; allerdings sehen nur knapp 40 % ihr Unternehmen auf dem richtigen Weg dorthin. Weiterhin halten 9 von 10 Befragten es für wichtig, die Wertschöpfungsketten durchgängig zu digitalisieren, mehr als die Hälfte davon sehen sich darauf jedoch nicht gut vorbereitet (BDU 2017).

Auch eine Deloitte-Analyse (2017) bestätigt, dass digitale Geschäftsmodelle im chemisch-pharmazeutischen Mittelstand bisher nur eine geringe Bedeutung haben. Sieben von zehn Unternehmen hatten zum Zeitpunkt der Befragung keine digitalen Geschäftsmodelle, bei den übrigen machten diese im Schnitt erst etwa 5 % ihres Umsatzes aus. Allerdings gaben rund 40 % der Unternehmen an, in den kommenden Jahren digitale Geschäftsmodelle einführen zu wollen.

Die Entstehung von **digitalen Plattformen** ist eine weitere grundlegende Neuerung durch die Digitalisierung. Dabei handelt es sich um digitale Marktplätze, Kommunikationsforen und Datenpools, die Produzenten, Großhändler und Kunden vernetzen. Über alle Unternehmensgrößen hinweg werden Alternativen für herkömmliche Plattformen für die Kundeninteraktion gesucht. Ziel ist es zum einen, durch intuitive, nutzerfreundliche Beschaffungsplattformen neue Kundengruppen zu erschließen und Umsatzwachstum zu generieren. Zum anderen soll es durch eigene innovative Kundenplattformen gelingen, sich erfolgreich gegen die zunehmende Entkopplung von den Endkundenmärkten zu stemmen und zu verhindern, langfristig zum „Commodity-Lieferanten“ für externe Distributionsnetzwerke zu werden.

Dabei spielen Startups als Plattform-Moderatoren eine zunehmend wichtige Rolle. Von Deutschland aus treten insbesondere junge Unternehmen als Anbieter neuer Vertriebsmöglichkeiten auf. Sie bieten eine neutrale Plattform an, um Rohstoffe und Materialien zu finden, Lieferanten zu qualifizieren, Ausschreibungen abzuwickeln und auf aktuelle Dokumente zugreifen zu können.



Beispiel IoT-Insektenschutz: *HomeControl* von Henkel

Der Schutz vor Stechmücken ist insbesondere in tropischen und subtropischen Regionen von großer Bedeutung. Denn er dient nicht nur der Vermeidung von schmerzhaften Stichen, sondern kann auch der Übertragung von Krankheiten vorbeugen.

HomeControl ist ein Insektenschutzsystem von Henkel, das von den Verbrauchern mit Hilfe einer App über Smartphones bedient werden kann. Hierfür wird der Insektenschutz-Zerstäuber an eine Steckdose angebracht. Die *HomeControl*-App, die zusammen mit einem Berliner Startup entwickelt wurde, ermöglicht es, den Einsatzzeitraum des Insektenschutzmittels, das über eine elektrisch erwärmte Kanüle versprüht wird, zu steuern. Mithilfe einer Schnittstelle zu einem Wetterdienst, der auch eine Vorhersage zum Moskitoaufkommen trifft, und individueller Vorgaben – etwa zu Raumgröße und Lage –, berechnet das Gerät die notwendige Dosis, um Moskitos zuverlässig und mit so wenig Wirkstoff wie möglich fernzuhalten. Der Zerstäuber ist lernfähig. Hierfür sammelt das Gerät Nutzungsdaten, die zur Optimierung des Einsatzes von Insektenschutzmitteln genutzt werden. Das System kann auch ohne die App verwendet werden.

Die Vorteile von *HomeControl* gegenüber herkömmlichen Insektenschutzanwendungen sind:

- insgesamt sparsamere und effektivere Dosierung,
- Aktivierungsmöglichkeit aus der Ferne, z.B. kurz bevor die Verbraucher in ihrem Zuhause eintreffen.

Quelle: Henkel

Digitalisierung in der Produktion

Die Digitalisierung bietet mehrere Hebel, um die chemische Prozesstechnik weiter zu verbessern und zusätzliche Rationalisierungspotenziale (höhere Flexibilität, Reduktion des Nettoumlaufvermögens, kürzere Umrüst- und Anlaufzeiten, höhere Kapazitätsauslastung) zu heben:

- **Supply Chain Optimierung:** Durch die digitale Integration der Prozesskette vom Materialbezug über die Verarbeitung und Lieferung an die Kunden entsteht eine digitale Transparenz der gesamten Lieferkette. Die Analyse dieser Prozesskettendaten (z.B. der Bestell- und Auslieferdaten) kann u.a. dazu genutzt werden, frühzeitig sich ändernde Kundenanforderungen zu erkennen und Produktionsabläufe entsprechend umzustellen. So kann die Auslastung der Anlagen erhöht und die Lagerhaltung von Fertigwaren reduziert werden.
- **Asset Lifecycle Datenmanagement (Integrated Engineering):** Durch ein integriertes digitales Anlagenmanagementsystem, eine bessere Nutzung von Prozessanalytik und eine umfassende Analyse von Prozessdaten wird eine Echtzeitoptimierung von Produktionsanlagen möglich.

- **Digitale Zwillinge** von Anlagen: Die Entwicklung von Datenmodellen zur Planung und zum Betrieb von Anlagen schafft völlig neue Möglichkeiten des Asset Lifecycle Managements (siehe Box).
- **Modulare Anlagen:** Die Modularisierung von Anlagen erlaubt eine flexiblere Produktion, einen kürzeren Asset Lifecycle sowie eine schnellere Inbetriebnahme von Anlagen.
- **Remote Operations:** Durch das autonome (ferngesteuerte) Betreiben von Anlagen lassen sich Fixkosten senken.
- **Additive Fertigung und Rapid Prototyping:** Durch Technologien wie 3D-Druck können Produktionsprozesse deutlich beschleunigt und die Anlagenkapazität erhöht werden. Sie bieten außerdem neue Absatzmärkte und Geschäftsmodelle für die Chemieindustrie.

Eine Befragung von Mitgliedern der Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC) ergab, dass die digitale Transformation sich vor allem über eine höhere Anlageverfügbarkeit, digitalisierte modellgestützte Prozesssteuerung sowie eine verbesserte Flexibilität in der Produktion positiv auf den zukünftigen Geschäftserfolg auswirken wird (jeweils rund 45 % der Nennungen). Nur wenig dahinter rangieren die schnellere Reaktion auf Kundenanforderungen (41 %) sowie verbesserte Serviceleistungen und geringere Produktionskosten (rund 35 %). Demgegenüber werden die positiven Wirkungen insbesondere auf kürzere Entwicklungszeiten (time-to-market), die Entwicklung innovativer Technologien, eine größere Produktvielfalt und die Etablierung neuer Geschäftsmodelle als weniger hoch eingeschätzt.

Digitale Zwillinge und integriertes Asset Lifecycle Management - Beispiel Evonik

Ziel eines integrierten Asset Lifecycle Managements ist die Steigerung der Effektivität und eine zukunftsorientierte Entwicklung, Errichtung und Führung von Produktionsanlagen. Ein zentraler Ansatz ist der **digitale Zwilling**. Dabei wird von jeder Anlage ein digitales Abbild erstellt, das folgende Möglichkeiten bietet:

- ein umfassendes Datenmodell zu allen relevanten Asset Lifecycle Informationen schafft die Voraussetzung für ein effizientes Datenmanagement sowie den Datenaustausch auf Basis von internationalen Standards,
- eine integrierte Computer-aided Engineering (CAE) Landschaft verringert die Anzahl der Schnittstellen und optimiert den Daten- und Dokumententransfer zwischen Betriebseinheiten,
- eine integrierte Datenplattform erlaubt einen einfachen, direkten Datenzugriff und das Navigieren zwischen verschiedenen Softwareanwendungen.

Die Vorteile von digitalen Zwillingen umfassen

- effizientere Planungsprozesse (integrated Engineering),
- bessere Verknüpfung von Planung/Konstruktion und Produktion,
- intelligentes Datenmanagement mit hoher Aktualität und effizienterer Anlagenwartung,
- einfachere Gewährleistung der Compliance-Anforderungen,
- Unterstützung künftiger Entwicklungen wie Augmented Reality, Virtual Reality und Echtzeit-Datenvisualisierung durch die Bereitstellung von technischen Ist-Daten.

Quelle: Evonik

Digitalisierung in der Forschung

Die Digitalisierung eröffnet der chemischen Forschung neue Wege und verändert Innovationsprozesse in der chemischen Industrie zum Teil grundlegend:

- Die **exponentiell gestiegene Rechnerleistung** (Supercomputer) ermöglicht Simulationsansätze, die die Forschung zu neuen Chemikalien enorm beschleunigen und die eine ungeahnt größere Variantenvielfalt für Chemiereaktionen und Produktformulierungen berechnen können.
- **Datenzentrierte Forschungsansätze** nutzen die Integration umfangreicher Datenbestände, darunter auch Daten aus der Produktion (Manufacturing Intelligence), um effizientere und nachhaltigere Formen der Herstellung von Chemikalien zu entwickeln.
- **Big Data Lösungen** und **künstliche Intelligenz** (KI) auf Basis Künstlicher Intelligenz helfen auch in der Chemie, die großen Datenmengen, die in Experimenten und Labortests anfallen, in neuer Form auszuwerten und so neue Impulse für Innovationen zu erhalten.
- Der beschleunigte und vernetzte Zugriff auf internationale Datenbanken bietet neue Möglichkeiten für **Literatur- und Patentrecherchen** und erlaubt einen vollständigen Überblick zu neuen Forschungsergebnissen weltweit.
- **Hochdurchsatz-Screening** zur Entwicklung neuer Chemikalien.

Gleichzeitig kommen mit der Digitalisierung Forschungsansätze außerhalb der traditionellen chemischen Forschung in die Chemieunternehmen und die Chemieinstitute an Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Dies betrifft insbesondere Methoden der Massendatenanalysen, der Künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens. Die aktuelle FuE-Erhebung des Stifterverbands aus dem Jahr 2017 zeigt z.B., dass 8 % der forschenden Chemieunternehmen FuE zu Informations- und Kommunikationstechnik betreiben, d.h. sie weisen eigene technologische Kompetenzen im Bereich digitaler Technologien auf und entwickeln zumindest einen Teil der digitalen Technologien, die sie in ihren Innovationsprojekten einsetzen, selbst.

Anwendungsmöglichkeiten für Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen in der Chemie sind z.B.:

- Klassische Prozessanalysetechniken können mit Modellen des maschinellen Lernens ergänzt werden, um Ausbeute und Qualität auch bei variierenden Prozessparametern weiter zu steigern.
- Reduzierung manueller Eingriffe in klassischen Büroprozessen (Bsp. zuverlässiger, automatisierter Abgleich von Rechnungen und offenen Forderungen).

Einsatzmöglichkeiten von Supercomputern in der Chemieforschung: Das Beispiel BASF

BASF verfügt derzeit über den größten Supercomputer in der chemischen Industrie. Bei seiner Inbetriebnahme Mitte 2017 rangierte der "Curiosity" genannte Rechner auf Rang 65 unter den leistungsfähigsten Computern der Welt. Die Einsatzmöglichkeiten von Curiosity in der Chemieforschung sind vielfältig:

- Ein Anwendungsbeispiel des BASF-Supercomputers sind molekulare Simulationen von Waschmittel-Formulierungen. Dank der enormen Rechenleistung von Curiosity kann mit diesen Simulationen auf molekularer Ebene erklärt werden, wie existierende sowie mögliche neue BASF-Produkte arbeiten. Das gewonnene bessere Verständnis von chemischen Produkten, Formulierungen und Prozessen ermöglicht so mehr Innovationen in kürzerer Zeit.
- Die Wirkweise von Molekülen wird durch deren Eigenschaften bestimmt. Mit Hilfe von Curiosity erstellt BASF eine große Datenbank an berechneten molekularen Eigenschaften. Mittels Machine Learning werden diese Eigenschaften mit der Wirkweise von BASF-Produkten in Relation gebracht. Dieser Ansatz erlaubt es, mittels der Datenbank erfolgversprechende Moleküle für innovative BASF-Produkte zu finden.
- Tenside sind ein wesentlicher Bestandteil vieler Produkte des täglichen Lebens wie zum Beispiel Spülmittel oder Hautcremes. Selbst in sehr niedrigen Konzentrationen können Tenside Strukturen bilden, die die Leistung eines Produktes wesentlich beeinflussen. Tenside beeinflussen zum Beispiel, wie stark ein Spülmittel schäumt oder wie gut sich eine Creme auf der Haut verteilen lässt. Mit Hilfe von Curiosity können nun Tensidsysteme genau studiert und damit die Forschungs- und Entwicklungsteams dabei unterstützt werden, neue Formulierungen für Wasch- und Reinigungsmittel sowie für Körperpflegeprodukte zu entwickeln.

Quelle: BASF

Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung

Die Digitalisierung verändert nicht nur die Geschäftstätigkeit und FuE-Prozesse in der Chemie. Sie setzt auch neue Anforderungen an die Beschäftigten und damit an das Bildungs-, Ausbildungs- und Weiterbildungssystem. Gleichzeitig können neue digitale Möglichkeiten und Lernangebote helfen, den großen Qualifikationsbedarf, der sich durch die Digitalisierung ergibt, leichter zu decken.

Nach vorliegenden Prognosen wird die fortschreitende Digitalisierung in Deutschland nur geringe Auswirkungen auf das quantitative Beschäftigungsvolumen haben (vgl. dazu die Zusammenstellung von Langenkamp und Linten (2018)), aber merkbare strukturelle Änderungen im Hinblick auf Anforderungen und Tätigkeiten mit sich bringen (steigender Umgang mit Messdaten und aggregierten Informationen, systematisches und kreatives Denken, kommunikative Kompetenzen, schnelle und bedarfsorientierte Lernfähigkeit etc.). Im Zuge dessen wird in allen Branchen deutschlandweit der Bedarf an IT-Kernberufen (z.B. Datenverarbeitungsfachleute, Softwareentwickler, IT-Systemelektroniker etc.) sowie anderen naturwissenschaftlichen Kompetenzen weiter zunehmen (Zika u.a. 2018). Kritisch ist in diesem Zusammenhang zum einen das mangelnde Interesse deutscher Schüler und v.a. Schülerinnen an solchen Berufen. So zeigt die Pisa-Studie aus dem Erhebungsjahr 2015, dass deutsche 15-Jährige mit ihren Leistungen im Bereich Naturwissenschaften im internationalen Vergleich recht gut platziert sind. Jedoch können sich nur 23 % aller Befragten vorstellen, später einmal einen naturwissenschaftsbezogenen Beruf zu ergreifen (OECD-Durchschnitt: 30 %), bei den Mädchen sind es sogar nur 13 % (Jungen: 27 %; vgl. Waxmann et. al. 2016). Mögliche Gründe sind ein zu später Beginn und eine zu geringe Stundenzahl sowie ein oftmals zu abstrakt und zu wenig kreativ gestalteter Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächern (v.a. durch fachfremde Lehrer).

Die international vergleichende Schulleistungsstudie ICILS 2013 (International Computer and Information Literacy Study) hat zudem erhebliche Rückstände im deutschen Schulsystem aufgedeckt (vgl. dazu Eickelmann 2017): Im Ergebnis nutzen Lehrpersonen in keinem anderen an der Studie teilnehmenden Land (insgesamt 21) seltener regelmäßig neue Technologien im Unterricht als in Deutschland. Zieht man das Ergebnis hinzu, dass etwa 40 Prozent der Lehrkräfte in Deutschland die vorhandene technische Ausstattung als veraltet bewerten oder angeben, dass der Internetzugang eingeschränkt sei, erklärt dies möglicherweise den seltenen Gebrauch neuer Technologien. Weiterhin zeigten sich Nachholbedarfe im Bereich des technischen und pädagogischen Supports an den Schulen sowie im Bereich der Lehrerfortbildungen. Gerade auch an den Berufsschulen sind die technischen Voraussetzungen unzureichend: Nach dem aktuellen Monitor „Digitale Bildung“ hat die überwiegende Mehrheit der Berufsschullehrer für den Unterricht kein oder nur unzureichendes WLAN zur Verfügung. So können weder mitgebrachte noch vorhandene Geräte sinnvoll eingesetzt werden.

Die Fähigkeit zu vernetztem Denken und Arbeiten gekoppelt mit Problemlösekompetenz wird zunehmend wichtiger werden. Gleichzeitig wird von den Mitarbeitern aufgrund der flexiblen Einsatzbedingungen auch eine schnelle und bedarfsorientierte Lernfähigkeit erwartet und die Anforderungen an Kreativität und Eigeninitiative steigen. Im Zuge dessen werden sich die Unternehmen auf den Bedarf nach kontinuierlicher und bedarfsbezogener Weiterbildung ihrer Mitarbeiter einstellen müssen (Bazzanella et al. 2016). Entsprechend gehen 65 % der befragten GVC-Mitglieder davon aus, dass die digitale Transformation ihres Unternehmens mit einem erhöhten Qualifizierungsbedarf verbunden ist. Je rund 40 % erwarten mehr Flexibilität in der Arbeitsgestaltung und Arbeitserleichterungen. Auf der anderen Seite befürchten rund 30 % zunehmende Arbeitsverdichtung und je rund ein Fünftel neue Ängste, steigende Arbeitsbelastung und den Wegfall von Arbeitsplätzen.

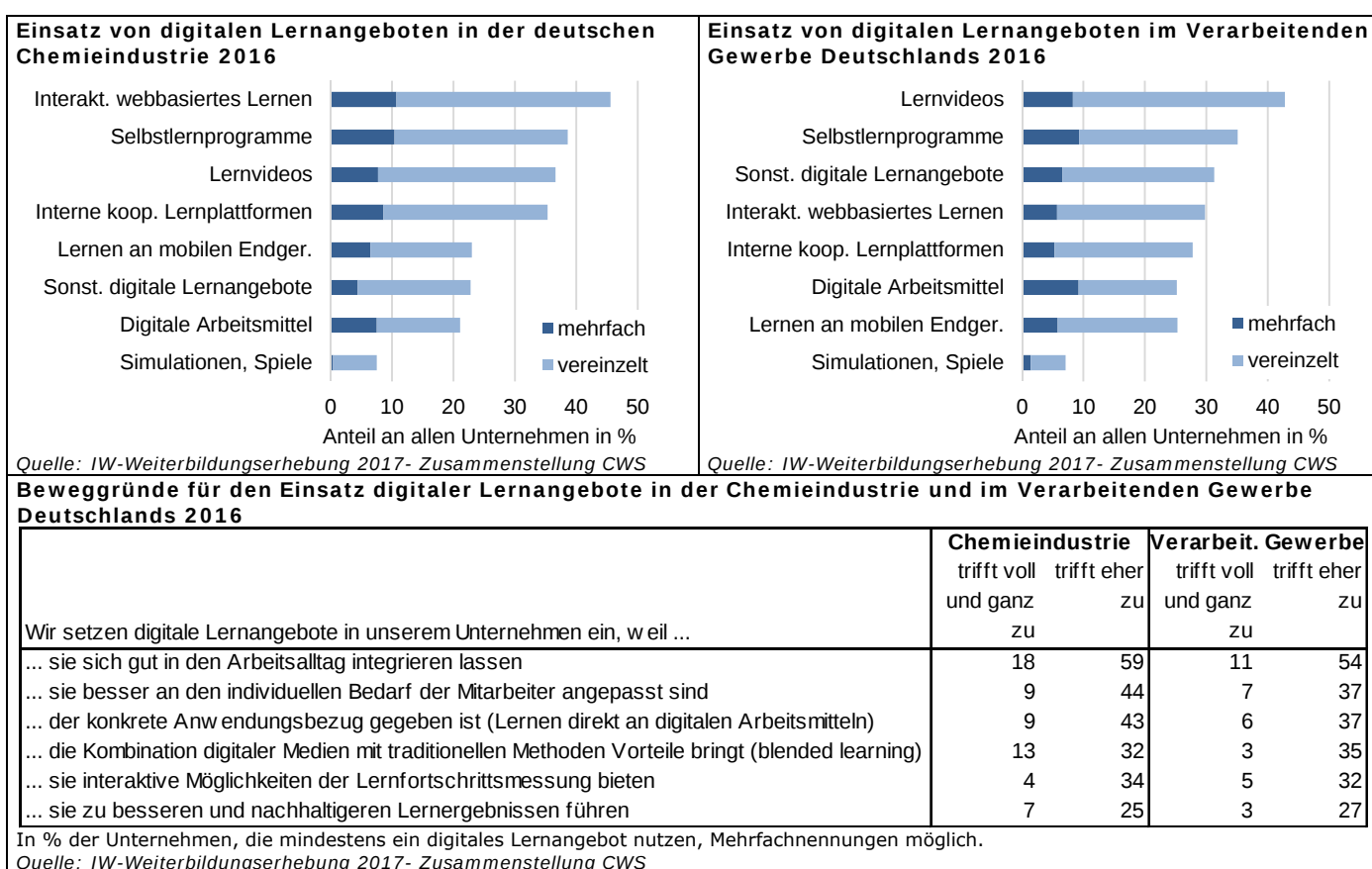
Die Ergebnisse des IAB-Betriebspanels des Jahres 2016 bestätigen den positiven Zusammenhang zwischen Digitalisierung und Weiterbildung. Dies gilt sowohl für kleinere als auch für größere Betriebe (vgl. dazu auch

Bellmann und Leber 2017), lässt sich aber auch im Branchenvergleich nachweisen. Chemie und Pharmabetriebe sowie Betriebe anderer Technologiebranchen, die ihrer eigenen Einschätzung nach im internen Branchenvergleich sehr gut oder gut mit Automatisierungs- und Digitalisierungstechnologien ausgestattet sind, sind in der Weiterbildung deutlich aktiver als Betriebe, die diesbezüglich eher schlechter aufgestellt sind.

Auch die IW-Weiterbildungserhebung bestätigt, dass mit der Neueinführung digitaler Technologien ein steigender Weiterbildungsbedarf der Beschäftigten einhergeht (Seyda u.a. 2017). In mehr als der Hälfte der befragten Unternehmen (hier Chemie/Pharma/Gummi/Kunststoff) hat der Weiterbildungsbedarf infolge zunehmender Digitalisierung zugenommen (bei 14 % der Unternehmen deutlich, bei 40 % leicht), bei den anderen ist er zumindest stabil geblieben.

Digitale Lernangebote werden von der Chemieindustrie insbesondere für interaktives webbasiertes Lernen sowie in Form von computer- oder webbasierten Selbstlernprogrammen, Lernvideos und internen kooperativen Lernplattformen genutzt. Hingegen spielen spezifischere Angebote, wie die gezielte Verwendung von digitalen Arbeitsmitteln oder das Lernen an mobilen Endgeräten noch eine eher untergeordnete Rolle.

Bei den Motiven für die Nutzung digitaler Lernangebote wird vor allem die gute Integrierbarkeit in den Arbeitsalltag genannt (76 %). Mehr als die Hälfte der Unternehmen schätzt zudem, dass diese besser an den individuellen Bedarf der Mitarbeiter angepasst sind und der konkrete Anwendungsbezug gewährleistet wird. Diese Beweggründe sind zudem in der Chemieindustrie im Vergleich zum Industriedurchschnitt besonders wichtig. Auch die Vorteile von Blended Learning, d.h. der Kombination digitaler Medien mit traditionellen Methoden, werden in der Chemieindustrie vergleichsweise stärker geschätzt. 3 von 10 Befragten vertreten die Auffassung, dass digitale Angebote dazu beitragen, den Lernerfolg nachhaltig zu verbessern.



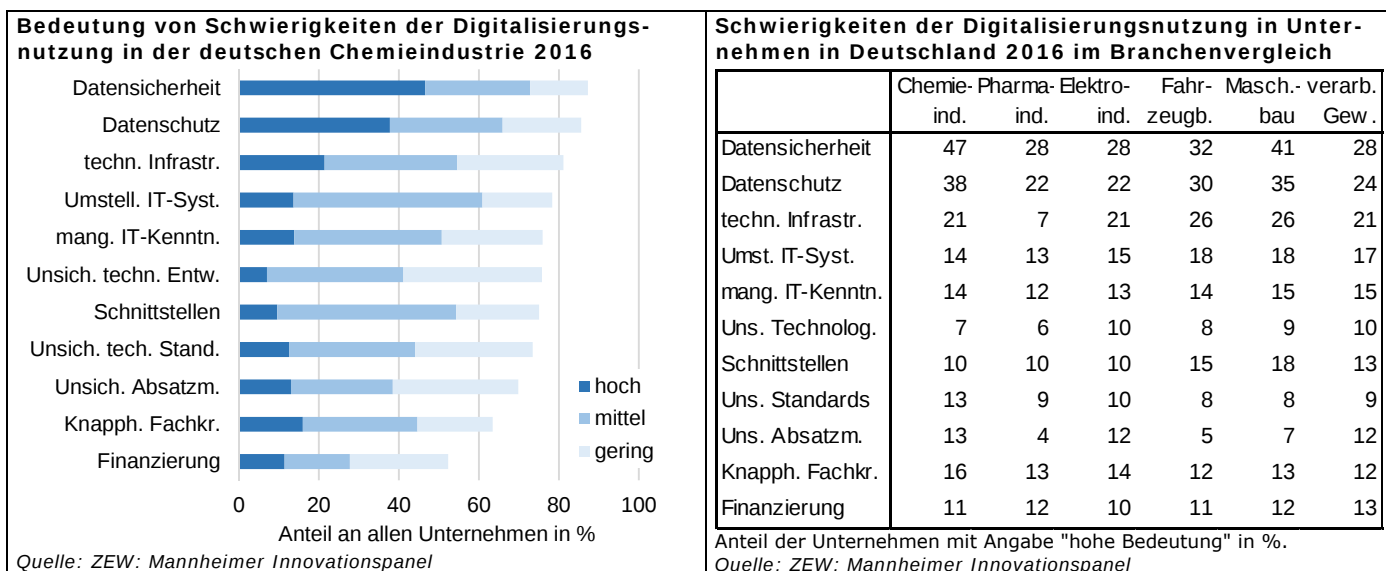
Herausforderungen der Digitalisierung

Um die Chancen der Digitalisierung in der Chemieindustrie zu nutzen, müssen die Rahmenbedingungen stimmen. Aktuell sehen sich die Unternehmen verschiedenen Schwierigkeiten bei der Digitalisierungsnutzung gegenüber. Laut ZEW-Innovationserhebung lag im Jahr 2016 die größte Herausforderung im Bereich Datensicherheit. Der intensivere Einsatz der Digitalisierung geht einher mit höheren Sicherheitsanforderungen für den Datenschutz. So müssen einerseits durch einen Anschluss ans Internet nicht nur die eigenen Betriebsgeheimnisse besser vor Hacker-Angriffen, Industriespionage u.Ä. geschützt werden. Andererseits muss auch bei Kundendaten Vertraulichkeit gewährleistet sein, setzt die Nutzung der Möglichkeiten von Digitalisierung doch vielfach die Kopplung interner und externer Daten (d.h. Kundendaten) voraus (Bazzanella et al. 2016). Hierbei stellt weniger die Datenmenge als die Datenqualität eine Herausforderung für die Firmen da.

In einer GVC-Mitgliederbefragung wurden ebenfalls Datenschutz und mangelnde IT-Sicherheit neben ungeeigneten Managementstrukturen, unangepassten Geschäftsprozessen sowie fehlender Investitionsbereitschaft als entscheidende Hemmfaktoren für die Umsetzung der digitalen Transformation in deutschen Unternehmen genannt. Auch bei Deloitte (2017) stehen hohe Anforderungen an den Datenschutz, aber auch Befürchtungen, eigene Daten

nicht hinreichend schützen zu können (Datensicherheit), bei den von mittelständischen Chemieunternehmen genannten Hemmnissen der Digitalisierung an der Spitze.

Weitere Schwierigkeiten, denen sich Chemieunternehmen bei der Nutzung von Digitalisierungsanwendungen gegenüber sehen, sind eine unzureichende technische Infrastruktur (Stichwort Breitbandversorgung insbesondere im ländlichen Raum) sowie ein Mangel an IT-Fachkräften und fehlende IT-Kenntnisse der Mitarbeiter. Ebenfalls eine Rolle spielen die Schnittstellenfrage beim Datenaustausch mit Externen, Schwierigkeiten bei der Umstellung der vorhandenen IT-Systeme sowie Unsicherheiten über künftige technische Standards. Die Unterschiede zu anderen Technologiebranchen sind dabei nicht sehr groß.



Literatur

BAVC (2018), Bildung 4.0 – Endlich mehr in Bildung investieren. Standpunkt 18.01.2018.

BAVC/VCI (2018), Digitale Bildung - Positionen und Forderungen der chemischen Industrie, Februar 2018.

Bazzanella, A. u.a. (2016), Whitepaper Digitalisierung in der Chemie.

BDU (2018): Internationaler Wettbewerbsdruck in der Chemiebranche. Online-Studie, Oktober 2017.

Bellmann, L., Leber, U. (2017): Weiterbildung in KMU – Wie entwickeln sich die Teilnahmekancen der Beschäftigten?, in: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, Jg. 46, Heft 5, S. 8-12.

Deloitte (2017), Chemie 4.0. Wachstum durch Innovation in einer Welt im Umbruch. Endbericht. Studie im Auftrag des VCI, September 2017.

Demary, V., Engels, B., Röhl, K.-H., Rusche, C. (2016), Digitalisierung und Mittelstand. Eine Metastudie, IW-Analysen, Nr. 109, Köln.

Eickelmann, B. (2017), Kompetenzen in der digitalen Welt. Konzepte und Entwicklungsperspektiven. Hrsg. von der Friedrich-Ebert-Stiftung.

Ernst & Young (EY) 2017: Industrie 4.0 in der Chemie. Viele Chancen, aber nicht zum Nulltarif. Point of View, Ausgabe 5, April 2017.

Gehrke, B., Weilage, I. (2018), Branchenanalyse Chemieindustrie: Der Chemiestandort Deutschland im Spannungsfeld globaler Verschiebungen von Nachfragestrukturen und Wertschöpfungsketten, Hans-Böckler-Stiftung, Study Nr. 395, August 2018.

KPMG (2016), Zeit zum Aufblühen. Studie zur digitalen Transformation der chemischen Industrie.

Langenkamp, K., Linten, M. (2018), Industrie 4.0 – Wirtschaft 4.0 – Berufsbildung 4.0. Zusammenstellung aus: Literaturdatenbank Berufliche Bildung Version 4.0, Mai 2018, Bonn: BIBB.

Rammer, C. (2017), Dokumentation zur Innovationserhebung 2016. Verbreitung von Digitalisierungsanwendungen und Schwierigkeiten bei der Nutzung von Digitalisierung, ZEW-Dokumentation Nr. 17-02, Mannheim: ZEW.

Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., Köller, O. (Hrsg.) (2016), Pisa 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation.

Schasse, U., Gehrke, B., Stenke, G. (2018), Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft – Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 2-2018, Berlin: EFI.

Schmid, U., Goertz, L., Behrends, J. (2016), Monitor Digitale Bildung – Die Berufliche Ausbildung im digitalen Zeitalter. Hrsg. von der Bertelsmann Stiftung.

Seyda, S., Zibrowius, M., Placke, B. (2017), Weiterbildung in der Chemie-Branche. Sonderauswertung der IW-Weiterbildungserhebung 2017

VDI (2017), Ergebnisse der 2. GVC Mitgliederumfrage: Bedeutung der digitalen Transformation für die chemische Industrie. VDI-Statusreport September 2017.

Vereinigung der Bayrischen Wirtschaft e.V. (vbw) (Hrsg.) (2017), Digitalisierung als Rahmenbedingung für Wachstum. Eine vbw Studie, erstellt von der Prognos AG, August 2017.

Zika, G., Helmrich, R., Maier, T., Weber, E., Wolter, M.I. (2018), Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung bis 2035. Regionale Branchenstruktur spielt eine wichtige Rolle. IAB-Kurzbericht 9/2018.