

INNOVATIONSINDIKATOREN CHEMIE 2020

**Schwerpunktthema: Innovationen zu
Klimaschutz und Nachhaltigkeit**

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

ZEW

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover

CWS Center für Wirtschaftspolitische Studien

Mannheim und Hannover, Oktober 2020

Innovationsindikatoren Chemie 2020

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, A61C0013-23, A61K0008, A61Q0011, C01B, C01C, C05*, C06B, C06C, C07B, C07C, C07F, C08*, C09B, C09C, C09D not C09D0011, C09H, C09J, C09K0003-18, C09K0005-20, C10B, C10H, C10J, C10K, C10M0125, C10M0127, C10M0129, C10M013*, C10M014*, C10M015*, C10M0161, C10M0163, C10M0165, C10M0167, C10N, C11B, C11B0009, C11D, C14C, C25B, D01F, D06M0014, D06M0015, F02B0047, F02D0019-12, F02M0025-14, G01N0031, G03C

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
ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim
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

- **Globale Position Deutschlands:** Deutschland liegt bei wichtigen Innovationsindikatoren unter den Top-4-Nationen weltweit: Rang 4 bei wissenschaftlichen Publikationen im Fach Chemie (5,9 %, 2019); Rang 4 bei FuE-Ausgaben der Chemieindustrie (10,5 %, 2018); Rang 3 bei internationalen Patentanmeldungen im Bereich Chemie (10,8 %, 2018); Rang 3 beim Welthandel mit forschungsintensiven Chemiewaren (7,6 %, 2018)
- **FuE-Ausgaben:** seit 2011 nehmen FuE-Ausgaben der deutschen Chemieindustrie zu, besonders stark seit 2017; FuE-Ausgaben in Relation zum Produktionswert im internationalen Vergleich sehr hoch und tendenziell ansteigend
- **Innovationsausgaben:** nach deutlichem Anstieg in 2017 Rückgang in 2018, geringer Zuwachs für 2019 und 2020 geplant
- **Innovationsbeteiligung:** Anteil kontinuierlich forschender Unternehmen erreicht 2018 neuen Höchstwert (63 %), Anteil Unternehmen mit Innovationsaktivitäten höher als in allen anderen Branchen
- **Patentanmeldungen:** deutliche Abnahme der Patentanmeldezahlen seit 2010 entgegen dem globalen Trend; China hat Deutschland beim Anteil an allen internationalen Chemiepatentanmeldungen eingeholt
- **Innovationserfolge:** Umsatzanteil von Marktneuheiten seit 2014 auf hohem Niveau, jedoch niedriger Wert im Branchenvergleich
- **Exporte forschungsintensiver Chemiewaren:** geringere Anteilsverluste gegenüber China als andere westliche Länder; seit 2015 negativer Außenhandelssaldo aufgrund konzerninterner Lieferungen innerhalb Westeuropas, doch Überschüsse gegenüber USA, Japan, Frankreich, Südkorea
- **FuE-Personal in der Wirtschaft:** 2018 waren rund 21.400 Personen im Bereich FuE eingesetzt, d.h. 6,0 % aller Beschäftigten in der deutschen Chemieindustrie
- **Akademiker in der Industrie:** sehr starke Zunahme seit 2014, die über dem Industrietrend liegt
- **Wissenschaftler:** 2018 waren in Deutschland 14.500 Wissenschaftler im Fach Chemie tätig, leichter Zuwachs in 2017 und 2018, an Hochschulen hoher Anteil (41 %) über Drittmittel finanziert
- **wissenschaftliche Publikationen:** stetiger Zuwachs (+60 % 2005-2019), jedoch schwächer als im globalen Durchschnitt (+103 %), sehr hohe Dynamik in China (37 % aller Chemie-Publikationen in 2019) und Indien (6 % Anteil)
- **Studienanfänger:** starker Anstieg nach 2010, 2018 und 2019 aber deutlicher Rückgang
- **Studienabsolventen:** starker Anstieg bei Bachelor bis 2014, seither stabil; Anstieg bei Master bis 2017, seither leicht rückläufig, Promotionen konstant auf hohem Niveau
- **Ausbildungsverträge:** starker Anstieg bei der Anzahl neu abgeschlossener Verträge in Chemieberufen 2017 und 2018, 2019 konstant auf hohem Niveau, positive Entwicklung in Chemie trotz rückläufigem Trend bei Ausbildungsberufen insgesamt

Innovationen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit

Die Chemieindustrie leistet mit Hilfe von FuE, neuen Technologien sowie Produkt- und Verfahrensinnovationen vielfältige Beiträge zur Begrenzung des treibhausgasgetriebenen Klimawandels und zu einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Produktion:

- **Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten** zu Klima- und Umweltschutz sowie Nachhaltigkeit legen die Wissensbasis für neue Materialien, Verfahren und Lösungen. 25 % der FuE-aktiven Unternehmen in der Chemieindustrie haben im Jahr 2017 zu diesem Themenfeld geforscht. Dies ist der zweithöchste Wert im Branchenvergleich.
- **Patentanmeldungen** im Bereich von Klimaschutztechnologien zeigen die konkrete Entwicklung industriell einsatzfähiger Stoffe, Methoden und Verfahren an, die zu geringeren Emissionen, einer höheren Effizienz des Ressourceneinsatzes sowie der Nutzung erneuerbarer Energiequellen beitragen. Von den weltweit knapp 3.700 Chemiepatenten mit Klimaschutzbezug, die im Jahr 2016 angemeldet wurden, kamen 11 % aus Deutschland. Dies ist Rang 3 hinter den USA und Japan. Der Anteil der Klimaschutzpatente an allen Chemiepatentanmeldungen in Deutschland hat sich von 2005 bis 2016 fast verdoppelt (auf 13,5 %).
- **Produkt- und Prozessinnovationen** zu Energie- und Ressourceneffizienz, Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft stellen die Umsetzung der FuE-Ergebnisse und Patentierungsaktivitäten in Lösungen für Kunden, Endnutzer und interne Prozess dar. 18 % der Chemieunternehmen in Deutschland haben 2012-2014 Prozessinnovationen eingeführt, die zu einer wesentlichen Erhöhung der Energieeffizienz führten, 11 % konnten den Material- oder Wasserverbrauch merklich reduzieren und 10 % die CO₂-Emissionen erheblich verringern. Dies sind höhere Anteilswerte als in den meisten anderen Branchen.
- **Investitionen** in neue Anlagen zur Verbesserung von Klima- und Umweltschutz sind eine konkrete Form der Einführung neuer oder verbesserter Verfahren, um die Umweltbelastung von Produktions- und Distributionsprozessen zu verringern. Im Jahr 2017 gab die deutsche Chemieindustrie 521 Mio. € für Investitionen in den Klima- und Umweltschutz aus. Dies sind 21,8 % der Klima- und Umweltschutzinvestitionen der verarbeitenden Industrie Deutschlands.
- **Chemie-Startups**, die Geschäftsmodelle zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit verfolgen, stellen einen besonderen Weg der Umsetzung von FuE-Ergebnissen und neuen Technologien in innovative Marktangebote dar. Fast ein Viertel der Chemie-Startups in Deutschland weist solche Geschäftsmodelle auf. Die adressierten Absatzmärkte sind primär die Chemieindustrie, die Umwelttechnikbranche sowie die Elektroindustrie.

Zwei konkrete aktuelle Beispiele für Chemie-Innovationen, die zur Stärkung einer Kreislaufwirtschaft und zu einer nachhaltigeren Form der Energienutzung beitragen, sind das **chemische Recycling** von Kunststoffabfällen und die Nutzung von chemischen Technologien für **Power-to-X**.

Innovation in Chemistry and the Chemical Industry

- **Global position of Germany:** Germany is among the top-4 nations for many key innovation indicators: rank 4 for the share in all scientific publications in chemistry (5.9%, 2019); rank 4 for R&D expenditure in the chemical industry (10.5%, 2018); rank 3 for international patent applications in the field of chemistry (10.8%, 2018); rank 3 for exports of R&D intensive chemical products (7.6%, 2018)
- **R&D expenditure:** increase in R&D expenditure of the German chemical industry since 2011, accelerating in 2017 and 2018; relation of R&D expenditure to production value high by international standards and further increasing
- **Innovation expenditure:** a strong increase in 2017 was followed by a decline in 2018, moderate increase expected for 2019 and 2020
- **Innovative firms:** share of firms with continuous R&D reached all-time high (63%), share of firms with innovation activities higher than in any other industry
- **Patent applications:** strong decrease of the number of patent applications since 2010, opposite to the global trend; China caught up with Germany for the share in all international patent applications in the field of chemistry
- **Innovation success:** Share of sales with market novelties remains at a high level since 2014, although still lower than in most other sectors
- **Export of R&D intensive chemical goods:** only moderate loss in position against China; increasing trade deficit since 2015 due to intra-group trading within Western Europe, but positive surplus in trade with the U.S., Japan, France and South Korea
- **R&D personnel in the business sector:** in 2017, the German chemical industry employed about 21,400 R&D workers, which is 6.0% of total employment in the chemical industry
- **University graduates in industry:** very strong increase since 2014, exceeding industry trend
- **Scientists:** German science institutions employed 14,500 scientists in the field of chemistry in 2018; slight increase in 2017 and 2018, large share (41%) of scientists at universities is third-party funded
- **Scientific publications:** steady increase (+60% from 2005 to 2019), though lower than the global average (+103%), high dynamics in China (37% of all publications in chemistry in 2019) and India (6% share)
- **First-year students:** strong increase after 2010, but significant decrease in 2018 and 2019
- **Graduates:** number of bachelor degrees strongly grew until 2014 and remained stable up to 2019, growth in number of master degrees until 2017, slight decline in most recent years, number of PhD defences remain at a high level
- **Vocational training contracts:** strong increase in the number of newly signed contracts in chemical occupations in 2017 and 2018, high level kept in 2019, positive dynamics in chemical industry despite a negative trend across all industries

Innovations on Climate Protection and Sustainability

R&D, new technologies as well as product and process innovations of the chemical industry contribute in a variety of ways to limit climate change driven by greenhouse gases and to transfer production towards a higher level of sustainability:

- **Research and development** for protecting the climate and the environment create the new knowledge that is required for new and improved materials and solutions. In 2017, 25% of all R&D performing firms in the German chemical industry performed R&D in these areas, which is the second largest share among all industries.
- **Climate protection patents** indicate new technological developments towards substances, methods and processes which lead to lower emissions, higher resource efficiency and the use of renewable energy that can be deployed at an industrial scale. In 2016, almost 3,700 chemical patents were related to climate protection. Germany contributed 11% to this total figure, which is rank 3 behind the U.S. and Japan. The share of climate protection patents in all chemical patent applications in Germany almost doubled between 2005 and 2016, reaching 13.5%.
- **Product and process innovations** related to energy and resource efficiency, climate protection and the circular economy represent the implementation of R&D results and patent activities in the market or for internal use in the chemical industry. 18% of all chemical firms in Germany reported process innovations during 2012 and 2014 that significantly increased energy efficiency while 11% could substantially reduce material or water consumption and 10% markedly decreased CO₂ emissions. These shares are among the highest across all industries.
- **Capital expenditure** in new equipment for improving climate and environmental protection are a specific way to reduce environmental impacts through the introduction of new or improved processes. In 2017, the German chemical industry spent €521m on such investment. This equals 21.8% of total capital expenditure for climate and environmental protection in German manufacturing.
- **Chemical start-ups** with business models related to climate protection and sustainability are transferring R&D results and new technologies into innovative market offers. Almost a quarter of all chemical start-ups in Germany show such business models. Their primary customer markets include the chemicals, environmental technologies and the electrical and electronics industry.

Two practical and topical examples for chemical innovations that strengthen the circular economy and contribute to a more sustainable energy use include **chemical recycling** of plastic waste (e.g. through pyrolysis) and the use of chemical technologies for **power-to-X**.

Inhalt

Kernindikatoren

1	Studienanfänger und Studienabsolventen	4
2	Lehr- und Forschungspersonal in der Wissenschaft	5
3	Wissenschaftliche Publikationen	6
4	Berufliche Bildung im MINT-Bereich	7
5	Beschäftigung von hochqualifiziertem Personal	8
6	FuE-Ausgaben und FuE-Personal der Wirtschaft	9
7	FuE-Ausgaben der größten Chemieunternehmen	10
8	Innovationsausgaben	11
9	Innovations- und Forschungsorientierung der Unternehmen	12
10	Patentanmeldungen	13
11	Innovationserfolge	14
12	Außenhandel mit forschungsintensiven Waren	15

Schwerpunktthema: Innovationen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit 16

FuE-Aktivitäten zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit	16
Patentanmeldungen mit Klimaschutzbezug	17
Produkt- und Prozessinnovationen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit	18
Investitionen in den Klima- und Umweltschutz	19
Klimaschutz und Nachhaltigkeit als Teil der Geschäftsmodelle von Chemie-Startups	21
Chemisches Recycling als Beitrag zur Kreislaufwirtschaft	22
Power-to-X: Chemie-Innovationen für den Klimaschutz	23

1 Studienanfänger und Studienabsolventen

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

Wie im Vorjahr haben nach Hochschulstatistik auch im Jahr 2018 1,9 % aller Studienanfänger in Deutschland ein Chemiestudium aufgenommen und 1,5 % der Erstabsolventen einen solchen Studiengang erfolgreich abgeschlossen. Der Anteil der Chemie an allen Studienanfängern und Absolventen ist traditionell höher als in der Physik und etwas niedriger als in der Biologie.

Die Zahl der Studienanfänger in der Chemie und den übrigen Naturwissenschaften ist seit 2011/12 deutlich höher als Mitte der 2000er Jahre, hat aber merklich schwächer zugenommen als in Medizin/Pharmazie und den technischen Disziplinen. Die Zahl der Erstabsolventen hat sich von 2005 bis 2014 annähernd verdoppelt, geht seitdem aber wieder klar zurück.

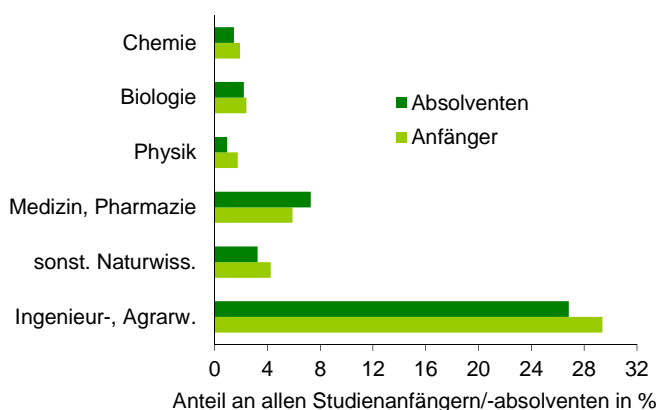
Nach aktuelleren Angaben der Erhebung durch die GDCh liegt die Zahl der Studienanfänger 2019 mit 9.420 erstmals seit 2011 wieder deutlich unter 10.000. Die Zahl der Bachelorabsolventen ist mit 4.460 nur wenig niedriger als im Vorjahr. Allerdings wird der Chemikernachwuchs vorwiegend von der Zahl der Diplom- und Masterabschlüsse bestimmt, weil die Bachelorabsolventen zumeist direkt ein Masterstudium anschließen (an Universitäten zu 99 %). Hier ist von 2017 bis 2019 (3.900) ein Rückgang um rund 230 Abschlüsse zu verzeichnen. Im gleichen Zeitraum hat sich auch die Zahl der Promotionen im Fach Chemie leicht rückläufig entwickelt (2019: 2.180).

Dennoch spielt besonders in der Chemie wie auch in den anderen Naturwissenschaften wissenschaftliche Weiterqualifizierung weiterhin eine große Rolle. Die Promotionsquote in der Chemie bewegt sich seit einigen Jahren zwischen 64 und 68 % (2018: 65 %) und ist damit leicht höher als in der Physik (62 %) und deutlich höher als in der Biologie (48 %).

Für den Vergleich der Chemie mit 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** umfasst die **Studienfächer Biochemie, Chemie und Lebensmittelchemie**.

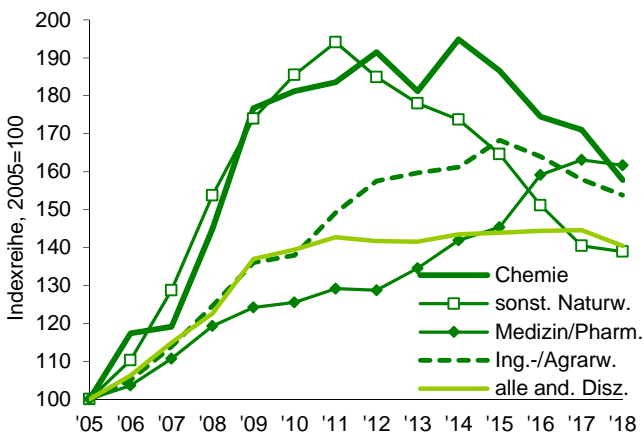
Studienanfänger sind Studierende im 1. Hochschulsemester im jeweiligen Studienjahr. **Studienabsolventen:** Absolventen eines **Erststudiums** an einer deutschen Hochschule (inkl. Bachelorabschlüsse). Masterabsolventen aus einem Zweit-, Aufbau- oder Weiterbildungsstudium werden nicht gezählt. Differenzierte 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 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 2018



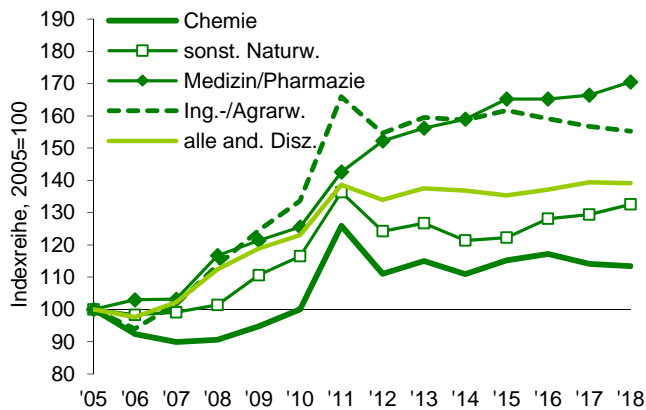
Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

Erstabsolventen an deutschen Hochschulen nach Studienbereichen und Fächergruppen 2005-2018



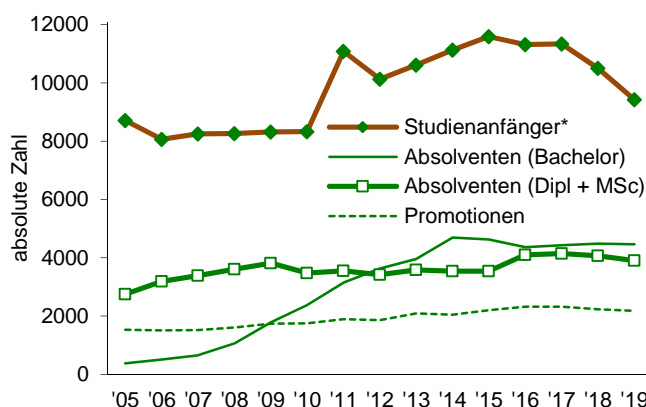
Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

Studienanfänger an deutschen Hochschulen nach Studienbereichen und Fächergruppen 2005-2018



Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

Studienanfänger, -absolventen und Promotionen in der Chemie an deutschen Hochschulen, 2005-2019



*Studienanfänger ab 2009 ohne Lehramt

Quelle: Gesellschaft Deutscher Chemiker – Darstellung 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 den Umfang der wissenschaftlichen Forschungstätigkeit in diesem Fachgebiet herangezogen werden. Der Indikator bildet sowohl die Erarbeitung von Grundlagenforschungsergebnissen als auch die Ausbildung künftiger Forschergenerationen ab.

Im Jahr 2018 waren an deutschen Hochschulen mit 10.800 rund 100 Personen mehr hauptberuflich in chemischer Forschung und Lehre tätig als im Vorjahr. Ihr Anteil am gesamten wissenschaftlichen LuF-Personal lag unverändert bei 4,3 %. Diese im Vergleich zu den Studienanfängern (1,9 %) und den Erstabsolventen (1,5 %) deutlich höhere Quote hängt mit dem hohen Betreuungsbedarf in der Lehre sowie der relativ hohen Zahl an Promotionen zusammen.

Parallel zur Entwicklung der Studienanfängerzahlen ist die Anzahl des wissenschaftlichen Hochschulpersonals in Deutschland insgesamt wie auch in der Chemie von 2005 bis 2013 um rund 40 % gewachsen, seitdem

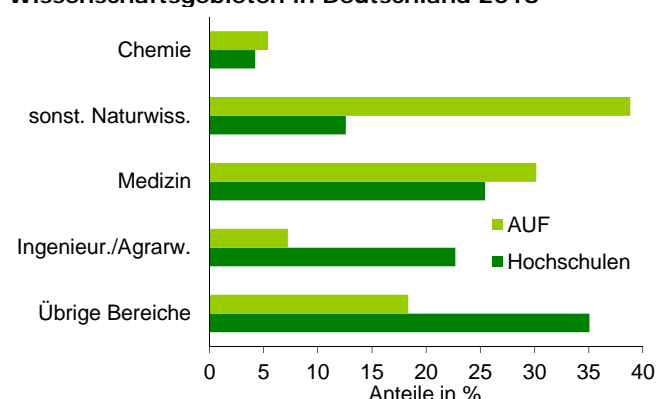
in der Chemie und den übrigen Naturwissenschaften aber nur noch wenig gestiegen.

Der Zuwachs bis 2013 wurde vor allem über Drittmittelstellen und Teilzeitverträge erreicht. Die Dritt-mittelquote in chemischen Fachbereichen (41 %) ist nicht nur wie in der Biologie und Physik herausragend hoch, sondern in dieser Zeit zudem überproportional gestiegen. Dies kann auch als Indiz für eine Ausweitung der FuE- und Innovationskooperationen zwischen Hochschulen und Wirtschaft gewertet werden.

Die außeruniversitäre Forschung setzt generell besondere Schwerpunkte in den Natur- und Ingenieurwissenschaften. Insgesamt waren dort 2018 rund 3.700 Wissenschaftler im Bereich Chemie tätig, gut 200 mehr als 2017. Damit stellen Chemiker 5,4 % des gesamten wissenschaftlichen AUF-Personals und sind in allen Einrichtungsarten vertreten. Von allen Wissenschaftlern in der Chemie in Deutschland waren 2018 25,5 % in der außeruniversitären Forschung, 2,7 % an Fachhochschulen und 71,8 % an Universitäten beschäftigt.

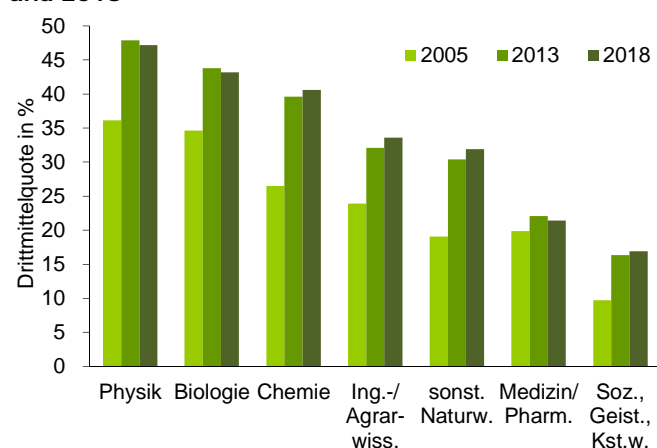
Die **Lehr- und Forschungskapazitäten an Hochschulen** umfassen das hauptberuflich tätige wissenschaftliche und künstlerische Personal an deutschen Hochschulen. Die **Drittmittelquote** ist der Anteil des nicht aus Grundmitteln der Hochschulen, sondern aus der Wirtschaft oder über Projekte der Deutschen Forschungsgemeinschaft u. ä. finanzierten Lehr- und Forschungspersonals. Die Zahlen zum Personal und zu den **Wissenschaftlern in außeruniversitären Forschungseinrichtungen (AUF)** 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 2018



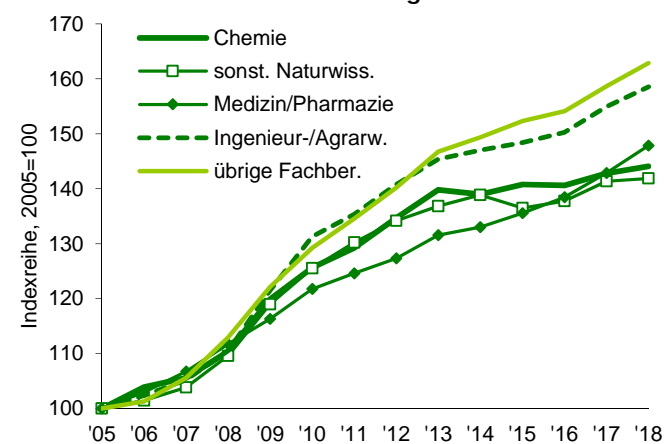
Hochschulen: hauptberufliches LuF-Personal, AUF: Wissenschaftler
Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS und ZEW

Drittmittelquote des Lehr- und Forschungspersonals an Hochschulen nach Wissenschaftsgebieten 2005, 2013 und 2018



Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

Entwicklung des Lehr- und Forschungspersonals an Hochschulen nach Wissenschaftsgebieten 2005-2018



Quelle: Statistisches Bundesamt – Berechnungen des CWS

Wissenschaftler in der Chemie an Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Deutschland 2018

	Anzahl	Anteil in %	Anteil an allen Wissensch. (%)
Universitäten	10.409	71,8	4,9
Fachhochschulen	392	2,7	1,0
Hochschulen	10.801	74,5	4,3
Helmholtz-Gemeinschaft	751	5,2	4,5
Max-Planck-Gesellschaft	984	6,8	10,8
Fraunhofer-Gesellschaft	447	3,1	4,9
Leibniz-Gemeinschaft	483	3,3	6,7
Bundes-/Landesforschungseinr.	626	4,3	5,0
sonst. außeruniversitäre Einricht.	413	2,8	3,1
Außeruniversitäre Forschung	3.703	25,5	5,4
Gesamt	14.504	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 2019 waren von den Chemiepublikationen im Science Citation Index (SCI) annähernd 16.400 Wissenschaftlern aus Deutschland zuzurechnen. Bezogen auf die weltweiten Chemiepublikationen liegt Deutschland mit einem Anteil von 5,9 % auf Rang 4 hinter China, den USA und Indien.

Gegenüber 2005 haben alle westlichen Chemienationen spürbar Anteile eingebüßt, während vor allem China, aber auch Indien und Südkorea hinzugewonnen haben. Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich grundsätzlich auch bezogen auf alle wissenschaftlichen Publikationen. Als Ergebnis hat die Chemie als Wissenschaftsfeld in Asien heute eine größere Bedeutung als in den westlichen Industrieländern. In allen hier betrachteten

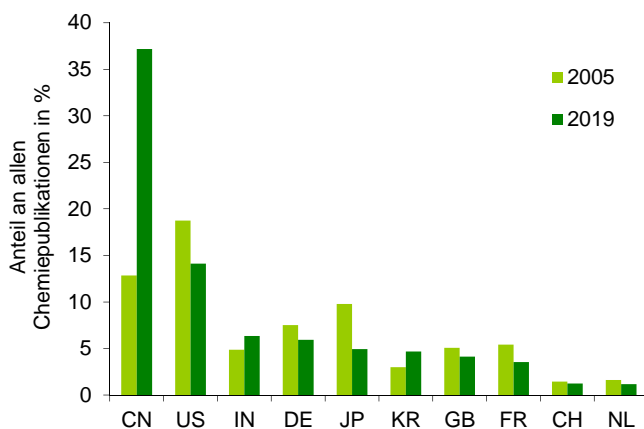
asiatischen Ländern ist der Anteil der Chemiepublikationen höher als im Weltdurchschnitt.

Während die Chemiepublikationen aus Deutschland erst seit 2017 eine höhere Dynamik aufweisen als die gesamten deutschen Publikationen, hat die Anzahl der weltweiten Chemiepublikationen schon seit 2013 stärker zugenommen als im Mittel aller Disziplinen. Dies ist im Wesentlichen auf die überdurchschnittliche Entwicklung in der Grundstoffchemie zurückzuführen. Aber auch in der Verfahrenstechnik nahmen die Publikationszahlen überproportional zu - in Deutschland aber erst später als im Weltmaßstab. Hingegen haben insbesondere die Organische Chemie und die Polymer-Chemie an Bedeutung verloren.

Eine qualitative Bewertung der Publikationstätigkeit belegt, dass China auch in dieser Hinsicht merklich aufgeholt hat: So war China bereits im Jahr 2016 quer über alle chemischen Wissenschaftsfelder 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.

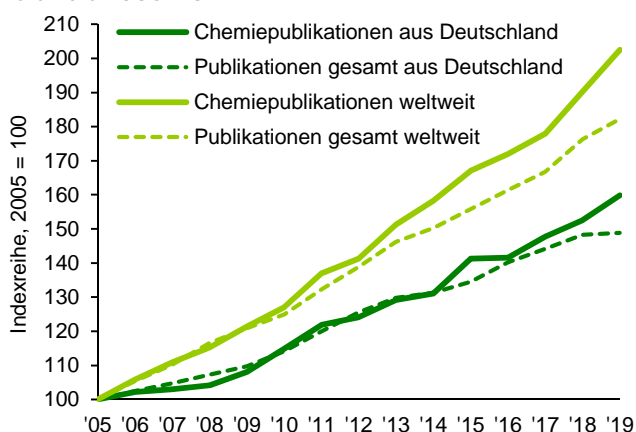
Anteil ausgewählter Länder an den wissenschaftlichen Publikationen in der Chemie 2005 und 2019



Werte für 2019 hochgerechnet

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

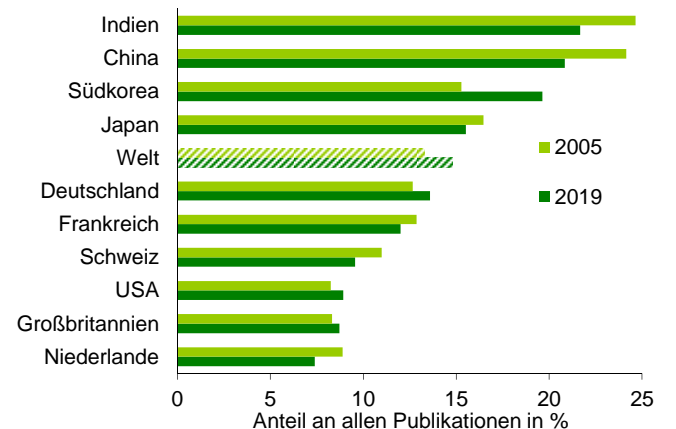
Entwicklung der Publikationen in Deutschland und weltweit 2005-2019



Werte für 2018 und 2019 hochgerechnet

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

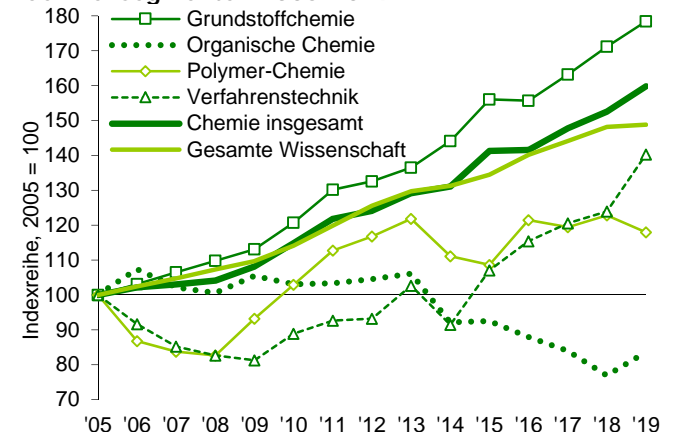
Anteil der Chemiepublikationen an allen wissenschaftlichen Publikationen 2005 und 2019



Werte für 2019 hochgerechnet

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

Entwicklung der Chemiepublikationen aus Deutschland nach Teilsegmenten 2005-2019



Werte für 2018 und 2019 hochgerechnet

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 Verbreitung von neuen Technologien und die Verankerung des Innovationsgedankens bis weit in die mittelständische Wirtschaft hinein. 2019 blieb die Zahl der quer über alle Wirtschaftsbereiche neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge in typischen Chemieberufen mit rund 5.070 nur wenig unter dem Vorjahresniveau (rund 5.100), darunter rund 45 % Chemikanten und rund 33 % Chemielaboranten. Alle Laborberufe werden aufgrund hoher Ausbildungsanforderungen und attraktiver Karrierewege vorwiegend von Bewerbern mit Hochschulreife besetzt. Aber auch bei den Chemikanten ist das schulische Vorbildungsniveau überdurchschnittlich hoch. Der Nachwuchs in Produktionsberufen ist weiterhin klar von Männern dominiert (rund 82 %), während in Laborberufen Frauen in der Mehrheit sind (rund 57 %).

Die Zahl der Neuabschlüsse in Chemieberufen ist 2019 rund 15 % höher als 2005 und hat sich damit deutlich günstiger entwickelt als der allgemein rückläufige Trend (-8 %). Ursache dafür ist vor allem der hohe Zuwachs bei Chemieproduktionsberufen seit 2010/11.

Dort ist die Zahl der Neuabschlüsse 2019 fast 40 % höher als im Tiefpunkt des Jahres 2009.

In der deutschen Chemieindustrie waren Ende 2019 rund 16.350 Auszubildende beschäftigt, darunter 46 % in Chemieberufen und 13 % in technischen MINT-Berufen. Rechnet man noch die Berufe der Kunststoffverarbeitung sowie Farb- und Lacktechnikberufe hinzu, sind 63 % der Auszubildenden in MINT-Berufen tätig, 2012 waren es erst 53 %. Der Anteil der Auszubildenden an den beschäftigten Fachkräften hat sich seit 2021 (5,9 %) kontinuierlich und deutlich verbessert und erreichte 2019 einen Wert von 9,3 %.

Ende 2019 waren in Deutschland 177.260 Fachkräfte mit einem Abschluss in einem Chemieberuf beschäftigt, davon 41 % in der Chemieindustrie, 18 % in der Pharmaindustrie, 20 % im übrigen Produzierenden Gewerbe und 10 % in den technischen Dienstleistungen. Von allen Auszubildenden in Chemieberufen ist mit 51 % mehr als die Hälfte in der Chemieindustrie tätig. Dies bestätigt die überproportional gewachsenen Ausbildungsanstrengungen in der Branche.

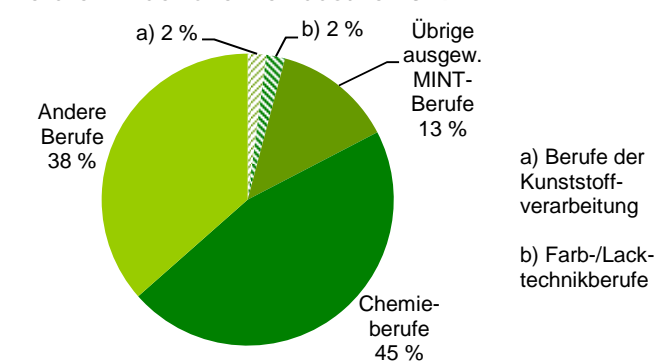
Die Angaben zur Zahl der **neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge** (Stand 31.12.) in chemietypischen Ausbildungsberufen beruhen auf der Berufsbildungsstatistik des Statistischen Bundesamtes (Fachserie 11, Reihe 3). Die Informationen zur **Beschäftigung und Ausbildung in ausgewählten Berufen und Wirtschaftszweigen** stammen aus einer Sonderauswertung der Beschäftigtenstatistik der Bundesagentur für Arbeit (BA) zum 31.12.2018. 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). Hinzukommen **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 2019

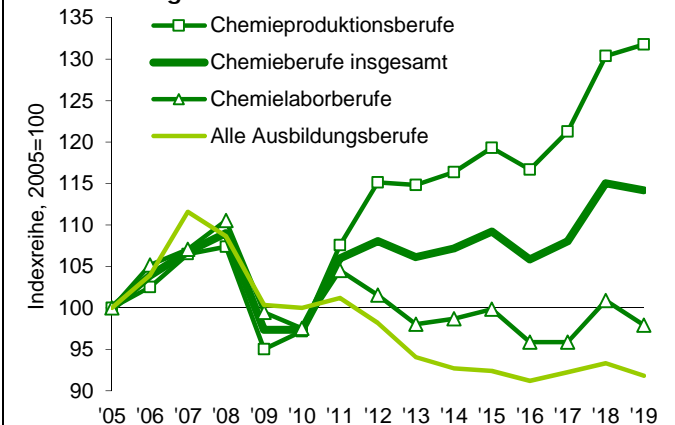
Ausbildungsberuf	Insgesamt abs.	davon weibl.* %	Schulische Vorbildung*				
			HS	RS	HR	Son.	in %
Produktionsberufe*	2.823	17,7	6,9	50,4	40,8	1,9	
Chemikant/in	2.289	14,0	4,8	51,9	41,5	1,7	
Prod.-fachkr. Chemie	228	6,6	32,9	48,7	14,5	3,9	
Laborberufe**	2.244	57,1	0,9	23,7	73,8	1,6	
Chemielaborant/in	1.659	54,6	0,9	25,5	72,2	1,4	
Biologielaborant/in	468	67,3	0,6	14,7	82,1	2,6	
Chemieber. insg.**	5.067	35,2	4,3	38,6	55,4	1,8	
alle Ausbild.-berufe	513.309	36,5	24,3	40,7	29,3	5,6	

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

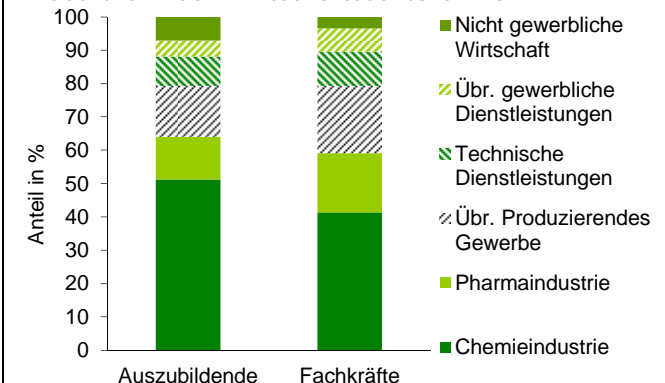
Auszubildende in chemietypischen und anderen MINT-Berufen in der Chemieindustrie 2019



Neu abgeschlossene Ausbildungsverträge in Chemieberufen im Vergleich zu allen Neuabschlüssen 2005-2019



Verteilung der Auszubildenden und Fachkräfte in Chemieberufen nach Wirtschaftssektoren 2019



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.

In der deutschen Chemieindustrie ist der Anteil aller hochqualifizierten sozialversicherungspflichtig beschäftigten Personen seit 2012 (31,5 %) bis auf 33 % im Jahr 2019 gestiegen. Dabei ist Anteil der „Experten“ (das sind i.d.R. Akademiker) - ähnlich wie im Maschinenbau - mit 14 % vergleichsweise niedrig, der Anteil der „Spezialisten“ (i.d.R. Meister/Techniker) mit 19 % hingegen relativ hoch.

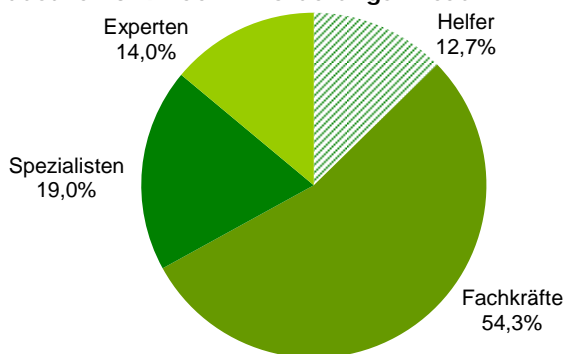
Die Zahl der Hochqualifizierten insgesamt lag 2019 in der Chemieindustrie bei rund 113.370. Knapp ein Fünftel davon übt einen Chemieberuf aus: hierzu gehören z.B. „Spezialisten“ wie Chemietechniker und Industriemeister der Chemie sowie „Experten“ wie Chemiker und Chemieingenieure. 22 % sind in anderen 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 44,1 % deutlich höher ist als im Schnitt des Produzierenden Gewerbes (39,9 %) oder erst recht in der Pharmaindustrie (33,3 %). Zwar schreitet die Alterung in der Chemieindustrie zuletzt vergleichsweise weniger stark voran. Dennoch ist bei den Beschäftigten in Chemieberufen und übrigen MINT-Berufen der altersbedingte Ersatzbedarf mit über 45 % in den nächsten 15 Jahren besonders hoch. Dies unterstreicht die hohe Bedeutung von strategischer Personalplanung und Nachwuchssicherung in der Chemieindustrie.

Der Blick auf die Beschäftigungsentwicklung seit 2005 zeigt, dass die Zahl der Beschäftigten mit akademischem Abschluss in der Chemieindustrie wie auch in der übrigen Industrie in längerfristiger Sicht absolut und relativ deutlich zugenommen hat. Dieser Trend hat sich im Verlauf der letzten vier bis fünf Jahre nochmals beschleunigt.

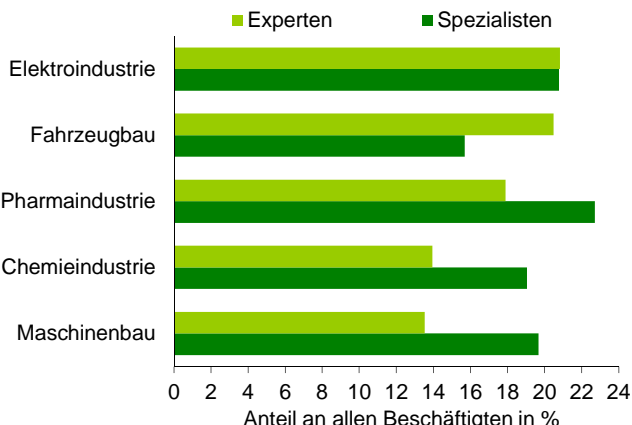
Die Informationen zur **Beschäftigung** (zum 31.12.2019) in ausgewählten Berufen und Wirtschaftszweigen stammen aus einer Sonderauswertung der Beschäftigtenstatistik der Bundesagentur für Arbeit (BA). Die aktuelle Berufsklassifikation der BA (KldB 2010) unterscheidet zusätzlich zur formalen Qualifikation 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 (zum Stichtag 30. 6. eines Jahres) beobachten. Die Revision der Statistik im Jahr 2014 hatte auf die Chemie und andere Industriebranchen kaum Auswirkungen.

Verteilung der Beschäftigten in der deutschen Chemieindustrie 2019 nach Anforderungsniveau



Quelle: BA: Beschäftigtenstatistik – Berechnungen des CWS

Anteil der Hochqualifizierten in der Chemieindustrie und anderen Technologiebranchen in Deutschland 2019



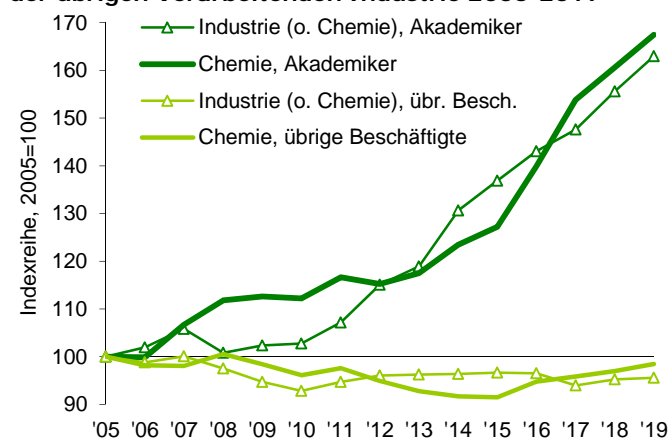
Quelle: BA: Beschäftigtenstatistik – Berechnungen des CWS

Beschäftigung von Hochqualifizierten in der deutschen Chemieindustrie 2019

	Hochqualifizierte insgesamt in Tsd.	in %	Spezialisten in Tsd.	Experten in Tsd.	Anteil 50+ in %
Chemieindustrie					
Hochqualif. insg.	113.374	100,0	65.436	47.938	44,1
Chemieberufe	21.742	19,2	11.428	10.314	45,1
And. MINT-Berufe	25.042	22,1	14.874	10.168	45,4
Rest	66.590	58,7	39.134	27.456	43,3
Prod. Gew. insg.	2.311.243		1.316.619	994.624	39,9
Pharmaindustrie	63.927		35.755	28.172	33,3

Quelle: BA: Beschäftigtenstatistik – Berechnungen des CWS

Akademikerbeschäftigung in der Chemieindustrie und der übrigen Verarbeitenden Industrie 2005-2019



Quelle: BA Beschäftigtenstatistik – Berechnungen des CWS

6 FuE-Ausgaben und FuE-Personal der Wirtschaft

Im Jahr 2018 wendete die deutsche Chemieindustrie 4,78 Mrd. € für Forschung und Entwicklung (FuE) auf. Dies sind 5,9 % der FuE-Ausgaben der deutschen Industrie. Die Chemie liegt damit auf Rang 5 hinter Fahrzeugbau, Elektroindustrie, Pharmaindustrie und Maschinenbau. Bezogen auf das für FuE eingesetzte Personal (2018: 21.410 Personen in Vollzeitstellen gerechnet) belegt die Chemieindustrie mit einem Anteil von 6,0 % den vierten Rang vor der Pharmabranche.

Von 2005 bis 2010 stiegen die gesamten FuE-Ausgaben der Chemieindustrie nur leicht an. Seit 2011 ist zwar wieder ein klarer Aufwärtstrend zu verzeichnen, der aber klar hinter dem Industriedurchschnitt zurückbleibt. Auch 2018 sind die FuE-Ausgaben in der Chemieindustrie mit 3,2 % entgegen der Planungen nur unterdurchschnittlich gestiegen. Für 2019 ist ein Zuwachs von 3,5 % vorgesehen, der etwas höher ausfällt als für die Industrie insgesamt (2,8 %).

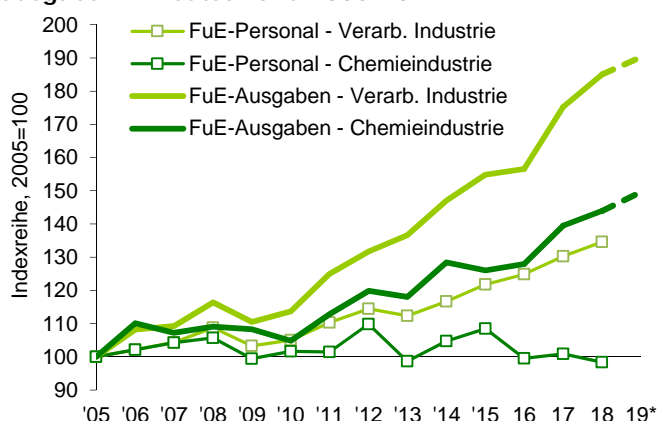
Aufgrund des im Vergleich zu anderen Technologiebranchen (v.a. Fahrzeugbau, Pharmaindustrie) langsameren Wachstums der gesamten FuE-Ausgaben liegt

deren Anteil am Umsatz (Chemie 2018: 3,9 %) schon seit 2009/10 unter dem Industriedurchschnitt (2019: 4,9 %). Hingegen erweist sich die Chemieindustrie bezogen auf den Anteil des FuE-Personals an den Beschäftigten (2018: 6,4 %) weiterhin als überdurchschnittlich forschungsintensiv, auch weil die Vergabe von FuE-Aufträgen, anders als in Pharma und Fahrzeugbau, deutlich weniger ins Gewicht fällt. Allerdings hat der Abstand zum Industriedurchschnitt (5,4 %) abgenommen.

Im internationalen Vergleich zeichnet sich die deutsche Chemieindustrie durch eine hohe und vergleichsweise stabile FuE-Intensität aus. Mit einem Anteil der internen FuE-Ausgaben am Produktionswert 2017 von gut 2,7 % liegt Deutschland hinter Japan (3,8 %) und knapp vor Frankreich auf Rang 2. Auf den Plätzen folgen Großbritannien und die Schweiz. Während die Chemieindustrie in Frankreich, Großbritannien und Korea aktuell eine höhere FuE-Intensität aufweist als 2005, sind die Niederlande, die USA und die Schweiz bei diesem Indikator 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.

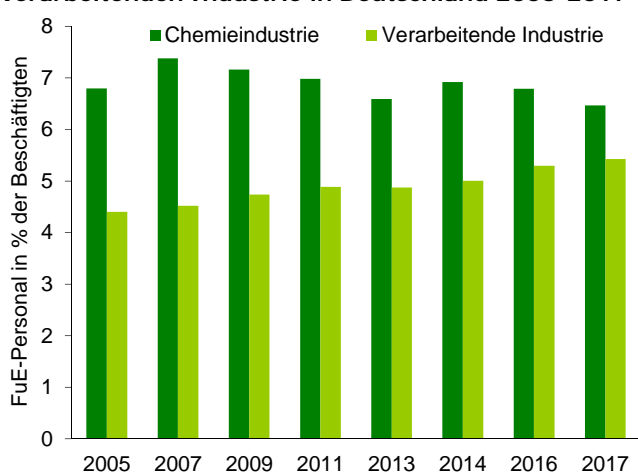
Entwicklung des FuE-Personals und der FuE-Gesamtausgaben in Deutschland 2005-2019



* Planzahlen

Quelle: Wissenschaftsstatistik Stifterverband – Berechnungen des CWS

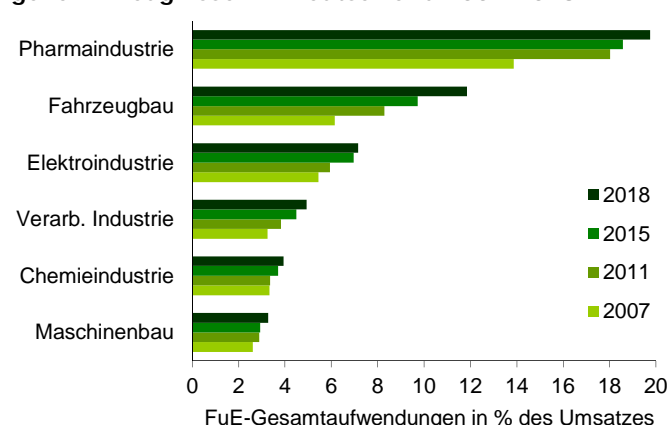
FuE-Personalintensität in der Chemieindustrie und der verarbeitenden Industrie in Deutschland 2005-2017



Bis 2007: WZ 2003; ab 2009: WZ 2008

Quelle: Wissenschaftsstatistik Stifterverband – Berechnungen des CWS

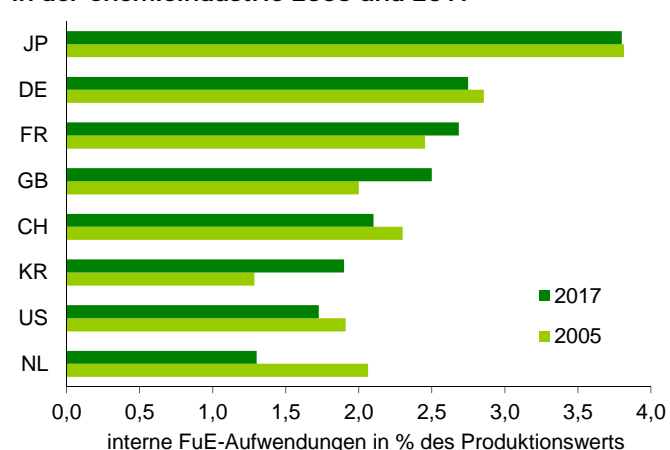
FuE-Gesamtaufwendungen in % des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen in Deutschland 2007-2018



2007: WZ 2003; Ab 2011: WZ 2008

Quelle: Wissenschaftsstatistik Stifterverband – Berechnungen des CWS

Interne FuE-Aufwendungen in % des Produktionswerts in der Chemieindustrie 2005 und 2017



GB, KR: 2015 statt 2017; CH: 2008 statt 2005; US, NL: 2016 statt 2017; Berechnungen für China nicht möglich

Quelle: OECD: STAN, R&D, MSTI – Berechnungen/Schätzungen des CWS

7 FuE-Ausgaben der größten Chemieunternehmen

Das FuE-Geschehen in der Chemieindustrie wird wesentlich von großen, global tätigen Unternehmen geprägt. Im Jahr 2018 gaben die 200 größten Unternehmen der Branche knapp 35 Mrd. € für FuE aus. Dies entspricht mehr als 70 % der weltweiten FuE-Ausgaben in der Chemieindustrie. Knapp die Hälfte dieser „globalen Champions“ ist in den USA und Japan angesiedelt. Aus Deutschland kommen 15 dieser Unternehmen, auf sie entfielen 18,3 % der FuE-Ausgaben der Top-200-Chemieunternehmen.

In den vergangenen Jahren stießen immer mehr chinesische Chemieunternehmen in diese Gruppe vor (2018: 34 Unternehmen, 6,5 % der FuE-Ausgaben der Top-200). Sie wiesen zwischen 2017 und 2018 auch das höchste Wachstum der FuE-Ausgaben (+23 %) auf, gefolgt von japanischen und deutschen (jeweils

11 %). Die Chemieunternehmen aus der Schweiz, Japan und Deutschland zeigen die höchsten FuE-Ausgaben in Relation zum Umsatz.

Die gemessen an ihren FuE-Ausgaben 15 größten deutschen Chemieunternehmen trugen 2018 16,1 % zu den weltweiten FuE-Ausgaben der Chemieindustrie bei. Dies ist deutlich mehr als der Anteil des Standorts Deutschland (10,5 %). Die FuE-Ausgaben der 15 größten deutschen Chemieunternehmen stiegen 2018 und 2019 deutlich an. Maßgeblich hierfür war die Übernahme von Monsanto durch Bayer. Die FuE-Intensität der Top-15 nahm 2018 und 2019 kräftig auf nunmehr 4,2 % zu. Dabei spielt auch eine Rolle, dass im Jahr 2019 mit Linde ein Unternehmen mit relativ geringer FuE-Intensität wegen Übernahme nicht mehr als deutsches Chemieunternehmen zählt.

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, Henkel, Klüber Lubrication, K+S (2011-2013, 2015, 2019), Lanxess, Linde (bis 2018), Merck, SGL, Fuchs Petrolub (2005, ab 2011), Sto (2000, 2014), Südchemie (bis 2010), Symrise, Wacker.

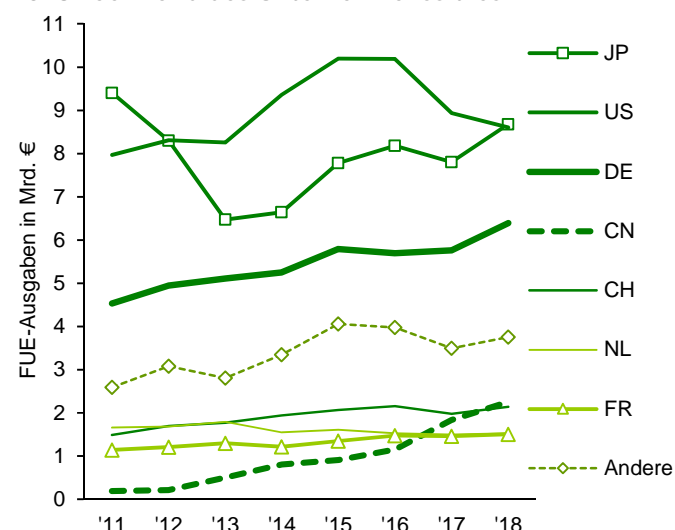
Die 200 Chemieunternehmen mit den höchsten FuE-Ausgaben¹⁾ 2018 nach Ländern

	Anz. Unternehmen	FuE-Ausgaben in Mio. €	Umsatz in Mio. €	FuE-Ausg. je Umsatz in %	FuE-Dyn. '17-'18 in %	Anteil an insgesamt FuE-Ausg. in %	Umsatz in %	Beschäftigte in Tsd.
JP	49	8.682	250.830	3,5	11	24,9	17,3	628
US	47	8.608	314.329	2,7	-4	24,7	21,6	731
DE	15	6.391	186.474	3,4	11	18,3	12,8	419
CN	34	2.256	148.224	1,5	23	6,5	10,2	400
CH	7	2.143	36.455	5,9	8	6,1	2,5	98
NL	5	1.529	98.174	1,6	2	4,4	6,8	201
FR	4	1.505	103.591	1,5	3	4,3	7,1	328
KR	10	1.264	58.318	2,2	7	3,6	4,0	69
GB	7	648	46.872	1,4	10	1,9	3,2	89
And.*	22	1.843	208.887	0,9	8	5,3	14,4	241
Ges.	200	34.868	1.452.154	2,4	6	100,0	100,0	3.204

1) ohne Mineralölunternehmen; nur Unternehmen mit Angaben zu FuE
* SA, BE, DK, AT, IN, TW, SE, IT, IL, ZA, AU, BR, NO, FI, CA.

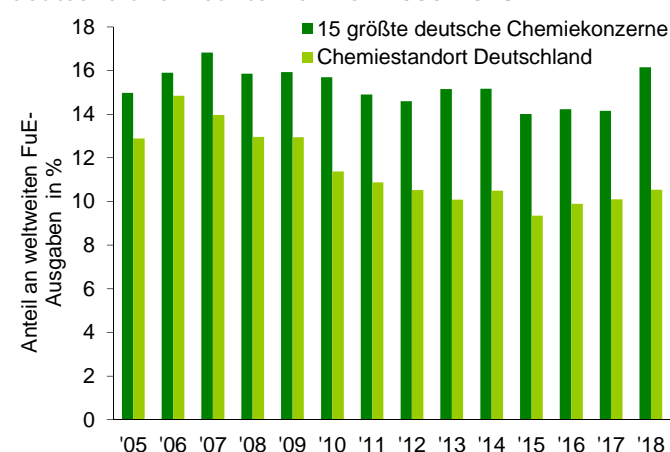
Quelle: EU-Kommission: Industrial R&D Scoreboard 2019, Geschäftsberichte – Berechnungen des ZEW

FuE-Ausgaben der größten Chemieunternehmen 2011-2018 nach Land des Unternehmenssitzes



Quelle: EU-Kommission: Industrial R&D Scoreboard 2019, Geschäftsberichte – Berechnungen des ZEW

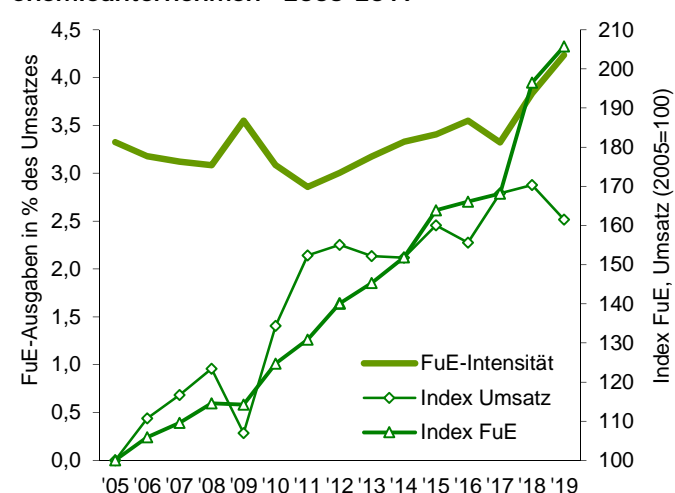
Anteil Deutschlands an den weltweiten¹⁾ FuE-Ausgaben in der Chemieindustrie: Standortprinzip und 15 größte deutsche Chemieunternehmen 2005-2018



1) 38 OECD- und EU-Länder sowie CN, SG, TW.

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

Weltweite FuE-Ausgaben der 15 größten deutschen Chemieunternehmen¹⁾ 2005-2019



1) Ohne Geschäftsbereiche außerhalb der Chemie.

Quelle: Geschäftsberichte – Berechnungen und Schätzungen des ZEW

8 Innovationsausgaben

Im Jahr 2018 gaben die Unternehmen der deutschen Chemieindustrie 7,1 Mrd. € für Innovationsvorhaben aus. Dies ist ein deutlicher Rückgang gegenüber dem Vorjahr (-12 %) und entspricht dem Niveau der Jahre 2015 und 2016. Die Planungen für 2019 lassen einen geringfügigen Anstieg auf 7,2 Mrd. € erwarten. Der positive Ausblick für 2020, der im Frühjahr/Sommer 2019 abgegeben wurde, ist angesichts der Corona-Krise des Jahres 2020 wohl kaum zu halten.

Die Innovationsintensität ging 2018 auf 4,5 % zurück. Für 2019 ist angesichts der schwachen Umsatzentwicklung der deutschen Chemieindustrie im Jahr 2019 bei leicht steigenden Ausgaben ein Anstieg auf 4,7 % zu erwarten. Im Vergleich zu anderen forschungsintensiven Industriebranchen ist die Innovationsintensität der Chemieindustrie niedrig, da die Umsätze einen hohen Anteil von Vorleistungen enthalten.

Im europäischen Vergleich ist die Innovationsintensität der deutschen Chemieindustrie gleichwohl sehr hoch. 2016 lag nur Dänemark vor Deutschland. Allerdings liegen für die Schweiz keine Angaben vor. Unter den außereuropäischen Ländern dürfte die Innovationsintensität in der US-amerikanischen Chemieindustrie ähnlich hoch und in der Japans höher sein.

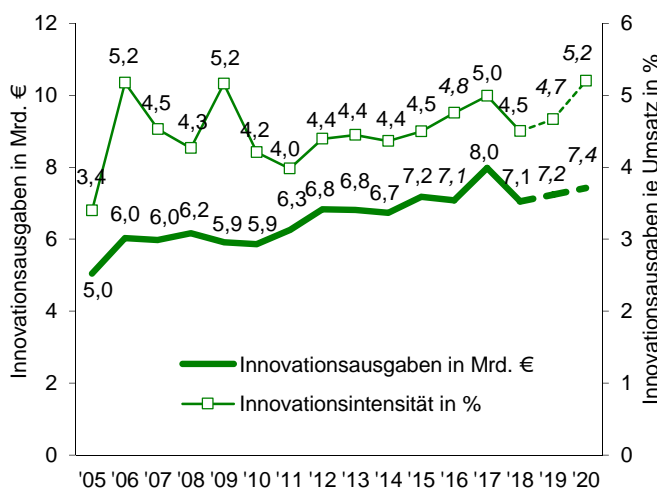
Die Innovationsausgaben der Chemieindustrie setzen sich im Jahr 2018 zu knapp zwei Drittel aus internen und externen FuE-Ausgaben zusammen. Dies entspricht dem Anteil in anderen Technologiebranchen. Ein Fünftel entfiel auf Investitionen in neue Anlagen, ein weiteres Fünftel auf sonstigen Aufwendungen (u.a. für Marketing, Produktdesign, Produktionsvorbereitung und Weiterbildung). Zuletzt nahm der Anteil der FuE-Ausgaben zu, während der Anteil der Anlageinvestitionen 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**.

Innovationsintensität: Innovationsausgaben in % des Umsatzes.

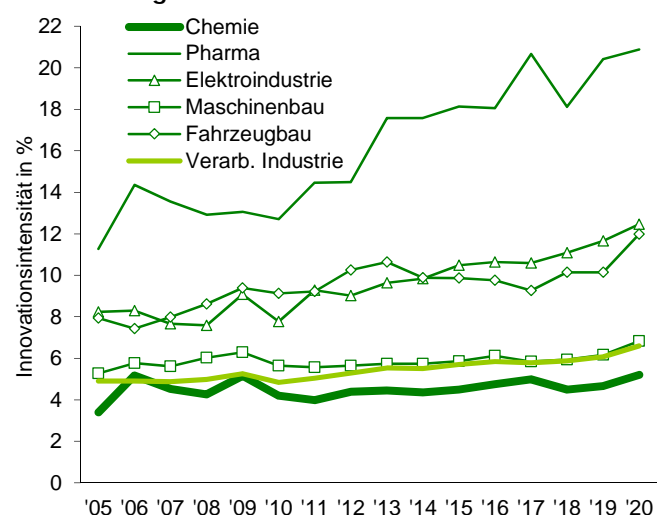
Europäischer Vergleich: Die europäischen Vergleichszahlen beziehen sich auf Unternehmen mit 10 oder mehr Beschäftigten. Die aktuellsten Vergleichswerte beziehen sich auf das Jahr 2016.

Innovationsausgaben und Innovationsintensität in der deutschen Chemieindustrie 2005-2020



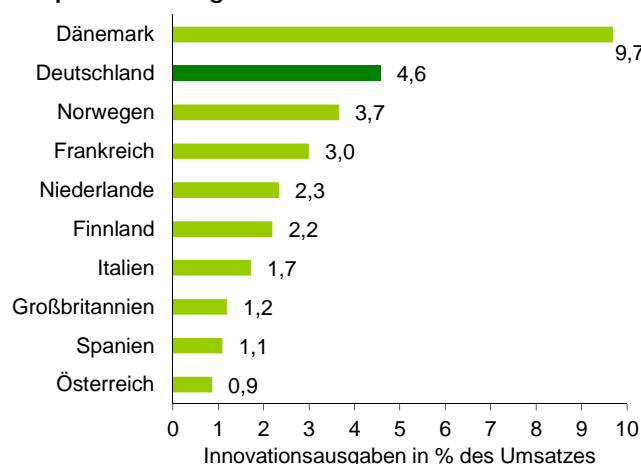
'19 und '20: Planzahlen vom Frühjahr/Sommer 2019, Innovationsintensität auf Basis der VC1-Umsatzprognose für 2020; ab 2006: WZ 08
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Innovationsintensität 2005-2020 in Deutschland im Branchenvergleich



'19 und '20: Planzahlen vom Frühjahr/Sommer 2019; ab 2006: WZ 08
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

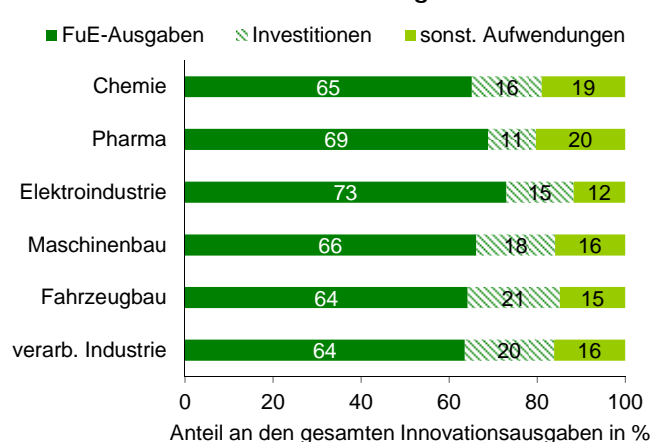
Innovationsintensität in der Chemieindustrie 2016 im europäischen Vergleich



Unternehmen ab 10 Beschäftigte

Quelle: Eurostat: CIS 2016 – Berechnungen des ZEW

Zusammensetzung der Innovationsausgaben in Deutschland 2018 im Branchenvergleich



FuE-Ausgaben: interne und externe FuE-Ausgaben ohne Investitionen ohne FuE-Investitionen (dies sind Teil der FuE-Ausgaben)

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

9 Innovations- und Forschungsorientierung der Unternehmen

Der Anteil der Chemieunternehmen, die innovativ tätig sind, d.h. die finanzielle Mittel für die Entwicklung oder Einführung von Produkt- oder Prozessinnovationen bereitgestellt haben, lag 2018 bei 87 %. Der starke Anstieg gegenüber dem Vorjahr (76 %) ist zum Teil einer veränderten Definition von Innovation ab dem Berichtsjahr 2018 geschuldet. Für 2019 und 2020 zeigen die Planzahlen vom Frühjahr und Sommer 2019 bereits eine rückläufige Tendenz. Diese wird sich durch die Corona-Krise für das Jahr 2020 mit hoher Wahrscheinlichkeit verstärken.

Der Anteil innovationsaktiver Unternehmen ist in der Chemieindustrie deutlich höher als in den anderen Technologiebranchen der deutschen Industrie. Im Jahr 2018 lag die Chemie - noch vor der Elektroindustrie und dem Maschinenbau - an erster Stelle. Besonders hoch ist in der Chemieindustrie der Anteil der forschenden

den Unternehmen. 2018 betrieben 63 % der Chemieunternehmen kontinuierlich FuE, weitere wiesen 13 % gelegentliche FuE-Aktivitäten auf.

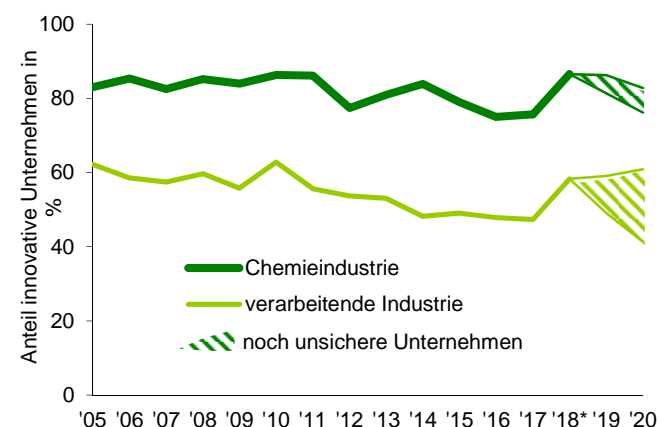
Der Anteil der kontinuierlich forschenden Chemieunternehmen stieg 2018 deutlich an und erreichte wieder das hohe Niveau des Jahres 2014. Die relativ starken Veränderungen von Jahr zu Jahr zeigen an, dass vor allem kleine Unternehmen in Sparten mit traditionell geringerer FuE-Aktivität (z.B. Lacke, Reinigungsmittel, Grundstoffe) kurzfristig ihre FuE-Strategie anpassen.

Im europäischen Vergleich wiesen 2016 Norwegen, Belgien und Dänemark höhere Anteile innovationsaktiver Chemieunternehmen auf. Der Anteil forschender Unternehmen war außerdem in den Niederlanden und Frankreich höher, da dort u.a. eine steuerliche Förderung kleinen Unternehmen Anreize für FuE gibt.

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. **Ab 2018** schließen Produkt- und Prozessinnovationen auch neue oder verbesserte Methoden im Bereich Organisation und Marketing mit ein und erfassen Innovationen im Zusammenhang mit der Digitalisierung umfassender. Angaben zu geplanten Innovationsaktivitäten in den Jahren 2019 und 2020 beziehen sich auf Produkt- oder Prozessinnovationen (inkl. FuE-Aktivitäten) und wurden im Frühjahr und Sommer 2019 abgegeben.

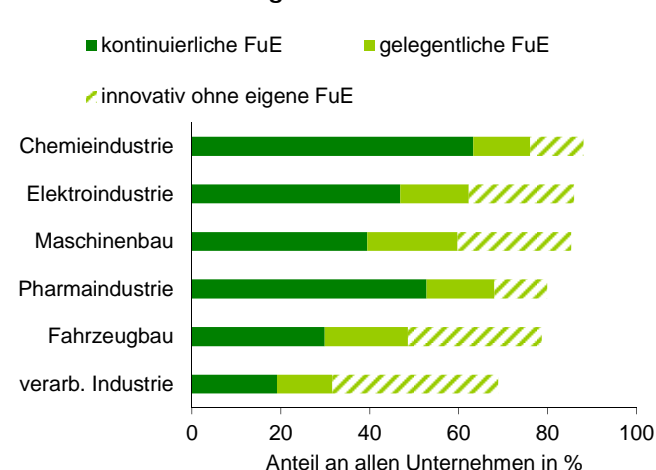
FuE-Aktivitäten: Durchführung von unternehmensinterner Forschung und Entwicklung. „Kontinuierliche FuE“: FuE-Aktivitäten werden auf permanenter Grundlage (z.B. in Form einer eigenen Organisationseinheit oder eigens dafür zuständiger Mitarbeiter) betrieben, „gelegentliche FuE“: FuE-Aktivitäten werden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

Innovative Unternehmen in der deutschen Chemieindustrie 2005-2020



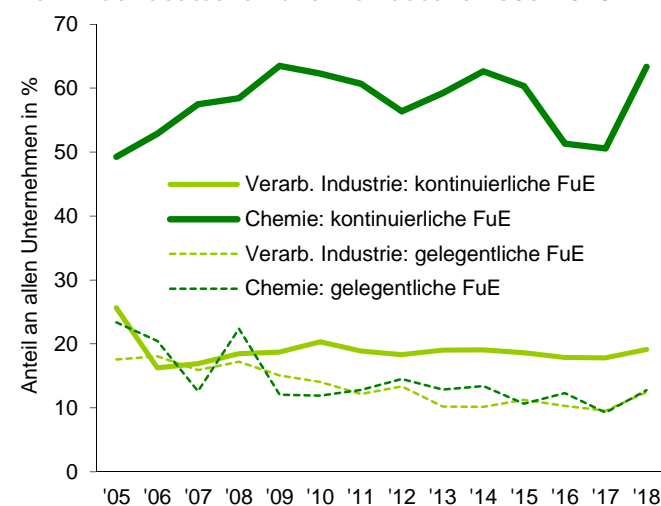
'19 und '20: Planzahlen vom Frühjahr/Sommer 2019; ab 2006: WZ 08
* 2018 Bruch in Zeitreihe aufgrund von Definitionsänderung
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Anteil innovationsaktiver Unternehmen in Deutschland 2018 im Branchenvergleich



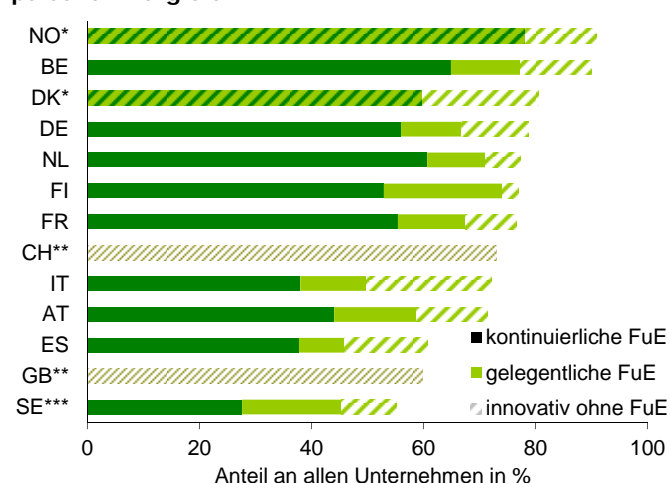
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Kontinuierlich und gelegentlich forschende Unternehmen in der deutschen Chemieindustrie 2005-2018



ab 2006: WZ 08
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Anteil innovativer Chemieunternehmen 2016 im europäischen Vergleich



* keine Unterscheidung der FuE-Tätigkeit nach kontinuierlich und gelegentlich; ** keine Differenzierung ausgewiesen; *** geschätzt
Quelle: Eurostat: CIS 2016 – Berechnungen des ZEW

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 2018 wurden in der Chemie weltweit gut 24.200 transnationale Patente angemeldet. Die weltweit größten Anmelder sind Japan (28,7 %) und die USA (21,6 %). Mit Abstand folgen nahezu gleichauf Deutschland (10,8 %) und China (10,4 %). Während insbesondere China, aber auch die anderen asiatischen Länder, ihre Anteile gegenüber 2005 steigern konnten, haben alle westlichen Chemienationen Anteile verloren.

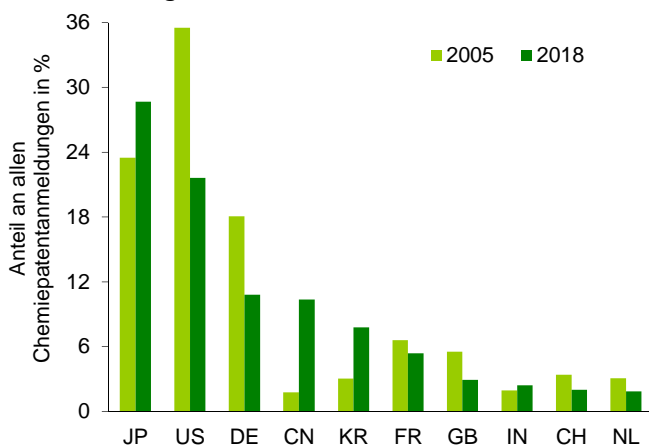
Die weltweite Patentdynamik in der Chemie bleibt schon seit rund 10 Jahren deutlich hinter der Patentdynamik über alle Technologiefelder zurück. Der deutsche Trend verläuft grundsätzlich ähnlich. Allerdings ist die Zahl der transnationalen Chemiepatentanmeldungen hier schon seit 2008 rückläufig, obwohl die FuE-

Aufwendungen in der deutschen Chemieindustrie seit 2011 wieder merklich gestiegen sind. Von dieser insgesamt eher schwachen Entwicklung der Patentanmeldungen in Deutschland waren alle Teilsektoren der Chemie betroffen, mit einer etwas günstigeren Dynamik bei sonstigen chemischen Erzeugnissen und besonders starken Rückgängen bei Farben/Lacken.

Der Anteil der Chemiepatente an allen Patentanmeldungen in Deutschland ist mit 8,2 % nicht höher als im Durchschnitt aller Länder (8,0 %). Hingegen ergeben sich für Japan, Indien – bei jedoch insgesamt wenigen transnationalen Patentanmeldungen – und Frankreich Strukturanteile von 10 % bis 12 %. Die USA und Großbritannien liegen knapp unter dem Weltdurchschnitt. In China fällt der Strukturanteil der Chemiepatentanmeldungen (4,3 %) mit Abstand am niedrigsten aus. Trotz hoher absoluter Zuwächse hat das Chemiefeld innerhalb des chinesischen Patentportfolios im Zeitablauf an Bedeutung verloren.

Patentanmeldungen sind der am weitesten verbreitete Indikator zur Messung der technologischen Position auf den Weltmärkten. Die Analyse zielt auf **transnationale Patentanmeldungen** mit ausgeprägter 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. Patentanmeldungen, die mehrere Sparten betreffen, werden in der Summe für die Chemie insgesamt nur einmal gezählt.

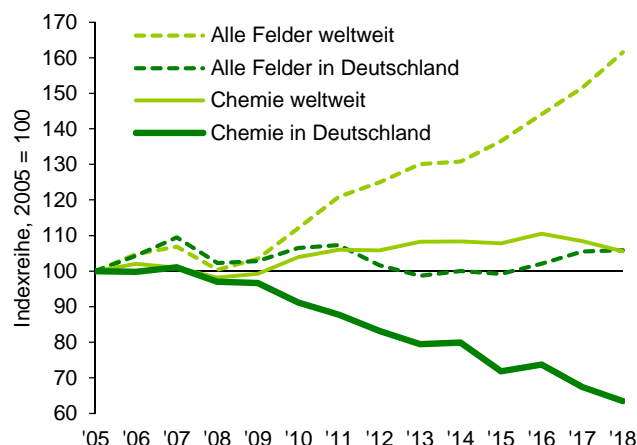
Anteil ausgewählter Länder an den internationalen Patentanmeldungen in der Chemie 2005 und 2018



Werte für 2018 hochgerechnet

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

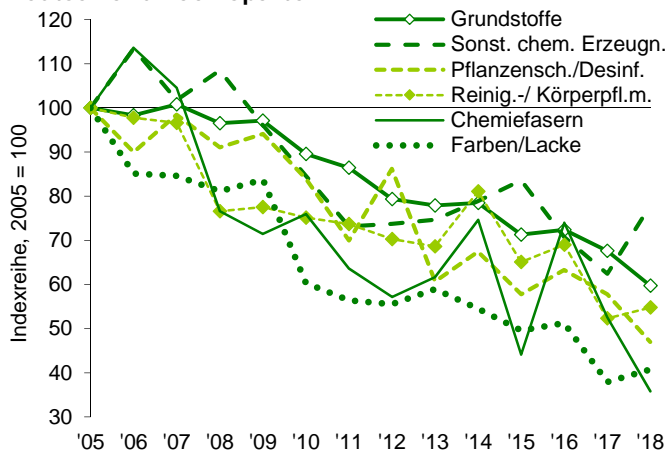
Dynamik von Chemiepatentanmeldungen 2005-2018 in Deutschland und weltweit



Werte für 2018 hochgerechnet

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

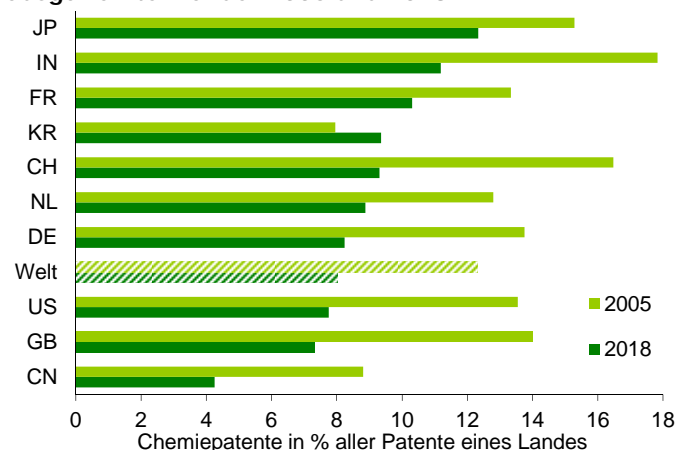
Dynamik von Chemiepatentanmeldungen 2005-2018 in Deutschland nach Sparten



Werte für 2018 hochgerechnet

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

Anteil der Chemiepatente an allen Patentanmeldungen ausgewählter Länder 2005 und 2018



Werte für 2018 hochgerechnet

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

11 Innovationserfolge

Der Umsatz mit Produktneuheiten ging in der deutschen Chemieindustrie im Jahr 2018 um 5 % auf 23,7 Mrd. € zurück, nachdem er 2017 noch kräftig um 13 % angestiegen war. Gemessen am Branchenumsatz machte der Anteil neuer Produkte im Jahr 2018 15,2 % aus. Rund ein Drittel dieses Umsatzes (4,7 % des Gesamtumsatzes) entfiel auf Marktneuheiten, d.h. neue Produkte, die so noch nicht zuvor im Markt angeboten worden waren, und 10,5 % auf Nachahmerinnovationen. Im Vorjahresvergleich nahm der Umsatzanteil von Marktneuheiten ab, während der von Nachahmerinnovationen anstieg.

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 2018 mit 19,2 % einen höheren Wert als die Chemieindustrie. Der Industriedurchschnitt lag bei 23,1 %. Der Rückstand der Chemieindustrie ist vor allem bei Nachahmerinnovationen hoch. Der niedrige Wert der Chemieindustrie liegt

in erster Linie an den langen Produktlebenszyklen und Anlaufzeiten, bis Neuheiten hohe Umsätze erreichen.

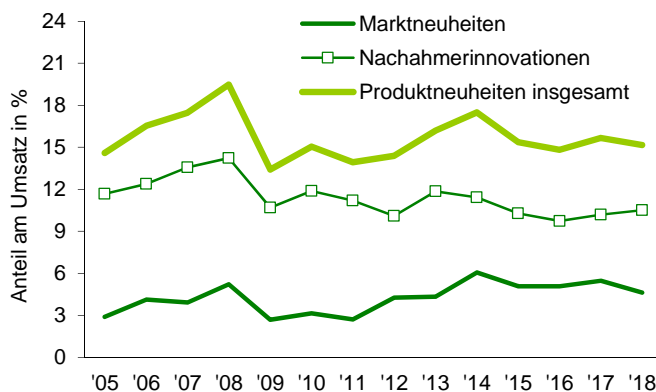
Im internationalen Vergleich ist der Umsatzanteil der deutschen Chemieindustrie mit neuen Produkten als durchschnittlich einzustufen. Mit einer Quote von 15,4 % im Jahr 2016 lag die Branche unter dem EU-Mittel (18,4 %). Besonders hohe Werte wiesen Großbritannien, Spanien und die Niederlande auf. Vom gesamten Neuproduktumsatz der EU-Chemieindustrie entfiel ein Viertel auf Deutschland (24,5 %).

Prozessinnovationen trugen 2018 zu einer durchschnittlichen Kostensenkung in der Chemieindustrie von 2,6 % bei. Von Mitte der 2000er Jahre bis 2015 war dieser Indikatorwert tendenziell rückläufig, seither kam es zu einem leichten Anstieg. Der Wert der Chemie liegt aber in allen Jahren unter dem Industriedurchschnitt. Dies weist darauf hin, dass es in einer Industrie, die bereits ein hohes Maß an Effizienz erreicht hat, zunehmend schwieriger wird, weitere Effizienzgewinne zu erzielen.

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** (d.h. Produkte, die in den vom innovierenden Unternehmen bedienten Märkten zuvor noch nicht in gleicher oder ähnlicher Form angeboten wurden) und **Nachahmerinnovationen** (d.h. Produkte, die neu für ein Unternehmen, aber nicht neu für den Markt sind) 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.

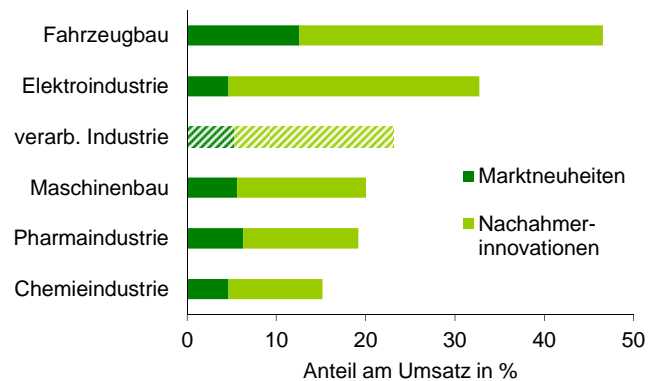
Umsatzanteil mit Produktneuheiten 2005-2018 in der deutschen Chemieindustrie



ab 2006: WZ 08

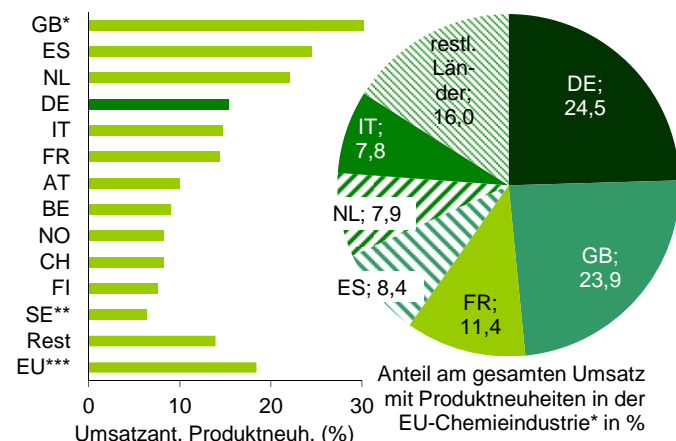
Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Umsatzanteil mit Produktneuheiten in Deutschland 2018 im Branchenvergleich nach dem Neuheitsgrad der Produktinnovationen



Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel

Umsatz mit Produktneuheiten 2016 in der Chemieindustrie der EU

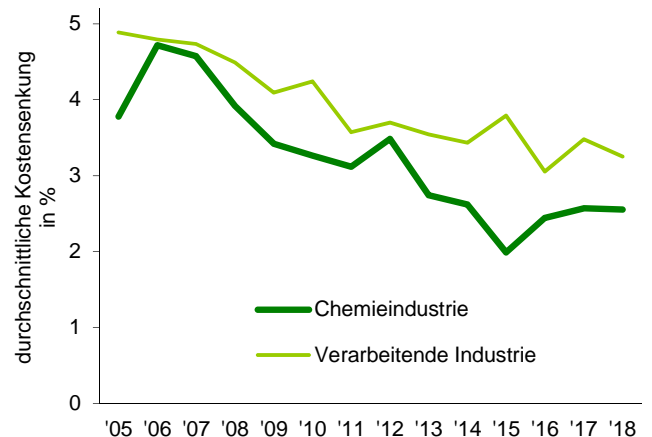


* Wert für GB: 75 %; ** geschätzt

*** o. LV, LU, SI, SK, inkl. IS, MK, RS; Untern. ab 10 Beschäftigte

Quelle: Eurostat: CIS 2016 – Berechnungen des ZEW

Kostenreduktion durch Prozessinnovationen in der Chemieindustrie und der Verarbeitenden Industrie Deutschlands 2005-2018



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. Deshalb ist auch der deutsche Exportanteil und Handelsbilanzüberschuss bei forschungsintensiven Waren besonders hoch. Dabei spielen Fahrzeuge eine besonders große Rolle. Andere forschungsintensive Waren, darunter auch forschungsintensive Chemiewaren, fallen deutlich weniger ins Gewicht.

Im Jahr 2019 wurden aus Deutschland forschungsintensive Chemiewaren im Wert von rund 37 Mrd. € ausgeführt. Das Einfuhrvolumen lag bei 42 Mrd. €. Die seit dem Jahr 2015 negative Handelsbilanz (2019: -5 Mrd. €) ist ausschließlich auf organische Industriechemikalien zurückzuführen und wesentlich durch den konzerninternen Handel innerhalb Europas (vor allem mit Belgien und den Niederlanden) bedingt. Bei den anderen drei Warengruppen werden regelmäßig Exportüberschüsse erzielt. In Summe hat sich das deutsche

Handelsvolumen bei forschungsintensiven Chemiewaren zwischen 2005 und 2019 mehr als verdoppelt, wobei die Importe besonders stark gestiegen sind.

Abgesehen von der Schweiz hat sich die deutsche Position im bilateralen Handel mit den anderen großen Chemienationen zwischen 2008 bis 2019 verbessert. Gegenüber den USA, Frankreich und Südkorea wird ein klar positiver Außenhandelssaldo bei forschungsintensiven Chemiewaren erzielt, im Handel mit Japan ist seit einigen Jahren ein leicht positiver Wert zu beobachten. Gegenüber China und Großbritannien fällt die Bilanz nur noch leicht negativ aus.

Deutschland war 2018 mit einem Welthandelsanteil von 7,6 % hinter China und den USA drittgrößter Exporteur forschungsintensiver Chemiewaren. Wie alle anderen traditionellen Chemienationen hat Deutschland im vergangenen Jahrzehnt Anteile zugunsten von China und Südkorea verloren. Die Anteilsverluste fielen aber geringer aus als in Japan, Frankreich und Großbritannien.

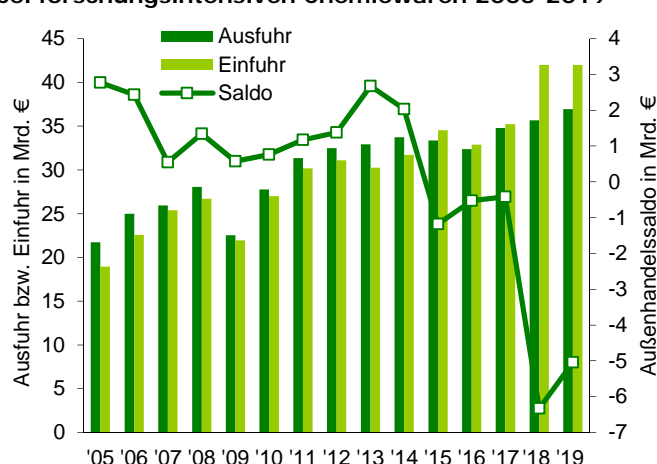
Die Abgrenzung **forschungsintensiver Waren** folgt der NIW/ISI/ZEW-Liste 2012. Ausgehend von den FuE-Intensitäten (interne FuE-Aufwendungen in % des Produktionswerts), wie sie sich für die OECD-Länder auf grober sektoraler Ebene 2008 und 2009 darstellen, wurden mit Hilfe vertiefender und zusätzlicher 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 **Außenhandelssaldo** 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).

Kennzahlen zum Außenhandel Deutschlands mit forschungsintensiven Waren 2019 (WHA: 2018)

Warengruppe	Ausf. Mrd. €	Einf. Mrd. €	AH-Saldo Mrd. €	in %	WHA in %
Anorgan. Grundchemikalien	6,2	3,8	2,4	0,8	10,1
Organ. Industriechemik.	17,5	30,3	-12,8	-4,1	5,7
Pflanz.sch.-, Desinf.-mittel	3,6	1,4	2,2	0,7	12,0
Sonstige Chemiewaren	9,6	6,4	3,2	1,0	11,5
Chemische Erz. insg.	36,9	42,0	-5,0	-1,6	7,6
Pharmazeutische Erzeugn.	81,4	53,3	28,1	8,9	16,0
Maschinenbauerzeugnisse	103,1	40,7	62,5	19,9	15,3
Fahrzeuge	259,2	144,6	114,5	36,4	15,9
Elektrotechnische Erzeugn.	196,9	178,6	18,3	5,8	7,6
Forsch.-int. Waren insg.	688,7	469,2	219,4	69,8	11,5
Verarb. Industriewaren insg.	1.258	943,3	314,4	100,0	9,6

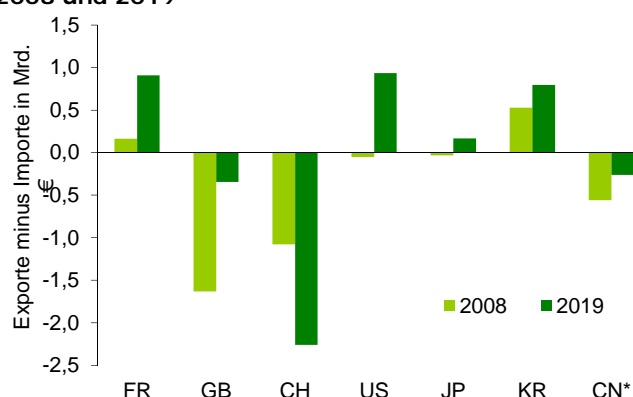
* AH-Saldo: Außenhandelssaldo; WHA: Welthandelsanteil
Quelle: UN: COMTRADE – Berechnungen des CWS

Ausfuhr, Einfuhr und Außenhandelssaldo Deutschlands bei forschungsintensiven Chemiewaren 2005-2019



Quelle: UN: COMTRADE – Berechnungen des CWS

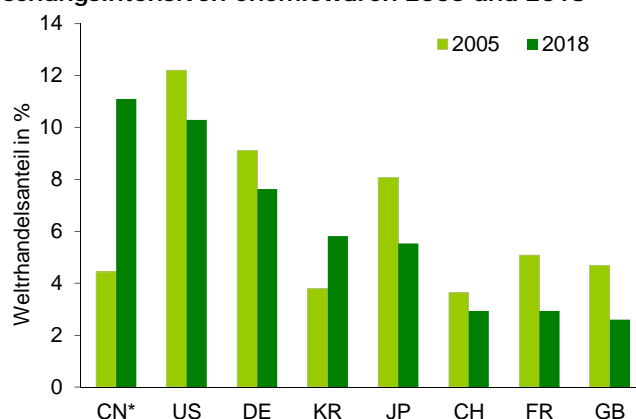
Außenhandelssaldo Deutschlands bei forschungsintensiven Chemiewaren gegenüber ausgewählten Ländern 2008 und 2019



* inkl. Hongkong

Quelle: UN: COMTRADE – Berechnungen des CWS

Welthandelsanteil ausgewählter Länder bei forschungsintensiven Chemiewaren 2005 und 2018



* inkl. Hongkong

Quelle: UN: COMTRADE – Berechnungen des CWS

Schwerpunktthema: Innovationen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit

Klimaschutz und Nachhaltigkeit sind die Grundlagen für ein langfristig tragfähiges Wirtschaften. Der Chemieindustrie¹ kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Denn als eine Branche, die mit ihren Produkten zu einem beträchtlichen Teil die materielle Basis für andere Industriezweige und für viele Konsumgüter schafft, haben Anstrengungen für mehr Nachhaltigkeit weit reichende Wirkung in andere Wirtschafts- und Lebensbereiche. Dies gilt z.B. für die Schließung von Stoffkreisläufen durch Recycling von Materialien oder die Vermeidung von umweltbelastenden Stoffen. Gleichzeitig kann die Chemieindustrie bei ihren eigenen Prozessen erhebliche Beiträge zum Klimaschutz leisten. Denn als eine Branche mit hohem Materialdurchsatz auf Grundlage von energieintensiven Verfahren bieten sich viele Möglichkeiten, über innovative Ansätze die Ressourcen- und Umwelteffizienz zu steigern.

In dem vorliegenden Spezialthema wird indikatorgestützt dargestellt, wie die Chemieindustrie mit Hilfe von FuE, neuen Technologien sowie neuen Produkten und Verfahren Beiträge zur Begrenzung des treibhausgasgetriebenen Klimawandels und zu einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Produktion leistet:

- **Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten** zu Klima- und Umweltschutz sowie Nachhaltigkeit legen die Wissensbasis für neue Materialien, Verfahren und Lösungen.
- **Patentanmeldungen** im Bereich von Klimaschutztechnologien zeigen die konkrete Entwicklung industriell einsatzfähiger Stoffe, Methoden

und Verfahren an, die zu geringeren Emissionen, einer höheren Effizienz des Ressourceneinsatzes sowie der Nutzung erneuerbarer Energiequellen beitragen.

- **Produkt- und Prozessinnovationen** zu Energie- und Ressourceneffizienz, Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft stellen die Umsetzung der FuE-Ergebnisse und Patentierungsaktivitäten in Lösungen für Kunden, Endnutzer und interne Prozesse dar.
- **Investitionen** in neue Anlagen zur Verbesserung von Klima- und Umweltschutz sind eine konkrete Form der Einführung neuer oder verbesserter Verfahren, um die Umweltbelastung von Produktions- und Distributionsprozessen zu verringern.
- **Chemie-Startups**, die Geschäftsmodelle zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit verfolgen, stellen einen besonderen Weg der Umsetzung von FuE-Ergebnissen und neuen Technologien in innovative Marktangebote dar.

Zusätzlich wird anhand von zwei **Fallbeispielen** aufgezeigt, wie Innovationen der Chemieindustrie konkret zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit beitragen:

- **chemisches Recycling** von Kunststoffabfällen,
- chemische Technologien für **Power-to-X**.

Nicht Gegenstand dieses Spezialthemas ist die Analyse des Energie- und Ressourceneinsatzes sowie der klimarelevanten Emissionen in der Chemieindustrie. Hierzu liegen bereits verschiedene andere Publikationen vor.²

FuE-Aktivitäten zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit

Eine zentrale Grundlage für Innovationen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit in der Chemieindustrie sind die FuE-Aktivitäten der Unternehmen in diesem Bereich. Aus der FuE-Erhebung des Stifterbands liegen für das Jahr 2017 Angaben zu den Technologiefeldern und Themenbereichen vor, zu denen die Unternehmen FuE betreiben. Eines dieser Felder ist "Klima/Umwelt/Nachhaltigkeit". 25 % der FuE-aktiven Unternehmen in der Chemieindustrie haben im Jahr 2017 zu diesem Themenfeld geforscht. Dies ist hinter dem Maschinenbau (29 %) der zweithöchste Wert. Im Fahrzeugbau und in der Elektroindustrie sind es mit 12 bzw. 10 % nur weniger als halb so viele.

Der hohe Anteil von 25 % in der Chemieindustrie bedeutet jedoch nicht, dass 25 % der gesamten FuE-Ausgaben der Branche diesem Themenbereich gewidmet sind. Denn die großen Chemieunternehmen forschen zu vielen unterschiedlichen Themen, sodass sich deren FuE-Budget auf entsprechend viele Technologiefelder verteilt.

Zwei weitere Technologiefelder und Themenbereich mit Bezug zur Nachhaltigkeit sind "Energie" und "Bioökonomie". Während sich FuE zu Energie primär mit der Entwicklung von Technologien zur Erzeugung, Umwandlung, Übertragung und Nutzung von Energie befasst, hat das Thema Bioökonomie u.a. einen engen Bezug zur Kreislaufwirtschaft und der Nutzung nachwachsender Rohstoffe. 11 % der FuE-aktiven Chemieunternehmen betreiben FuE zur Bioökonomie, 7 % zählen FuE zu Energietechnologien zu ihren thematischen Schwerpunkten. Während die Elektroindustrie sowie der Maschinen- und Fahrzeugbau hohe Anteilswerte beim Thema Energie aufweisen, spielt die Bioökonomie hier kaum eine Rolle für die Inhalte der FuE-Aktivitäten. Bioökonomie ist dagegen ein zentrales Forschungsthema für viele forschende Pharmaunternehmen. Die Chemieindustrie ist die einzige Branche, die in allen drei Technologien und Themenfeldern mit Bezug zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit merklich vertreten ist. Dies unterstreicht den Querschnittscharakter der Chemie-FuE.

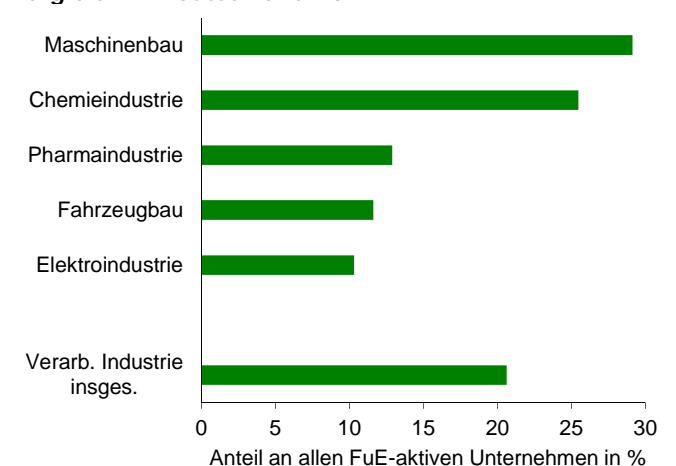
¹ Die Chemieindustrie umfasst hier - so wie im Hauptteil des Berichts - die Herstellung von Chemikalien. Dies schließt die industrielle Biotechnologie sowie die grüne Biotechnologie mit ein, nicht aber die rote Biotechnologie und die Herstellung von Pharmazeutika.

² "Chemie³ - die Nachhaltigkeitsinitiative der deutschen Chemie. Fortschrittsbericht 2018" - VCI, IG BCE, BAVC. Frankfurt, 2018.

"Road Map 2050 - Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland" - Eine Studie von DECHEMA und FutureCamp für den VCI. Frankfurt, 2019.
"2020 Facts & Figures of the European Chemical Industry" - CEFIC. Brüssel, 2020.

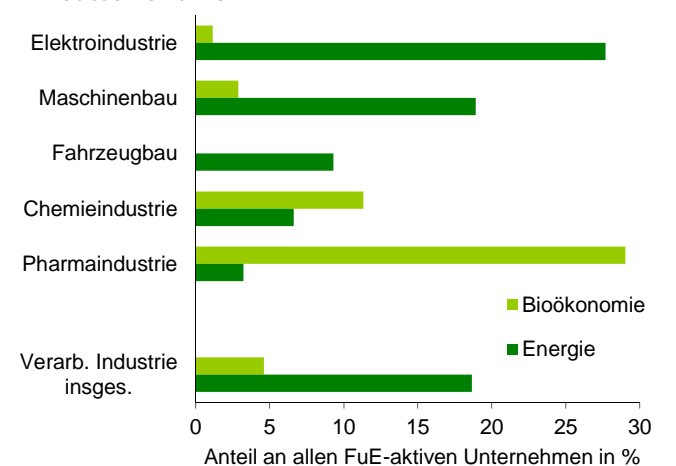
Die Angaben zu FuE-Aktivitäten zu Klima, Umwelt und Nachhaltigkeit sowie zu Energie und zu Bioökonomie stammen aus der **deutschen FuE-Erhebung** zum Berichtsjahr 2017. Erfasst wurde, zu welchen Technologiefeldern und Themenbereichen (aus einer Liste von 13 Feldern/Themen) Unternehmen im Jahr 2017 FuE betrieben haben. Mehrfachnennungen von Feldern/Themen waren möglich. Da nicht die Höhe der FuE-Ausgaben in den einzelnen Feldern/Themen erhoben wurde, ist nur eine Auswertung nach der Anzahl der Unternehmen, die zu einem bestimmten Feld/Thema FuE betrieben haben, möglich. Die ausgewiesenen Anteilswerte beziehen sich auf alle FuE-aktiven Unternehmen, die Angaben gemacht haben zu den Themen/Feldern, zu denen sie FuE betrieben haben.

FuE zu Klima, Umwelt und Nachhaltigkeit im Branchenvergleich in Deutschland 2017



Quelle: Wissenschaftsstatistik Stifterverband - Berechnungen des CWS

FuE zu Energie und Bioökonomie im Branchenvergleich in Deutschland 2017



Quelle: Wissenschaftsstatistik Stifterverband - Berechnungen des CWS

Patentanmeldungen mit Klimaschutzbezug

Patentanmeldungen sind ein Indikator zur Messung der technologischen Position von Branchen und Ländern auf den Weltmärkten. Sie zeigen an, dass technische Neuerungen mit industriellem Anwendungspotenzial entwickelt wurden. Die Chemie trägt in vielfältiger Form zur Entwicklung neuer Technologien und technischer Lösungen für den Klimaschutz bei. Diese reichen von Materialien für Solarzellen, Batterietechnologien und Technologien zur Herstellung von Wasserstoff über Brennstoffzellentechnologien bis zu Technologien zur Abgasreinigung oder lumineszierende Materialien. Die Chemie leistet damit zusammen mit den anderen Technologiebranchen (Fahrzeugbau, Maschinenbau, Elektrotechnik, IT-Industrie) entscheidende technologische Beiträge für klimaneutrale wirtschaftliche und gesellschaftliche Aktivitäten.

Insgesamt wurden weltweit 2016 schätzungsweise knapp 3.700 Chemiepatente mit Klimaschutzbezug ("Klimaschutzpatente") angemeldet. Hiervon entfiel allein die Hälfte auf die USA (27 %) und Japan (23 %). Deutschland lag auf Rang 3 mit gut 11 % vor China und Südkorea mit jeweils knapp 8 %. Für die Klimaschutzpatente zeigt sich – ebenso wie für die Patentanmeldungen im Technologiefeld Chemie – für die vergangenen zehn Jahre eine Verschiebung zugunsten der großen westlichen Chemienationen und zugunsten der asiatischen Länder. Insbesondere China und Südkorea haben in beachtlichem Umfang hinzugewonnen.

Auch an den Patentanmeldungen wird deutlich, dass Klimaschutzbelange weltweit einen immer höheren Stellenwert innerhalb der Chemieforschung einnehmen. Dies gilt besonders für Deutschland, wo sich der Anteil der Klimaschutzpatente zwischen 2005 (7,4 %) und 2016 (13,5 %) fast verdoppelt hat. Weltweit war im gleichen Zeitraum ein Zuwachs von 10,1 % auf 14,5 % zu verzeichnen. Im Ländervergleich lag Deutschland 2016 annähernd gleichauf mit

Südkorea und Indien im Mittelfeld. Die höchste Ausrichtung auf Klimaschutztechnologien innerhalb der Chemiepatentaktivitäten zeigen die Niederlande (18 %), die USA (15,6 %) und Großbritannien (14,7 %). Vergleichsweise niedrige Anteile von rund 12 % ergeben sich für China, Japan, die Schweiz und Frankreich.

Das weltweit gewachsene Strukturgewicht von Chemiepatentanmeldungen mit Klimaschutzbezug liegt darin begründet, dass deren Zahl bis 2010 deutlich stärker gewachsen ist als die Zahl der Chemiepatente insgesamt und sich seitdem – bei allen Unsicherheiten in den Daten – auf höherem Niveau zumindest stabilisiert hat. Für Deutschland gilt grundsätzlich ein ähnlicher Trend, mit dem Unterschied, dass die Zahl der transnationalen Chemiepatentanmeldungen hier schon seit Ende der 2000er Jahre rückläufig ist. Auch bei den Klimaschutzpatenten ist nach zunächst überdurchschnittlichem Zuwachs seit einigen Jahren eine leicht nachlassende Entwicklung zu verzeichnen.

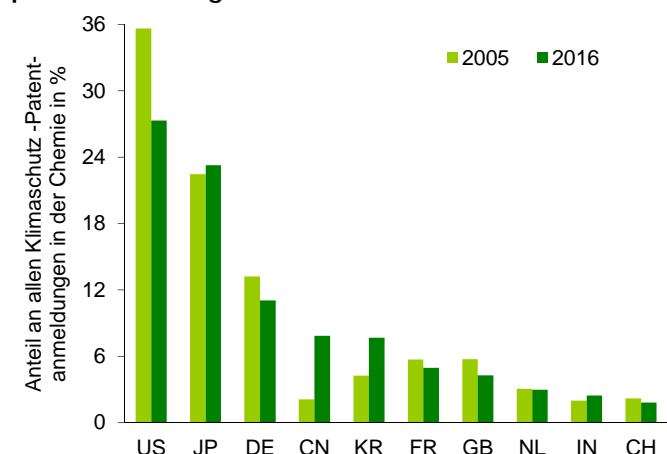
Im deutschen Branchenvergleich zeigt sich, dass die Klimaschutzanteile an den Patentanmeldungen nicht nur in der Chemie, sondern in allen Branchen seit 2005 zugenommen haben. Die Chemie erreicht dabei einen guten Mittelwert auf dem Niveau des Maschinenbaus und der Elektrotechnik. Deutlich darüber liegt der Fahrzeugbau, darunter die Pharmazeutische Industrie.

Mit Blick auf die klimarelevanten Hauptgruppen mit den höchsten Patentanmeldezahlen geht es in der Chemie vor allem um Beiträge zur Elektromobilität, Solarzellen und LEDs, Abgasreinigung sowie effiziente Verfahren. Klimaschutzorientierte Forschung und Entwicklung in der Chemie dient damit nicht nur für eigene Zwecke, sondern ist gleichzeitig eine wesentliche Voraussetzung für die klimaschutzorientierten Ansätze in der Fahrzeug- und Elektrotechnik.

Grundlage der Patentanalyse sind **transnationale Patentanmeldungen**, d.h. Patente, die am Europäischen Patentamt oder über das PCT-Verfahren an der World Intellectual Property Organization angemeldet wurden (vgl. dazu den Methodenkasten zu Indikatorblatt 10 auf S. 13). Anhand der Unterklassen der Internationalen Patentklassifikation (IPC), die bei der Anmeldung obligatorisch vergeben werden, werden Patente Branchen zugeordnet. Um technische Trends und Markttrends auf den verschiedenen Feldern von Klimaschutztechnologien besser erkennen zu können, wurde vor rund 10 Jahren vom Europäischen und US-amerikanischen Patentamt innerhalb der Cooperative Patent Classification (CPC) eine spezifische Klassifikation zur Erfassung von „Technologies or Applications for Mitigation or Adaption against Climate Change“ (Y02) eingerichtet. Seitdem werden Patentanmeldungen zusätzlich nach diesem Schema indiziert. Da die CPC-Codes aber oftmals erst mit größerer Verzögerung eingetragen werden, können, unter Nutzung von Hochrechnungen, derzeit lediglich Daten bis zum Erstanmeldungsjahr 2016 sinnvoll ausgewertet werden.

Die Auswertung der häufigsten als **klimarelevant indizierten Patenthauptgruppen** in der Chemie ergibt die folgenden Bereiche: Organische Solarzellen; Wasserstoffherstellung; Lumineszierende Materialien; Chemische Reinigung von Abgasen; Elektrolytische Herstellung von Wasserstoff; Elektroden von Batterien; Wieder aufladbare Batterien; Kohlenstoffherstellung; Solarzellen; Brennstoffzellen; Polymere sowie Verwendung von anorganischen Stoffen als Zusatzstoffe; Chemische, physikalische oder physikochemische Verfahren; Herstellung von Kohlenwasserstoffen. Die Patenthauptgruppe Biotechnologische Verfahren bleibt unberücksichtigt, da ein großer Teil der Anmeldung Bezug zu Pharma hat.

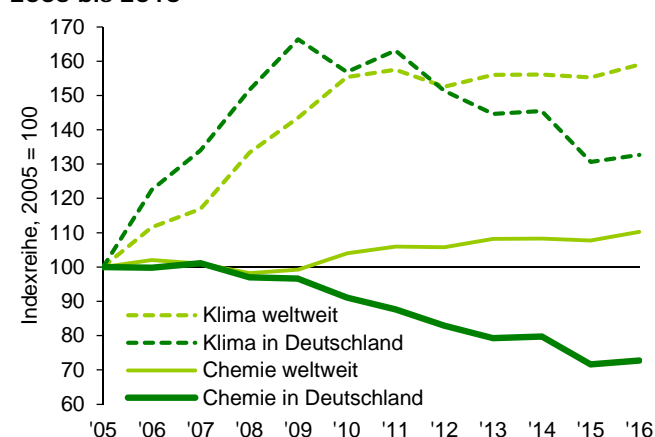
Anteil ausgewählter Länder an den weltweiten Chemiepatentanmeldungen für Klimaschutz 2005 und 2016



2016 hochgerechnet

Quelle: WPI – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

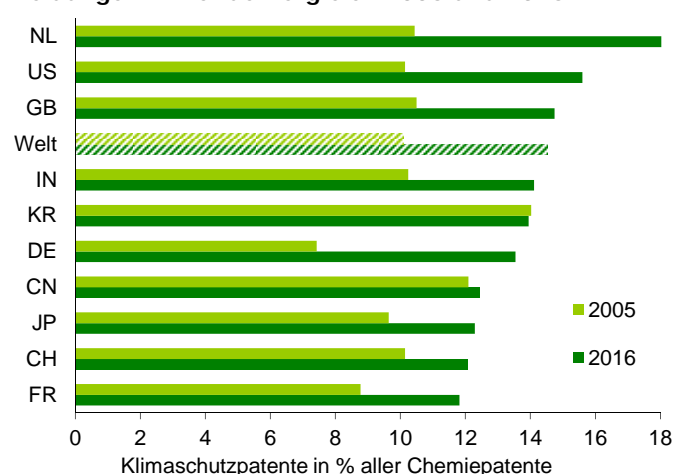
Dynamik von Chemiepatentanmeldungen insgesamt sowie für Klimaschutz in Deutschland und weltweit 2005 bis 2016



2013 bis 2016 hochgerechnet

Quelle: WPI – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

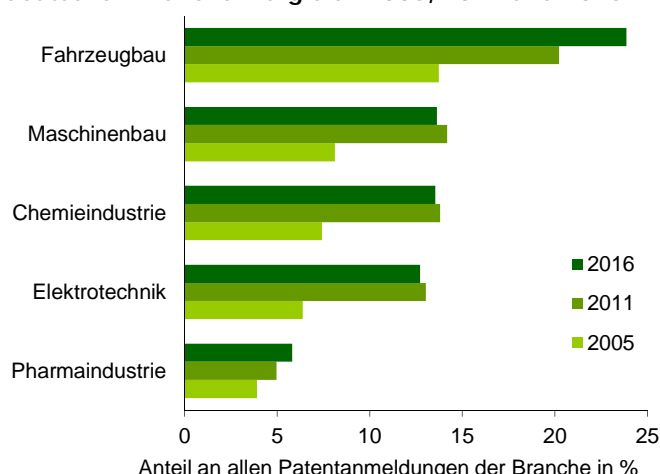
Anteil der Klimaschutzpatente an allen Chemiepatentanmeldungen im Ländervergleich 2005 und 2016



2016 hochgerechnet.

Quelle: WPI – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

Anteil von Patentanmeldungen für Klimaschutz im deutschen Branchenvergleich 2005, 2011 und 2016



2016 hochgerechnet.

Quelle: WPI – Berechnungen des Fraunhofer-ISI und CWS

Produkt- und Prozessinnovationen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit

Die deutsche Chemieindustrie zeichnet sich im Vergleich zu anderen Technologiebranchen durch einen überdurchschnittlich hohen Anteil von Unternehmen mit Innovationen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit aus. Im Zeitraum 2012-2014 hatten 18 % der Chemieunternehmen in Deutschland Prozessinnovationen eingeführt, die zu einer wesentlichen Erhöhung der Energieeffizienz führten. 11 % wiesen Prozessinnovationen auf, die den Material- oder Wasserverbrauch merklich reduziert haben. Bei 10 % der Che-

mieunternehmen trugen Prozessinnovationen zu einer bedeutenden Reduktion der CO₂-Emissionen und in 11 % zu einer Reduktion anderer Luftemissionen bei. Alle diese Anteilswerte liegen deutlich über dem Durchschnitt der verarbeitenden Industrie und über den Werten der Elektroindustrie, des Maschinenbaus und des Fahrzeugbaus. Einzig die Pharmaindustrie weist etwas höhere Anteilswerte in Bezug auf Prozessinnovationen zur merklichen Erhöhung der Energieeffizienz bzw. zur Verringerung der CO₂-Emissionen auf (wobei beides oft Hand in Hand geht).

Der hohe Anteil von Unternehmen mit Prozessinnovationen, die einen bedeutenden Beitrag zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit leisten, spiegelt das hohe Potenzial für solche Innovationen in einer materialverarbeitenden, energieintensiven Branche wider. Er zeigt aber auch, dass trotz bereits hoch-effizienter Anlagen und Prozesse mit Hilfe von Innovationen noch weitere positive Beiträge erzielt werden können.

Die Chemieindustrie ist aber auch im Produktbereich in Richtung Klimaschutz und Nachhaltigkeit innovativ. 10 % der Unternehmen führten 2012-2014 neue Produkte ein, die den Energieverbrauch beim Einsatz durch die Anwender merklich verringern. Gleich hoch ist der Anteil der Chemieunternehmen, deren Produktinnovationen zu einer bedeutenden Verringerung von Emissionen bei der Nutzung der Produkte führen. Während Maschinenbau, Fahrzeugbau und Elektroindustrie etwas höhere Anteilswerte

in Bezug auf Innovationen zur Verringerung des Energieverbrauchs von Produkten aufweisen, liegt die Chemieindustrie bei emissionsmindernden Produktinnovationen im Branchenvergleich vorn. Dies gilt auch für die deutlich verbesserte Recyclingfähigkeit der Produkte, die eine zentrale Voraussetzung für eine intensivierte Kreislaufwirtschaft ist.

Im europäischen Vergleich führen die Unternehmen der deutschen Chemieindustrie besonders häufig Prozessinnovationen mit positiven Beiträgen zum Umweltschutz ein. Mit einem Anteil von 79 % der Unternehmen, die 2012-2014 Innovationen mit einem bedeutenden oder geringen Beitrag zum Umweltschutz eingeführt haben, befindet sich Deutschland vor allen Vergleichsländern, für die Daten vorliegen. In Bezug auf Produktinnovationen mit positiven Umweltbeiträgen zeigt die österreichische Chemieindustrie einen höheren Anteilswert als die deutsche.

In der **europaweiten Innovationserhebung** (Community Innovation Survey) wurde für das Referenzjahr 2014 erhoben, inwieweit Unternehmen neue oder merklich verbesserte Produkte oder Prozesse eingeführt haben, die einen positiven Beitrag zum Umweltschutz geleistet haben (d.h. eine Verringerung der nationalen Umweltbelastung im Vergleich zu den vom Unternehmen zuvor angebotenen Produkten und eingesetzten Prozessen). Dabei wurde zwischen positiven Umweltbeiträgen im Bereich der Prozesse des Unternehmens (Produktion, Logistik etc.) und durch die Nutzung der Produkte beim Kunden unterschieden. Die meisten der erfassten Beiträge lassen sich dem Klimaschutz und der Erhöhung von Nachhaltigkeit zuordnen, so die Verringerung von Energie-, Material- und Wasserverbrauch sowie von CO₂- und anderen Luftemissionen, der Ersatz gefährlicher Stoffe, die Verbesserung des Recyclings, der Ersatz fossiler Energiequellen durch erneuerbare und die Reduktion von Wasser- und Bodenbelastung.

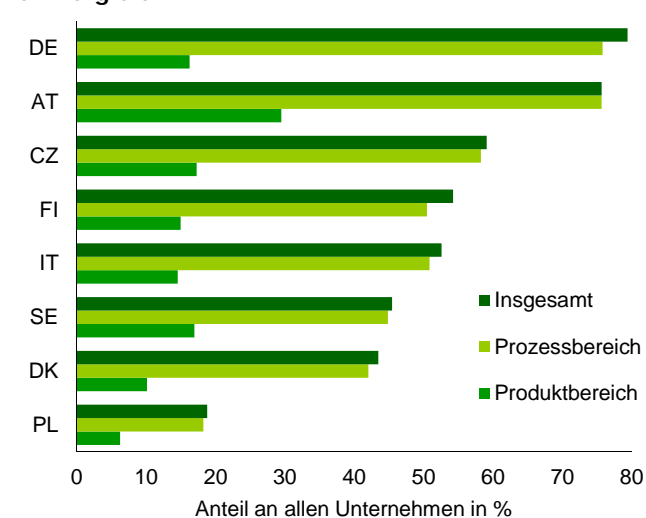
In der deutschen Innovationserhebung wurde darüber hinaus erfasst, ob der Beitrag zum Umweltschutz bedeutend oder gering war. Für einen internationalen Vergleich liegen nur zu ausgewählten europäischen Ländern Daten vor, da nicht alle EU-Mitgliedstaaten diese Frage in das Fragenprogramm der nationalen Innovationserhebung aufgenommen haben. Als Indikator wird der Anteil der Unternehmen ausgewiesen, die Innovationen mit positiven Beiträgen zum Umweltschutz (für den Branchenvergleich in Deutschland: mit bedeutenden positiven Beiträgen) geleistet haben. Wenngleich die Angaben bereits einige Jahre alt sind, so zeigen sie gleichwohl die grundsätzliche Ausrichtung der Innovationstätigkeit der Chemieindustrie auf das Thema Klimaschutz und Nachhaltigkeit. Aktuelle Daten zu Innovationen im Bereich Umweltschutz werden im Rahmen der europaweiten Innovationserhebung erst wieder für das Referenzjahr 2020 erhoben.

Innovationen mit bedeutenden positiven Beiträgen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit 2012-2014 im deutschen Branchenvergleich

Anteil an allen Unternehmen in %	Chemie	Pharma	Elektroind.	Maschinenb.	Fahrz. z.g.b.	Verarb. Industr.
Prozessbereich						
Energieverbrauch	18	21	11	12	12	14
Material-/Wasserverbr.	11	9	7	8	6	8
CO ₂ -Emissionen	10	11	5	7	6	7
Ersatz gefährl. Substanz.	7	7	4	4	2	6
Recycling	8	0	9	7	3	6
Ersatz fossiler Energiequ.	6	6	3	6	8	5
andere Luftemissionen	11	2	2	4	4	4
Wasser-/Bodenbelastung	3	7	2	4	5	3
Produktbereich						
Energieverbrauch	10	7	13	13	11	9
Erhöhung Lebenszeit	4	2	12	8	9	5
Emissionen	10	4	5	6	8	4
Recyclingfähigkeit	7	6	4	2	4	3

Quelle: ZEW - Mannheimer Innovationspanel

Innovationen in der Chemieindustrie mit positiven Beiträgen zum Umweltschutz 2012-2014 im internationalen Vergleich



Quelle: Eurostat, CIS 2014 - Berechnungen des ZEW

Investitionen in den Klima- und Umweltschutz

Investitionen in den Klima- und Umweltschutz zeigen die Höhe der finanziellen Mittel an, die Unternehmen für die Einrichtung neuer oder verbesserten Anlagen aufwenden, die spezifisch auf die Verringerung von Umweltbelastungen und die Verbesserung des Klimaschutzes ausgerichtet sind. In der Regel handelt es sich dabei um Prozessinnovationen, um die Energie- oder Ressourceneffizienz zu erhöhen, Emissionen und Wasser-/Bodenbelastung zu verringern sowie Recycling zu verbessern und Abfälle zu vermeiden.

Im Jahr 2017 gab die deutsche Chemieindustrie 521 Mio. € für Investitionen in den Klima- und Umweltschutz aus. Dies sind 21,8 % der Klima- und Umweltschutzinvestitionen der verarbeitenden Industrie Deutschlands. Auf direkte Klimaschutzinvestitionen (Vermeidung/Verminderung von Treibhausgas-Emissionen, Nutzung erneuerbarer Energien, Energieeffizienzsteigerung) entfielen 95,2 Mrd. €. Dies entspricht 10,7 % der Klimaschutzinvestitionen in der

verarbeitenden Industrie. Besonders hoch sind die Investitionen der Chemieunternehmen im Bereich Energieeffizienzsteigerung.

Im Branchenvergleich wendet die deutsche Chemieindustrie einen erheblich höheren Umsatzanteil für Klima- und Umweltschutzinvestitionen auf als die anderen Technologiebranchen und als die verarbeitende Industrie insgesamt. 2017 beliefen sich die gesamten Klima- und Umweltschutzinvestitionen der Chemie auf 3,4 % des Branchenumsatzes. Der größte Teil entfiel auf präventiven integrierten Umweltschutz, der anders als additiver Umweltschutz nicht auf Reparatur, sondern auf Vermeidung oder zumindest Verwertung setzt. Aber auch die Klimaschutzinvestitionen sind in Relation zum Umsatz in der Chemie deutlich höher als in anderen Branchen.

Auch im internationalen Vergleich wies die deutsche Chemieindustrie die höchsten Investitionen in integrierten Umweltschutz in Relation zum Umsatz auf. In den anderen großen europäischen Chemieländern lagen 2017 diese Investitionen um zwei Drittel

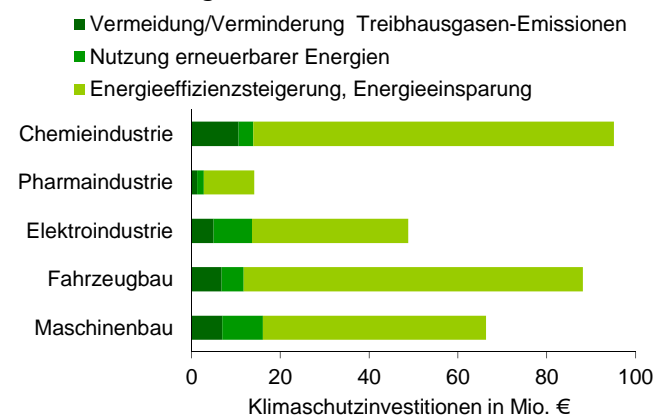
(Frankreich) bis neun Zehntel (Großbritannien) unter dem deutschen Niveau. Die Investitionen in den nachsorgenden Umweltschutz ('end-of-pipe' Technologien) sind in Deutschland dagegen geringer als in den meisten Vergleichsländern. Während die Umweltschutzinvestitionen seit 2008 in der deutschen Chemieindustrie ansteigen, verzeichnete die Mehrzahl der Vergleichsländer Rückgänge.

In den vergangenen 10 Jahren stiegen die Klima- und Umweltschutzinvestitionen der deutschen Chemieindustrie stärker als der Umsatz. Dabei verschoben sich die Investitionen vom additiven zum integrierten Umweltschutz. Die direkten Klimaschutzinvestitionen blieben in Relation zum Umsatz auf einem stabilen Niveau. In der verarbeitenden Industrie ist das Niveau der Klima- und Umweltschutzinvestitionen im Jahr 2017 unter dem Niveau von 2008. Hier gingen die additiven Umweltschutzinvestitionen deutlich zurück und wurden nur zum Teil durch höhere Investitionen in den integrierten Umweltschutz kompensiert.

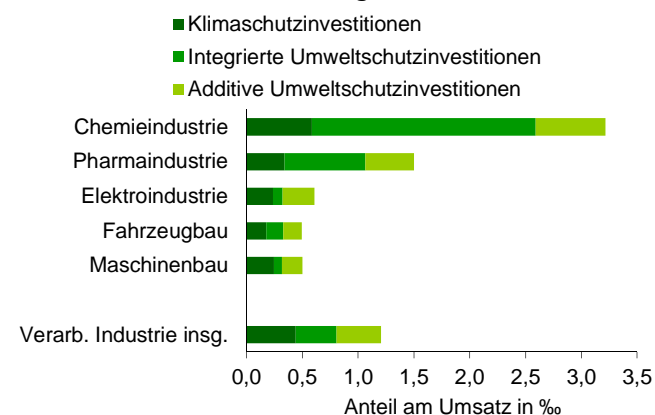
Die Daten zu den **Investitionen für den Umweltschutz im Produzierenden Gewerbe** werden jährlich vom Statistischen Bundesamt in Fachserie 19, Reihe 3.1 veröffentlicht. Bei der Erhebung wird zwischen Investitionen für Maßnahmen für den Klimaschutz (Vermeidung und Verminderung von Treibhausgas-Emissionen, Nutzung erneuerbarer Energien, Energieeffizienzsteigerung, Energieeinsparung) sowie Investitionen für sonstige Umweltschutzbereiche (Abfall, Abwasser, Lärm/Erschütterung, Luftreinhaltung, Arten- und Landschaftsschutz; Schutz/Sanierung von Boden-, Grund- und Oberflächenwasser) unterschieden. Nur im Hinblick auf diese sonstigen Umweltschutzbereiche wird zusätzlich zwischen Investitionen in additive und integrierte Maßnahmen differenziert.

Die Informationen zu den **Umweltschutzinvestitionen im europäischen Vergleich** stammen von Eurostat. Dort finden sich in der Datenbank im Bereich Umwelt u.a. unter dem Titel „Umweltschutzausgaben von Kapitalgesellschaften nach Wirtschaftsbereichen“, die Investitionen der Unternehmen in Umweltschutzaktivitäten ausweist. Die Differenzierung der Umweltschutzbereiche folgt der CEPA (*Classification of Environmental Protection Activities*), die sich an den klassischen Umweltmedien (Luft, Lärm, Abfall etc.) und der Beseitigung typischer Probleme (Umweltverschmutzung) orientiert. D.h., die in der deutschen Statistik extra ausgewiesenen Investitionen für ressourcenschonende Klimaschutzaktivitäten, wie z.B. Investitionen zur Nutzung erneuerbarer Energien und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, bleiben hier unberücksichtigt.

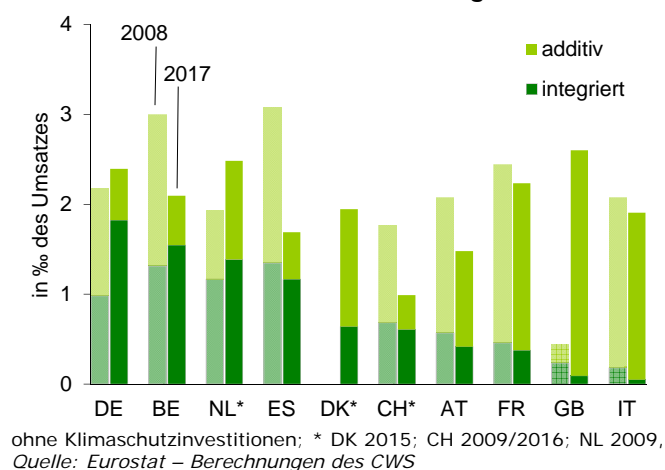
Klimaschutzinvestitionen in Deutschland im Jahr 2017 im Branchenvergleich



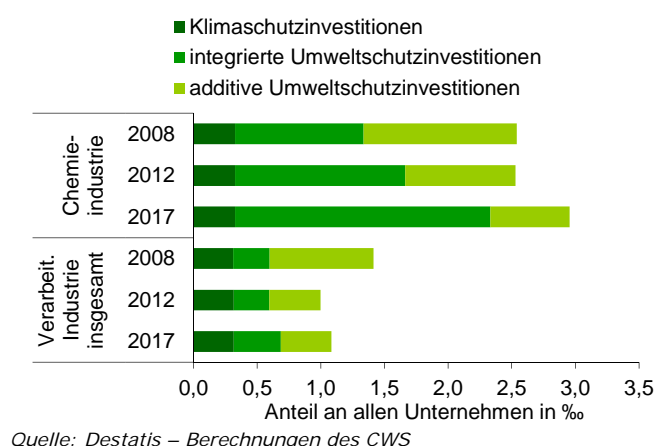
Klima- und Umweltschutzinvestitionen 2017 in Deutschland im Branchenvergleich



Umweltschutzinvestitionen in der Chemieindustrie 2008 und 2017 im internationalen Vergleich



Klima- und Umweltschutzinvestitionen 2008, 2012 und 2017 in der Chemieindustrie und in der verarbeitenden Industrie Deutschlands



Klimaschutz und Nachhaltigkeit als Teil der Geschäftsmodelle von Chemie-Startups

Geschäftsmodelle, die auf Klimaschutz und Nachhaltigkeit abzielen, sind unter den Chemie-Startups in Deutschland durchaus verbreitet. Von den 308 Chemie-Startups - d.h. junge Chemieunternehmen mit innovativen Angeboten, die i.d.R. auf eigener FuE basieren - weisen aktuell zumindest 72 Geschäftsmodelle mit Produkten und Dienstleistungen zum Klimaschutz und für mehr Nachhaltigkeit auf. Das Spektrum reicht von der Entwicklung von Materialien auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen, Lösungen für eine umweltfreundliche Produktion und neuen Energietechnologien (z.B. Batterie-, Wasserstofftechnologien) über die Verbesserung der Recyclingfähigkeit von Materialien und Lösungen zur Wasser- und Abwasserbehandlung bis zu Technologien für erneuerbare Energien und zur Emissionsreduzierung und Energieeffizienzsteigerung.

Chemie-Startups mit Geschäftsmodellen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit wurden überwiegend in den vergangenen sechs Jahren gegründet. Besonders

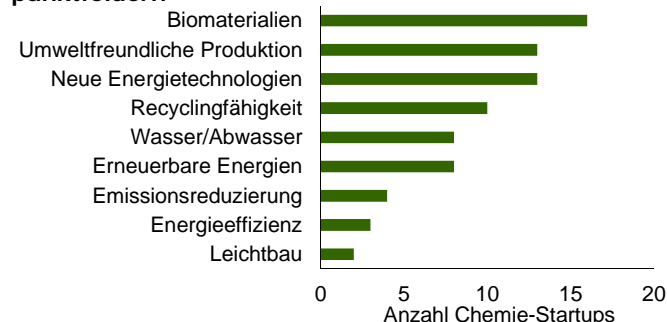
viele solche Chemie-Startups sind in den Jahren 2016, 2017 und 2019 in den Markt eingetreten.

Die Angebote der Chemie-Startups mit Geschäftsmodellen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit richten sich an sehr unterschiedliche Absatzmärkte. Die am häufigsten adressierten Absatzmärkte sind die Chemieindustrie, die Umwelttechnikbranche sowie die Elektroindustrie. Technologisch beruhen die Produkte und Dienstleistungen meist auf chemischen Technologien oder auf Technologieplattformen und Prozesstechnik. Gut ein Viertel der Startups hat eine biotechnologische Basis.

Bei den von den Chemie-Startups mit Geschäftsmodellen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit angebotenen Produkten und Dienstleistungen handelt es sich überwiegend um Materialien und Werkstoffe. Eine kleinere Anzahl fokussiert auf Fein- und Spezialchemikalien, Plattformen in der Fertigung und chemische Grundstoffe. Dienstleistungsangebote zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit sind eher selten.

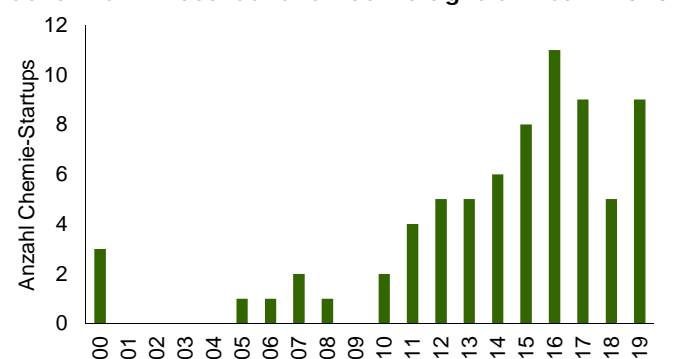
Chemie-Startups sind junge Unternehmen, die auf Basis von chemischem Wissen und chemischen Technologien innovative Produkte und Dienstleistungen anbieten. Sie sind eine Teilgruppe aller Unternehmensgründungen im Bereich Chemie. Zentrales Merkmal ist die Innovationsorientierung. Gründungen, die Standardprodukte ohne innovative Bestandteile herstellen, zählen daher nicht zu dieser Gruppe. Das **Forum Startup Chemie** hat eine Liste von Chemie-Startups in Deutschland erstellt, die laufend aktualisiert wird. Für alle Unternehmen dieser Liste (mit Stand Juni 2020) wurde untersucht, ob ihre Geschäftsmodelle Bezug auf die Themen Klimaschutz und Nachhaltigkeit nehmen.

Chemie-Startups mit Geschäftsmodellen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit im Jahr 2020, nach Schwerpunktfeldern



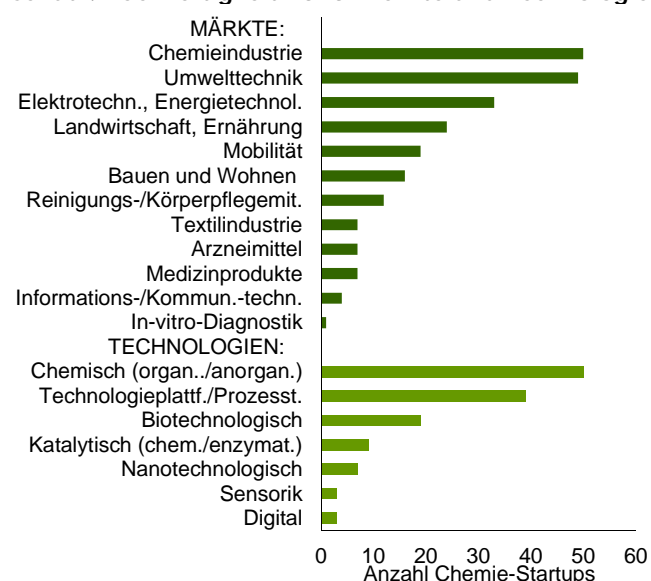
Quelle: Forum Startup Chemie, Webseiten – Recherchen des ZEW

Gründungsjahr von Chemie-Startups mit Geschäftsmodellen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit im Jahr 2020



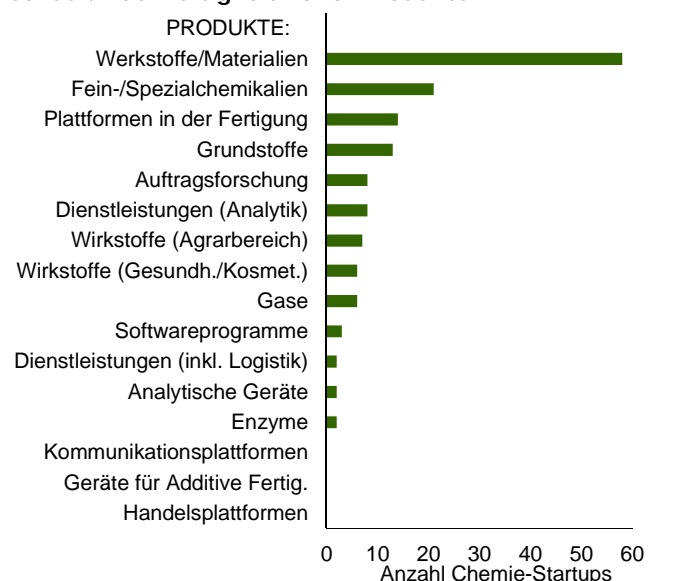
Quelle: Forum Startup Chemie, Webseiten – Recherchen des ZEW

Chemie-Startups mit Geschäftsmodellen zu Klimaschutz/Nachhaltigkeit 2020: Märkte und Technologien



Quelle: Forum Startup Chemie, Webseiten – Recherchen des ZEW

Chemie-Startups mit Geschäftsmodellen zu Klimaschutz/Nachhaltigkeit 2020: Produkte



Quelle: Forum Startup Chemie, Webseiten – Recherchen des ZEW

Chemisches Recycling als Beitrag zur Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft ist ein wichtiger Ansatz, um den Verbrauch an Rohstoffen und Energie zu verringern und Produktion und Konsum nachhaltiger zu gestalten. Das Recycling von Materialien spielt dabei eine große Rolle. Durch die Wiederverwendung kann die Inanspruchnahme von Primärressourcen erheblich reduziert werden, gleichzeitig müssen weniger Abfälle deponiert oder verbrannt werden, was zu einer geringeren Umweltbelastung beiträgt.

Ein wichtiger Stoffkreislauf sind **Kunststoffe**. Sie umfassen eine Vielzahl von Materialien mit sehr unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen. Durch ihre Eigenschaften wie geringes Gewicht, gute Formbarkeit, hohe Bruchfestigkeit, Härte und Elastizität sowie Temperatur- und chemische Beständigkeit sind sie vielen konventionellen Materialien (wie Metallen, Glas oder Keramik) überlegen. Mit Hilfe von Kunststoffen kann die Leistungsfähigkeit von vielen Produkten deutlich erhöht werden. Dies verbessert nicht nur deren Einsatzmöglichkeiten, sondern hat oft auch positive Umweltwirkungen. So trägt eine leichtere Bauweise von Produkten zu einem geringeren Energiebedarf beim Transport der Produkte oder bei deren Nutzung bei (z.B. bei Kraftfahrzeugen) bei.

Der größte Teil der heute in Europa anfallenden Kunststoffabfälle wird energetisch verwertet, d.h. zur Produktion von Elektrizität oder Wärme genutzt, oder deponiert (vor allem in Süd- und Osteuropa). Zur Realisierung einer Kreislaufwirtschaft wäre es aber nötig, einen hohen Anteil von Kunststoffabfällen zu recyceln. Die EU hat mit der Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle für 2025 ein Recyclingziel von 50 % für Kunststoffe gesetzt.

Ein **werkstoffliches Recycling**, d.h. der direkte Einsatz von Kunststoffabfällen für die Produktion neuer Kunststoffprodukte, setzt sortenreine Kunststoffabfälle voraus. Diese fallen meist nur im Bereich der industriellen Produktion an. Für Kunststoffabfälle aus dem Haushaltsbereich ist derzeit eine sortenreine Trennung mit modernen physikalischen Verfahren nur für einen Teil der Kunststoffe möglich. Um die Möglichkeiten zur werkstofflichen Verwertung von Haushalts-Kunststoffabfälle zu erhöhen, wird versucht, Informationen zur chemischen Zusammensetzung in den Kunststoff selbst einzubauen. Dies würde eine effizientere Trennung unterschiedlicher Kunststoffabfälle erleichtern. Diese Entwicklung steht technologisch aber noch ganz am Anfang.

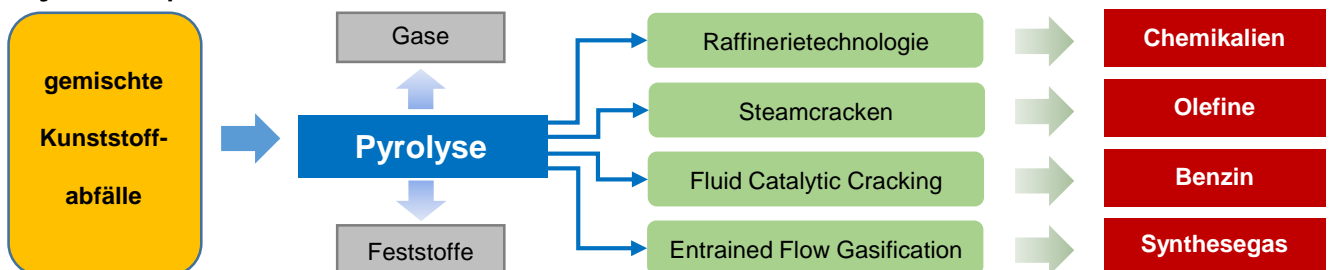
Für Kunststoffabfälle, für die eine werkstoffliche

Verwertung derzeit nicht möglich ist, stellt das **chemische Recycling** aus Kreislaufwirtschaftssicht eine attraktive Alternative dar. Dabei werden Kunststoffabfälle chemisch aufbereitet und zu sekundären Chemierohstoffen umgewandelt, die in der Chemieproduktion (z.B. Kunststoffherstellung), der Kraftstoffproduktion oder der Petrochemie verwendet werden können. Die Herausforderung ist, Verfahren zu entwickeln, die Sekundärrohstoffe zu einem wirtschaftlich wettbewerbsfähigen Preis herstellen können. Zu den aussichtsreichen Verfahren zählen die Gasifizierung, die Pyrolyse, die Solvolyse, das thermokatalytische Recycling sowie das Hydrocracking.³ Alle Verfahren sind derzeit aber technologisch noch nicht ausgereift genug, um eine großtechnische und kosteneffiziente Anwendung für das Kunststoff-Recycling zu erlauben.

Um die technologische Entwicklung voranzutreiben, hat der VCI ein **Grundlagen-Forschungsprojekt** initiiert, das relevante Daten zu Pyrolyseverfahren zusammentragen und analysieren soll. Bei der Pyrolyse werden Polymerketten aus Abfallkunststoffen durch thermische Degradation in kleinere Moleküle (Kohlenwasserstoffverbindungen) getrennt, wofür unterschiedliche Technologien zum Einsatz kommen (vgl. Abbildung). Die **Pyrolyse** hat gegenüber anderen Verfahren die Vorteile, dass die Recyclingprodukte - von Chemikalien über Olefine und Benzin bis zu Synthesegas - breit anwendbar sind und einen hohen Energiegehalt aufweisen. Gleichzeitig ist das Anlagendesign relativ einfach, u.a. da kein Katalysator benötigt wird. Dem stehen noch zu lösenden technologische Herausforderungen, ein verfahrenseffektives Anlagendesign, eine effektive Prozessführung und Fragen der Produktverarbeitung gegenüber.

Das Grundlagenprojekt wird am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) umgesetzt, als Partner sind zahlreiche Unternehmen eingebunden (Basell, BASF, BKV, Clariant, Covestro, Dow, Evonik, Henkel, Lanxess, Unipetrol, Vestolit, Vinnolit, Vynova). Ein Schwerpunkt des Projekts liegt auf der Frage, inwieweit sich verschiedene Arten von Kunststoffabfall (z.B. Shredder-Rückstände aus Altfahrzeugen und Elektronik, organische Rückstände aus gewerblichen Abfällen) für Pyrolyse-Verfahren eignen und wie diese im Rahmen der technischen Entwicklung ausgestaltet werden sollen. Das Projekt umfasst drei Phasen (Technologie, Pilotierung, Demonstration) und soll Design-Grundlagen erarbeiten, auf die späterhin für eine industrielle Nutzung zurückgegriffen werden kann.

Pyrolyse: Kernprozess für eine Kunststoff-Kreislaufwirtschaft



Quelle: Karlsruher Institut für Technologie

³ Lechleitner, A., D. Schwabl, T. Schubert, M. Bauer, M. Lehner (2020): Chemisches Recycling von gemischten Kunststoffabfällen

als ergänzender Recyclingpfad zur Erhöhung der Recyclingquote. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft Nr. 72, S. 46-60.

Power-to-X: Chemie-Innovationen für den Klimaschutz

Die verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energien in der Elektrizitätserzeugung stellt einen wesentlichen Baustein für mehr Klimaschutz und die Verringerung von Treibhausgasemissionen dar. Eine große Herausforderung ist dabei die ungleichmäßige Stromproduktion. An sonnigen oder windreichen Tagen produzieren die Solar- bzw. Windenergieanlagen deutlich mehr Elektrizität als benötigt wird. Da eine direkte Speicherung von Elektrizität in größerem Umfang nicht möglich ist, werden andere Wege gesucht, um diese Überschussproduktion zu nutzen.

Ein sehr vielversprechender Weg sind **Power-to-X-Technologien**. Dabei wird in Zeiten von Stromüberschüssen die überschüssige elektrische Energie (Power) in andere Energieformen oder Rohstoffe (X) umgewandelt. Solar- und Windenergieanlagen können so deutlich besser genutzt. Die Endprodukte unterscheiden sich je nach Power-to-X-Verfahren:

- **Power-to-Liquid:** Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren.
- **Power-to-Gas:** Wasserstoff oder andere Brenngase (z.B. Methan, Ammoniak) als Energiebasis für Brennstoffzellen-Antriebe oder zur Herstellung von Chemikalien.
- **Power-to-Heat:** Wärme für Heizzwecke oder Industrieanlagen.

Aus Klimaschutzsicht besonders interessant sind jene Power-to-X-Technologien, die **gleichzeitig CO₂ "recyceln"**. Dies ist dann der Fall, wenn das Endprodukt eine Kohlenwasserstoffverbindung ist, wie bei Power-to-Liquid und verschiedenen Power-to-Gas-Technologien, die Energieträger für den Verkehrsbe- reich ("Power-to-Fuels") oder chemische Rohstoffe (Power-to-Chemicals) erzeugen. Denn stofflicher Ausgangspunkt für den Umwandlungsprozess ist bereits vorhandenes CO₂, das entweder aus der Atmo- sphäre oder direkt aus CO₂-emittierenden Quellen ge- wonnen wird. Für diese Power-to-X-Technologien sind chemische Technologien unverzichtbar.

Um Power-to-X-Verfahren wirtschaftlich effizient zu betreiben, sind technologische, infrastrukturelle und regulatorische **Innovationen** notwendig:

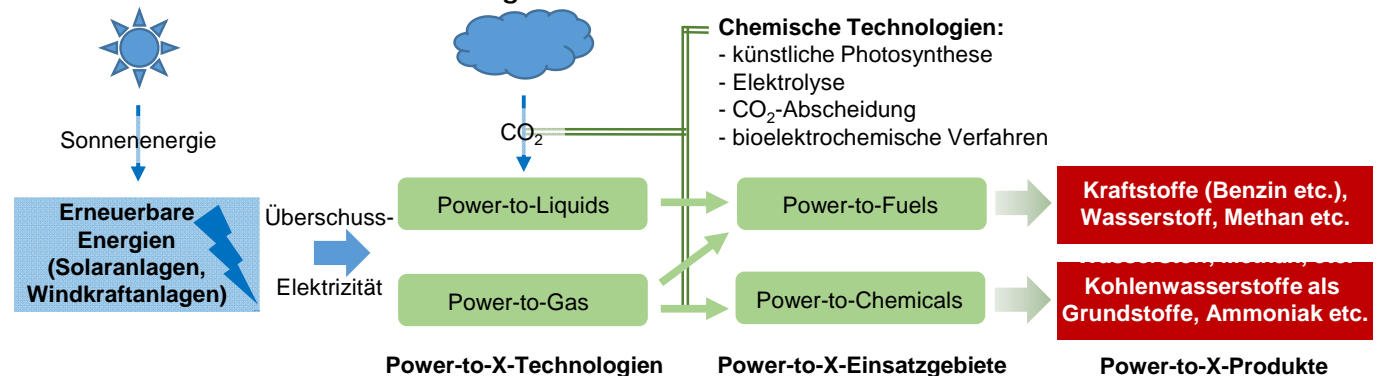
- Auf **technologischer** Seite müssen serienreife und großindustriell einsatzfähige Verfahren ent- wickelt werden. Dies betrifft zum einen die Elektro- lysetechnik und (bio-)elektrochemische Verfahren sowie alternative Prozessoren unter Nutzung er- neuerbaren Stroms und Elektrolysewasserstoffs, zum anderen Verfahren der CO₂-Abscheidung.
- Im Bereich der **Infrastruktur** muss u.a. dafür ge- sorgt werden, dass Power-to-X-Anlagen möglichst kontinuierlich betrieben werden können, z.B. in- dem Überschussproduktion aus erneuerbaren Energien jeweils aus den Regionen, in denen diese gerade anfällt, den Anlagen zugeführt werden kann. Dies erfordert leistungsfähige und engma- schige Stromnetze über Ländergrenzen hinweg.
- Auf **regulatorischer** Seite müssen Anreize und Planungssicherheit für Investitionen in Power-to-X geschaffen werden. Dies betrifft zum einen die steuerliche Behandlung von Power-to-X und den dabei eingesetzten Strom, zum anderen die Aner- kennung des Beitrags von Power-to-X zur Treib- hausgasminderng.⁴

Um Power-to-X zu realisieren, spielen **Innovationen der Chemieindustrie** eine entscheidende Rolle. Die wichtigsten aktuellen Innovationsfelder sind⁵

- künstliche Photosynthese,
- reversible Elektrolyseure,
- CO₂-Abscheidung aus der Luft oder CO₂-Abschei- dungs-Technologien im Kleinmaßstab direkt an den CO₂-Emissionsquellen,
- Ertüchtigung von Salzkavernen für H₂-Einlagerung,
- Nutzungsmöglichkeiten bestehender Infrastruktu- ren für Power-to-Gas-Anwendungen von H₂,
- Potenziale klimaneutraler CO₂-Quellen, Anlagens- kalierbarkeit für Power-to-Gas (Methanisierung).

Um diese Innovationen voranzutreiben, ist eine abgestimmte und langfristig ausgerichtete **For- schungsförderung** notwendig, die Technologiepro- duzenten (Chemie, Maschinenbau), Energieversorger und Abnehmer der Power-to-X-Produkte zusammen- bringt.⁶

Power-to-X und chemische Technologien



Quelle: eigene Darstellung

⁴ VCI (2020): Regulierungsgrundlagen für Power-to-Fuels-Technologien und E-Fuels als Beitrag zu einer treibhausgasneutralen Mobilität aus Sicht der chemischen Industrie. Frankfurt.

⁵ DLR, FfE, Ifo, Uni Münster, TU München (2018): Methodenentwicklung und -anwendung zur Priorisierung von Themen und

Maßnahmen in der Energieforschung im Kontext der Energie- wende. Strategisches Leitprojekt des BMWi.

⁶ VCI (2019): Energieforschung heute – Chemie 2050. Leitplanken der Chemieindustrie auf dem Weg in die Zukunft der Energiever- sorgung – Forschungslücken und Randbedingungen. Frankfurt.