

# Branchenausblick 2030+

Die Chemieindustrie



## Impressum

Branchenausblick 2030+: Die Chemieindustrie

ERSTELLT IM AUFTRAG VON

Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE

- Inselstraße 6, 10179 Berlin
- Königsworther Platz 6, 30167 Hannover
- Telefon +49 30 2787 1314

DURCHFÜHRUNG

Oxford Economics

Autor\*innen: Johanna Neuhoff, Dr. Yann Girard,  
Alexandra Hermann

PROJEKTLEITUNG

Dr. Kajsa Borgnäs, Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE  
Malte Harrendorf, Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE

LEKTORAT

Gisela Lehmeier, FEINSCHLIFF

SATZ UND LAYOUT

navos – Public Dialogue Consultants GmbH

TITELBILD

pandamedien GmbH & Co. KG

DRUCK

Spree Druck Berlin GmbH

VERÖFFENTLICHUNG

Oktober 2021

BITTE ZITIEREN ALS

Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE (2021):  
Branchenausblick 2030+: Die Chemieindustrie. Berlin

## Vorwort

Die Bundesrepublik Deutschland und die Europäische Union haben sich ein ambitioniertes Klimaschutzziel gesetzt: Klimaneutralität bis Mitte des Jahrhunderts. Im Rahmen des Green Deal wurden die Emissionsminderungsziele für die EU jüngst von -40 auf -55 Prozent bis 2030 im Vergleich zum Jahr 1990 angehoben. Für Deutschland bedeutet dies unter anderem, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien deutlich beschleunigt werden muss, dass die CO<sub>2</sub>-Zertifikatsmenge im Rahmen des ETS-Systems (Emissions Trading System) schneller reduziert wird, dass der CO<sub>2</sub>-Preis voraussichtlich steigt und dass der Dekarbonisierungsdruck auf die ganze Gesellschaft – und besonders auf die Industrie – zunimmt. Gleichzeitig ist die Klimapolitik nicht der einzige Prozess, der derzeit die Gesellschaft und die Wirtschaft massiv herausfordert. Die Corona-Krise, die Veränderungen der Globalisierung, die Digitalisierung und der demografische Wandel haben große Auswirkungen auf alle Akteure.

Wie sind deutsche Industriebranchen von diesen gleichzeitig stattfindenden Transformationstrends betroffen? Welche Stärken und Schwächen mit Blick auf Nachhaltigkeit unter beibehaltener Wettbewerbsfähigkeit zeigen sie auf? Was sind besondere Risiken und Chancen des anstehenden Umbaus hin zu Kreislaufwirtschaft und langfristiger Leistungsfähigkeit? Und wie ist die Arbeit selbst dadurch betroffen?

In einer Studienreihe – Branchenausblick 2030+ – untersucht die Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE im Jahr 2021 die Auswirkungen verschiedener Transformationsprozesse auf ausgewählte Industriebranchen. Der Fokus liegt dabei auf technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Potenzialen zu Nachhaltigkeit und Treibhausgasneutralität, aber auch andere, für die Industriebranchen transformative Entwicklungen werden beleuchtet.

Die Studienreihe komplementiert den Szenarienprozess der IG BCE, in dem Zukunftsszenarien und industriepolitische Strategien für die kommende Dekade entwickelt wurden. Obwohl es immer schwierig ist, mittelfristige Prognosen zu industriellen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Veränderungen zu machen, ist ein solcher Blick auf aktuelle Trends und Entwicklungstendenzen notwendig, um strategische Antworten auf strukturelle Veränderungen zu entwerfen. Es geht darum, die Zukunftsfähigkeit der Industrie kritisch zu beleuchten, Risiken zu identifizieren und politischen sowie gewerkschaftlichen Handlungsbedarf zu diskutieren.

Unser Ausgangspunkt ist und bleibt, dass die notwendige industrielle Modernisierung zur Stärkung des Industriestandorts Deutschland in einer resilienten europäischen Wirtschaft Engagement und Vertrauen der Arbeitnehmer\*innen braucht und daher mit sozialer Gerechtigkeit, Guter Arbeit und gestärkter Mitbestimmung einhergehen muss.

Wir hoffen, mit dieser Studienreihe konstruktiv zur Debatte über die Herausforderungen, die Potenziale und die konkrete Ausgestaltung der sozial-ökologischen Transformation in der deutschen Industrie beizutragen.

Wir freuen uns auf den Austausch!

**Dr. Kajsa Borgnäs**

Geschäftsführerin

Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE

## Die wichtigsten Ergebnisse auf einen Blick: Zusammenfassung

Chemische Erzeugnisse finden sich in vielerlei Produkten, die wir täglich konsumieren. Von Verpackungen über Wasch- und Körperpflegemittel bis hin zu Konservierungsstoffen für Lebensmittel – alle Konsumgüter basieren auf den Vorprodukten der Chemieindustrie. Auch sogenannte Transformationsprodukte für die Wasserstoff- und Energiewirtschaft, zum Beispiel CFK und GFK für Windenergieanlagen, basieren auf der Weiterverarbeitung von chemischen Produkten.

Die Schlüsselindustrie Chemie steht allerdings auch vor umfangreichen Veränderungen, die die Branche in den kommenden Jahren nachhaltig verändern werden. Als energieintensive Branche sind vor allem die Klimaziele zu nennen. Aber auch die zunehmende Konkurrenz aus dem Ausland – insbesondere aus China und den USA – und die neuen Anforderungen einer Chemie 4.0 erfordern wesentliche Anpassungen der Chemischen Industrie.

Der Branchenausblick 2030+ „Chemische Industrie“<sup>1</sup> basiert auf der Analyse der aktuellen Forschungslage sowie Auswertungen aktueller Daten. Die folgenden Fragen stehen im Zentrum:

- I. Wie ist die wirtschaftliche und handelspolitische Ausgangslage der Chemischen Industrie, auch mit Blick auf Unternehmensstruktur, Beschäftigung und die Investitions- und Innovationstätigkeit?
- II. Inwiefern ist die Chemieindustrie von Transformationstrends wie der Digitalisierung, den Veränderungen der Globalisierung sowie dem demografischen Wandel betroffen?
- III. Welche Technologien und Prozesse, aber auch Regularien und politische Weichenstellungen können zu einer erfolgreichen Nachhaltigkeitstransformation und Dekarbonisierung der Branche beitragen?

- IV. Mit Blick auf Innovation, Transformation und Leistungsfähigkeit in den kommenden Jahren: Welche Stärken und Schwächen, Risiken und Chancen ergeben sich für die deutsche Chemieindustrie?

Deutschland ist einer der bedeutendsten Chemiestandorte weltweit und führt die globale Wertschöpfungsstatistik in Europa auf Rang eins an. Rund 143 Milliarden Euro Umsatz generierte die Chemische Industrie im Jahr 2020. Dies entspricht einem Anteil von 1,7 Prozent der gesamten deutschen Wertschöpfung. Auch die Beschäftigungsrelevanz ist hoch. Circa ein Prozent aller Sozialversicherungspflichtigen waren im Jahr 2020 in der Chemiebranche beschäftigt. Wichtigster Teilsektor der Chemischen Industrie ist die Grundstoffindustrie, in der etwa die Hälfte des Umsatzes generiert wird. Allerdings nimmt die Bedeutung der Spezialchemie zu.

Die Branche gilt als Innovationsmotor. Die gesamten Innovationsausgaben der Branche beliefen sich auf rund 6,7 Milliarden Euro – etwa fünf Prozent aller Innovationsausgaben des Verarbeitenden Gewerbes. Allerdings sind die relativen Aufwendungen für Innovationen sowie Forschung und Entwicklung tendenziell abnehmend. Eine Entwicklung, die mit Blick auf die internationale Konkurrenzsituation nachdenklich stimmt. Dies spiegelt sich auch im Digitalisierungsstand der Chemieindustrie wider, der derzeit eher durchschnittlich ist. Gleichzeitig konzentrieren sich die Digitalisierungsanstrengungen bisher eher auf Prozessoptimierungen. Die Erkundung neuer Geschäftsmodelle ist für die materialbasierte Branche bisher wohl noch mit zu großen Unsicherheiten behaftet.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dieser Branchenausblick fokussiert ausschließlich auf die Chemische Industrie. Der Branchenausblick zur Pharmaindustrie ist zu finden unter <https://www.arbeit-umwelt.de/branchenausblick-2030-die-pharmaindustrie/>.

<sup>2</sup> Vgl. CWS 2020.

Die Chemiewirtschaft ist eine sehr exportorientierte Industrie, die sowohl absatz- als auch bezugsseitig eng in komplexe internationale Wertschöpfungsketten eingebunden ist. Absatzseitig hat der Export von Zwischenprodukten immer weiter zugenommen.<sup>3</sup> Bezugsseitig führten Offshoring-Strategien zu einer intensiven Verlagerung von Vorleistungen ins Ausland. Im Ergebnis ist die Chemieindustrie mit rund 40 Prozent des Fertigproduktwerts sogar stärker in internationale Wertschöpfungsketten eingebunden als die Automobilindustrie oder der Maschinenbau.<sup>4</sup> Allerdings werden zunehmend Forderungen laut, die lokale Fertigungstiefe zu erhöhen, um die Abhängigkeit von undurchsichtigen und schwerfälligen Lieferketten zu reduzieren und auch eine strategische Antwort auf die Dominanz Chinas zu geben.<sup>5</sup>

Denn der Bedeutungszuwachs der chinesischen Chemieindustrie stellt die deutsche Industrie zunehmend vor Probleme. War es am Anfang nur die Grundstoffindustrie, die sich gegen eine Abwanderung von Investitionen behaupten musste, wird China auch als Exporteur in der Spezialchemie immer aktiver. Zudem investiert die chinesische Regierung massiv in die Chemiewirtschaft. Nach Expertenmeinung stammen bereits 40 Prozent aller Innovationen der Chemieindustrie aus China.<sup>6</sup> Auch die nicht-asiatische Konkurrenz ist aktiv und verfolgt eine Strategie der Vorwärtsintegration von Wertschöpfungsketten in Regionen mit niedrigen Rohstoff- und Energiekosten. Hierzu gehören die USA, aber auch der Nahe Osten.<sup>7</sup>

Mit Blick auf die grüne Transformation nimmt die Chemieindustrie eine zentrale Rolle ein. Erstens gehört sie zu den energieintensiven Industrien. Die Grundstoffindustrie weist den zweithöchsten Anteil der Energiekosten an der Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe auf. Zweitens werden die fossilen Rohstoffe in der Che-

mischen Industrie nicht nur energetisch, sondern auch stofflich eingesetzt. Etwa ein Drittel der Emissionen sind Prozessemissionen, die in der konventionellen Produktion schlicht nicht vermieden werden können. Drittens kann die Chemische Industrie durch ihre Rolle als Vorleistungsproduzent eine erhebliche Hebelwirkung für nachgelagerte Industriezweige leisten. Dadurch ist die Transformation in der Chemieindustrie nicht nur deutlich umfassender als in anderen Industriezweigen, sondern auch mit mehr Einsparpotenzialen verbunden.

Die Branche ist sich der Verantwortung bewusst und bekennt sich zur Klimaneutralität bis 2050. Damit sind aber auch Herausforderungen verbunden. Es gibt einige vielversprechende Technologien zur Verringerung der Treibhausgasemissionen, allerdings sind vor allem die Low-Carbon-Breakthrough-Technologien (LCBT) teilweise noch weit von der Marktreife entfernt und erheblich teurer als herkömmliche Verfahren.<sup>8</sup> Zudem sind Produktionsanlagen in der Chemieindustrie generell sehr kapitalintensiv und haben eine Lebensdauer von bis zu 70 Jahren. Deshalb gehen mit der grünen Transformation enorme Investitionsbedarfe von hochgerechnet rund 68 Milliarden Euro zwischen 2020 und 2050 einher.<sup>9</sup> Diese hohen Investitionen treffen auf unsichere Investitionsbedingungen. Vor allem der zukünftige CO<sub>2</sub>-Preis ist ein Bestimmungsfaktor, der den Ausschlag zur Rentabilität von grünen Investitionen herstellen kann.

Nicht zuletzt erfordert die Treibhausgasneutralität der Verfahren auch eine verlässliche und bezahlbare Energieversorgung mit grünem Strom und Biomasse. Die Schlüsseltechnologien zur Erreichung der Klimaschutzziele – namentlich Wasserstoff, Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie – erhöhen den deutschen Strombedarf erheblich. Hierzu müssten die ohnehin im europäischen

<sup>3</sup> Vgl. ifw Kiel 2020.

<sup>4</sup> Vgl. ifw Kiel 2020.

<sup>5</sup> Vgl. MERICS 2020.

<sup>6</sup> Vgl. ifw Kiel 2020.

<sup>7</sup> Vgl. Commerzbank 2021.

<sup>8</sup> Vgl. Kiyar, Adisorn, Leipprand & Lechtenböhmer 2020.

<sup>9</sup> Vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019.

und internationalen Vergleich überdurchschnittlich hohen Strompreise gesenkt werden, um wettbewerbsfähig zu bleiben.<sup>10</sup> Auch der Zugang zu nachwachsenden Rohstoffen ist mit Blick auf die Schlüsseltechnologie der Bioökonomie sicherzustellen.<sup>11</sup>

Die grüne Transformation steht im Spannungsfeld zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit. Der Green Deal, der geplante Grenzausgleichsmechanismus CBAM, die im internationalen Vergleich hohen Rohstoff- und Energiekosten, aber auch die europäische Chemikalienpolitik können sich nachteilig auf die Wettbewerbsposition auswirken und enthalten das Risiko für Carbon-Leakage-Abwanderungen ins Ausland. Zudem wird die Abwanderung an Standorte von Quellen erneuerbarer Energien diskutiert, wenn die Politik weiterhin auf ausschließlich grünen Wasserstoff setzt. Letztlich gilt es diesen Abwanderungsüberlegungen mit geeigneten Rahmenbedingungen entgegenzuwirken. Vielversprechend sind Politikinstrumente wie Carbon Contracts for Difference (CCfD) und das Ende 2019 eingeführte Forschungszulagengesetz.

Abseits der Risiken birgt die grüne Transformation auch erhebliche Chancen für die Chemiewirtschaft. Potenzial besteht vor allem in der Übernahme der Technologieführerschaft im Bereich nachhaltiger und umweltfreundlicher Technologien wie Kreislaufwirtschaft, Wasserstoffwirtschaft, Bioökonomie und CO<sub>2</sub>-neutrale Produktion. Dies kann die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Chemiebranche erheblich stärken, die aufgrund ihrer Kostenstruktur eher qualitativ als mit günstigen Preisen punkten kann. Hierzu muss auch die Fertigungstiefe vor Ort im Sinne der Kreislaufwirtschaft erhöht werden. Digitale Anwendungen können ein Schlüssel dafür sein, dieses Ziel zu erreichen.

<sup>10</sup> Vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019.

<sup>11</sup> Vgl. VCI & IG BCE 2020.

Tabelle 1: SWOT-Analyse des deutschen Chemiestandorts

<h3 style="text-align: center;">Stärken ("Strength")</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Hohes Qualifikationsniveau der Beschäftigten</li> <li>☺ Gutes Innovationsklima mit guter Vernetzung und politischer Förderung</li> <li>☺ Exzellente anwendungsorientierte Forschungsinstitute (zum Beispiel Max-Planck-Gesellschaften)</li> <li>☺ Vielfach Marktführerschaft deutscher Chemieunternehmen in ihrem Teilmarkt</li> <li>☺ Breite lokale Abnehmerstruktur vor Ort</li> <li>☺ Gut ausgebaute, leistungsfähige Infrastruktur (insbesondere Chemieparcs, Pipelines, Wasserstraßen und Häfen sowie Zugtrassen und Verladebahnhöfe)</li> </ul>	<h3 style="text-align: center;">Schwächen ("Weaknesses")</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>☹ Abhängigkeit von teuren Rohstoffimporten (insb. Naphtha)</li> <li>☹ Hohe Energiekosten im internationalen und europäischen Vergleich</li> <li>☹ Geringere Wettbewerbsfähigkeit der Grundstoffindustrie aufgrund hoher Energiekosten</li> <li>☹ Ausbaufähiger Digitalisierungsgrad der Unternehmen und digitale Kompetenzen der Mitarbeitenden</li> <li>☹ Hohe Kapitalintensität der Produktionsanlagen, energieintensive Produktionsprozesse, lange Investitionszyklen</li> <li>☹ Geringere Finanzkraft der KMU in der Chemieindustrie und Fehlen von Wagniskapital</li> </ul>
<h3 style="text-align: center;">Chancen ("Opportunities")</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Stärkere Vernetzung von Prozessschritten und Produktionsstandorten durch digitale Technologien</li> <li>☺ Weiterentwicklung der produktbasierten Geschäftsmodelle durch digitale Dienstleistungen (z. B. in der Agrarchemie)</li> <li>☺ Erhöhung der Fertigungstiefe in Deutschland durch die Möglichkeiten der Digitalisierung</li> <li>☺ Politisch getriebener Nachfrageboom im Bereich Bauwirtschaft und Automobil</li> <li>☺ Technologieführerschaft in biobasierten Technologien, Biotechnologie, Wasserstoff, ressourcenschonenden und nachhaltigen Produktionsverfahren und Kreislaufwirtschaft</li> <li>☺ Zunehmende Weltmarktnachfrage</li> <li>☺ Ausbau lokaler Wertschöpfungsketten durch Protektionismus, „Decoupling“</li> </ul>	<h3 style="text-align: center;">Risiken ("Threats")</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>☹ Wachstumsstarke asiatische Schwellenländer wie China dürften sich bei Erzeugnissen der Spezialchemie vom Netto-Importeur zum Netto-Exporteur wandeln</li> <li>☹ Hohe Regulierungsdichte</li> <li>☹ Planungsunsicherheit mit Blick auf ordnungspolitischen Rahmen</li> <li>☹ Verlagerung der Produktion unmittelbar an EE-Potenziale (Green Leakage)</li> <li>☹ Steigender Preis- und Wettbewerbsdruck sowie Vorwärtsintegration in der Wertschöpfungskette aus Ländern mit kostengünstigerer Rohstoffversorgung (USA, China, Naher/Mittlerer Osten)</li> <li>☹ Zunehmende Innovationstätigkeit der internationalen Konkurrenz</li> <li>☹ Zunehmender Fachkräftemangel</li> </ul>

Quelle: Commerzbank (2021), ifw Kiel (2020), Oxford Economics

# Inhalt

Vorwort .....	3
Die wichtigsten Ergebnisse auf einen Blick (Executive Summary) .....	4
Abbildungsverzeichnis .....	9
Tabellenverzeichnis .....	11
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>12</b>
<b>2. Die Chemieindustrie in Deutschland</b> .....	<b>14</b>
2.1 Überblick zur Branche .....	14
2.2 Wirtschaftliche Lage der Branche .....	18
2.3 Teilspektoren der Chemischen Industrie .....	21
2.4 Unternehmensstruktur und Beschäftigung .....	24
2.5 Internationalisierung und Außenhandel .....	28
2.6 Investitionen und Innovationsdynamik .....	30
<b>3. Transformationstrends: Digitalisierung, Globalisierung, demografischer Wandel</b> .....	<b>40</b>
3.1 Digitalisierung .....	40
3.2 Globalisierung .....	43
3.3 Demografischer Wandel und Fachkräftesicherung .....	45
<b>4. Herausforderung Nachhaltigkeit und Treibhausgasneutralität</b> .....	<b>48</b>
4.1 Nachhaltigkeit .....	49
4.2 Energiebedarf, -kosten und Prozessemissionen .....	50
4.3 Dekarbonisierungsoptionen .....	57
4.4 Fazit: Herausforderungen für die grüne Transformation .....	63
<b>5. Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Chemieindustrie</b> .....	<b>65</b>
5.1 Der europäische „Green Deal“ .....	65
5.2 Investitionen in den Klimaschutz .....	66
5.3 Standort- und Industriepolitik .....	67
5.4 Chemikalienpolitik .....	68
<b>6. Fazit: SWOT-Analyse der Chemieindustrie 2030+</b> .....	<b>71</b>
Literaturverzeichnis .....	74

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Stilisierte Produktionskette in der Chemieindustrie	12
<b>Abbildung 2:</b> Produktionswert für Güter der Chemischen Industrie (2020)	15
<b>Abbildung 3:</b> Abnehmerbranchen der Chemieindustrie 2018	15
<b>Abbildung 4:</b> Chemische Erzeugnisse in bekannten Konsumprodukten	16
<b>Abbildung 5:</b> Regionale Verteilung der deutschen Chemieindustrie	17
<b>Abbildung 6:</b> Anteil der wichtigsten Länder an der globalen Wertschöpfung der Chemieindustrie (2010/2015/2020)	19
<b>Abbildung 7:</b> Umsatzentwicklung der deutschen Chemieindustrie (2008–2020)	19
<b>Abbildung 8:</b> Entwicklung der Bruttowertschöpfung (2000–2020)	20
<b>Abbildung 9:</b> Entwicklung der Bruttowertschöpfung der vier wichtigsten Industrien (2000–2020)	20
<b>Abbildung 10:</b> Anteile der Teilsektoren am Umsatz der Chemieindustrie (2020)	21
<b>Abbildung 11:</b> Bruttowertschöpfung der Teilsektoren in Deutschland (2000–2020)	23
<b>Abbildung 12:</b> Anteil der Bruttowertschöpfung der Teilsektoren am Verarbeitenden Gewerbe im Ländervergleich (2020)	23
<b>Abbildung 13:</b> Unternehmensstruktur in der chemischen Industrie (2020)	24
<b>Abbildung 14:</b> Anteil kleiner und mittlerer Unternehmen nach Teilsektor (2020)	25
<b>Abbildung 15:</b> Beschäftigtenentwicklung in der Chemieindustrie im Vergleich zum Verarbeitenden Gewerbe (2010–2020)	25
<b>Abbildung 16:</b> Qualifikationsniveau der deutschen Beschäftigten im europäischen Vergleich (2020)	27
<b>Abbildung 17:</b> Kosten je Vollzeitbeschäftigtem in der Chemischen Industrie im europäischen Vergleich (2016)	28
<b>Abbildung 18:</b> Weltweit größte Exporteure von chemischen Erzeugnissen (2010/2015/2020)	28
<b>Abbildung 19:</b> Zielländer für deutsche Exporte (2020)	29
<b>Abbildung 20:</b> Deutsche Exporte und Importe chemischer Erzeugnisse (2008–2020)	29
<b>Abbildung 21:</b> Investitionen der deutschen Chemieindustrie nach Teilsektoren (2008–2019)	30
<b>Abbildung 22:</b> Motivationen für die Investitionen in der deutschen Chemie- und Pharmaindustrie (2020)	31
<b>Abbildung 23:</b> Bruttoanlagevermögen der deutschen Chemieindustrie (1991–2019)	31
<b>Abbildung 24:</b> Branchenvergleich der Investitionen im Verarbeitenden Gewerbe (2018)	32
<b>Abbildung 25:</b> Investitionen der Chemieindustrie im internationalen Vergleich (2004–2019)	32
<b>Abbildung 26:</b> TOP 5 der Investitionsniveaus der Chemieindustrie im europäischen Vergleich (2018)	33
<b>Abbildung 27:</b> Investitionen der Chemieindustrie für den Umweltschutz nach Umweltbereichen (2017)	33
<b>Abbildung 28:</b> FuE-Aufwendungen der deutschen Chemieindustrie (2010–2019)	34
<b>Abbildung 29:</b> FuE-Aufwendungen 2019 im Branchenvergleich	35
<b>Abbildung 30:</b> Branchenvergleich der (internen) FuE-Intensität (2019)	35
<b>Abbildung 31:</b> FuE-Intensität (2010–2019)	36
<b>Abbildung 32:</b> FuE-Personal (2010–2019)	36
<b>Abbildung 33:</b> FuE-Personal nach Personalgruppen und Geschlecht (2019) (Vollzeitäquivalente)	37

<b>Abbildung 34:</b> Innovationsoutput (2019) . . . . .	38
<b>Abbildung 35:</b> FuE-Ausgaben im Chemiesektor im Ländervergleich (2017) . . . . .	39
<b>Abbildung 36:</b> Wirtschaftsindex DIGITAL im Branchenvergleich (2018/2023) . . . . .	41
<b>Abbildung 37:</b> Top erreichte Ziele der Digitalisierung (2018) . . . . .	41
<b>Abbildung 38:</b> Möglichkeiten der Digitalisierung von Chemieunternehmen. . . . .	42
<b>Abbildung 39:</b> Entwicklung der Altersstruktur im Chemiesektor (2018). . . . .	46
<b>Abbildung 40:</b> Future Skills in der Chemiebranche . . . . .	47
<b>Abbildung 41:</b> Leitlinien zur Nachhaltigkeit für die deutsche Chemieindustrie. . . . .	48
<b>Abbildung 42:</b> Erzeugte gefährliche Abfälle in der Chemieindustrie (2019) . . . . .	50
<b>Abbildung 43:</b> Endenergieverbrauch der Chemischen Industrie nach Energieträgern (2019) . . . . .	50
<b>Abbildung 44:</b> Primärenergieintensität ausgewählter Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes (2000–2018) . . . . .	51
<b>Abbildung 45:</b> Rohstoffbasis der organischen Chemie in Deutschland (2019). . . . .	52
<b>Abbildung 46:</b> Entwicklung der Treibhausgasemissionen (2000–2018) . . . . .	52
<b>Abbildung 47:</b> CO <sub>2</sub> -Emissionen der Chemischen Industrie nach Art (2018) . . . . .	53
<b>Abbildung 48:</b> Strompreise der deutschen Industrie für verschiedene Verbrauchsmengen (2007–2019). . . . .	53
<b>Abbildung 49:</b> Durchschnittlicher Industriestrompreis für Verbraucher der Kategorie 70-150 GWh (1. Hälfte 2020) . . . . .	54
<b>Abbildung 50:</b> Absolute Belastungen der Branche bezogen auf den Stromverbrauch (2019) . . . . .	55
<b>Abbildung 51:</b> Ölpreise der wichtigsten Chemienationen (2010–2021). . . . .	55
<b>Abbildung 52:</b> Gaspreise der wichtigsten Chemienationen (2010–2021) . . . . .	56
<b>Abbildung 53:</b> Relative Kostenbelastung durch Energie . . . . .	56
<b>Abbildung 54:</b> Anwendungsbereiche von Wasserstoff . . . . .	58
<b>Abbildung 55:</b> Hauptprozesse der Kreislaufwirtschaft. . . . .	60

## Tabellenverzeichnis

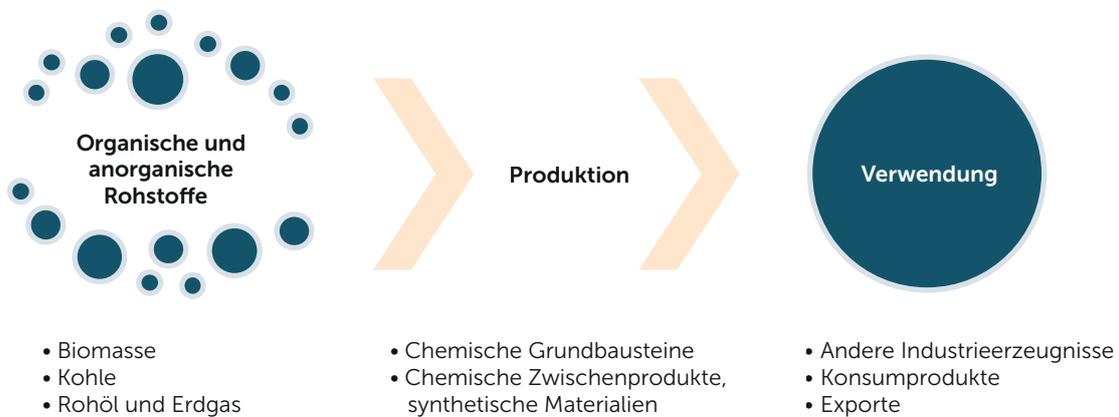
<b>Tabelle 1:</b> SWOT-Analyse des deutschen Chemiestandorts . . . . .	7
<b>Tabelle 2:</b> Teilsektoren der Chemischen Industrie in Deutschland (2020) . . . . .	22
<b>Tabelle 3:</b> Die fünf umsatzstärksten deutschen Chemieunternehmen (2020) . . . . .	24
<b>Tabelle 4:</b> Teilsektoren der Chemischen Industrie in Deutschland (4. Quartal 2020). . . . .	26
<b>Tabelle 5:</b> SWOT-Analyse des deutschen Chemiestandorts . . . . .	73

# 1. Einleitung

In der Chemischen Industrie werden die Grundbausteine der Erde wie Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in Materialien und Produkte umgewandelt, die wir täglich verwenden. Aus anorganischen und vor allem organischen Rohstoffen wie Rohöl (Naphtha), Kohle und Biomasse entstehen in den chemischen Prozessen chemische Grundbausteine und chemische Zwischenprodukte, die dann in anderen Industrieerzeugnissen weiterverwendet werden oder direkt zum Konsum oder Export genutzt werden (vgl. Abbildung 1). Die Endprodukte, in denen chemische Er-

zeugnisse verarbeitet sind, umfassen beispielsweise Produkte für die Wasserstoffwirtschaft und die Energiewende (beispielsweise CFK und GFK für Windenergieanlagen), Verpackungen, PET-Flaschen, Reifen, Pflanzenschutzmittel, Dämmstoffe in der Bauindustrie, Handy- oder Computergehäuse, Wasch- und Körperpflegemittel, Nagellackentferner, Duftstoffe, Konservierungsstoffe für Lebensmittel und viele weitere Dinge des täglichen Bedarfs. Insofern konsumieren wir die Produkte der Chemieindustrie fast täglich.

Abbildung 1: Stilisierte Produktionskette in der Chemieindustrie



Quelle: Oxford Economics

Deutschland ist einer der bedeutendsten Chemiestandorte und führt die globale Wertschöpfungsstatistik in Europa auf Rang eins an. Weltweit übertreffen nur China, die USA und Japan die deutsche Chemiebranche. 2020 generierte die deutsche Chemieindustrie einen Umsatz von rund 143 Milliarden Euro. Als stark exportorientierte Branche wurden davon 62 Prozent im Ausland generiert, wobei vor allem die Europäische Union und die USA wichtige Absatzmärkte sind. Trotz der wichtigen Großunternehmen wie BASF, Bayer und Fresenius ist die Branche überwiegend – nämlich zu 93 Prozent – von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) geprägt.

Mit ihrem großen Umsatz ist die Chemieindustrie eine Schlüsselbranche der deutschen Industrie: Der Umsatz der Branche entspricht einem Anteil von 1,7 Prozent der gesamten deutschen Wertschöpfung und 8,3 Prozent der Wertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes. Circa ein Prozent aller Sozialversicherungspflichtigen war im Jahr 2020 in der Chemiebranche beschäftigt. Diese sind größtenteils hoch qualifiziert. Zusätzlich investiert die Branche umfangreich in die Forschung. Die Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) lagen 2017 bei rund 4,6 Milliarden Euro und damit bei rund drei Prozent des in diesem Jahr erzielten Umsatzes.

Gleichzeitig steht die Chemie als Innovationsmotor und starker Eckpfeiler der deutschen Industrie auch vor einigen umfangreichen Herausforderungen. Als wesentliche Zukunftsaufgaben hat die Branche im Handlungspakt Chemie- und Pharmastandort Deutschland mit dem Bundeswirtschaftsminister vor allem die folgenden Transformationstrends ausgemacht,<sup>12</sup> die auch im Zuge dieses Branchenausblicks näher betrachtet werden:

- Die Standortpolitik für eine international wettbewerbsfähige Branche mit Blick auf Infrastrukturvooraussetzungen, Fachkräfteverfügbarkeit und fairen Wettbewerb.
- Die Umsetzung des European Green Deal in einer Form, die grüne Transformation und Industriepolitik verbindet.
- Der Klimaschutz in einer ressourcen- und energieintensiven Branche, die über ihren Charakter als Hersteller von Vorleistungsgütern eine enorme Hebelwirkung in andere Branchen haben kann.
- Eine Chemikalienpolitik, die die Wettbewerbsfähigkeit der Branche nicht einschränkt.

<sup>12</sup> Vgl. BMWi, VCI, IG BCE & BAVC 2021.

# 2

## 2. Die Chemieindustrie in Deutschland

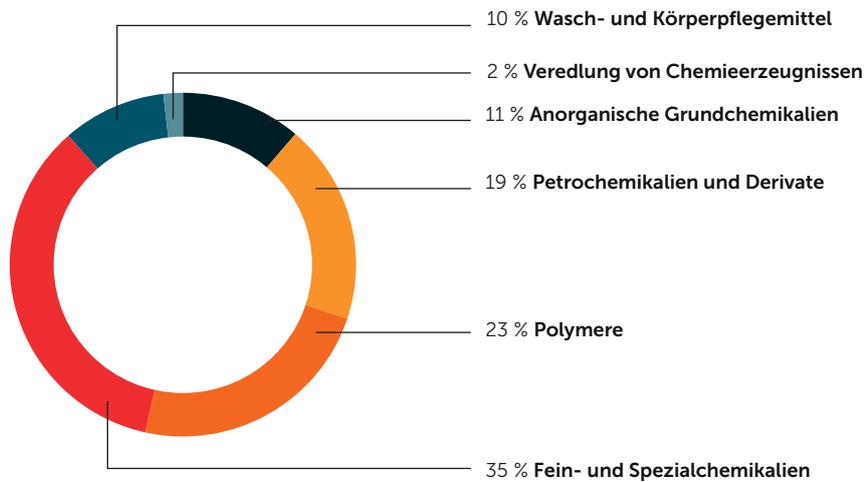
### 2.1 Überblick zur Branche

Die Branche Chemieindustrie umfasst die Verarbeitung organischer und anorganischer Rohstoffe zu chemischen Erzeugnissen.<sup>13</sup> Diese sind vielfältig und reichen von Kunststoffen über Farben, Klebstoffe bis hin zu Düngemitteln. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die breite Produktpalette der Chemischen Industrie und ihre wichtigsten Produktkategorien:

- 35 Prozent des im Jahr 2020 erzeugten Produktionswertes von chemischen Erzeugnissen werden den Fein- und Spezialchemikalien zugerechnet. Zu den Produkten der Spezialchemie gehören beispielsweise Lebensmittelzusatzstoffe wie Mineralien oder Vitamine, aber auch Rohstoffe für pharmazeutische Produkte.
- Polymere bilden 23 Prozent des Produktionswertes ab. Polymere sind Vorleistungsprodukte, die in anderen Industrien weiterverarbeitet werden – zum Beispiel in der Kunststoffindustrie hauptsächlich für Verpackungen oder in der Bau-, Automobil- und Elektronikindustrie.
- Petrochemikalien und Derivate generieren 19 Prozent des Produktionswertes. Hier werden Kohlenwasserstoffverbindungen aus Erdöl und Erdgas produziert und daraus Kraftstoffe oder petrochemische (Zwischen-)Produkte gewonnen, die zum Beispiel für die Herstellung von Kunststoffen oder in Wasch- und Reinigungsmitteln zum Einsatz kommen.
- Anorganische Grundchemikalien erzeugten elf Prozent des Produktionswertes. Die anorganische Chemie befasst sich primär mit kohlenstofffreien Verbindungen wie Chlor, Wasserstoff, Sauerstoff, Salzsäure, Schwefelsäure und Natriumhydroxid.
- Zehn Prozent des Produktionswertes wurden außerdem von Wasch- und Körperpflegemitteln beigetragen. Hier werden Inhaltsstoffe für die Kosmetik- sowie die Wasch- und Reinigungsmittelindustrie erstellt. Zu den Produkten gehören zum Beispiel Inhaltsstoffe für Produkte zur Reinigung und Pflege von Haut und Haaren, kosmetische Wirkstoffe, UV-Filter sowie Tenside, Enzyme, Komplexbildner, wasserlösliche Polymere, Biozide etc. für die Wasch- und Reinigungsmittelindustrie.

<sup>13</sup> Grundlage der Einteilung ist das Wirtschaftsklassifikationssystem „NACE“ der EU bzw. die analog übersetzte Wirtschaftszweig-Klassifikation (WZ 2008) des Statistischen Bundesamts. Der vorliegende Bericht betrachtet dabei WZ 20 „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“.

Abbildung 2: Produktionswert für Güter der Chemischen Industrie (2020)



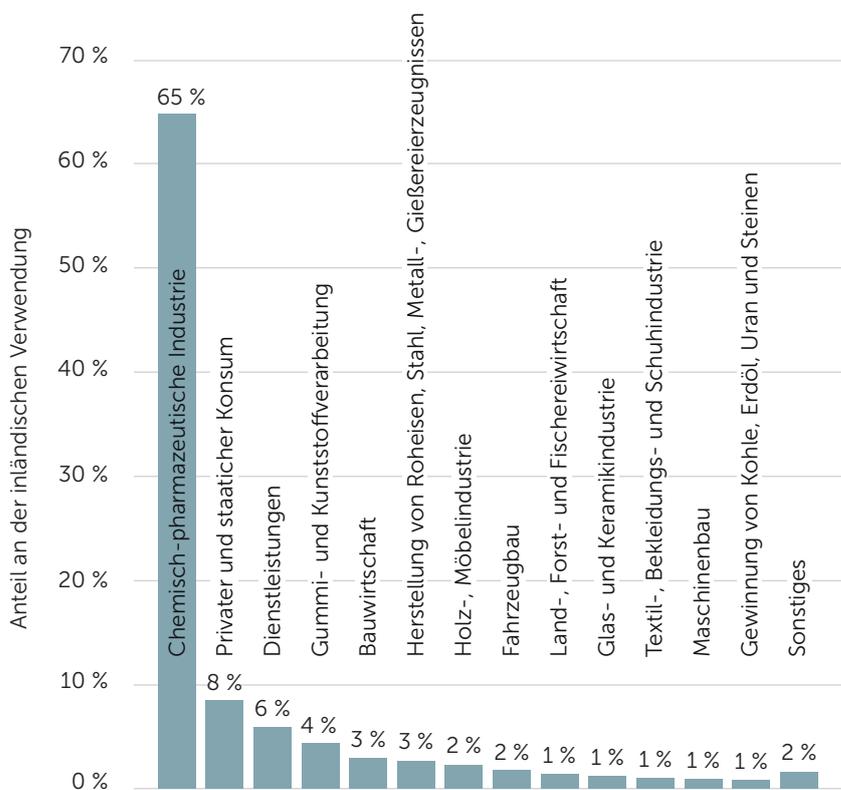
\* Zusammenfassung der Güter zu den angezeigten Kategorien gemäß VCI (2021c).

Quelle: destatis, Oxford Economics

Die Chemische Industrie produziert vor allem Vorleistungsgüter. Hauptabnehmer sind – neben der Chemie- und Pharmaindustrie mit 65 Prozent – die privaten Haushalte mit acht Prozent (vor allem über die Nachfrage nach Reinigungs- und Pflegemitteln), die gummi- und

kunststoffverarbeitende Industrie mit vier Prozent, die Bauwirtschaft sowie die Metallerzeugung mit jeweils drei Prozent der inländischen Verwendung und die Möbelindustrie und der Fahrzeugbau mit jeweils zwei Prozent (vgl. Abbildung 3).

Abbildung 3: Abnehmerbranchen der Chemieindustrie 2018

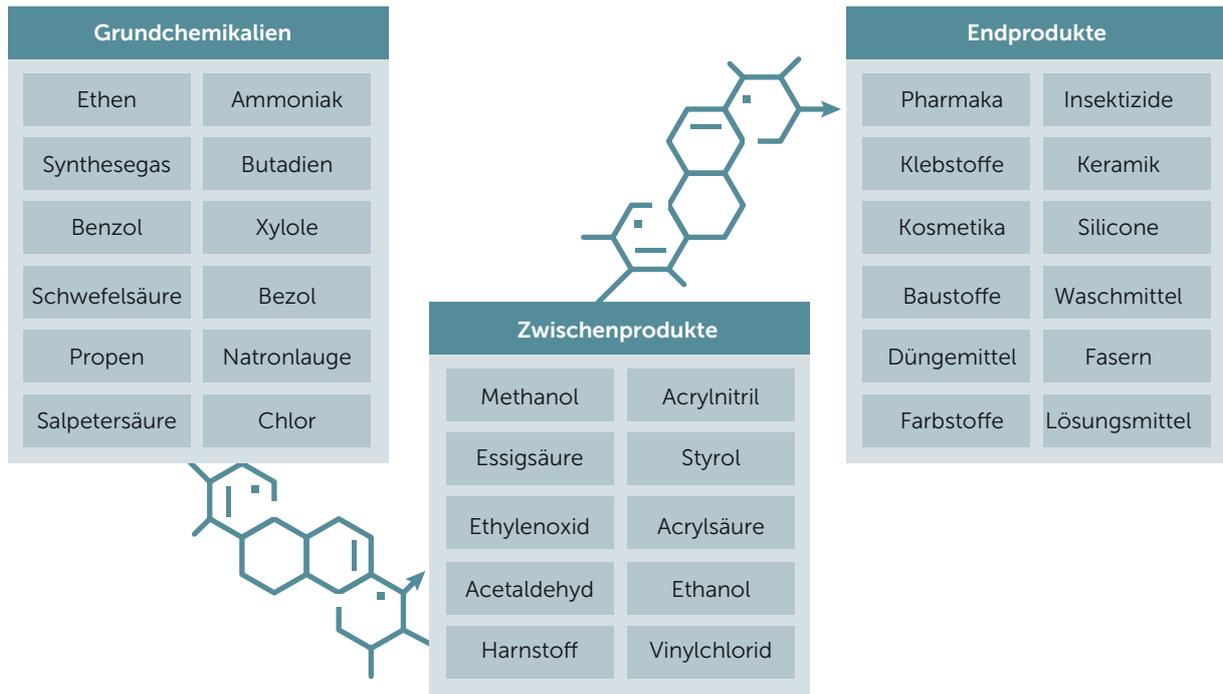


Quelle: destatis, VCI, Oxford Economics

Viele ihrer Produkte werden in anderen Industrien weiterverarbeitet und erst danach an die Endkund\*innen geliefert. Auch wenn die Produkte der Chemieindustrie nicht immer direkt bei den Endverbraucher\*innen in Erscheinung treten – viele Produkte des täglichen Bedarfs

könnten ohne chemische Erzeugnisse nicht hergestellt werden. Abbildung 4 gibt einen Einblick, welche Grundchemikalien in Zwischenprodukte und uns bekannte Endprodukte umgewandelt werden.

Abbildung 4: Chemische Erzeugnisse in bekannten Konsumprodukten



Quelle: Oxford Economics

Die Chemieindustrie ist in Deutschland nicht gleichmäßig verteilt, sondern größtenteils in einer weltweit einzigartigen Struktur in Chemieparks gebündelt. Chemieparks sind bebaute Gebiete, die vielen Chemieunternehmen einen Standort mit guter Infrastruktur und Verkehrsanbindung, einer räumlichen Nähe zu Lieferanten beziehungsweise Abnehmern sowie Pipeline-Netze für Brennstoffe und Chemikalien bieten.<sup>14</sup> Pipelines aus dem Mittelmeer, der Nordsee und Russland bilden eine Rohölversorgungsstruktur. Zusätzlich liefern die Pipelines Erdgas, Naphtha, Wasserstoff, Kohlenmonoxid und technische Gase an die Chemieparks.<sup>15</sup> Durch die strukturelle Gegebenheit werden neben der Lieferung von Rohstoffen auch in den Bereichen Energieversorgung, Recycling, Abfallentsorgung, Abwasserreinigung, Gebäudemanagement und Logistik kostensparende Synergieeffekte realisiert.<sup>16</sup>

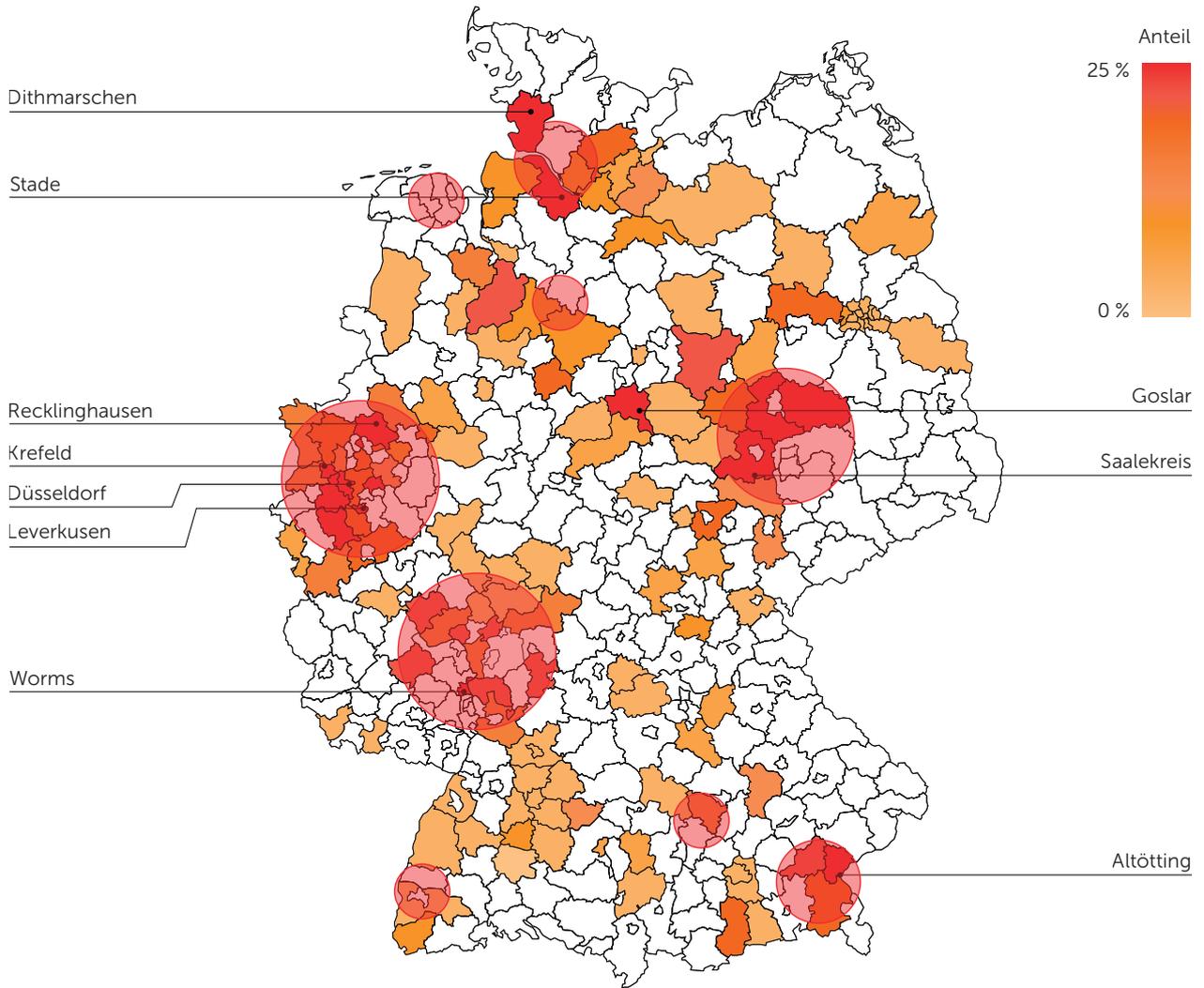
Die Bündelung der Beschäftigten in Gebieten der Chemieparks wird besonders in der regionalen Betrachtung der Beschäftigungszahl im Chemiesektor deutlich. Die Gebiete um die Chemieparks und die Stadt- und Landkreise mit einer hohen Konzentration an Beschäftigten im Chemiesektor sind nahezu deckungsgleich. Besonders Bundesländer wie Nordrhein-Westfalen, Hessen und Sachsen-Anhalt weisen passend zu den vielen Chemieparks entsprechend viele Kreise mit einer hohen Beschäftigungsrate im Chemiesektor auf (vgl. Abbildung 5).

<sup>14</sup> Vgl. chemie.de 2021.

<sup>15</sup> Vgl. VCI 2017a.

<sup>16</sup> Vgl. VCI 2017a.

Abbildung 5: Regionale Verteilung der deutschen Chemieindustrie



Quelle: destatis, Oxford Economics (Daten), Geonames, Microsoft, TomTom (Karte)

### Exkurs 1: Unterschiede der Chemie- und Pharmaindustrie

Obwohl die Chemie- und Pharmaindustrie<sup>17</sup> eng miteinander verbunden sind und oftmals gemeinsam betrachtet werden, unterscheiden sich die Rahmenbedingungen für ihre Wirtschaftstätigkeit erheblich.

Die pharmazeutische Produktion ist weniger stark vom Wirtschaftszyklus abhängig, da die Ausgaben für das Gesundheitswesen in der Regel den größten Teil der Vorleistungsnachfrage nach Arzneimitteln ausmachen. Diese werden wiederum meistens vom öffentlichen Sektor finanziert. In den OECD-Ländern beispielsweise werden etwa zwei Drittel der Ausgaben für Gesundheitsdienstleistungen von der öffentlichen Hand finanziert – etwa die Hälfte davon durch allgemeine Staatsausgaben und die andere Hälfte durch die Sozialversicherung.<sup>18</sup> Gleichzeitig wächst der Staatsverbrauch in der Regel im Laufe der Zeit stetig, sodass entwickelte Volkswirtschaften einen tendenziell zunehmenden Anteil der öffentlichen Ausgaben für das Gesundheitswesen aufwenden.<sup>19</sup>

Auch die Entwicklung der Verbraucherausgaben ist für die Pharmaindustrie von Bedeutung. Laut der OECD-Studie „Health at a Glance“ entfallen etwa 20 Prozent der Einzelhandelsausgaben für Arzneimittel auf rezeptfreie Medikamente.<sup>20</sup> Da die Nachfrage nach pharmazeutischen Produkten tendenziell einkommensunelastisch ist, reagiert die Produktion relativ unempfindlich auf makroökonomische Veränderungen.

Die demografische Entwicklung der Länder ist ein wichtiger Faktor, der längerfristig die Nachfrage nach Arzneimitteln bestimmt. Die alternde Bevölkerung generiert eine immer höhere Nachfrage nach verschiedenen Arten von Medikamenten. Die meisten Industrieländer haben bereits eine alternde Bevölkerung, wobei Deutschland und Japan als Extreme hervorstechen.

Die Pharmaindustrie gerät aktuell vor allem wegen auslaufender Patente unter Druck. In der Vergangenheit konnten Pharmaunternehmen hohe Gewinne mit Präparaten erzielen, die durch Patente geschützt waren. In den letzten Jahren sind jedoch viele Patente ausgelaufen, wodurch die Gewinne unter Druck geraten sind. Sogenannte Generika drängen auf den Markt und reduzieren die Gewinne der forschenden Pharmaunternehmen. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die Rendite der Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE). In der Tendenz berichten daher Studien von einer zunehmend sinkenden FuE-Rendite seit 2014.<sup>21</sup>

Um diesen unterschiedlichen Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen, wurden daher zwei separate Branchenausblicke für die beiden Industrien erarbeitet. Der Branchenausblick Pharmaindustrie 2030+ ist zu finden unter <https://www.arbeit-umwelt.de/branchenausblick-2030-die-pharmaindustrie>.

## 2.2 Wirtschaftliche Lage der Branche

Auf den deutschen Chemiesektor entfielen im Jahr 2020 1,7 Prozent der gesamten Wertschöpfung (BIP) und 8,3 Prozent des BIP des Verarbeitenden Gewerbes. Damit generiert die deutsche Chemieindustrie knapp fünf Prozent der globalen Wertschöpfung der Branche und rangiert an vierter Stelle hinter China, den USA und Japan

(vgl. Abbildung 6). Innerhalb Europas führt die deutsche Chemieindustrie weiterhin die Rangliste an. Gleichzeitig wird aber auch die abnehmende Bedeutung der deutschen Chemieindustrie ersichtlich. Diese geht unter anderem auf den enormen Bedeutungszuwachs der chinesischen Chemieindustrie zurück, deren globaler Wertschöpfungsanteil von 17 Prozent in 2010 auf 28 Prozent in 2020 in die Höhe geschossen ist.

<sup>17</sup> Die Pharmaindustrie wird im WZ 21 „Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen“ zusammengefasst.

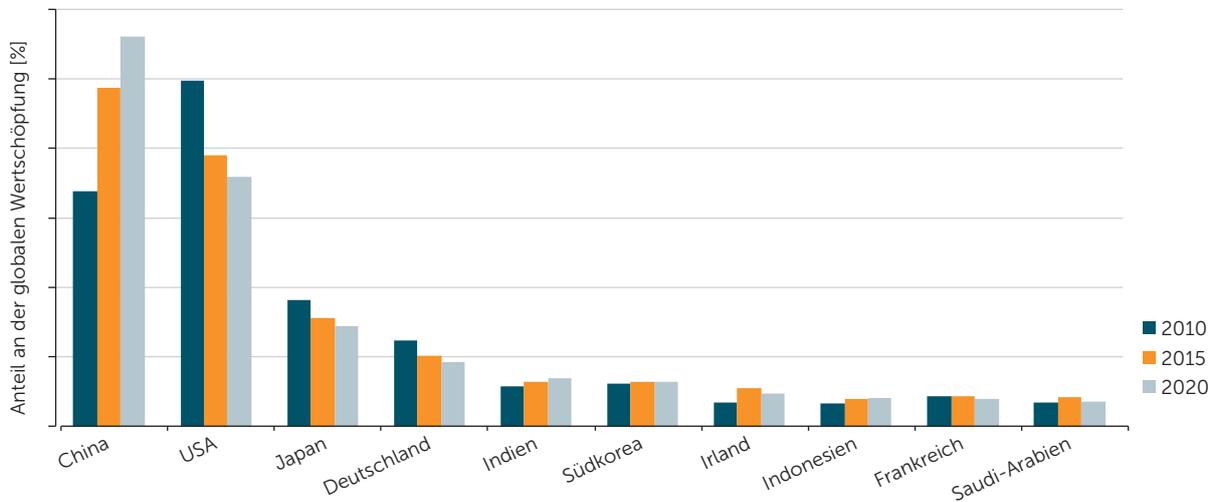
<sup>18</sup> Vgl. OECD 2019.

<sup>19</sup> Vgl. OECD 2019.

<sup>20</sup> Vgl. OECD 2019.

<sup>21</sup> Vgl. Deloitte 2021.

Abbildung 6: Anteil der wichtigsten Länder an der globalen Wertschöpfung der Chemieindustrie (2010/2015/2020)

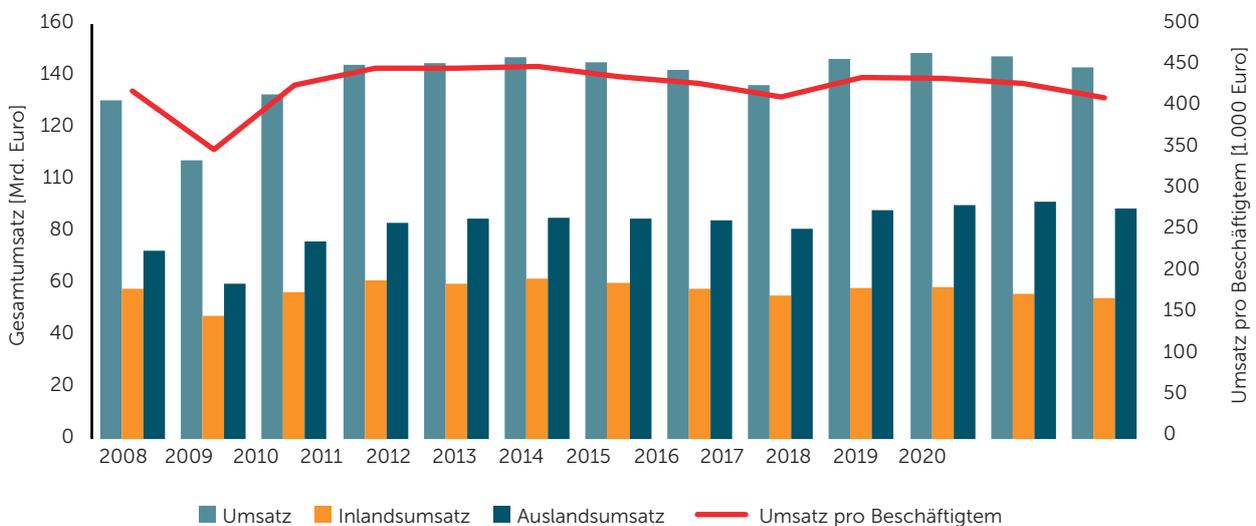


Quelle: Haver Analytics, Oxford Economics

Trotz der zunehmenden Konkurrenz aus China hat sich der Gesamtumsatz der Chemischen Industrie in den letzten 13 Jahren relativ stabil gezeigt und ist seit 2008 um zehn Prozent gewachsen. 2020 lag er bei über 143 Milliarden Euro. Der internationale Markt hat dabei über die Jahre stetig an Bedeutung gewonnen; der Anteil des im Ausland erzielten Umsatzes am Gesamtumsatz ist von circa 56 Prozent im Jahr 2008 auf etwa 62 Prozent im Jahr 2020 angestiegen (vgl. Abbildung 7).

Nicht nur der Beitrag der Chemiewirtschaft zum Bruttoinlandsprodukt ist enorm, auch die Beschäftigungsrelevanz ist hoch. Circa ein Prozent aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten waren im Jahr 2020 in der Chemiebranche tätig. Insgesamt beschäftigte die Chemische Industrie 2020 knapp 350.000 Personen. Auch die Anzahl der Beschäftigten ist im Zeitverlauf angestiegen und ist mit einem Plus von zwölf Prozent sogar leicht stärker gestiegen als der Umsatz der Branche zwischen 2008 und 2020. Entsprechend hat auch der Umsatz pro Beschäftigtem leicht abgenommen.

Abbildung 7: Umsatzentwicklung der deutschen Chemieindustrie (2008–2020)

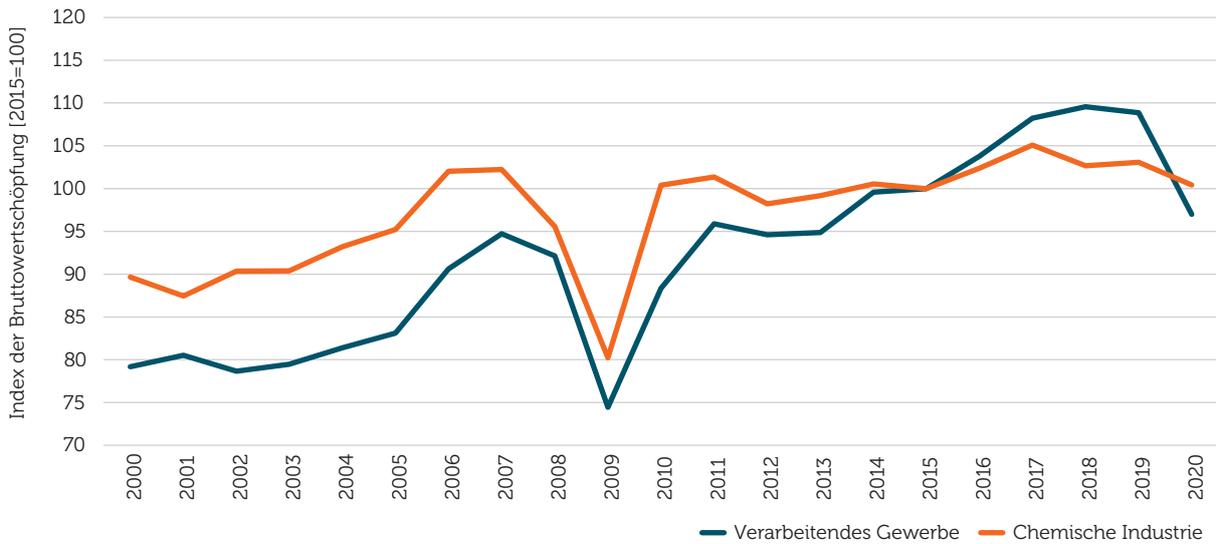


Quelle: destatis, Oxford Economics

Mit Blick auf die Bruttowertschöpfung lässt sich langfristig ein starker Wachstumstrend der Chemieindustrie ausmachen (vgl. Abbildung 8). Speziell nach dem starken Einbruch im Zuge der Finanzkrise im Jahr 2009 haben sich sowohl das Verarbeitende Gewerbe generell als auch die Chemische Industrie im Besonderen wieder gut erholt und ihren Wachstumspfad fortgesetzt. Die Coronakrise hat erneut einen starken Einbruch beider Sektoren ver-

ursacht, allerdings weit weniger stark als die Finanzkrise. Sobald sich die Lieferschwierigkeiten aufgrund der Unterbrechung von Lieferketten und den damit verbundenen Produktionsengpässen wieder abgebaut haben, erwarten wir, dass sich die Chemieindustrie wieder erholt. Am äußeren Rand ist bereits erkennbar, dass die Wertschöpfung der Chemieindustrie jene des Verarbeitenden Gewerbes insgesamt erneut überholen konnte.

Abbildung 8: Entwicklung der Bruttowertschöpfung (2000–2020)

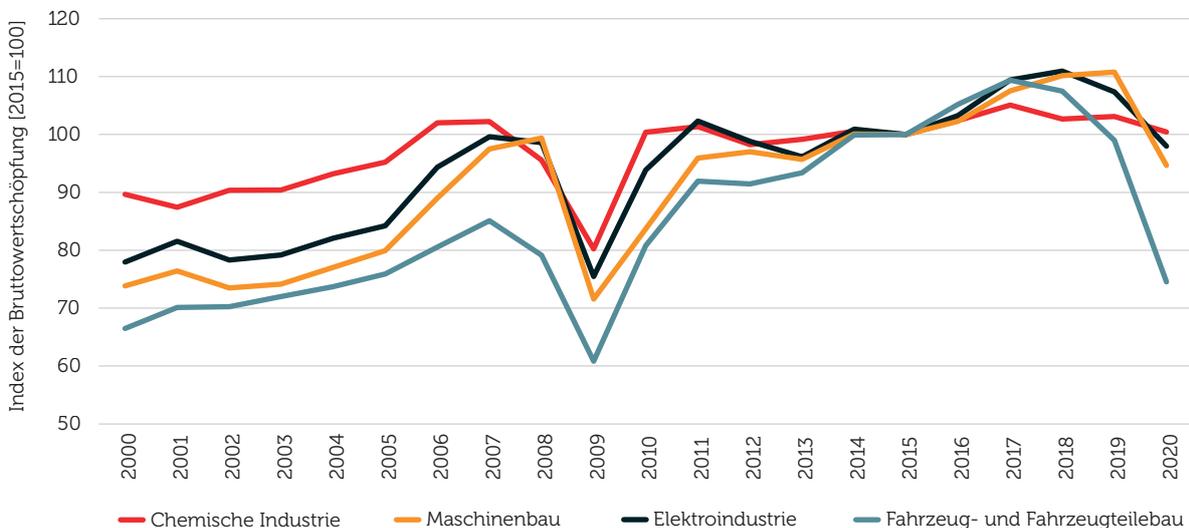


Quelle: destatis, Haver Analytics, Oxford Economics

Auch im Branchenvergleich ist die Chemische Industrie ein Schwergewicht und gehört zu den wichtigsten deutschen Industriezweigen. Mit einer Bruttowertschöpfung von knapp 50 Milliarden Euro lag die Chemieindustrie 2020 auf Rang drei hinter den Branchen Maschinenbau sowie Fahrzeug- und Fahrzeugteilebau und knapp vor

der Elektroindustrie. Auch in der zeitlichen Entwicklung behauptet die Chemieindustrie diese Position. Zudem zeigt sich die Chemiebranche vergleichsweise resilient gegenüber Schocks. Sowohl während der Finanz- als auch während der Coronakrise erholte sich die Chemieindustrie schneller als andere Branchen (vgl. Abbildung 9).

Abbildung 9: Entwicklung der Bruttowertschöpfung der vier wichtigsten Industrien (2000–2020)



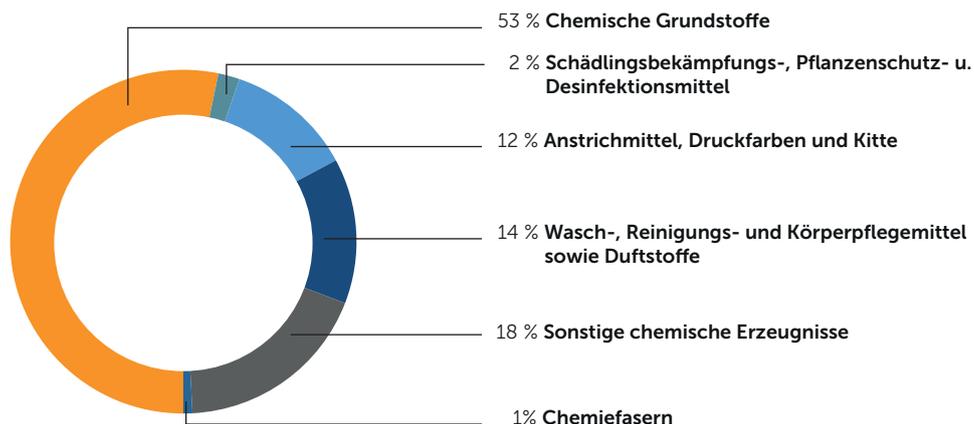
Quelle: destatis, Haver Analytics, Oxford Economics

### 2.3 Teilsektoren der chemischen Industrie

Die Chemische Industrie gliedert sich in sechs Teilsektoren. Von den sechs Teilsektoren ist die Produktion von chemischen Grundstoffen in den meisten Ländern am größten. Dies ist auch in Deutschland der Fall. Im Jahr 2020 entfiel mehr als die Hälfte des Umsatzes der Che-

mieindustrie auf diesen Teilsektor. Zweitumsatzstärkster Teilsektor sind sonstige chemische Erzeugnisse, gefolgt von Seifen und Waschmitteln sowie Farben und Lacken. Die Sektoren Agrochemikalien und Chemiefasern sind vergleichsweise klein (vgl. Abbildung 10).

Abbildung 10: Anteile der Teilsektoren am Umsatz der Chemieindustrie (2020)



Quelle: destatis, Oxford Economics

Unternehmen im Sektor **Chemische Grundstoffe** produzieren wichtige Inputfaktoren für die gesamte Verarbeitende Industrie, da sie in vielen Industrien verwendet und zu Endprodukten weiterverarbeitet werden. Zu den chemischen Grundstoffen gehören Industriegase, Farbstoffe und Pigmente, Düngemittel und Stickstoffverbindungen, Kunststoffe in Primärformen, synthetischer Kautschuk in Primärformen sowie sonstige anorganische und organische Grundstoffe und Chemikalien. Die chemische Grundstoffindustrie ist nicht nur der mit Abstand umsatz-, sondern auch beschäftigungsstärkste Teilsektor. 52 Prozent aller in der Industrie tätigen Personen sind Teil der Grundstoffindustrie und haben im Jahr 2020 etwa 84,4 Milliarden Euro Umsatz erwirtschaftet (vgl. Tabelle 2). Der Auslandsumsatz der Grundstoffindustrie liegt bei 66 Prozent und damit leicht über dem Durchschnitt der gesamten Chemieindustrie.

Im zweiten Teilsektor – der sogenannten Agrochemie – werden **Schädlingsbekämpfungsmittel, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel** produziert, die überwiegend in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden. Der Teilsektor ist in Deutschland vergleichsweise klein. Er umfasst nur knapp 7.000 Personen, 38 Betriebe und generiert etwa drei Prozent des Umsatzes der deutschen Chemieindustrie (vgl. Tabelle 2). Auffällig ist der hohe Umsatz je tätiger Person: Dieser liegt knapp 1,6-fach über demjenigen der gesamten Chemieindustrie. Auch das Umsatzwachstum ist enorm: Seit 2011 ist der Umsatz um etwa die Hälfte gestiegen. Als Ausgangsmaterial werden in der Regel anorganische

Grundchemikalien verwendet, die eine geringere Bindung an die Ölpreise aufweisen. Der Teilsektor ist daher eher von den weltweiten Lebensmittelpreisen und der Nachfrage nach gentechnisch veränderten Pflanzen abhängig. Auch die zunehmende Nachfrage nach Lebensmitteln durch eine wachsende Bevölkerung ist ein relevanter Einflussfaktor für den Teilsektor. Die starke Auslandsorientierung zeigt sich auch im höchsten Auslandsumsatz (77 Prozent) im Vergleich der Teilsektoren (vgl. Tabelle 2).

Im Teilsektor **Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte** werden Farben und Lacke hergestellt, die vor allem in der Automobil-, Papier- und Bauindustrie verwendet werden. Neben dekorativen Farben gehören dazu auch Schmiermittel, die zum Beispiel in Motoren verwendet werden. Acht Prozent des Umsatzes der Chemieindustrie und zehn Prozent der tätigen Personen sind diesem Teilsektor zugeordnet. Der Umsatz je Arbeitskraft und auch der Anteil des Auslandsumsatzes sind im Vergleich zur gesamten Chemieindustrie leicht unterdurchschnittlich (vgl. Tabelle 2). Die Wettbewerbsfähigkeit der Produkte wird zunehmend durch ihren Beitrag zum Klimaschutz bestimmt. Über die Verwendung von Lacken auf Wasserbasis versuchen die Hersteller derzeit beispielsweise, die Produkte umweltfreundlicher zu gestalten.

Unternehmen, die **Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemittel sowie Duftstoffe** produzieren, werden ebenfalls einem eigenen Wirtschaftsbereich zugeordnet. Dieser Teilsektor liegt mit neun Prozent an dritter Stelle

des Umsatzbeitrags zur Chemieindustrie. 2020 waren rund 46 Tausend Personen im Teilssektor beschäftigt. Die Seifen- und Waschmittelindustrie hängt maßgeblich von den (überwiegend inländischen) Verbraucherausgaben und dem Wachstum in einigen anderen Branchen wie dem Gastgewerbe ab.

Die Herstellung **sonstiger chemischer Erzeugnisse** wird in einem weiteren Wirtschaftsbereich zusammengefasst. Zu den Erzeugnissen zählen pyrotechnische Erzeugnisse, Klebstoffe, ätherische Öle sowie sonstige chemische Erzeugnisse. Seit 2011 hat der Teilssektor ein Umsatzwachstum von knapp 50 Prozent erlebt. 2020 generierte der Teilssektor knapp 29 Milliarden Euro Umsatz und be-

schäftigte 69 Tausend Personen. Mit 66 Prozent ist der Auslandsumsatz mit demjenigen der Grundstoffindustrie vergleichbar.

In den sechsten Wirtschaftsbereich werden Unternehmen zur Herstellung von **Chemiefasern** eingeordnet. Der Umsatz je Beschäftigtem liegt deutlich unterhalb des Durchschnitts in der Chemischen Industrie. Deshalb hat sich die Produktion aufgrund von Kostenvorteilen zunehmend von den Industrie- auf Schwellenländer verlagert, sodass der Umsatz seit 2011 um 25 Prozent zurückgegangen ist. 2020 liegt er nur noch bei 1,7 Milliarden Euro. Damit ist der Teilssektor vergleichsweise unbedeutend für Deutschland (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Teilssektoren der chemischen Industrie in Deutschland (2020)

	Betriebe*		Beschäftigte**		Umsatz		Auslandsumsatz
	Anzahl	Anteil	Tsd.	Anteil	Mrd. €	Anteil	Anteil
Chemische Grundstoffe	660	39 %	183	52 %	84,4	59 %	66 %
Schädlingsbekämpfung-, Pflanzenschutz- u. Desinfektionsmittel	38	2 %	7	2 %	4,6	3 %	77 %
Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte	250	15 %	36	10 %	11,0	8 %	41 %
Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemittel sowie Duftstoffe	269	16 %	46	13 %	12,5	9 %	40 %
Sonstige chemische Erzeugnisse	454	27 %	69	20 %	29,1	20 %	66 %
Chemiefasern	35	2 %	8	2 %	1,7	1 %	73 %
<b>Chemische Industrie insgesamt</b>	<b>1.706</b>	<b>100 %</b>	<b>349</b>	<b>100 %</b>	<b>143,4</b>	<b>100 %</b>	<b>62 %</b>

\*Betrieb: Örtliche Niederlassung (nicht Unternehmen).

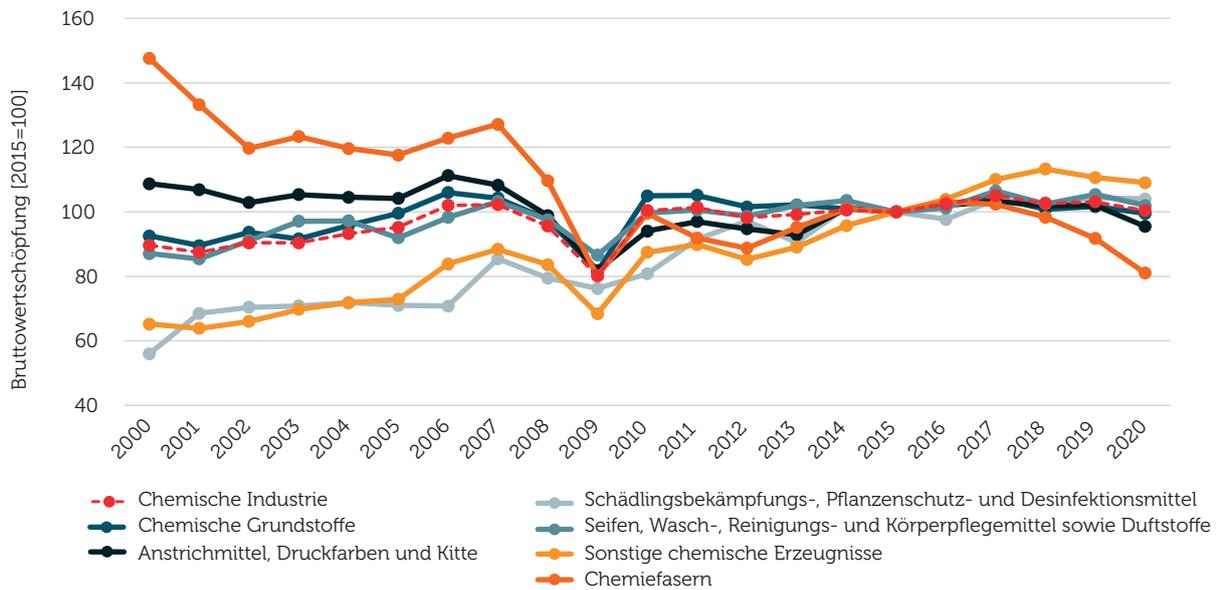
\*\*Beschäftigte umfassen die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, die geringfügig entlohnten Beschäftigten und die tätigen Inhaber.

Quelle: destatis, Oxford Economics

In der zeitlichen Betrachtung der Bruttowertschöpfung nach Teilssektoren (vgl. Abbildung 11) erkennt man leichte Verschiebungen zwischen den Teilssektoren. Die Wertschöpfung des größten Teilssektors, der Basischemie, zeigt seit der Finanzkrise eine langsam fallende Tendenz auf. Die Erzeugnisse der Grundstoffindustrie sind tendenziell sehr homogen und lassen wenig Differenzierungen zu, sodass ihre Wettbewerbsfähigkeit vor allem von den Produktionskosten bestimmt wird. Hersteller von Basischemikalien verwenden in der Regel entweder Naphtha, ein aus Erdöl gewonnenes Produkt, oder Flüssiggas (sog. Natural Gas Liquids) zur Herstellung von Petrochemikalien. Seit dem Schiefergasboom profitiert daher vor allem die Grundstoffindustrie in den USA von einer gestiegenen Wettbewerbsfähigkeit. Sie setzt eher Flüssiggas ein und konnte daher vom erheblichen Rückgang der Gaspreise

im Zuge des Schiefergasbooms profitieren. Analog haben sich die relativen Produktionskosten in Europa und Japan erhöht, die hauptsächlich Naphtha als Input nutzen. Die Grundstoffindustrie in Deutschland muss sich daher zunehmend gegen eine Abwanderung von Investitionen in die USA oder in schnell wachsende Schwellenländer behaupten. Ebenfalls rückläufig ist der Teilssektor Chemiefasern, der aber ohnehin wenig Gewicht in der deutschen Chemieindustrie hat, und der Teilssektor Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte. Letzterer wird sich allerdings nach dem coronabedingten Einbruch voraussichtlich wieder erholen, da die wichtigsten Nachfragetreiber – die Industrieproduktion generell und die Baubranche im Speziellen sowie der Privatkonsum – alle einen langfristig positiven Trend aufweisen.

Abbildung 11: Bruttowertschöpfung der Teilsektoren in Deutschland (2000–2020)



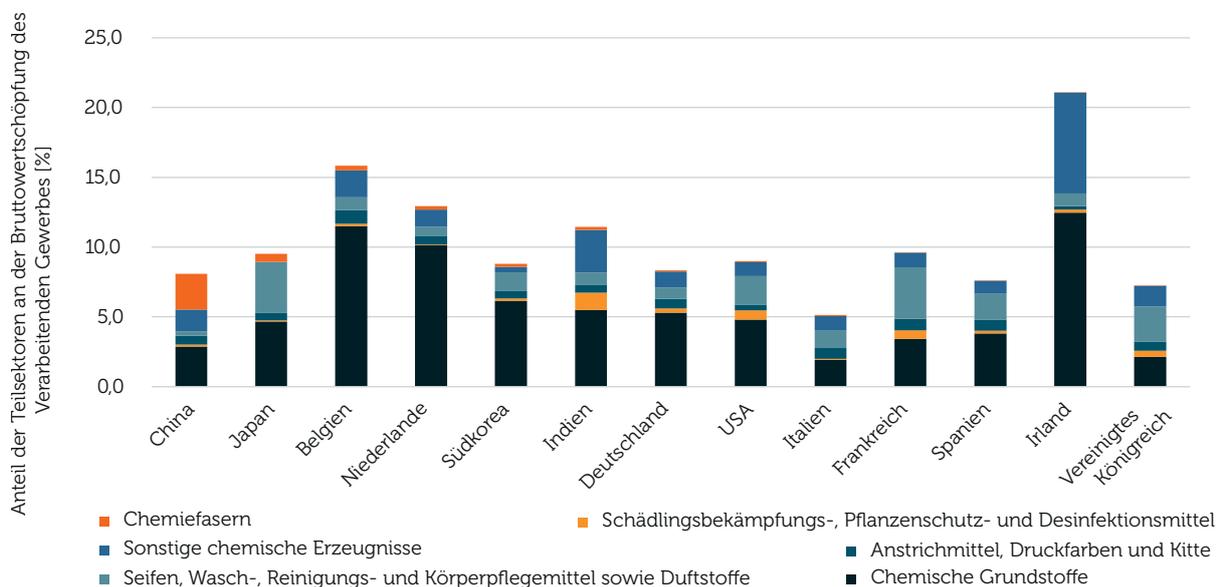
Quelle: destatis, Haver Analytics, Oxford Economics

In Abbildung 11 wird ebenfalls ersichtlich, dass die Finanzkrise die Chemische Industrie generell stärker getroffen hat als die Coronakrise. Jedoch variieren die Auswirkungen der Coronakrise zwischen den Teilsektoren. Positiv hervorzuheben ist vor allem die Produktion von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln sowie Duftstoffen, welche Mitte 2020 zwar schrumpfte, jedoch um deutlich weniger als etwa die Produktion von chemischen Grundstoffen oder Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten. Gerade Reinigungsmittel konnten während

der Coronakrise von einer starken Nachfrage profitieren und haben die negativen Auswirkungen auf den Teilsektor abgeschwächt.

Im Ländervergleich des Beitrags der Teilsektoren zur Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes rangiert die deutsche Chemieindustrie teilweise deutlich hinter anderen wichtigen Chemieproduzenten. Auffällig ist die Fokussierung des Verarbeitenden Gewerbes von Irland, aber auch Belgien, den Niederlanden und Indien auf die Chemiebranche.

Abbildung 12: Anteil der Bruttowertschöpfung der Teilsektoren am Verarbeitenden Gewerbe im Ländervergleich (2020)



Quelle: Haver Analytics, Oxford Economics

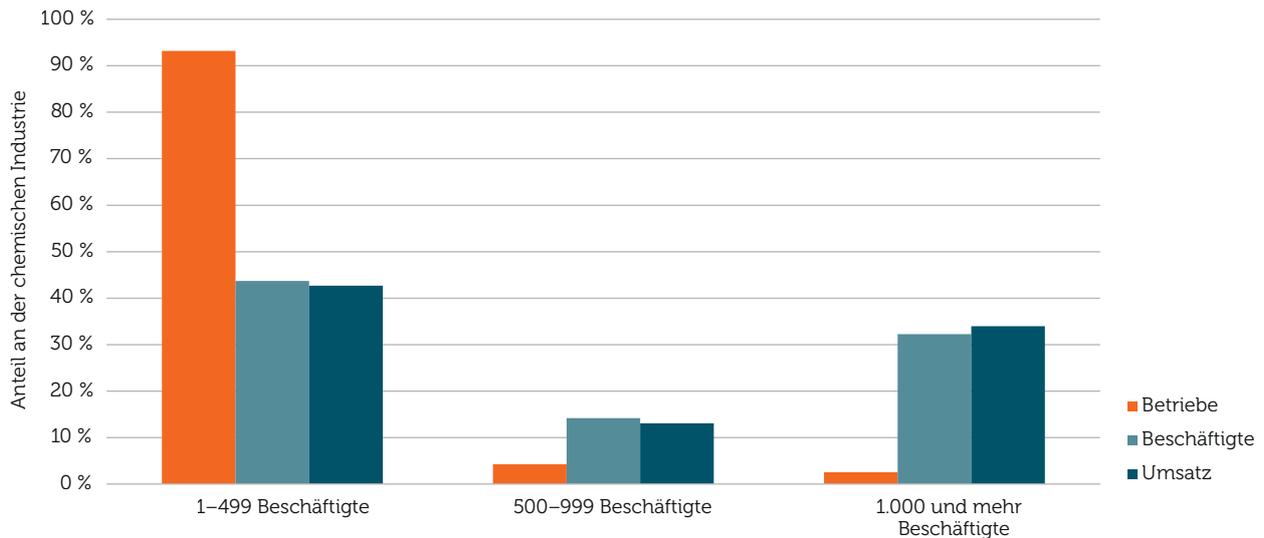
## 2.4 Unternehmensstruktur und Beschäftigung

### Unternehmensstruktur der Chemischen Industrie

Obwohl das öffentliche Bild der Chemieindustrie von den großen Unternehmen wie BASF und Bayer geprägt ist (vgl. auch Tabelle 3), besteht die Chemiebranche eigentlich aus eher kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) mit

weniger als 500 Beschäftigten. Der Anteil der KMU an allen Betrieben in der Chemieindustrie beträgt 93 Prozent.<sup>22</sup> 44 Prozent aller in Chemieunternehmen Beschäftigten arbeiten in KMU. Abbildung 13 illustriert dies eindrücklich: Der größte Umsatz, die meisten Beschäftigten und auch die meisten Betriebe sind KMU.

Abbildung 13: Unternehmensstruktur in der chemischen Industrie (2020)



Quelle: destatis, Oxford Economics

Demgegenüber stehen die bekannten Großunternehmen, die jedes für sich eine sehr hohe Umsatz- und Beschäftigungsrelevanz haben.

Alleine BASF beschäftigte 2020 rund 110 Tausend Personen weltweit und knapp 52 Tausend in Deutschland (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Die fünf umsatzstärksten deutschen Chemieunternehmen (2020)

	Unternehmen	Umsatz (Mio. €)	Beschäftigte weltweit	Beschäftigte in Deutschland
1	BASF SE	59.149	110.302	51.961
2	Evonik Industries AG	12.199	33.106	19.345
3	Covestro AG	10.706	16.501	7.605
4	Lanxess AG	6.104	14.756	7.780
5	Wacker Chemie AG	4.692	14.283	10.096

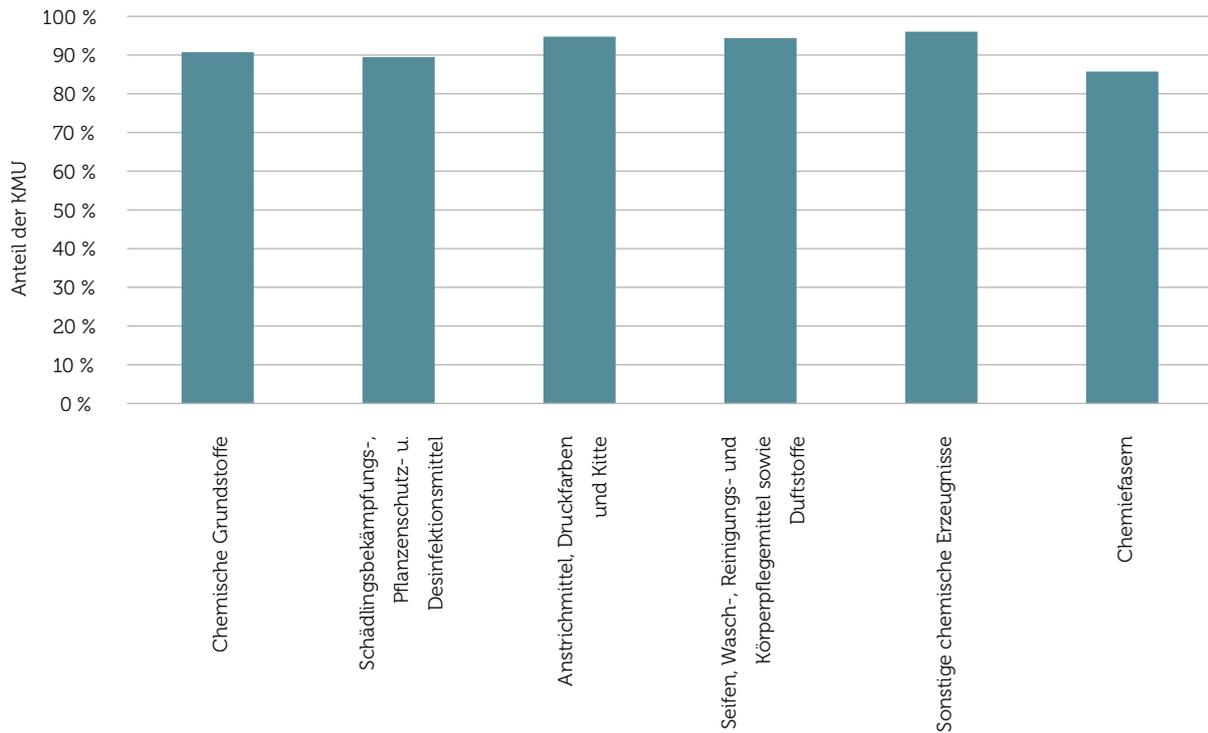
Quelle: VCI, BASF (2021a), Evonik (2021), Covestro (2021), Lanxess (2021), Wacker Chemie (2021), Oxford Economics

Der Anteil der KMU variiert auch nach Teilsektoren, wenngleich er jeweils auf hohem Niveau ist. Der kleinteiligste Sektor sind die sonstigen chemischen Erzeugnisse, gefolgt vom Teilsektor Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte

sowie den Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln und Duftstoffen. Eher von Großunternehmen geprägt ist insbesondere der Sektor Chemiefasern (vgl. Abbildung 14).

<sup>22</sup> Der Anteil von KMU liegt in vielen Branchen noch deutlich oberhalb des Wertes der Chemischen Industrie.

Abbildung 14: Anteil kleiner und mittlerer Unternehmen nach Teilsektor (2020)



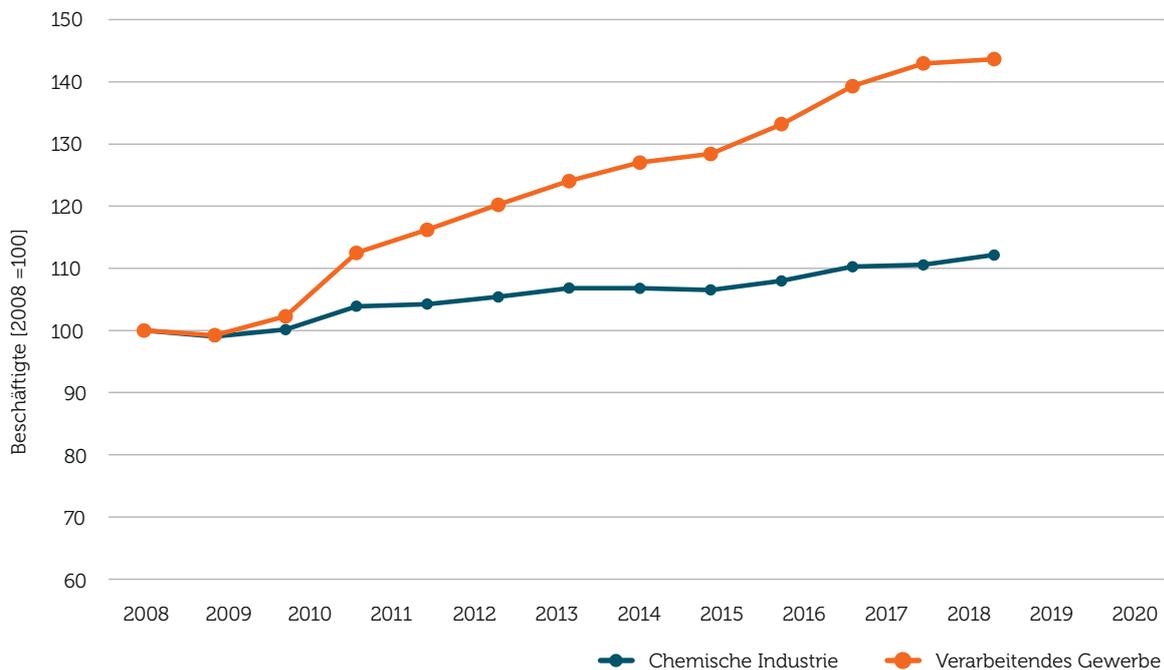
Quelle: destatis, Oxford Economics

**Beschäftigte in der deutschen Chemieindustrie**

Wie oben beschrieben, war ein Prozent aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Jahr 2020 in der Chemiebranche beschäftigt. Seit 2008 ist die Anzahl der

Beschäftigten in der Chemieindustrie insgesamt stetig um insgesamt zwölf Prozent gestiegen. Die Wachstumsrate im Verarbeitenden Gewerbe liegt in der gleichen Größenordnung, ist aber im Zeitverlauf volatiler gewesen (vgl. Abbildung 15).

Abbildung 15: Beschäftigtenentwicklung in der Chemieindustrie im Vergleich zum Verarbeitenden Gewerbe (2010–2020)



Quelle: destatis, Oxford Economics

Rund 340 Tausend Personen waren 2020 in der Chemischen Industrie sozialversicherungspflichtig beschäftigt. Der Frauenanteil liegt bei 26 Prozent und unterscheidet sich kaum vom Anteil der weiblichen Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt (vgl. Tabelle 4). Die Altersstruktur in der deutschen Chemieindustrie entspricht weitestgehend jener im Verarbeitenden Gewerbe.

Das Anforderungsprofil der in der Chemischen Industrie Beschäftigten ist im Vergleich zum Verarbeitenden Gewerbe leicht überdurchschnittlich. Während im Verarbeitenden Gewerbe rund 27 Prozent der Beschäftigten Experten oder Spezialisten sind, sind es in Chemieunternehmen 33 Prozent der Beschäftigten. Dies spiegelt sich auch im überdurchschnittlich hohen Anteil der Beschäftigten mit akademischem Abschluss wider. 20 Prozent haben in der Chemieindustrie einen akademischen Berufsabschluss (Verarbeitendes Gewerbe: 15 Prozent). Damit einher geht ebenfalls ein überdurchschnittlich hoher Verdienst in der Chemieindustrie in Höhe von rund 30 Euro pro Stunde brutto. Trotz der zunehmenden Akademisierung der Beschäftigten und der wachsenden Nachfrage nach digitalen Kompetenzen, die vor allem Akademiker\*innen zugutekommt, verfügen etwa zwei Drittel und damit der weit überwiegende Teil der Beschäf-

tigten über einen (nicht-akademischen) Berufsabschluss (vgl. Tabelle 4).

Auffällig ist die geringe Quote von Auszubildenden je älteren Beschäftigten. Jedem Beschäftigten, der 55 Jahre oder älter ist und deshalb absehbar das Rentenalter erreicht, stehen in der Chemieindustrie nur 0,2 Auszubildende gegenüber. Im Verarbeitenden Gewerbe ist das Verhältnis 1:4. Trotz des fünfprozentigen Anteils der Auszubildenden an allen Beschäftigten steht in der Chemieindustrie offensichtlich ein Generationenwechsel an, dem aktuell noch nicht ausreichend begegnet wird (s. auch Kapitel 3.3). Angesichts deutlich steigender Auszubildendenzahlen (+19 Prozent zwischen 2013 und 2020) ist sich die Chemieindustrie dieser Herausforderung bewusst. Einen wichtigen Beitrag leistet hier auch der Tarifvertrag „Zukunft durch Ausbildung und Berufseinstieg“ der IG BCE, in welchem beispielsweise vereinbart ist, welches Ausbildungsplatzangebot angestrebt wird und dass die unbefristete Übernahme von Auszubildenden nach Beendigung der Ausbildung zum Normalfall wird. Dies schafft Verlässlichkeit für Auszubildende in der Chemieindustrie und fördert daher die Attraktivität der Ausbildungsberufe in der Branche.<sup>23</sup>

Tabelle 4: Teilsektoren der Chemischen Industrie in Deutschland (4. Quartal 2020)

	Chemische Industrie	Verarbeitendes Gewerbe
<b>Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte</b>	<b>339.258</b>	<b>6.817.327</b>
Darunter:		
Anteil der Frauen [%]	26	25
Anteil Vollzeitbeschäftigte [%]	89	90
Anteil Teilzeitbeschäftigte [%]	11	10
Anteil Helfer*innen [%]	12	14
Anteil Fachkräfte [%]	54	58
Anteil Spezialist*innen [%]	19	15
Anteil Expert*innen [%]	14	12
Anteil ohne Ausbildung [%]	10	12
Anteil mit Berufsabschluss [%]	67	67
Anteil mit akad. Berufsabschluss [%]	20	15
Anteil unbekannter Abschluss [%]	3	6
Anteil unter 25 Jahre [%]	8	9
Anteil 25 bis unter 55 Jahre [%]	67	67
Anteil 55 bis unter 65 Jahre [%]	24	23
Anteil 65 Jahre und älter [%]	1	1
Anteil Auszubildende [%]	5	5
Auszubildende je Beschäftigtem ab 55 Jahren	0,2	4
Durchschn. Bruttomonatsverdienste [€]	4.952	4.176
Durchschn. Bruttostundenverdienste [€]	29,94	25,83

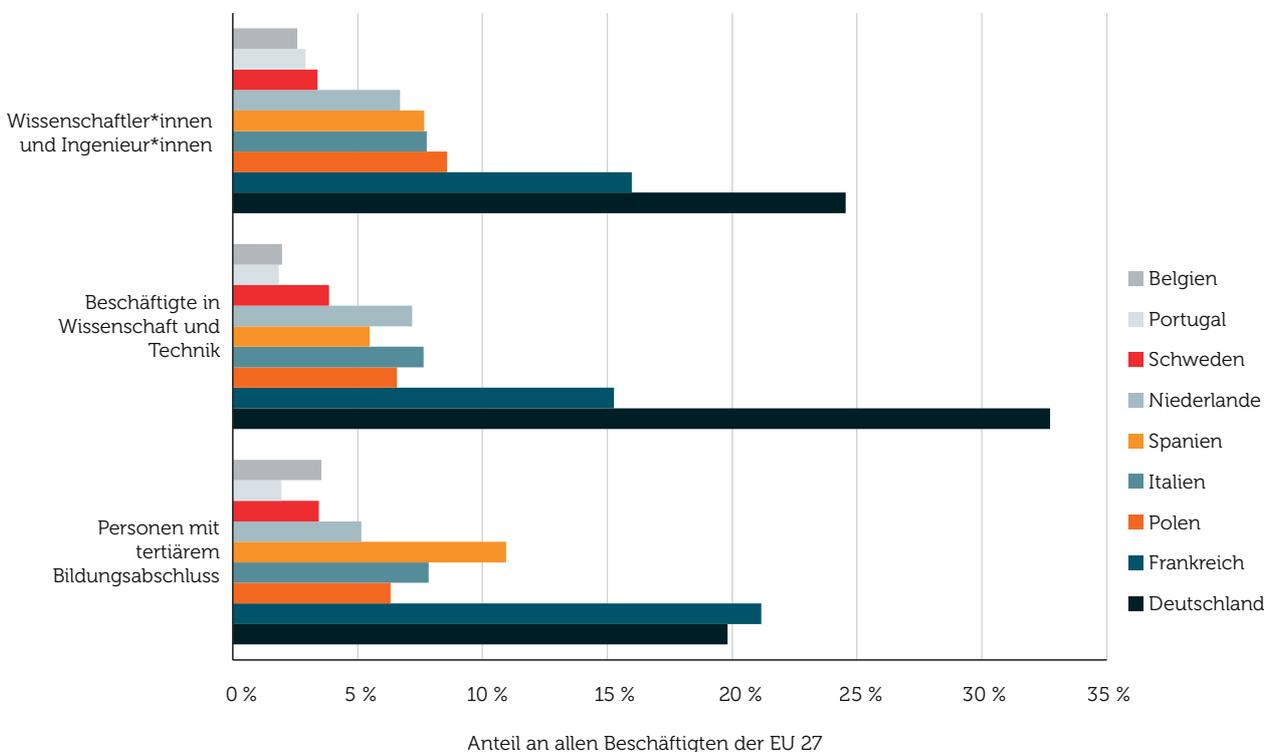
Quelle: Bundesagentur für Arbeit, Oxford Economics

<sup>23</sup> Vgl. Arbeitgeberverband Chemie RP 2021.

Auch die Anzahl der neu abgeschlossenen Ausbildungs-  
verträge steigt an – insbesondere für Auszubildende in  
den Chemieproduktionsberufen (+40 Prozent zwischen  
2009 und 2019). Die Zahl der neu abgeschlossenen Aus-  
bildungsverträge in Chemielaborberufen (zum Beispiel  
Chemikant\*innen, Chemielaborant\*innen) ist hingegen  
leicht rückläufig. Zudem werden hier meist nur Bewer-  
ber- \*innen mit Hochschulreife eingesetzt. Dies bestätigt  
die überproportional gewachsenen Ausbildungsanstren-  
gungen in der Branche.<sup>24</sup> Die Beschäftigungssituation im  
europäischen Vergleich bestätigt, dass deutsche Arbeit-  
geber in der Chemieindustrie auf ein großes Angebot  
hoch qualifizierter Arbeitskräfte zurückgreifen können.

Knapp ein Viertel aller Wissenschaftler \*innen und Inge-  
nieur\*innen und ein Drittel der in Wissenschaft und Tech-  
nik Beschäftigten aller 27 EU-Staaten sind in Deutschland  
tätig – mehr als in allen anderen Ländern der EU. Zusätz-  
lich sind knapp 20 Prozent aller Personen mit tertiärem  
Bildungsabschluss in der EU in Deutschland angesiedelt  
(vgl. Abbildung 16). Damit einher gehen aber auch höhere  
Arbeitskosten pro Vollzeitstelle. Laut der alle vier Jahre auf  
europäischer Ebene durchgeführten Arbeitskostenerhebung  
zählt Deutschland zu den Ländern mit den höchsten  
Lohnkosten in der europäischen Chemieindustrie (vgl.  
Abbildung 17).

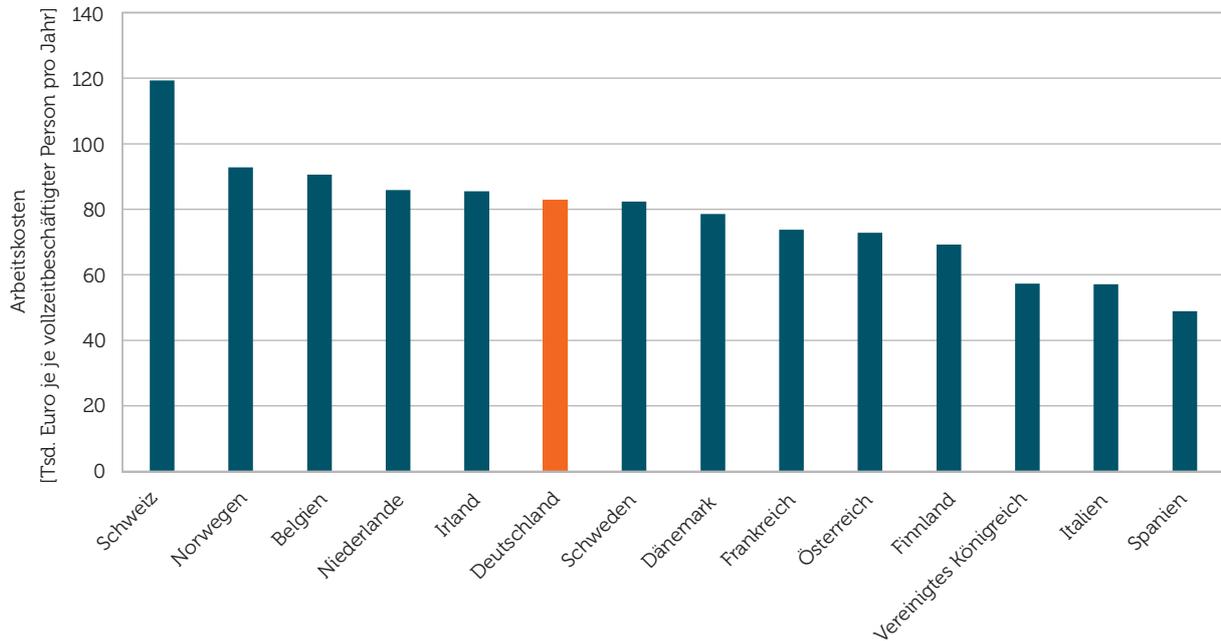
Abbildung 16: Qualifikationsniveau der deutschen Beschäftigten im europäischen Vergleich (2020)



Quelle: Eurostat, Oxford Economics

<sup>24</sup> Vgl. CWS & ZEW 2020.

Abbildung 17: Kosten je Vollzeitbeschäftigtem in der Chemischen Industrie im europäischen Vergleich (2016)



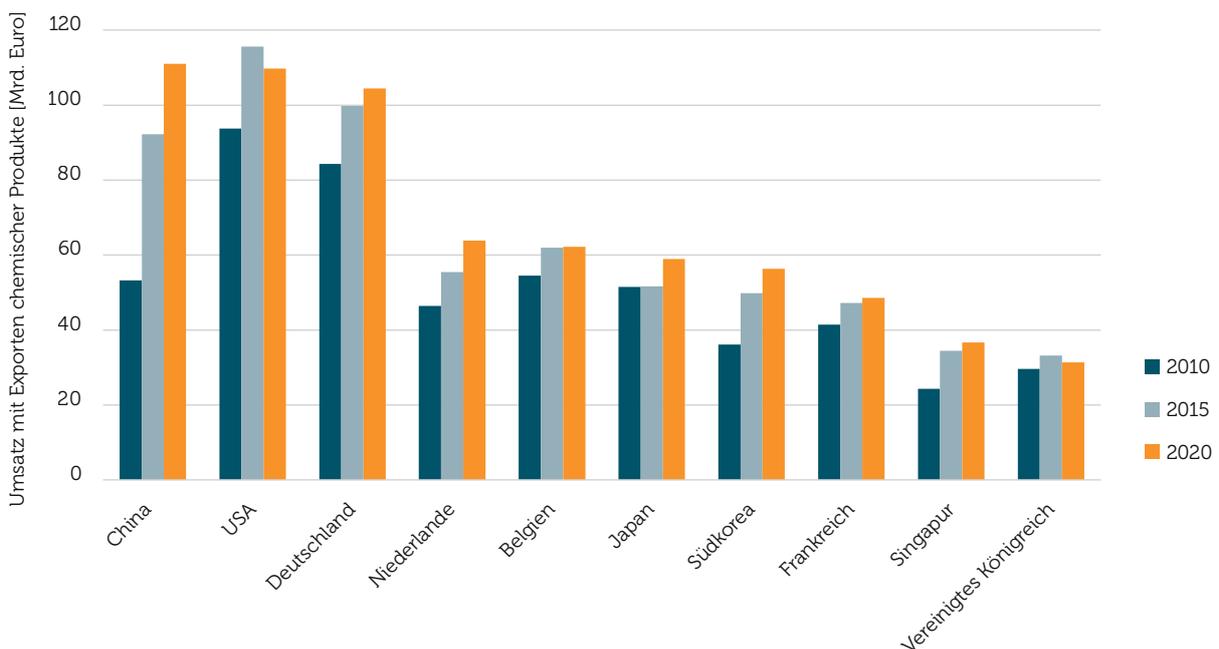
Quelle: Eurostat, Oxford Economics

**2.5 Internationalisierung und Außenhandel**

Nicht nur mit Blick auf den Anteil an der weltweiten Wertschöpfung ist die deutsche Chemieindustrie unter den TOP 4 Nationen weltweit. Auch mit Blick auf den Exportumsatz belegt Deutschland einen der obersten Plätze. Nach China und den USA steht Deutschland weltweit an

dritter Stelle der größten Exporteure chemischer Produkte. Der Wert deutscher Exporte ist über die vergangenen zehn Jahre um knapp ein Viertel auf circa 104 Milliarden Euro im Jahr 2020 angestiegen. China konnte zwischen 2010 und 2020 seine Exporte mehr als verdoppeln, so dass China nun auch die Exporte der USA übersteigt (vgl. Abbildung 18).

Abbildung 18: Weltweit größte Exporteure von chemischen Erzeugnissen (2010/2015/2020)

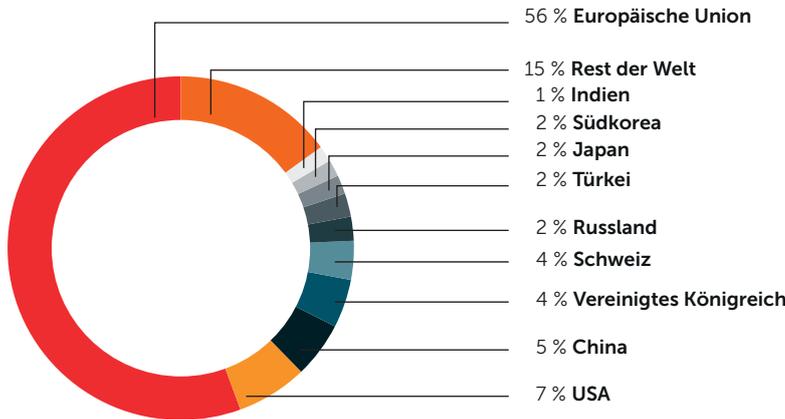


Quelle: CEFIC, Oxford Economics

Die Zielländer der Exporte werden in Abbildung 19 dargestellt. Der europäische Markt ist mit Abstand der wichtigste Absatzmarkt für die deutsche Chemieindustrie. Mehr als die Hälfte des Exportumsatzes wird dort generiert, wobei Frankreich, die Niederlande und Polen die Haupt-

abnehmerländer innerhalb der EU sind. Die USA sind mit sieben Prozent aller deutschen Exporte der wichtigste Absatzmarkt außerhalb Europas. China ist Abnehmer von circa fünf Prozent aller Chemieexporte.

Abbildung 19: Zielländer für deutsche Exporte (2020)

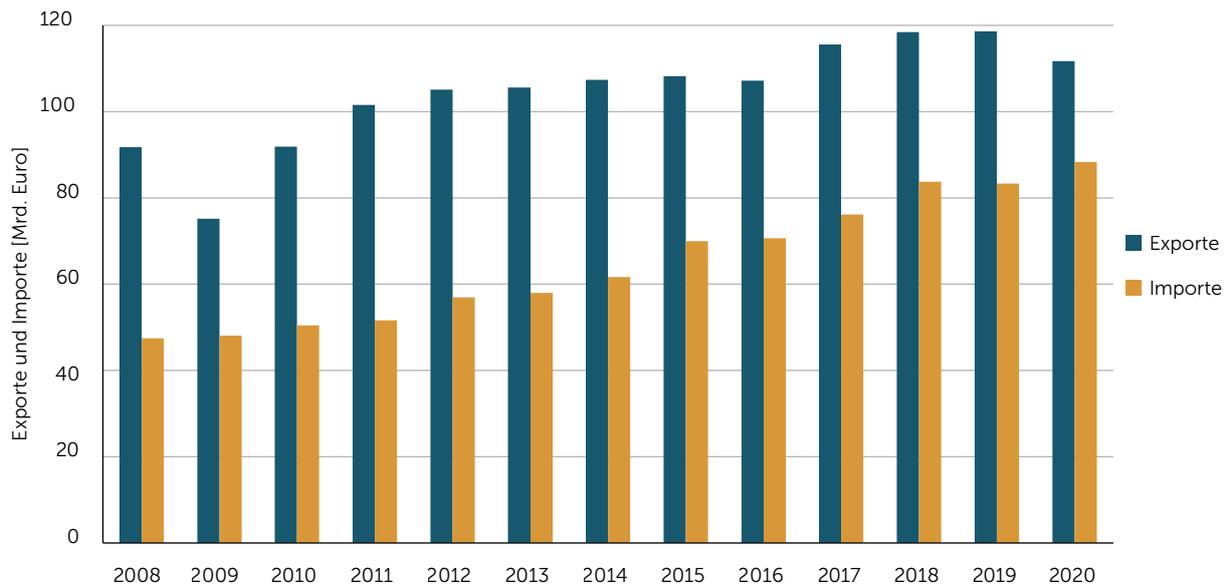


Quelle: destatis, Haver Analytics, Oxford Economics

Die deutsche Chemische Industrie ist eng mit den Weltmärkten verbunden. Über die letzten Jahre ist der Wert der Exporte chemischer Produkte leicht rückläufig, was mit dem Schiefergasboom und den damit einhergehenden Wettbewerbsvorteilen außereuropäischer Länder zu-

sammenhängen könnte. Gleichzeitig steigt auch der Wert der Importe – möglicherweise ein Effekt der steigenden Rohstoffpreise, die den Großteil der Chemieimporte umfasst (vgl. Abbildung 20).

Abbildung 20: Deutsche Exporte und Importe chemischer Erzeugnisse (2008–2020)



Quelle: destatis, Haver Analytics, Oxford Economics

Neben dem rückläufigen Exportvolumen, das vor allem auf die günstigeren Produktionskosten in der Grundstoffindustrie und die umfassenden Investitionen in China zu-

rückzuführen ist, erkennt der VCI in seinen Analysen auch dynamisch steigende Sachanlageninvestitionen im Ausland. Seit 2012 übersteigen diese auch die Sachanlagen

im Inland.<sup>25</sup> Dies ist einerseits auf Expansionsstrategien in neuen Absatzmärkten zurückzuführen, aber auch auf die günstigeren Rohstoffpreise im Ausland. Nordamerika ist eine wichtige Zielregion. Investoren in die deutsche Chemie kommen dagegen hauptsächlich aus Europa.

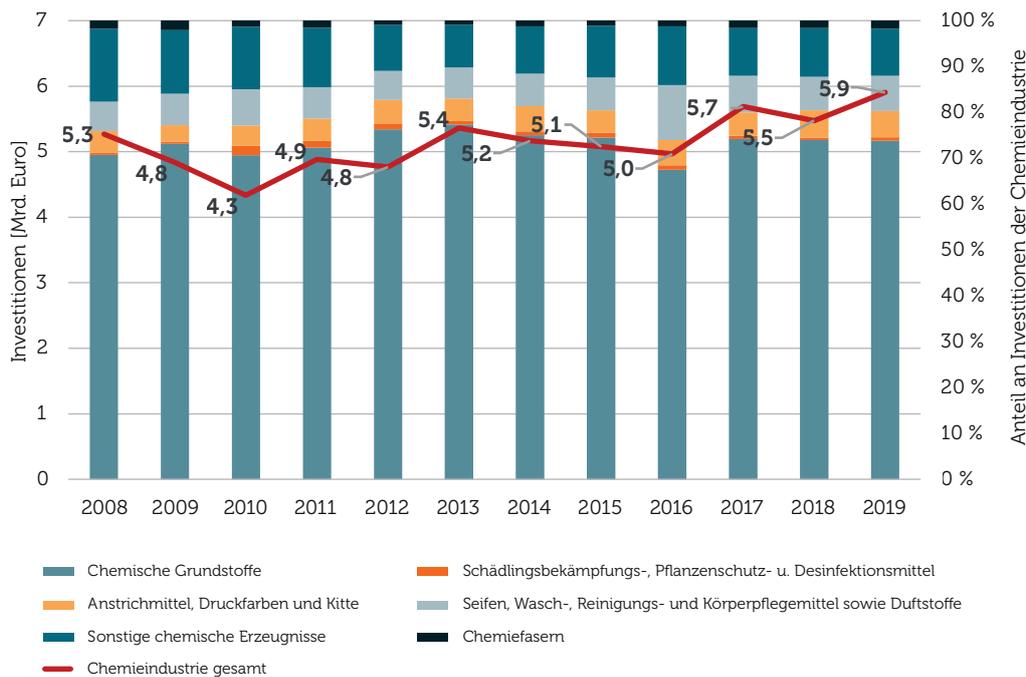
## 2.6 Investitionen und Innovationsdynamik

### Investitionen der deutschen Chemieindustrie

2019 hat die Chemieindustrie knapp sechs Milliarden Euro investiert. 90 Prozent der Investitionen der Chemieindustrie wurden in Maschinen angelegt – ein Indiz für die Kapitalintensität der chemischen Produktion (vgl. Abbildung 21). Zudem nehmen die Investitionen nach einem Abwärtstrend um die Finanzkrise in der Tendenz zu. Trotz einer temporären Investitionszurückhaltung während der Coronakrise ist der Trend weiter steigend, um die künf-

tigen Transformationsherausforderungen rund um Reduzierung von Treibhausgasemissionen, aber auch die Anpassung an neue Nachfragemuster zu bewältigen. 74 Prozent der Investitionen konzentrierten sich 2019 auf den wichtigsten Teilsektor – die Grundstoffindustrie. Aber auch der dynamische Teilsektor der sonstigen chemischen Erzeugnisse konnte immerhin noch zehn Prozent der Investitionen anziehen, ist aber im Vergleich zu den 2000er-Jahren als Investitionsziel deutlich weniger attraktiv. Die Teilsektoren Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemittel sowie Duftstoffe und Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte erhielten acht beziehungsweise sechs Prozent der Investitionen im Jahr 2019. Besonders stark zugelegt haben hingegen Investitionen in den Teilsektor Schädlingsbekämpfungs-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel, der den Anteil an allen Investitionen zwischen 2008 und 2019 um über 50 Prozent steigern konnte.

Abbildung 21: Investitionen der deutschen Chemieindustrie nach Teilsektoren (2008–2019)



Quelle: destatis, Oxford Economics

In einer Mitgliederbefragung wurden die Motivationen für die Investitionen der deutschen Pharma- und Chemieindustrie erfragt. 42 Prozent der Investitionen wurden mit dem Ziel der Kapazitätserweiterung getätigt. Knapp dahinter sind Ersatzinvestitionen mit 37 Prozent. Zwölf Prozent der Investitionen sind auf gesetzliche Vorgaben

zurückzuführen und nur neun Prozent dienen der Kostenersparnis (vgl. Abbildung 22). Da es sich bei einem Großteil der antwortenden Unternehmen um Chemieunternehmen handelte, sind die Ergebnisse auch auf die Chemieindustrie als solche übertragbar.

<sup>25</sup> Vgl. VCI 2021.

Abbildung 22: Motivationen für die Investitionen in der deutschen Chemie- und Pharmaindustrie (2020)

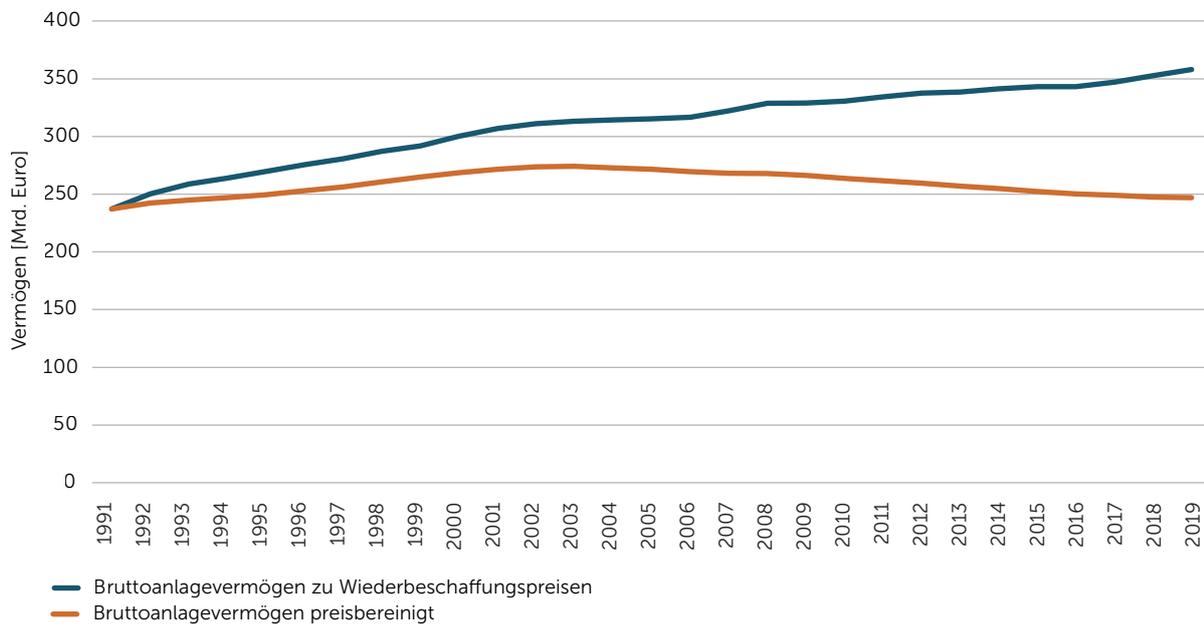


Quelle: VCI, Unternehmensumfrage

Als Ergebnis der Investitionstätigkeit steigt der Kapitalstock der deutschen Chemieindustrie nominal seit 1991 um durchschnittlich 1,5 Prozent. Das liegt jedoch nur primär an ansteigenden Preisen. Betrachtet man die preisbereinigte Entwicklung des Bruttoanlagevermögens (Anlagen, Ausrüstung, Bauten und sonstige Anlagen), liegt

der Wert des Jahres 2019 nur knapp über dem Ausgangswert von 1991. Während das Bruttoanlagevermögen noch bis Mitte der 2000er gestiegen ist, ist seither ein Rückgang des realen Bruttoanlagevermögens zu verzeichnen (vgl. Abbildung 23).

Abbildung 23: Bruttoanlagevermögen der deutschen Chemieindustrie (1991–2019)

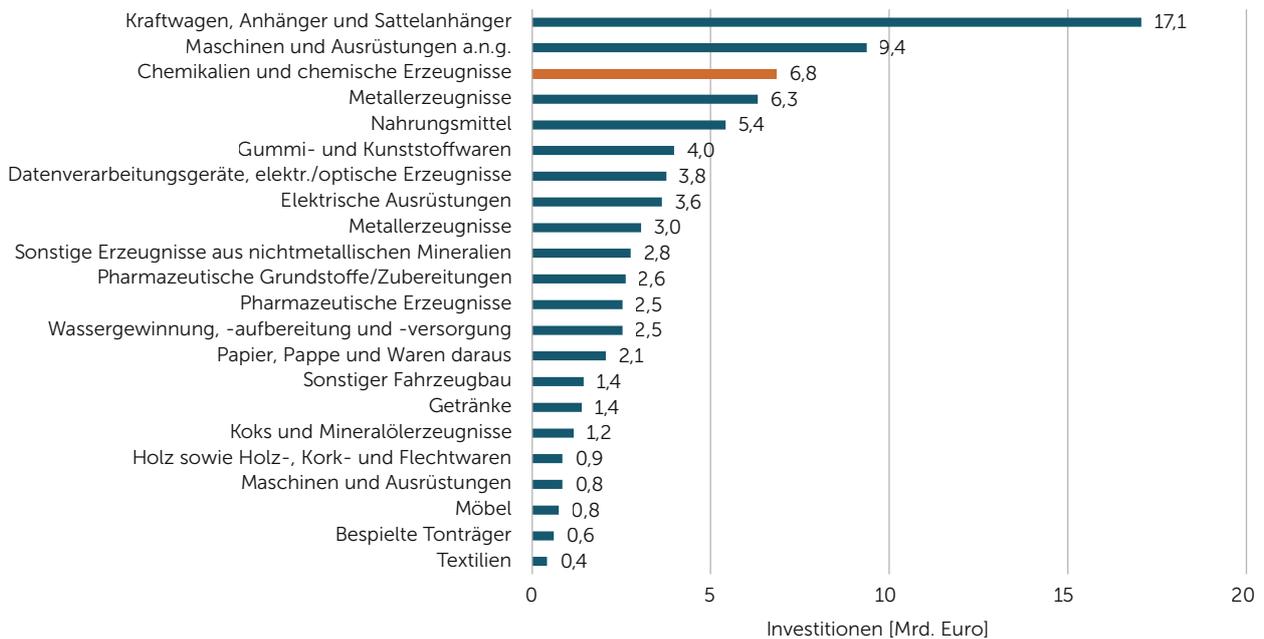


Quelle: destatis, Oxford Economics

Im Branchenvergleich liegt die Investitionstätigkeit der Chemischen Industrie im Vergleich zu anderen wichtigen Industrien in Deutschland an dritter Stelle. Nur in die Herstellung von Kraftwagen, Anhängern und Sattelanhängern

sowie in Maschinen und Ausrüstungen wurde 2018 mehr investiert als in Chemikalien und chemische Erzeugnisse (vgl. Abbildung 24).

Abbildung 24: Branchenvergleich der Investitionen im Verarbeitenden Gewerbe (2018)



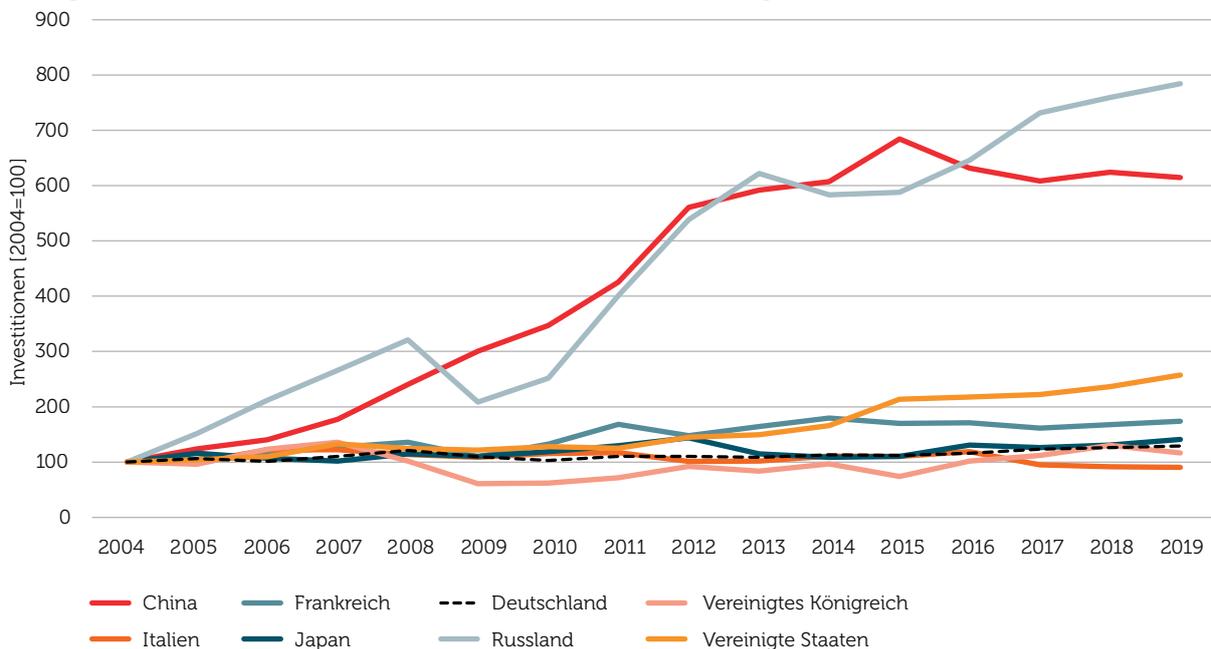
Quelle: Eurostat, Oxford Economics

Im internationalen Vergleich der Investitionstätigkeit wird erneut die Dynamik in der chinesischen Chemieindustrie ersichtlich (vgl. Abbildung 25). Kein Land investierte bis Mitte der 2010er so viel in die Chemische Industrie wie China. Auch Russland zeigt eine enorme Investitionsdynamik. Die deutsche Chemieindustrie hat sich mit Blick auf die Investitionstätigkeit in etwa wie Japan und das Vereinigte Königreich entwickelt. Etwas dynamischer, wenn auch deutlich weniger stark als in Russland und China, haben sich die Investitionen der USA und innerhalb Europas in Frankreich entwickelt. Die Investitionen in den

USA sind dabei insbesondere auf den Schiefergasboom und die dadurch entstehenden neuen chemischen Produktionsstätten zurückzuführen.

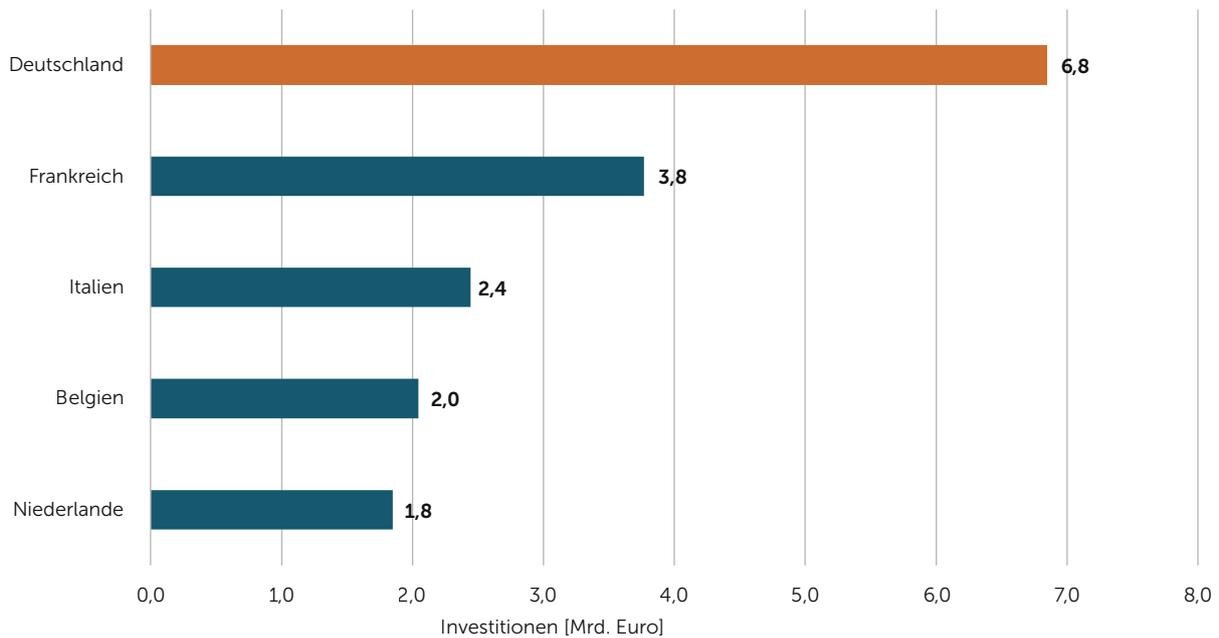
In Frankreich haben die Investitionen zwar stärker zugenommen, liegen aber mit etwa 3,8 Milliarden Euro absolut noch deutlich unter den Investitionen der deutschen Industrie. Im europäischen Ranking führt Deutschland demnach immer noch das Investitionsvolumen in die Chemische Industrie an (vgl. Abbildung 26).

Abbildung 25: Investitionen der Chemieindustrie im internationalen Vergleich (2004–2019)



Quelle: Haver Analytics, Oxford Economics

Abbildung 26: TOP 5 der Investitionsniveaus der Chemieindustrie im europäischen Vergleich (2018)

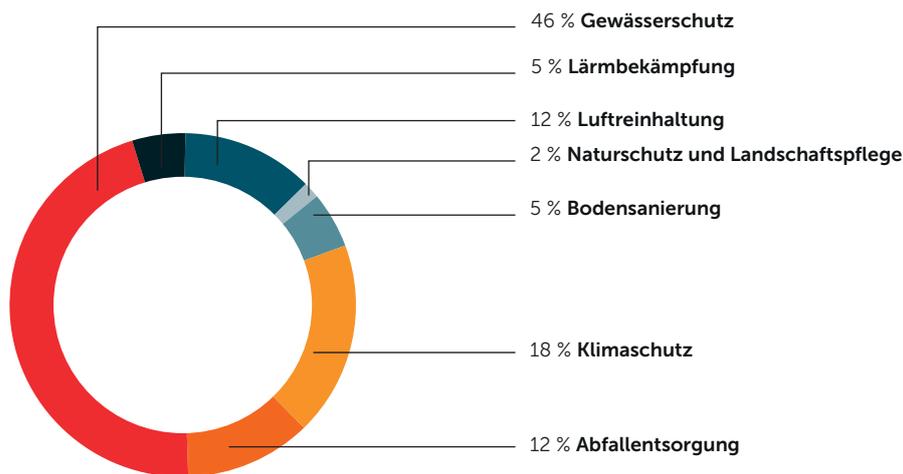


Quelle: Eurostat, Oxford Economics

Ein Teil der Investitionen wird mit dem Ziel des Umwelt- und Klimaschutzes getätigt. Die deutsche Chemieindustrie stemmt etwa 22 Prozent der Investitionen in den Klima- und Umweltschutz des Verarbeitenden Gewerbes. Dies entsprach 2017 rund 521 Millionen Euro. Knapp die Hälfte dieser Investitionen wurde für den Gewässerschutz, 18 Prozent für den Klimaschutz und jeweils zwölf Prozent

für die Luftreinhaltung und die Abfalluntersuchung aufgewendet (vgl. Abbildung 27). Eine genauere Analyse der Investitionsziele zeigt, dass der Fokus der Investitionen in den Umwelt- und Klimaschutz auf Energieeffizienzsteigerungen liegt. Überdurchschnittlich – wenn auch sehr viel geringer – sind die Investitionen zur Vermeidung von Treibhausgasen.<sup>26</sup>

Abbildung 27: Investitionen der Chemieindustrie für den Umweltschutz nach Umweltbereichen (2017)



Quelle: destatis, Oxford Economics

Neben den Investitionen tätigt die Chemieindustrie auch laufend Aufwendungen für den Umweltschutz. 2019 waren dies etwa 2,6 Milliarden Euro beziehungsweise 17 Prozent der laufenden Aufwendungen für den Klimaschutz

im Verarbeitenden Gewerbe. Die Aufwendungen in der Chemieindustrie sind seit 2016 allerdings weniger stark gestiegen als im Verarbeitenden Gewerbe. Während die Aufwendungen der Chemiebranche um 24 Prozent zu-

<sup>26</sup> Vgl. CWS & ZEW 2020.

nahmen, waren es zwischen 2016 und 2019 58 Prozent im Verarbeitenden Gewerbe.<sup>27</sup>

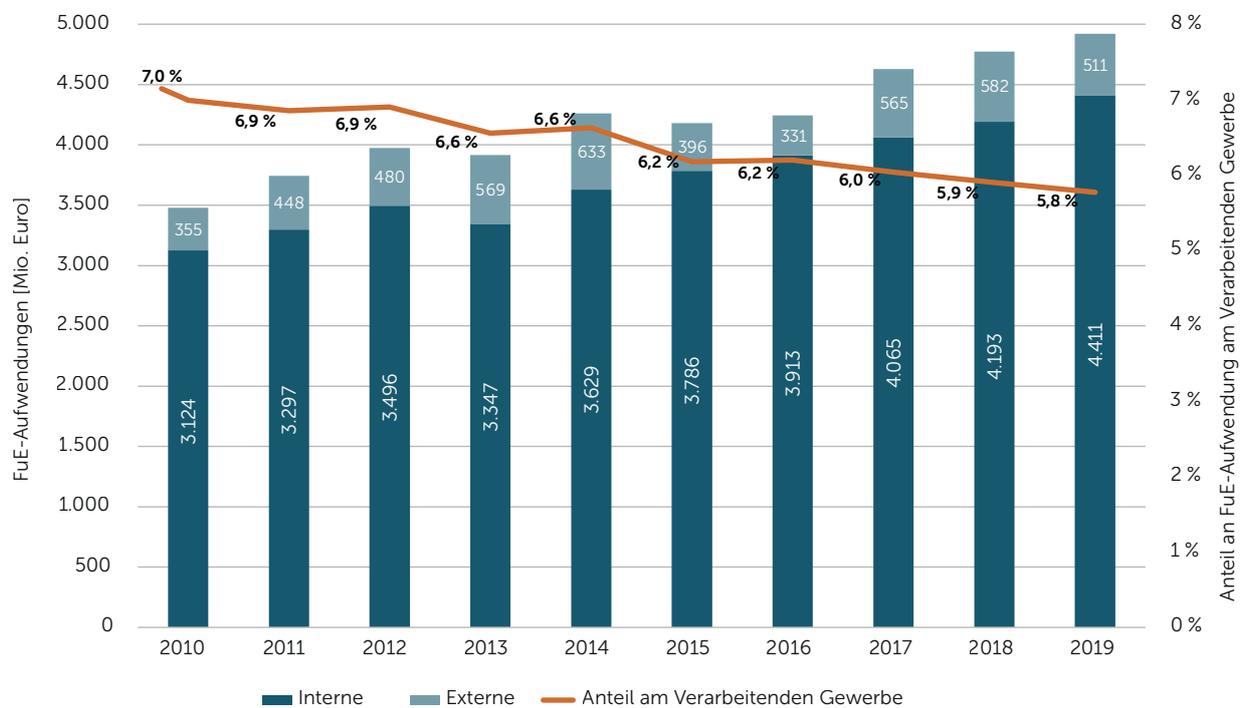
### Forschungs- und Innovationstätigkeit der deutschen Chemieindustrie

Forschung und Entwicklung (FuE) ist die Königsdisziplin der Innovationstätigkeit. 2019 wendete die deutsche Chemiewirtschaft 4,9 Milliarden Euro für FuE-Mittel auf. Dies sind über 5,8 Prozent der FuE-Aufwendungen des Verarbeitenden Gewerbes und fünf Prozent der deutschen Wirtschaft insgesamt. Die Chemiebranche investiert überwiegend in interne FuE. Nur zehn Prozent der Mittel

fließen in externe Forschung. Die internen FuE-Ausgaben werden in der deutschen Chemieindustrie überwiegend in die angewandte Forschung (55 Prozent) investiert. In die experimentelle Forschung werden 30 Prozent und in die Grundlagenforschung 15 Prozent investiert.

Zwischen 2010 und 2019 nahmen die Ausgaben für FuE außerdem um 41 Prozent zu. Allerdings stiegen die FuE-Aufwendungen der Gesamtwirtschaft um 70 Prozent, sodass die FuE-Aufwendungen der Chemieindustrie weniger relevant geworden sind (vgl. Abbildung 28).

Abbildung 28: FuE-Aufwendungen der deutschen Chemieindustrie (2010–2019)



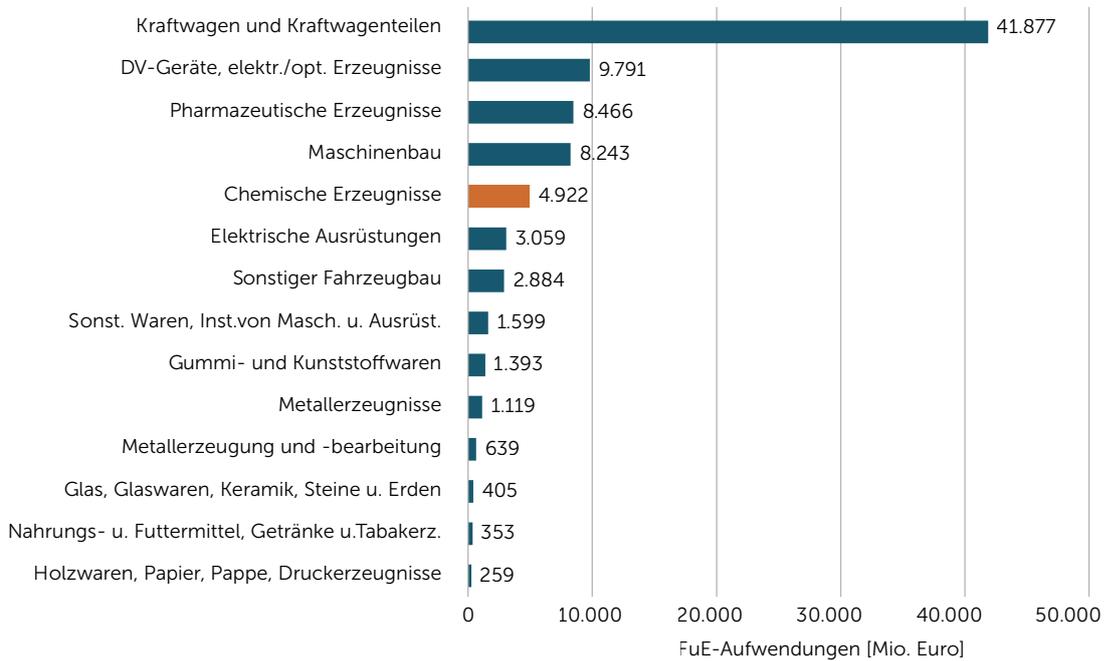
Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, Oxford Economics

Dennoch ist die Branche weiterhin ein wichtiger Innovationsmotor der deutschen Wirtschaft. Im Branchenvergleich liegt die Chemieindustrie 2019 mit 4,9 Milliarden Euro auf dem fünften Platz. Auf dem ersten Platz mit 42 Milliarden Euro und mit weitem Abstand liegen die Her-

steller von Kraftwagen und -teilen. Dahinter und noch vor der Chemieindustrie liegen die Hersteller von elektronischen und optischen Erzeugnissen (9,8 Milliarden Euro), die Pharmaindustrie (8,5 Milliarden Euro) und der Maschinenbau (8,2 Milliarden Euro) (vgl. Abbildung 29).

<sup>27</sup> Vgl. Destatis 2020.

Abbildung 29: FuE-Aufwendungen 2019 Im Branchenvergleich

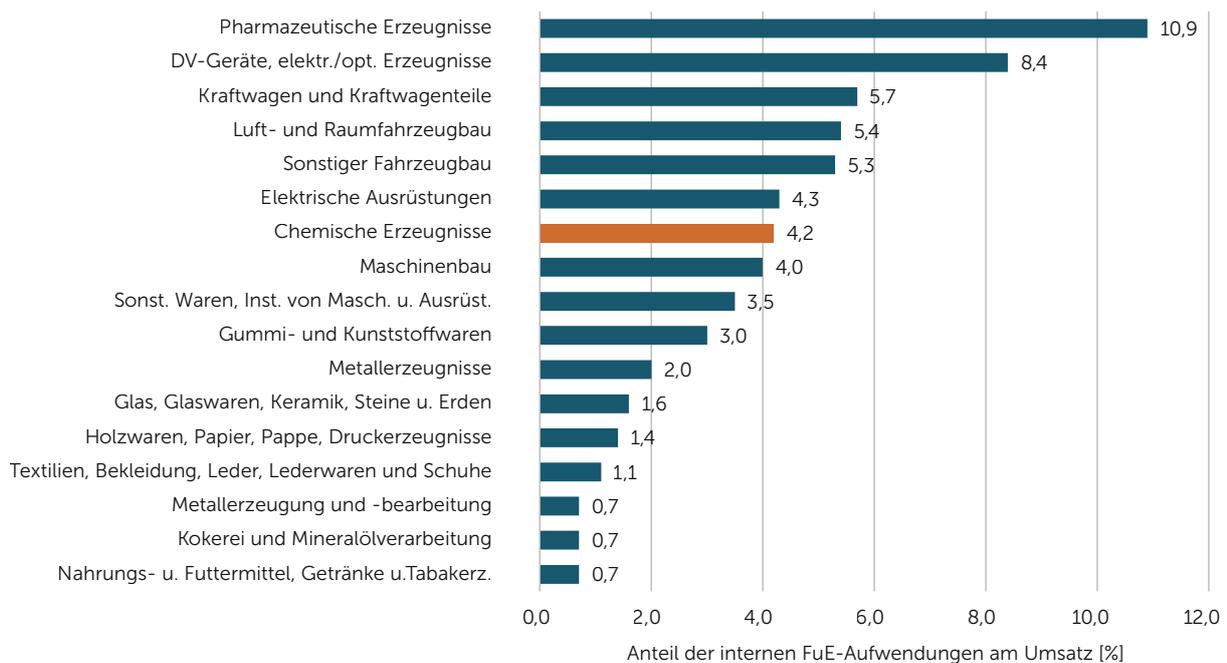


Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, Oxford Economics

Betrachtet man die FuE-Intensität – gemessen als Anteil der internen Aufwendungen in Relation zum Umsatz – ändert sich das Ranking der Chemieindustrie im Branchenvergleich von Rang fünf der FuE-Aufwendungen absolut auf Rang sieben. 2019 hat die deutsche Chemieindustrie

vier Prozent ihres Umsatzes in interne FuE reinvestiert. Als Spitzenreiter im Verarbeitenden Gewerbe investiert die Pharmaindustrie knapp elf Prozent in die interne FuE (vgl. Abbildung 30).

Abbildung 30: Branchenvergleich der (internen) FuE-Intensität (2019)

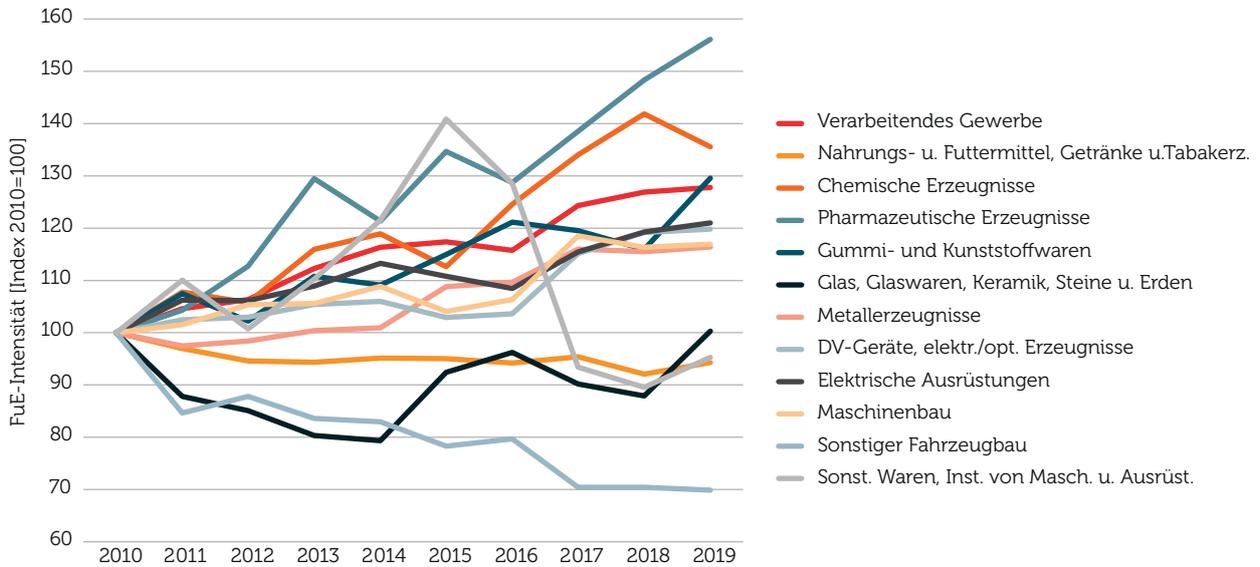


Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, Oxford Economics

Im Zeitverlauf ist die FuE-Intensität – gemessen als Anteil der FuE-Aufwendungen je Vollzeitäquivalente – stark gestiegen. Dies liegt insbesondere an den stark steigenden FuE-Ausgaben der deutschen Chemieindustrie im Zeitraum um knapp 41 Prozent. Die Entwicklung liegt sogar

über der Entwicklung des gesamten Verarbeitenden Gewerbes. Seit 2019 ist allerdings wieder ein leichter Rückgang der FuE-Intensität in der deutschen Chemieindustrie zu erkennen (vgl. Abbildung 31).

Abbildung 31: FuE-Intensität (2010–2019)

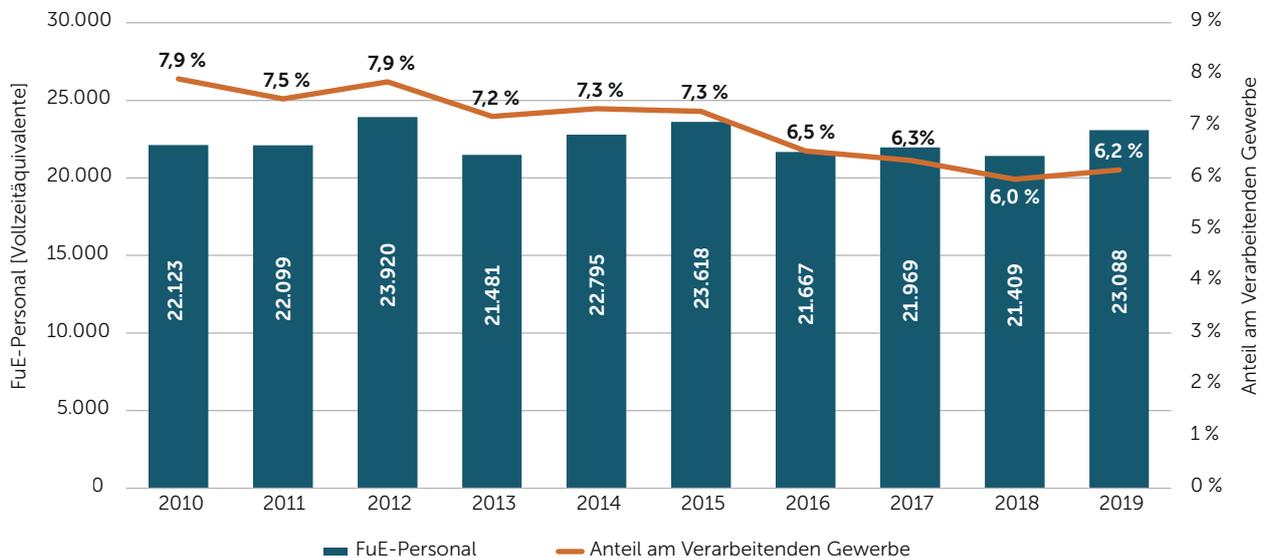


Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, Oxford Economics

Das beschäftigte Personal der deutschen Chemieindustrie im Bereich FuE befindet sich im Zeitraum 2010 bis 2019 auf halbwegs konstantem Niveau und schwankt zwischen 21 bis 24 Tausend Personen. Der Anteil des FuE-Personals der Chemieindustrie am gesamten deutschen Verarbeitenden Gewerbe ist allerdings von 7,9 Prozent auf

6,2 Prozent zurückgegangen. Grund ist, dass das FuE-Personal im Verarbeitenden Gewerbe von 2010 bis 2019 um 34 Prozent gestiegen ist und die deutsche Chemieindustrie lediglich einen Zuwachs um vier Prozent verzeichnen konnte (vgl. Abbildung 32).

Abbildung 32: FuE-Personal (2010–2019)

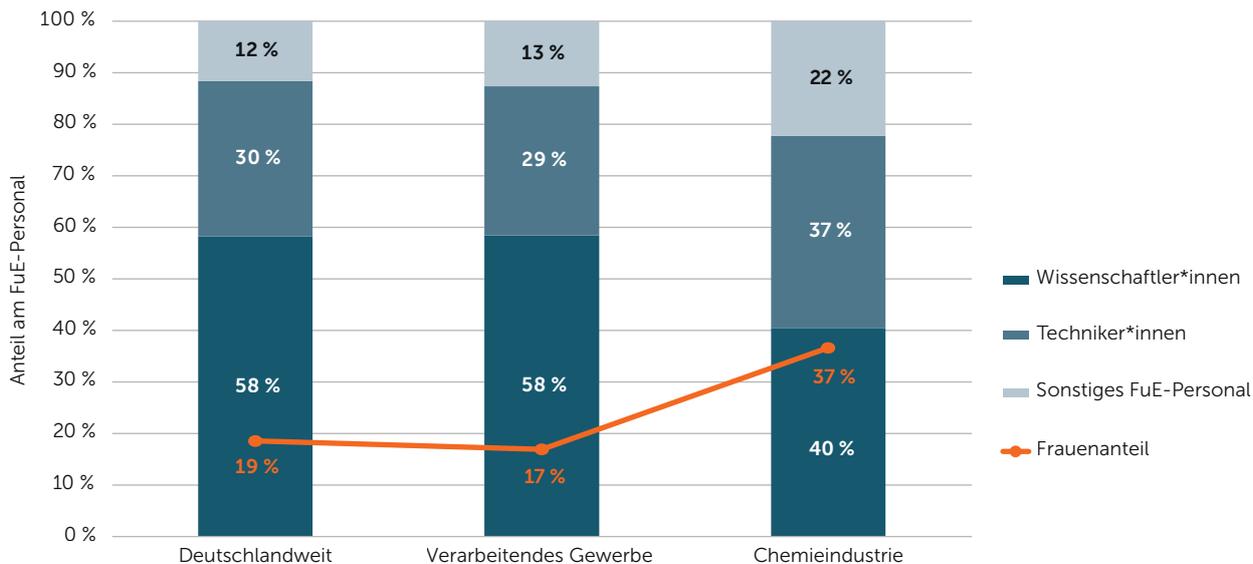


Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, Oxford Economics

Beleuchtet man das FuE-Personal unter den Gesichtspunkten der Personalgruppen, zeigt sich, dass der Anteil der Wissenschaftler\*innen in der Chemieindustrie mit 40 Prozent im Vergleich zum gesamten Verarbeitenden Gewerbe oder auch zum Bundesdurchschnitt (beide 58 Prozent) wesentlich niedriger liegt. Dafür sind relativ mehr Techniker\*innen und sonstiges FuE-Personal in

der Chemieindustrie beschäftigt. Hervorzuheben ist, dass der entsprechende FuE-Frauenanteil in der deutschen Chemieindustrie mit 37 Prozent im Vergleich zum Verarbeitenden Gewerbe (17 Prozent) oder auch im deutschlandweiten Vergleich (19 Prozent) wesentlich höher liegt (vgl. Abbildung 33).

Abbildung 33: FuE-Personal nach Personalgruppen und Geschlecht (2019) (Vollzeitäquivalente)



Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, Oxford Economics

Neben der Forschungstätigkeit sind selbstverständlich auch Innovationen wesentlich für den Erfolg einer Branche. Laut Innovationserhebung gaben 90 Prozent der deutschen Chemieindustriunternehmen an, im Jahr 2019 innovativ tätig gewesen zu sein. 69 Prozent bejahten, in den letzten Jahren kontinuierlich geforscht und entwickelt zu haben. Nur zehn Prozent der innovativen Unternehmen waren nicht auch in der Forschung aktiv.<sup>28</sup> Innovationen und Forschung scheinen in der gesamten Chemiebranche weit verbreitet zu sein.

Die gesamten Innovationsausgaben beliefen sich auf rund 6,7 Milliarden Euro. Dies entspricht etwa fünf Prozent aller Innovationsausgaben des Verarbeitenden Gewerbes. Das Verhältnis der Innovationsausgaben zum Umsatz beträgt zudem 4,8 Prozent (FuE-Intensität zum Vergleich: 4,2 Prozent) und ist damit unter dem Durchschnitt des Verarbei-

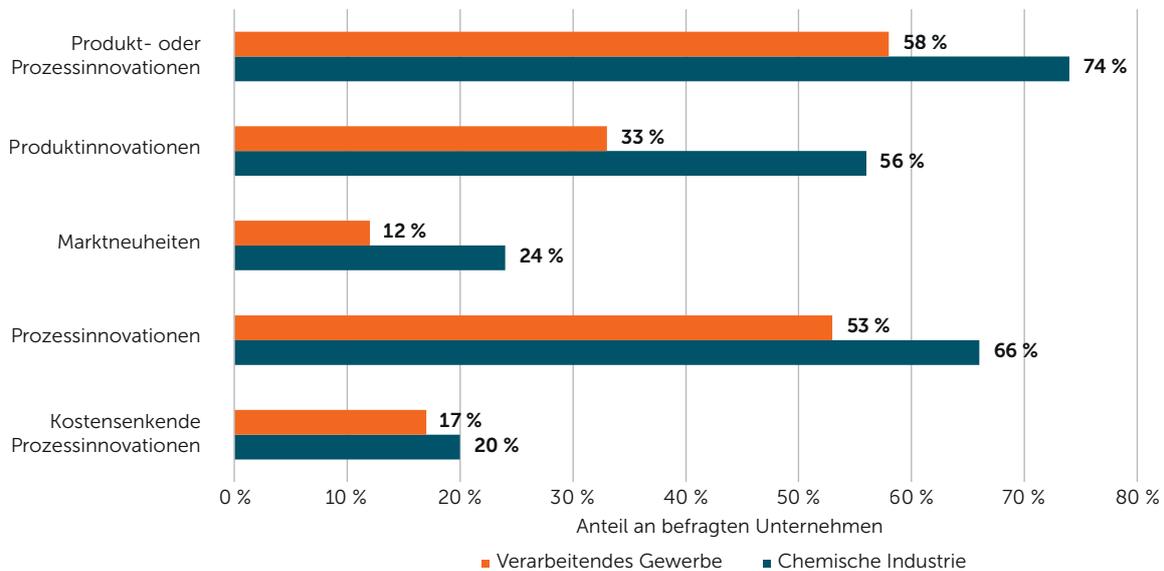
tenden Gewerbes mit sechs Prozent und drastisch unter dem Wert der Pharmaindustrie mit 19,5 Prozent.<sup>29</sup>

Der Innovationsoutput der Chemischen Industrie ist hingegen durchweg überdurchschnittlich. 56 Prozent der innovierenden Chemieunternehmen waren Produktinnovatoren, das heißt, sie haben im vorangegangenen Dreijahreszeitraum neue oder verbesserte Produkte oder Dienstleistungen eingeführt. Dies sind 23 Prozentpunkte mehr als im Verarbeitenden Gewerbe. Der Anteil an Unternehmen mit Marktneuheiten, die zuvor von keinem anderen Unternehmen im jeweiligen Absatzmarkt angeboten wurden, lag bei 24 Prozent und damit zweimal so hoch wie im gesamten Verarbeitenden Gewerbe. 66 Prozent der Unternehmen setzten Prozessinnovationen um. 20 Prozent der Unternehmen gaben an, dass diese der Kostensenkung dienten (vgl. Abbildung 34).

<sup>28</sup> Vgl. ZEW 2021.

<sup>29</sup> Vgl. ZEW 2021.

Abbildung 34: Innovationsoutput (2019)



Quelle: ZEW, Oxford Economics

Mit Blick auf den internationalen Innovations- und Forschungserfolg ist die deutsche Chemieindustrie weiterhin gut aufgestellt, wenn auch weniger gut als viele andere Chemienationen. In vielen Bereichen belegt Deutschland daher einen ähnlichen Rang wie mit Blick auf den Anteil der globalen Wertschöpfung:

- 16.400 Wissenschaftler\*innen wurden 2019 gemäß Science Citation Index (SCI) Deutschland zugerechnet und damit 5,5 Prozent der weltweiten Chemiepublikationen. Deutschland belegt damit Rang vier der weltweiten Chemiepublikationen hinter China, den USA und Indien.<sup>30</sup>
- 8,4 Prozent der weltweiten Patente wurden 2018 von Deutschland angemeldet. Dies entspricht Rang vier hinter den USA, Japan und China.<sup>31</sup>
- Auch bei den Ausgaben für Forschung und Entwicklung belegt die deutsche Chemieindustrie Rang vier hinter China, den USA und Japan (vgl. Abbildung 35).

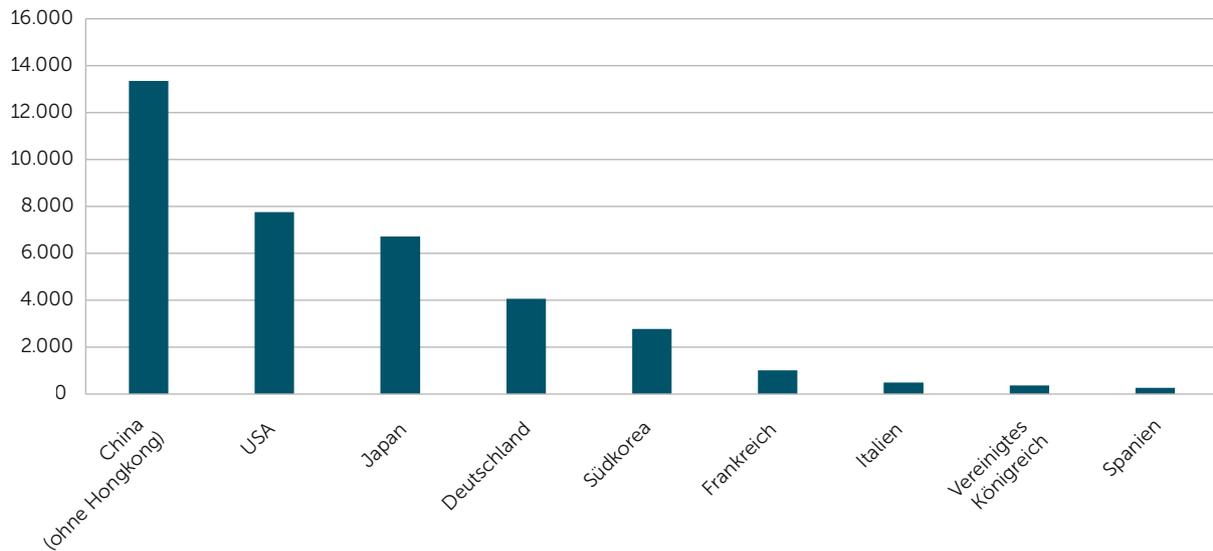
Insgesamt ist der Trend erkennbar, dass die deutsche Chemieindustrie nicht nur Weltmarktanteile an die asiatische Konkurrenz verliert, sondern zunehmend auch ihr Alleinstellungsmerkmal als Innovationsvorreiter. So hat China auch beim Handel mit forschungsintensiven Chemiewaren die deutsche Industrie bereits hinter sich gelassen.<sup>32</sup>

<sup>30</sup> Vgl. CWS & ZEW 2020.

<sup>31</sup> Vgl. VCI 2021b.

<sup>32</sup> Vgl. VCI 2021b.

Abbildung 35: FuE-Ausgaben im Chemiesektor im Ländervergleich (2017)



Quelle: Eurostat, Oxford Economics

Positiv hervorzuheben ist die Innovationstätigkeit der Chemischen Industrie im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes. 25 Prozent der FuE-aktiven Unternehmen der Chemieindustrie haben 2017 im Bereich „Klima/Umwelt/Nachhaltigkeit“ geforscht. Damit liegen sie auf Rang zwei hinter dem Maschinenbau und damit deutlich oberhalb des Durchschnitts im Verarbeitenden Gewerbe. Auch zur Bioökonomie haben elf Prozent der FuE-aktiven Chemieunternehmen Forschung betrieben – ebenfalls ein überdurchschnittliches Ergebnis.<sup>33</sup>

Patentanmeldungen sind ein Indikator für die Forschungserfolge einer Branche. Elf Prozent der im Jahr 2016 insgesamt knapp 3.700 angemeldeten Chemiepatente mit Klimaschutzbezug entfielen auf Deutschland. Damit rangiert die Bundesrepublik auf Rang drei hinter den USA und Japan sowie deutlich vor China. Zusätzlich ist ein Spezialisierungstrend der Chemieindustrie auf Klimaschutzpatente zu erkennen. In Deutschland hat sich der Anteil der Klimaschutzpatente zwischen 2005 (7,4 Prozent) und 2016 (13,5 Prozent) fast verdoppelt.<sup>34</sup>

Neben den FuE-Bemühungen sind auch zahlreiche Unternehmen der deutschen Chemieindustrie innovierend im Bereich Klimaschutz und Nachhaltigkeit tätig. Im europäischen Vergleich führt Deutschland Innovationen mit positivem Beitrag zum Umweltschutz in den Jahren 2012–2014 an. 79 Prozent der Unternehmen haben in diesem Zeitraum Innovationen mit positivem Beitrag zum Umweltschutz umgesetzt. Die gute Platzierung ist insbesondere getrieben durch Prozessinnovationen zur Verbesserung von Abläufen. Hierzu gehören vor allem Prozessverbesserung mit Blick auf den Energieverbrauch, die Material- und Ressourceneffizienz sowie den Ausstoß von CO<sub>2</sub>- und anderen Luft-Emissionen. Die eher durchschnittlichen Innovationsbemühungen im Bereich Recycling und beim Ersatz fossiler Energiequellen spiegeln sich in den Nachhaltigkeitskennziffern wider (vgl. Kapitel 4.1). Im Bereich der Produktinnovationen liegt Österreich vor Deutschland.<sup>35</sup> Deutsche Produktinnovationen konzentrieren sich ebenfalls weniger auf die Erhöhung der Lebenszeit und die Recyclingfähigkeit, sondern vielmehr auf den Energieverbrauch und den Emissionsgehalt.<sup>36</sup>

<sup>33</sup> Vgl. CWS & ZEW 2020.

<sup>34</sup> Vgl. CWS & ZEW 2020.

<sup>35</sup> Vgl. CWS & ZEW 2020.

<sup>36</sup> Vgl. CWS & ZEW 2020.

# 3

## 3. Transformationstrends:

### Digitalisierung, Globalisierung, demografischer Wandel

#### 3.1 Digitalisierung

Die Digitalisierung der Industrie wird unter dem Begriff Industrie 4.0 zusammengefasst und beschreibt die digitale Interaktion von Maschinen, Menschen und Produkten.<sup>37</sup> Die Vision ist die Implementierung neuer Fabrik- und Wertschöpfungsstrukturen auf Basis einer umfassenden Nutzung intelligenter Informations- und Kommunikationstechnologien. Diese Vision stützt sich auf zwei Komponenten: Zum einen auf die Autonomisierung physischer Systeme durch die Vernetzung mit intelligenten Softwaresystemen sowie globalen Datennetzen und zum anderen auf die gezielte Nutzung der Daten, die in der Produktion und im Absatz durch den Einsatz von Auswertungsmethoden gewonnen werden.<sup>38</sup>

Gemäß einer Umfrage des Branchenverbands Bitkom<sup>39</sup> im Jahr 2020 sahen 94 Prozent der befragten Industrieunternehmen die Industrie 4.0 als wesentliche Voraussetzung für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit. Dennoch ist der Digitalisierungsstand der deutschen Chemieindustrie eher durchschnittlich. Im Digitalisierungsprofil des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi) liegt die Pharma- und Chemiebranche knapp unter dem Durchschnitt der gewerblichen Wirtschaft insgesamt. Zudem ist sie die einzige

Branche, die zukünftig damit rechnet, in ihrem Digitalisierungsgrad – wenn auch nur leicht – abzunehmen (vgl. Abbildung 36). Obwohl ein Drittel der Chemieunternehmen mit dem Stand der eigenen Digitalisierung sehr oder äußerst zufrieden ist, geben immerhin auch 21 Prozent im Bereich Chemie/Pharma an, mit dem eigenen Digitalisierungsstand unzufrieden zu sein.<sup>40</sup> 33 Prozent der Unternehmen sehen sich sogar im internationalen Wettbewerb bereits abgeschlagen.

Um die Chancen der Digitalisierung nutzen zu können, bedarf es ausreichender Digitalisierungsanstrengungen innerhalb der Unternehmen. Gemäß der ZEW-Konjunkturumfrage haben 68 Prozent der Unternehmen in der Chemie- und Pharmaindustrie in den vergangenen drei Jahren Digitalisierungsprojekte umgesetzt – etwa so viele wie im Schnitt alle Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes. Grund für das durchschnittliche Abschneiden könnte die Einschätzung sein, dass nur in 21 Prozent der Chemie- und Pharmaunternehmen die Digitalisierung eine zentrale Rolle für den Unternehmenserfolg spielt. Auch der Umsatz mit digitalen Angeboten liegt unter dem Durchschnitt der gewerblichen Wirtschaft und auch der Industrie.<sup>41</sup>

<sup>37</sup> Vgl. Auer 2018.

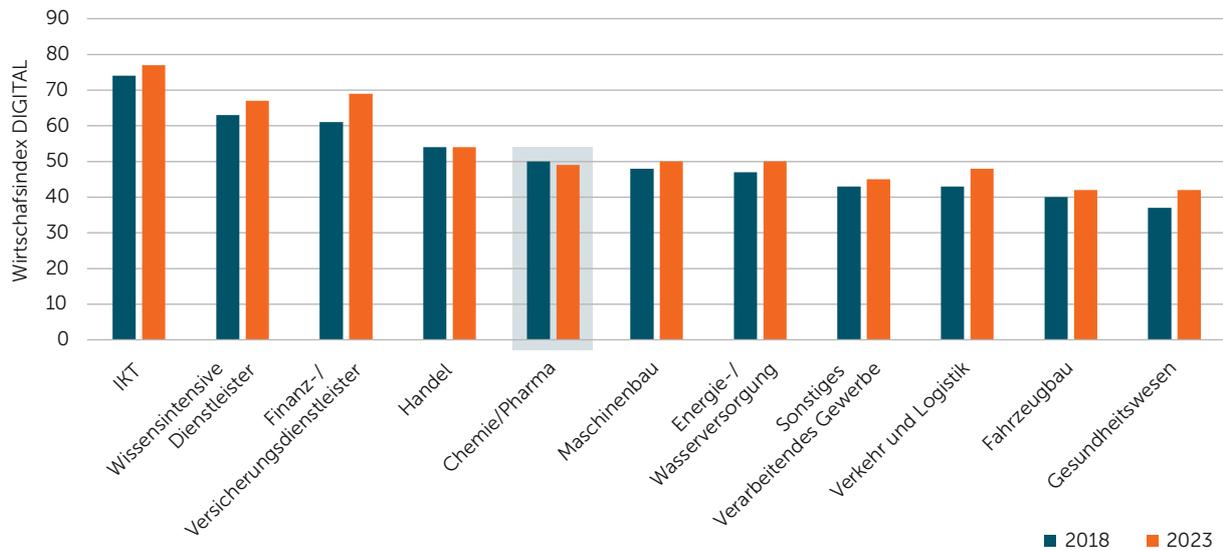
<sup>38</sup> Vgl. Hirsch-Kreinsen 2020.

<sup>39</sup> Für die Einschätzung des aktuellen Digitalisierungsstandes der deutschen Industrie hat der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Bitkom) im Jahr 2020 eine Umfrage mit über 500 Industrieunternehmen ab 100 Beschäftigten durchgeführt.

<sup>40</sup> Vgl. BMWi 2018.

<sup>41</sup> Vgl. Kantar & ZEW 2018.

Abbildung 36: Wirtschaftsindex DIGITAL im Branchenvergleich (2018/2023)

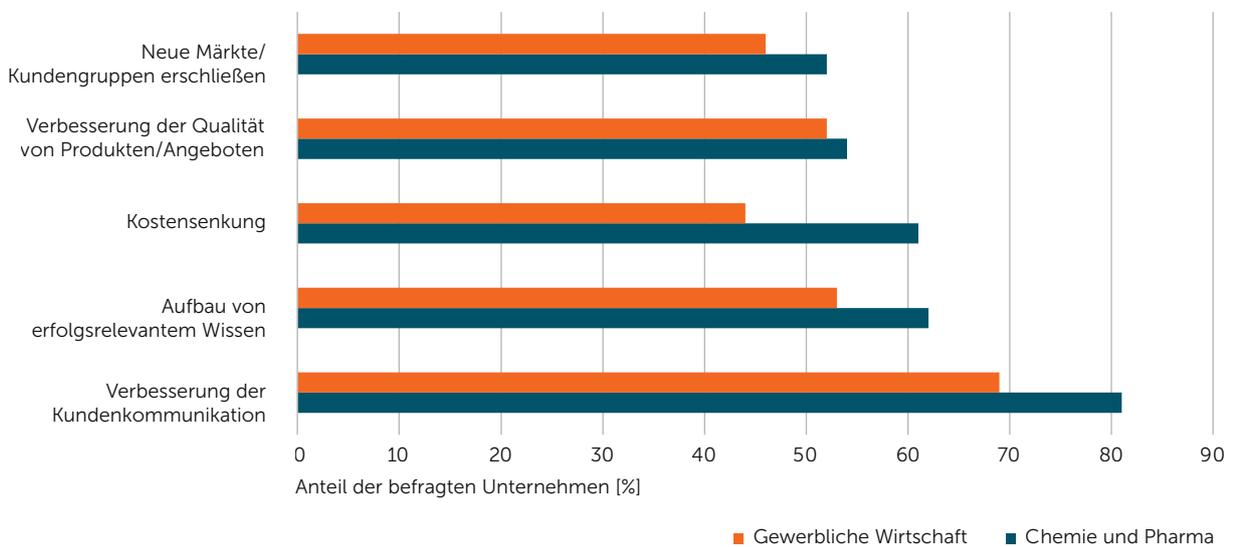


\* Der Index vergibt 0 bis 100 Punkte für den Digitalisierungsgrad. Bei einem Wert von 0 sind keinerlei Geschäftsabläufe oder unternehmensinterne Prozesse digitalisiert. 100 Punkte erzielen Unternehmen, die vollständig digitalisiert sind.  
 Quelle: Monitoring-Report Wirtschaft Digital (Kantar & ZEW, 2018), Oxford Economics

Trotz der Skepsis gegenüber den Möglichkeiten der Monetarisierung haben Unternehmen der Chemie- und Pharmaindustrie einige Ziele mithilfe der Digitalisierung erreichen können. Der Anteil der Unternehmen, der die Ziele erreichen konnte, ist dabei durchweg größer als in

der gewerblichen Wirtschaft. Besonders viele Unternehmen konnten ihre Kundenkommunikation verbessern. Ebenfalls stark überdurchschnittlich war der Anteil der Unternehmen, die Kostensenkungen erreichen konnten (vgl. Abbildung 37).

Abbildung 37: Top erreichte Ziele der Digitalisierung (2018)



Quelle: Monitoring-Report Wirtschaft Digital (Kantar & ZEW, 2018), Oxford Economics

Doch die Möglichkeiten der Digitalisierung für die Chemieindustrie werden weit über Kostensenkungen und Kundenkommunikation hinaus gehen. Generell kann sich die Digitalisierung in der Chemieindustrie, der sogenannten Chemie 4.0, in drei Anwendungsformen materialisieren – im Zuge einer verbesserten Transparenz durch digitale Prozesse, in Form von datenbasierten Betriebsmodellen oder durch digitale Geschäftsmodelle. Die digitale Komplexität nimmt je Anwendungsform zu, aber auch der erwartete Unternehmenserfolg steigt dabei an.<sup>42</sup>

sieren – im Zuge einer verbesserten Transparenz durch digitale Prozesse, in Form von datenbasierten Betriebsmodellen oder durch digitale Geschäftsmodelle. Die digitale Komplexität nimmt je Anwendungsform zu, aber auch der erwartete Unternehmenserfolg steigt dabei an.<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Vgl. Deloitte 2017.

- Ein noch geringer Grad der digitalen Komplexität sind Digitalisierungsmaßnahmen in der Kategorie **Transparenz und digitale Prozesse**. Digitalisierung wird hierbei insbesondere dazu eingesetzt, die Grundlage für ein umfassendes Wissen zu schaffen, indem Daten und Informationen gesammelt und geteilt werden. Anwendungsbeispiele sind unter anderem die mobile Abrufmöglichkeit von Temperatur- oder Druckdaten, welche im Rahmen der Produktion kontrolliert werden können, sowie der Informationsaustausch zum Wartungsstand zwischen verschiedenen Produktionsanlagen in Echtzeit.
- **Datenbasierte Betriebsmodelle** sind digital komplexer, versprechen aber eine größere Auswirkung auf den Unternehmenserfolg. Die gewonnenen Daten werden hier intensiver genutzt und gegebenenfalls mit externen Daten verknüpft. Ziel ist die Optimierung der betrieblichen und operativen Geschäftsprozesse. Beispielsweise kann die Erfassung und Integration von Echtzeitinformationen über die Leistung der Anlagen dazu dienen, eine Abschätzung über die Zuverlässigkeit und den Zustand der Betriebsmittel zu treffen. Weiterhin ist es möglich, durch den Einsatz von Sensoren den Wartungsbedarf besser vorherzusagen und ressourcensparend umzusetzen. Die benötigte Zeit für Wartungsarbeiten kann somit um 20–50 Prozent gesenkt werden, die Verfügbarkeit der Anlagen um 10–20 Prozent erhöht werden

und die Gesamtkosten der Wartungsarbeiten um 10–55 Prozent reduziert werden.<sup>43</sup> Auch in der Logistik können durch den Einsatz von digitalen Betriebssystemen Vorteile entstehen. Durch die Nutzung von Echtzeitinformationen über ein- und ausgehende Produkte können beispielsweise die Lagerhaltungskosten um 20–50 Prozent gesenkt werden.<sup>44</sup>

- **Digitale Geschäftsmodelle** sind die Königsdisziplin in der Nutzung der Digitalisierung. Diese beschreiben Wertschöpfungsstrukturen, die durch den Einsatz digitaler Techniken und Daten gebildet werden und etablierte Prozesse grundlegend verändern. Ziel ist es, durch eine digitale Ergänzung der Produkte und Dienstleistungen den Kundennutzen zu steigern. Dies geschieht in der Regel nicht als einzelnes Unternehmen, sondern in digitalen Netzwerken. So können Unternehmen beispielsweise die Kundenwünsche auf Basis von Kundendaten durch direkte Interaktion mit der Kundschaft auf B2B-Plattformen besser einschätzen und berücksichtigen. So könnten beispielsweise die gewünschten Funktionen der Additiven vorab eruiert und in der Produktion umgesetzt werden.

Abbildung 38 gibt einen Überblick über weitere denkbare Digitalisierungsoptionen in den drei Stufen der digitalen Komplexität.

Abbildung 38: Möglichkeiten der Digitalisierung von Chemieunternehmen



Quelle: VCI, Oxford Economics

<sup>43</sup> Vgl. Deloitte 2017.

<sup>44</sup> Vgl. Deloitte 2017.

Digitalisierung kann nicht nur Kosten senken, sondern auch den Umsatz steigern sowie gänzlich neue Wachstumsmöglichkeiten bieten. Insofern bietet sie große Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit der Chemischen Industrie. Zum einen können Ressourcen wie Zeit, finanzielle Mittel und Arbeitskräfteeinsatz gespart werden. Zum anderen können die Wissensgrundlage ausgebaut und ein agilerer Innovationsprozess eingeleitet werden. Gerade der Chemiesektor, der zunehmend der Konkurrenz von Produzenten in Schwellen- und rohstoffreichen Ländern ausgesetzt ist, könnte daher die Digitalisierung als Chance nutzen, um sich qualitativ abzusetzen. Besonders relevant werden die Vorteile in der Produktion von Petro-, Industrie-, anorganischen Chemikalien und Polymeren, in der Logistik sowie der Forschung und Entwicklung zu Konsumchemikalien und Pflanzenschutzmitteln, aber auch im Vertrieb und in der Verwaltung von Farben, Lacken, Klebstoffen, Dichtmitteln, Fein- und Spezialchemikalien sowie den genannten Pflanzenschutzmitteln und Konsumchemikalien.<sup>45</sup>

Die Digitalisierung im Chemiesektor hat ebenfalls einen maßgeblichen Einfluss auf die Umsetzbarkeit der zirkulären Wirtschaft (vgl. Kapitel 4). Hierbei sollen die Rohstoffe und Produkte in einen ressourcenschonenden Stoffkreislauf überführt werden. Digitale Maßnahmen können dies erst ermöglichen. Zum einen können Unternehmen durch detaillierte, digital gesammelte und ausgewertete Daten die Produkte nachhaltig umgestalten (Re-Design). Zum anderen können Informationen über den Produktionsprozess dessen Effizienz verbessern und den Ressourceneinsatz optimieren. Auch die notwendige Rücknahme und das Recycling sind erst mittels digitaler Nachverfolgung in Gänze umsetzbar.<sup>46</sup> Blockchain-Lösungen können außerdem die Nachverfolgbarkeit von Stoffen entlang der Wertschöpfungskette ermöglichen und digitale Plattformen den Handel von hochreinen Recyclingstoffen ermöglichen.<sup>47</sup>

Die zunehmende Digitalisierung bietet darüber hinaus den Vorteil, die Hürden der demografischen Entwicklung in den kommenden Jahren abzdämpfen. Die digitale Technologie könnte dabei dem sinkenden Erwerbspersonenpotenzial sowie der potenziell geringeren Produktivität älterer Arbeitskräfte in Deutschland entgegenwirken. Die internationale Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen würde somit begünstigt werden.

Bei der digitalen Transformation dürfen jedoch nicht die Risiken für die Chemiebranche vernachlässigt werden. Ein Risiko zeigt sich in den heutigen Analysen zum Digitalisierungsstand der Chemieindustrie. Die Digitalisierungsanstrengungen konzentrieren sich noch auf wenig komplexe Anwendungen, die per Definition mit geringeren Auswirkungen auf den Unternehmenserfolg einhergehen. Der Fokus liegt auf Prozessoptimierung anstatt auf der Erkundung neuer Geschäftsmodelle.<sup>48</sup> Für eine materialbasierte Branche scheint der Weg in die digitale Welt noch nicht ausreichend fassbar – zumindest mit Blick auf den Unternehmenserfolg – und auch noch mit großen Unsicherheiten behaftet.<sup>49</sup>

Ein Großteil der Unternehmen sieht außerdem Risiken bei der Datensicherheit und dem Datenschutz. Hierzu müssen Unternehmen ihre internen Daten sowie Kundendaten vor Hacker-Angriffen und Industriespionage schützen, um weiterhin die Datenvertraulichkeit gewährleisten zu können. Cyber-Security gewinnt daher rasant an Bedeutung. Des Weiteren müssen sich Unternehmen zunächst einer hohen finanziellen Belastung stellen, da durch die Implementierung und Pflege der digitalisierten Anlagen sowie den Austausch der Altanlagen hohe Kosten entstehen, welche potenziell erst mittel- bis langfristig einen wirtschaftlichen Vorteil erbringen. Eine solche Anfangsinvestition lohnt sich entsprechend nur, solange die Produktpalette noch langlebig ist.<sup>50</sup>

Nicht zuletzt bremst auch das fehlende leistungsfähige Breitband die Digitalisierung der Industrie.<sup>51</sup> Dies birgt die Gefahr, dass die Chemieindustrie nicht nur in ihrem herkömmlichen Geschäftsfeld zunehmend Konkurrenz aus dem asiatischen Raum erhält.

### 3.2 Globalisierung

Volkswirtschaften sind keine geschlossenen Kreisläufe, sondern über grenzüberschreitende Investitionen, Wissenstransfers und Arbeitsteilung eng miteinander vernetzt. Unterschiedliche Fertigungsschritte innerhalb eines Produktionsprozesses werden auf Unternehmen in verschiedenen Ländern verteilt, um die Stärken der unterschiedlichen Standorte zu nutzen und Effizienzgewinne bei der Herstellung bestimmter Produkte zu realisieren.<sup>52</sup> Dies gilt auch für die stark exportorientierte deutsche

<sup>45</sup> Vgl. Deloitte 2017.

<sup>46</sup> Vgl. Deloitte 2017.

<sup>47</sup> Vgl. VCI 2021b.

<sup>48</sup> Vgl. CWS 2020.

<sup>49</sup> Vgl. CWS 2020.

<sup>50</sup> Vgl. DECHEMA 2016.

<sup>51</sup> Vgl. Kantar & ZEW 2018.

<sup>52</sup> Vgl. BDI 2020.

Chemieindustrie (vgl. Kapitel 2.5). Vor allem deutsche Zwischenprodukte der Chemieindustrie werden mehrfach gehandelt. So werden 40 Prozent der Exporte nicht im Zielland verbraucht, sondern erneut weiter exportiert.<sup>53</sup>

Sowohl absatz- als auch bezugsseitig hat die deutsche Chemieindustrie ihre Einbindung in komplexe internationale Wertschöpfungsketten tendenziell ausgebaut. Absatzseitig hat der Export von Zwischenprodukten immer weiter zugenommen. Dieser Trend führte spiegelbildlich dazu, dass der inländische Absatzmarkt zunehmend an Bedeutung verlor.<sup>54</sup> Aber auch bezugsseitig hat die deutsche Chemiebranche intensiv Vorleistungen ins Ausland verlagert. Diese Offshoring-Strategien resultieren ebenfalls in einer intensiveren Abhängigkeit von internationalen Wertschöpfungsketten – mit rund 40 Prozent des Fertigproduktwerts ist die Einbindung sogar stärker als in der Automobilindustrie und im Maschinenbau.<sup>55</sup> Dadurch sind auch die Fertigungstiefe und der inländische Bezug von Vorleistungen in der deutschen Chemieindustrie rückläufig, da die importierten Vorleistungen (vor allem aus China und den USA) eine immer größere Wertschöpfung aufweisen.

Gerade die Länder, die diese Vorleistungen für die deutsche Chemieindustrie produzieren, sind in den letzten Jahren auf dem Vormarsch. China hat seine Exporte in den letzten zehn Jahren mehr als verdoppelt. Zwar profitierte Deutschland zunächst von der steigenden Nachfrage nach chemischen Produkten in China,<sup>56</sup> allerdings senkt China durch einen massiven Kapazitätsausbau zunehmend die Abhängigkeit von Importen aus dem Ausland und deckt die starke heimische Nachfrage nach chemischen Erzeugnissen durch lokale Herstellung.<sup>57</sup> Zudem setzt China nicht mehr auf Güter mit geringer Wertschöpfung und hoher Lohnintensität, sondern ist zunehmend auch als Exporteur in der Spezialchemie aktiv, die eine höhere Wertschöpfung aufweist. Hier wird perspektivisch erwartet, dass China vom Netto-Importeur zum Netto-Exporteur wird.<sup>58</sup> Hierzu tragen protektionistische Maßnahmen der chinesischen Zentralregierung bei, die ausländischen Unternehmen den Zugang zum chinesischen Absatzmarkt weiterhin nur in Form von

Joint Ventures und Technologietransfers an chinesische Partner erlauben. Ziel ist die technologische Autarkie beziehungsweise die Technologieführerschaft Chinas.<sup>59</sup> Laut Expertenmeinung stammen bereits 40 Prozent aller Innovationen der Chemieindustrie aus China.<sup>60</sup>

Chinas Aufstieg führt demnach zu grundlegenden Verschiebungen in den globalen Liefer- und Wertschöpfungsketten und auch zukünftig wird die Wettbewerbsintensität durch asiatische und insbesondere chinesische Konkurrenten hoch bleiben.

Neben der zunehmenden Konkurrenz im asiatischen Raum wird auch eine zunehmende Konkurrenz in anderen Regionen erwartet. Hintergrund ist die Vorwärtsintegration in der Wertschöpfungskette von Grundstoffchemieherstellern aus Regionen mit niedrigen Rohstoff- und Energiekosten hin zu (stark standardisierten) Spezialchemikalien mit höherer Wertschöpfung.<sup>61</sup> Zu den Ländern, die diese Strategien verfolgen dürften, gehören die USA, aber auch der Nahe Osten. Die USA punktet außerdem mit ihrer Fähigkeit der kommerziellen Vermarktung chemischer Erzeugnisse. Dies wird unter anderem daran deutlich, dass deutsche Hightech-Unternehmen zwar zunächst lokal aus Steuermitteln gefördert werden, jedoch oftmals bei ersten kommerziellen Erfolgen durch Verlagerung des Standorts oder Verkauf des Unternehmens „amerikanisiert“ werden.<sup>62</sup> Ein weiterer Beweggrund ist die höhere Wahrscheinlichkeit, in den USA von Venture-Capital-Unternehmen unterstützt zu werden. Diese Unternehmen investierten 2016 rund sechsmal so viel in den USA wie in Europa.

Ein weiteres Risiko für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie sind die ordnungspolitischen Rahmenbedingungen. Gerade Regulierungen zur Umsetzung der energie- und umweltpolitischen Ziele würden die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Deutschland schwächen.<sup>63</sup> So verschlechtern beispielsweise die im internationalen Vergleich hohen Rohstoff- und Energiekosten die Chancen auf eine vorteilhafte Wettbewerbsposition. Allein die Steuern und Abgaben machen circa die Hälfte des Strompreises bei deutschen

<sup>53</sup> Vgl. ifw Kiel 2020.

<sup>54</sup> Vgl. ifw Kiel 2020.

<sup>55</sup> Vgl. ifw Kiel 2020.

<sup>56</sup> Vgl. MERICS 2020.

<sup>57</sup> Vgl. CHEManager 2015.

<sup>58</sup> Vgl. Commerzbank 2021.

<sup>59</sup> Vgl. MERICS 2020.

<sup>60</sup> Vgl. ifw Kiel 2020.

<sup>61</sup> Vgl. Commerzbank 2021.

<sup>62</sup> Vgl. Dohse 2019.

<sup>63</sup> Vgl. VCI 2017b.

Chemieunternehmen aus.<sup>64</sup> Zusätzlich herrscht durch die Energiepolitik eine große Planungsunsicherheit für die Chemieunternehmen, wodurch Investitionsvorhaben erschwert werden können.<sup>65</sup> Hinzu kommen langwierige Genehmigungsverfahren für Produktionsanlagen. Die Herausforderungen für die internationale Wertschöpfung durch die grüne Transformation könnten sich auch zukünftig verstärken. Vorhaben wie die Nachhaltigkeitsstrategie für Chemikalien (vgl. Kapitel 5.3) und die Einführung eines Grenzausgleichsmechanismus (vgl. Kapitel 5.2) könnten nach Ansicht der Chemiebranche die Wettbewerbsposition weiter schwächen und dazu führen, dass Investitionen (und potenzielle Wertschöpfung) der Chemieunternehmen von Deutschland nach Asien (insbesondere China und Indien) verlagert werden.<sup>66</sup>

Andererseits ergeben sich aus der grünen Transformation auch Chancen. Mit emissionsarmen oder klimaneutralen Produktionen könnte der regulatorischen Belastung und den daraus resultierenden hohen Preisen für CO<sub>2</sub>-Emissionsrechten teilweise ausgewichen werden.<sup>67</sup> Gerade biotechnologische Verfahren und biobasierte Plattformchemikalien sowie elektrische Syntheseverfahren wie Power-to-X bieten neue Wertschöpfungspotenziale für die deutsche Chemieindustrie. Grüne Chemieprodukte werden – teilweise auch durch politische Zielsetzungen getrieben – immer mehr nachgefragt und bieten die Möglichkeit, sich von der internationalen Konkurrenz abzusetzen. Voraussetzung hierfür ist selbstverständlich, dass die deutsche Chemieindustrie ihre Technologieführerschaft nicht an die chinesische Industrie verliert.<sup>68</sup>

Ein weiterer Trend, der die Globalisierung der Chemieindustrie beeinflussen könnte, ist ein zunehmend zu erkennender Protektionismus. Dieses „Decoupling“ der Liefer- und Wertschöpfungsketten ist bereits in einigen Bereichen zu beobachten. Die Verlagerung hin zu mehr regionalen und lokalen Wertschöpfungsketten wird durch die Besorgnis von Industriekunden und Politikern getragen, die undurchsichtige und schwerfällige Lieferketten

befürchten.<sup>69</sup> Auch stärker national ausgerichtete Industriepolitiken und Investitionsanreize könnten Unternehmen dazu incentivieren, ihre lokale Fertigungstiefe wieder zu erhöhen. Maßnahmen wie der Grenzausgleichsmechanismus CBAM könnten diese Tendenzen verstärken (vgl. Kapitel 5.2). Nicht zuletzt könnte ein Decoupling auch eine „mögliche strategische Antwort auf Chinas Streben nach Dominanz sein“.<sup>70</sup>

Die lokale Produktion von Gütern könnte durch die Digitalisierung bedeutend erleichtert werden. Während die Digitalisierung in ihren Anfängen den internationalen Handel durch die erleichterte Koordination der globalen Wertschöpfungskette förderte, werden Auslagerung durch die Digitalisierung nun teilweise hinfällig. Beispielsweise werden nun Produktionsschritte vor Ort durch digitale Technologien wie den 3D-Druck ermöglicht.<sup>71</sup> So sind Investitionen und Förderung der Digitalisierung im Chemiesektor auch wichtig, um die Wettbewerbsfähigkeit der Chemieunternehmen aufrecht zu erhalten.<sup>72</sup> Besonders der Produktion vor- und nachgelagerte Bereiche wie beispielsweise Forschung und Entwicklung sowie Marketing und Vertrieb bieten noch erhebliches Optimierungspotenzial.

### 3.3 Demografischer Wandel und Fachkräftesicherung

Die deutsche Bevölkerung altert. Dies spiegelt sich auch auf dem Arbeitsmarkt wider.<sup>73</sup> Das Durchschnittsalter der Beschäftigten im Chemiesektor lag 2018 bereits bei 43 Jahren, während sich dieser Wert im Jahr 2000 noch auf 40,1 Jahre belief. Besonders in den höheren Alterskategorien wird dieser Trend ersichtlich. Während im Jahre 2000 die Anteilswerte der Beschäftigten zwischen 25–39 Jahre und der Beschäftigten zwischen 50–59 Jahre um ganze 21,8 Prozentpunkte auseinanderlagen und die jüngere Generation deutlich die Mehrheit bildete, näherten sich die Werte im Jahre 2018 auf eine Differenz von lediglich 1,7 Prozentpunkten an (vgl. Abbildung 39).

<sup>64</sup> Vgl. ifw Kiel 2020.

<sup>65</sup> Vgl. VCI 2017b.

<sup>66</sup> Vgl. ifw Kiel 2020.

<sup>67</sup> Vgl. ifw Kiel 2020.

<sup>68</sup> Vgl. World Economic Forum 2021.

<sup>69</sup> Vgl. World Economic Forum 2021.

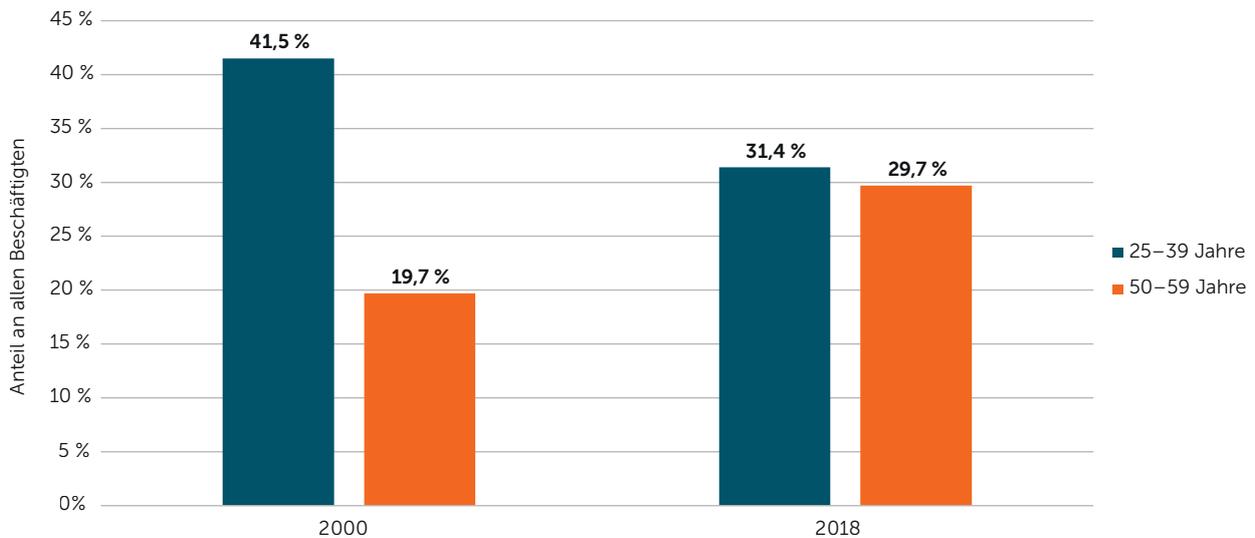
<sup>70</sup> Vgl. MERICS 2020.

<sup>71</sup> Vgl. BDI 2020.

<sup>72</sup> Vgl. Schäfer & Sauer 2020.

<sup>73</sup> Vgl. Petersen & Steiner 2019.

Abbildung 39: Entwicklung der Altersstruktur im Chemiesektor (2018)



Quelle: Bundesagentur für Arbeit, Oxford Economics

Die Alterung macht demnach auch vor der Chemieindustrie nicht halt. Aus einer Prognose der ChemieNord geht hervor, dass es zukünftig stetig weniger junge Nachwuchskräfte im Chemiesektor geben wird.<sup>74</sup> Durch die hohe Anzahl der gegenwärtigen Beschäftigten im jüngeren und mittleren Alter wird sich lediglich die Anzahl an älteren Arbeitskräften erhöhen; diese werden jedoch den Beschäftigungsrückgang in den jüngeren Altersgruppen nicht ausgleichen können, sodass insgesamt von einem zunehmenden Fachkräftemangel auszugehen ist. Dieser ist bereits heute spürbar. Gerade einmal 20 Prozent beträgt die Quote für Auszubildende je älterem Beschäftigten ab 55 Jahren, welcher in den kommenden Jahren der Rente entgegenblickt (vgl. Kapitel 2.4).

Deutschlands demografische Struktur führt im internationalen Wettbewerbsmarkt dazu, dass Produkte vorzugsweise produziert werden, die weniger Arbeit, dafür mehr Kapital und Technologie in der Herstellung benötigen. Durch den demografischen Wandel und den globalen Wettbewerb entsteht somit der Anreiz, arbeitssparende Technologien zu entwickeln und die Digitalisierung voranzutreiben.<sup>75</sup> Doch auch für die Entwicklung solcher Technologien fehlt es zurzeit an Fachkräften. So nennen 53 Prozent der befragten Chemieunternehmen den Fachkräftemangel als größte Barriere für die Umsetzung der Digitalisierung im Sektor, wodurch die Realisation von Chancen am Markt gefährdet werde.<sup>76</sup> Zum einen sind es notwendige Qualifikationen, die für die Ausübung der beruflichen Tätigkeit unabdingbar sind. Im Jahr 2018

forderte jedes zehnte Chemieunternehmen im Vergleich zum Vorjahr einen deutlichen Anstieg der IT-Skills.<sup>77</sup> Zum anderen gibt es umfassende Erwartungen an die geistige Haltung der Beschäftigten, die Veränderungsprozessen sowie neuen Technologien und Arbeitsweisen gegenüber offen sein sollten.<sup>78</sup>

Eine Analyse weltweiter Stellenportale bestätigt dies. Grundsätzlich werden zunehmend Beschäftigte gesucht, die sich im Datenmanagement und der Datenanalyse auskennen – sogenannte Tech-Spezialisten. Dazu gehören beispielsweise (Big) Data Scientists, Cyber Security Specialists, Fachinformatiker\*innen sowie IoT- oder Blockchain-Architekt\*innen (vgl. Abbildung 40). Zudem nehmen auch die Anforderungen an die digitalen Kompetenzen im Umgang mit neuen Technologien in den klassischen Berufen zu. Neben der konventionell geforderten Fachexpertise werden daher nun auch Kenntnisse in der allgemeinen Datenverarbeitung, im digitalen Dokumentenmanagements (DMS), im Umgang mit vernetzten Labor- und Analyse-Geräten, in der prädiktiven Wartung, in Echtzeitdatensystemen, bei der Erfassung und Analyse von Prozess- und Produktionsdaten sowie Erfahrungen mit der Wearable Technologie (zum Beispiel Datenbrillen zur Unterstützung von Wartungs- und Reparaturarbeiten) nachgefragt. Neben diesen digitalen Schlüsselkompetenzen werden außerdem Umwelt- und Arbeitsschutzkompetenzen wichtiger sowie nicht-digitale Schlüsselqualifikationen wie unternehmerisches Denken, Adaptionsfähigkeit und ein agiles Mindset.

<sup>74</sup> Vgl. Rimbach 2015.

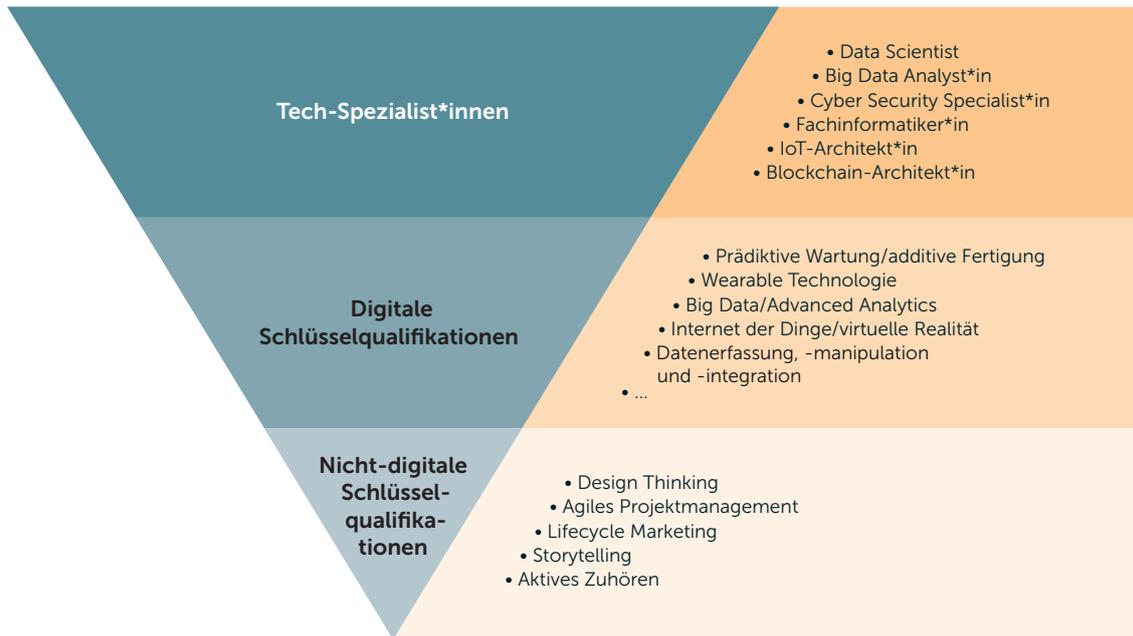
<sup>75</sup> Vgl. Petersen & Steiner 2019.

<sup>76</sup> Vgl. Ernst & Young GmbH 2019.

<sup>77</sup> Vgl. BAVC 2021.

<sup>78</sup> Vgl. IG BCE 2020b.

Abbildung 40: Future Skills in der Chemiebranche



Quelle: Future Skills Report (HRForecast, 2021), Oxford Economics

Aufgrund des Fachkräftemangels auf dem Arbeitsmarkt ist es für die Chemieunternehmen von höchster Bedeutung, die Beschäftigten fortlaufend weiterzubilden. Die Chemieindustrie investierte hierbei mit rund 1.538 Euro pro Arbeitskraft im Jahr 2016 bedeutend mehr in die Beschäftigten als der Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes mit lediglich 1.023 Euro.<sup>79</sup> Im selben Jahr haben 93,4 Prozent der Chemieunternehmen ihre Beschäftigten weitergebildet, wohingegen der Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes mit 8,4 Prozent deutlich niedriger liegt. Darüber hinaus weisen die Weiterbildungen im Chemiesektor eine höhere Intensität auf. Mit jährlich 22,3 Stunden pro Person liegt der zeitliche Umfang der Weiter-

bildung um rund 46 Prozent höher als der Durchschnitt im Verarbeitenden Gewerbe.<sup>80</sup>

Angesichts des Fachkräftemangels sollte auch die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Beschäftigten oberste Priorität haben. Die Gestaltung der Arbeitsplätze sollte alters- sowie altersgerecht sein. Die Investition in den Arbeitsschutz reduziert die Anzahl der Arbeitsunfälle und mindert die arbeitsbedingte Gesundheitsgefahr. Darauf resultiert ein Abbau von Fehlzeit, wodurch Betriebsstörungen vermieden werden und die Wettbewerbsfähigkeit mittelbar geschützt wird.<sup>81</sup>

<sup>79</sup> Vgl. BAVC 2017.  
<sup>80</sup> Vgl. BAVC 2017.  
<sup>81</sup> Vgl. IG BCE 2020.

# 4

## 4. Herausforderung Nachhaltigkeit und Treibhausgasneutralität

Deutschland plant laut neuem Klimaschutzgesetz, bis 2030 seine Treibhausgasemissionen um 65 Prozent und bis 2040 auf mindestens 88 Prozent unter das Niveau von 1990 zu reduzieren. Zudem möchte Deutschland bis 2045 klimaneutral sein – also fünf Jahre früher als die EU. Die Chemieindustrie ist nicht nur als Schlüsselindustrie wesentlicher Akteur für die Erreichung der Klimaneutralität; als Produzent vieler Vorleistungen (vgl. Kapitel 2.1) könnte eine klimafreundliche Chemie über ihre Wertschöpfungsketten insgesamt ein großer Hebel für den Klimaschutz in vielen anderen Industrien bilden.<sup>82</sup> Je grüner die Vorprodukte, desto grüner auch die Erzeugnisse der gesamten Verarbeitenden Industrie.

Die Branche bekennt sich zur Klimaneutralität bis 2050. Als eines der ersten Unternehmen hat sich BASF auf ein festes Datum zur Treibhausgasneutralität bis 2050 verpflichtet.<sup>83</sup> Aber auch die restliche Branche hat sich in der Initiative Chemistry4Climate mit insgesamt 70 Partnern

aus Industrie, NGOs und Bundesregierung zusammengeslossen, um den ambitionierten Plan der Klimaneutralität bis 2050 im Schulterschluss anzugehen.<sup>84</sup> Als ersten wichtigen Schritt sichern sich daher auch bereits viele Unternehmen Zugang zu grünem Strom. BASF erwarb beispielsweise kürzlich einen Anteil am Offshore-Windpark Hollandse Kust Zuid von Vattenfall<sup>85</sup> und Covestro schloss eine langfristige Vereinbarung mit dem Energieanbieter Ørsted über Strom aus Offshore-Windkraftanlagen.<sup>86</sup>

Auch im Bereich der Nachhaltigkeit hat sich ein Branchenbündnis aus dem Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), der Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) und dem Bundesarbeitgeberverband Chemie (BAVC) zusammengetan, um unter dem Dach Chemie<sup>3</sup> die Nachhaltigkeitsbestrebungen der Branche zu unterstützen und aktiv voranzutreiben.<sup>87</sup> Hierzu wurden unter anderem zwölf Leitlinien für eine nachhaltige deutsche Chemiebranche formuliert (vgl. Abbildung 41).

Abbildung 41: Leitlinien zur Nachhaltigkeit für die deutsche Chemieindustrie



Quelle: Chemie<sup>3</sup>, Oxford Economics

<sup>82</sup> Vgl. Rothermel 2020.

<sup>83</sup> Vgl. tagesschau 2021.

<sup>84</sup> Vgl. VCI 2021d.

<sup>85</sup> Vgl. Scheuermann 2021.

<sup>86</sup> Vgl. Covestro 2019.

<sup>87</sup> Vgl. Chemie<sup>3</sup> 2021.

#### 4.1 Nachhaltigkeit

Das Konzept der nachhaltigen Chemie zielt darauf ab, den Nachhaltigkeitsdreiklang aus Umwelt-, Sozial- und Wirtschaftszielen auch in die Chemieproduktion zu integrieren. Gemeinsam mit der OECD hat das Umweltbundesamt deshalb bereits 2004 Kriterien für eine nachhaltige Chemie erarbeitet. Hierbei geht es zum einen um den Gesundheitsschutz. In der Produktion sollen – sofern möglich – ungefährliche Stoffe eingesetzt werden. Des Weiteren fokussieren sich die Kriterien auf den Umweltschutz, der die Materialeffizienz und die Verminderung negativer Auswirkungen auf die Umwelt in den Mittelpunkt stellt. Credo ist daher die Herstellung langlebiger und ressourcenschonender Produkte, die Reduzierung des Ressourcen- und Energieverbrauchs entlang des gesamten Produktlebenswegs (Rohstoffgewinnung, Herstellung, Weiterverarbeitung, Anwendung und Entsorgung) und die generelle Verminderung negativer Auswirkung der Produktion auf die Umwelt (zum Beispiel schädliche Emissionen in Gewässer, Böden etc.).<sup>88</sup>

Mit Blick auf eine nachhaltige Wertschöpfungskette lassen sich hierfür zwei Handlungsbereiche unterscheiden: Die nachhaltige Produktion und Verarbeitung sowie die Verwendung risikoarmer Chemikalien und Produkte.<sup>89</sup> Zur nachhaltigen Produktion und Verarbeitung gehört neben den Treibhausgasemissionen, dem Energieeinsatz generell und dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe, die später noch genauer betrachtet werden, insbesondere die Materialeffizienz in der Produktion. Aus der Umweltökonomischen Gesamtrechnung wird deutlich, dass die Industrie zwischen 2010 und 2018 sowohl die inländische Verwendung von Rohstoffäquivalenten bei der Herstellung chemischer und pharmazeutischer Erzeugnisse sowie Gummi- und Kunststoffwaren um 23 Prozent als auch deren Exporte um zehn Prozent senken konnte.<sup>90</sup> Diese eingesparten Ressourcen sind umso eindrucklicher, wenn man die in diesem Zeitraum gestiegene Produktion mit bedenkt. Auch der Wasserverbrauch konnte zwischen 2001

und 2016 um 23 Prozent gesenkt werden, wobei vor allem die Entnahme von Wasser aus der Natur erheblich abgenommen hat. Analog ging auch die produzierte Abwassermenge im gleichen Zeitraum um 22 Prozent zurück. Auch der spezifische Rohstoffeinsatz, das heißt, der Einsatz petrochemischer Rohstoffe pro Produktionseinheit, konnte seit 2000 um 20 Prozent gesenkt werden.<sup>91</sup> Diese Erfolge in der Materialeffizienz gehen vermutlich auch damit einher, dass 83 Prozent der für den Fortschrittsbericht der Initiative Chemie<sup>3</sup> befragten Unternehmen Effizienzziele für den Rohstoffeinsatz beziehungsweise die Abfallmengen haben.

Die Erfolge in der nachhaltigen Produktion und Verarbeitung konnten im zweiten Handlungsbereich – Chemikalien und Produkte – nicht wiederholt werden. Im Wesentlichen sollen die Auswirkungen des Einsatzes von (gefährlichen) Chemikalien auf die Umwelt reduziert werden. Mit Blick auf die Stoffsicherheit erfasst der Nachhaltigkeitsbericht von Chemie<sup>3</sup> den Anteil der Unternehmen mit Managementsystemen zur Aktualisierung oder Qualitätssicherung ihrer REACH-Dossiers. 2018 lag dieser bei 77 Prozent der Unternehmen.<sup>92</sup> Weitere Indikatoren werden in der Umweltökonomischen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamts veröffentlicht. 2019 produzierte die Chemische Industrie etwa 1,3 Millionen Tonnen gefährlichen Abfall. Dies entspricht sechs Prozent der insgesamt produzierten Menge. Zwischen 2009 und 2019 hat die Menge der gefährlichen Abfälle in der Chemischen Industrie außerdem um 28 Prozent zugenommen.<sup>93</sup> Mehr als die Hälfte der Abfallmenge entstand 2019 durch Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen (vgl. Abbildung 42). Ebenfalls relevant sind Abfälle aus anorganisch-chemischen Prozessen (14 Prozent), Bau- und Abbruchabfälle (9 Prozent) sowie Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen (8 Prozent). Hier gilt es, weiterhin Abfallmengen zu reduzieren und die Erfolge der Prozessoptimierungen auch hier zu duplizieren.

<sup>88</sup> Vgl. UBA 2009.

<sup>89</sup> Vgl. UBA 2009.

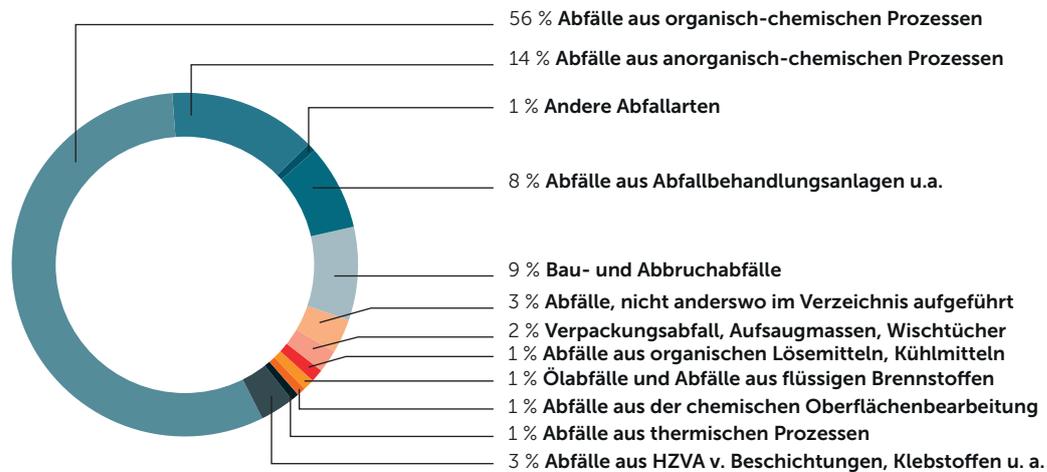
<sup>90</sup> Vgl. Destatis 2020.

<sup>91</sup> Vgl. Chemie<sup>3</sup> 2018.

<sup>92</sup> Vgl. Chemie<sup>3</sup> 2018.

<sup>93</sup> Vgl. Destatis 2020.

Abbildung 42: Erzeugte gefährliche Abfälle in der Chemieindustrie (2019)



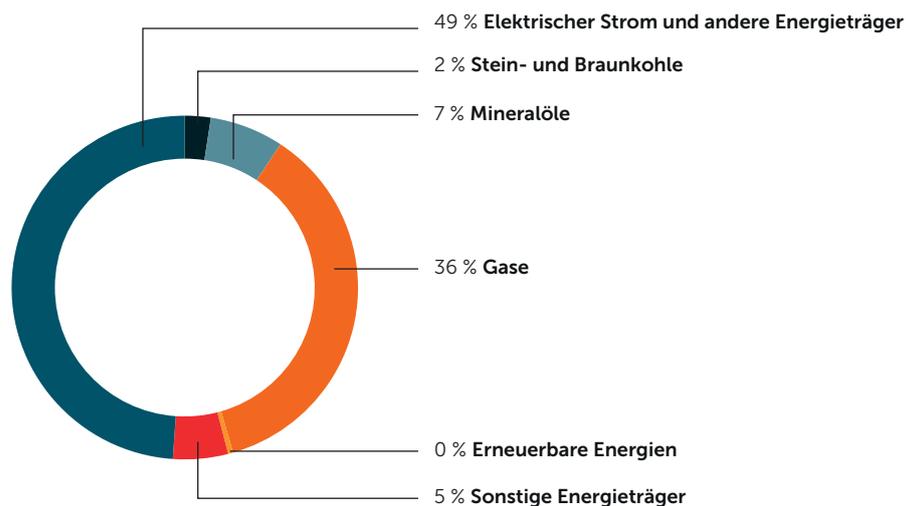
Quelle: destatis, Oxford Economics

#### 4.2 Energiebedarf, -kosten und Prozessemissionen Energieverbrauch und Rohstoffe

Die Chemische Industrie gehört zu den energieintensiven Industrien. 2019 machten die Energiekosten 14 Prozent der Bruttowertschöpfung in der Chemieindustrie aus (Verarbeitendes Gewerbe: 6 Prozent). In der Grundstoffchemie waren es sogar 19 Prozent. Dies ist der zweithöchste Wert im Branchenvergleich. Nur die Nichteisen-Metalle und Stahlindustrie sind noch energieintensiver.<sup>94</sup>

Sieben Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland wurden 2019 von der Chemischen Industrie generiert.<sup>95</sup> Dabei wurden hauptsächlich Strom und Erdgas eingesetzt, die gemeinsam die wichtigsten Energieträger der Chemischen Industrie darstellen (vgl. Abbildung 43). Der Stromverbrauch entsprach 2019 etwa 24 Prozent des Stromverbrauchs und knapp 30 Prozent des Erdgasverbrauchs der gesamten Verarbeitenden Industrie.<sup>96</sup> Erneuerbare Energien – vornehmlich aus Biomasse – kommen bisher in nicht nennenswertem Umfang zum Einsatz.

Abbildung 43: Endenergieverbrauch der Chemischen Industrie nach Energieträgern (2019)



Quelle: Energiebilanz der Bundesrepublik 2019, AG Energiebilanzen, Oxford Economics

<sup>94</sup> Vgl. VCI 2021e.

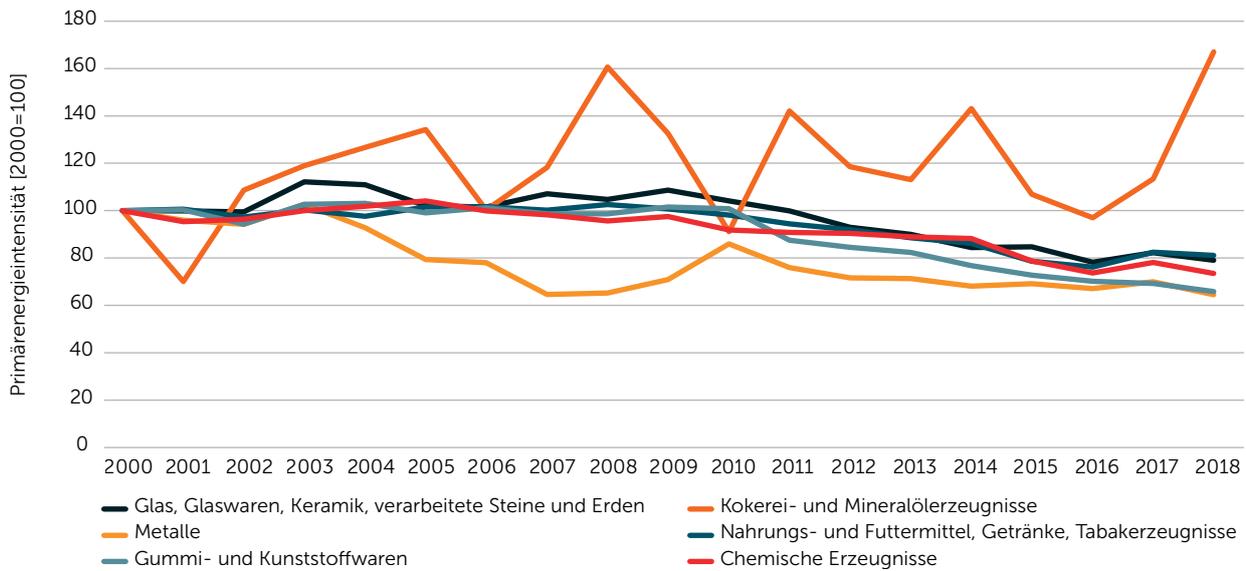
<sup>95</sup> Vgl. AGE 2021.

<sup>96</sup> Vgl. Destatis 2020.

2018 verbrauchte die Chemische Industrie insgesamt rund 1,3 Millionen Terajoule Energie.<sup>97</sup> Der Primärenergieverbrauch der Chemischen Industrie ist in den letzten Jahren tendenziell konstant geblieben. Dies liegt allerdings nicht an fehlenden Anstrengungen zur Energieeinsparung, sondern am wachsenden Produktionswert der

Branche. Betrachtet man deshalb die Primärenergieintensität (vgl. Abbildung 44), zeigt sich, dass die Chemische Industrie diese zwischen 2000 und 2018 auf 74 Prozent des Ausgangswertes senken konnte. Trotzdem gehen Experten davon aus, dass das Potenzial für Effizienzsteigerungen weitgehend ausgeschöpft ist.<sup>98</sup>

Abbildung 44: Primärenergieintensität ausgewählter Sektoren des verarbeitenden Gewerbes (2000–2018)

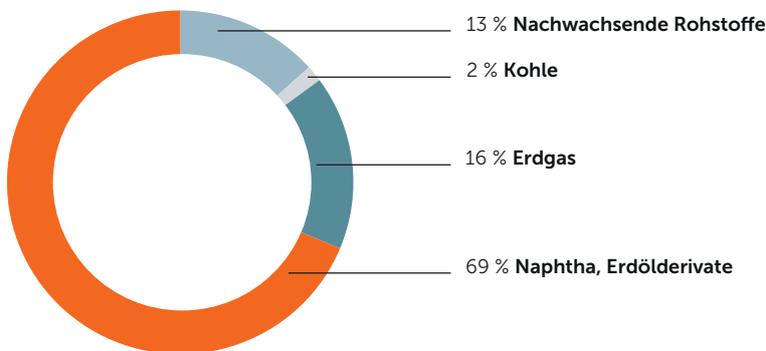


Quelle: destatis, Oxford Economics

Die größte Herausforderung für die Chemieindustrie ist ihre fossile Rohstoffbasis. Im Gegensatz zu anderen Industrien des Verarbeiteten Gewerbes setzt die Chemische Industrie Energieträger nicht nur energetisch, sondern auch stofflich ein. So werden über 90 Prozent der verbrauchten Mineralölprodukte und rund 37 Prozent des eingesetzten Erdgases als Rohstoff in der Produktion eingesetzt.<sup>99</sup> Die

Aufteilung der Rohstoffbasis der organischen Chemie für den stofflichen Einsatz – 2019 insgesamt 19,4 Millionen Tonnen – verdeutlicht dies noch einmal anschaulich (vgl. Abbildung 45). Mineralölprodukte sind mit Abstand die wichtigste Rohstoffbasis. Nachwachsende Rohstoffe haben bisher nur einen Anteil von etwa 13 Prozent.

Abbildung 45: Rohstoffbasis der organischen Chemie in Deutschland (2019)



Quelle: VCI (2021e), Oxford Economics

<sup>97</sup> Vgl. Destatis 2020.

<sup>98</sup> Vgl. Zeschmar-Lahl 2017.

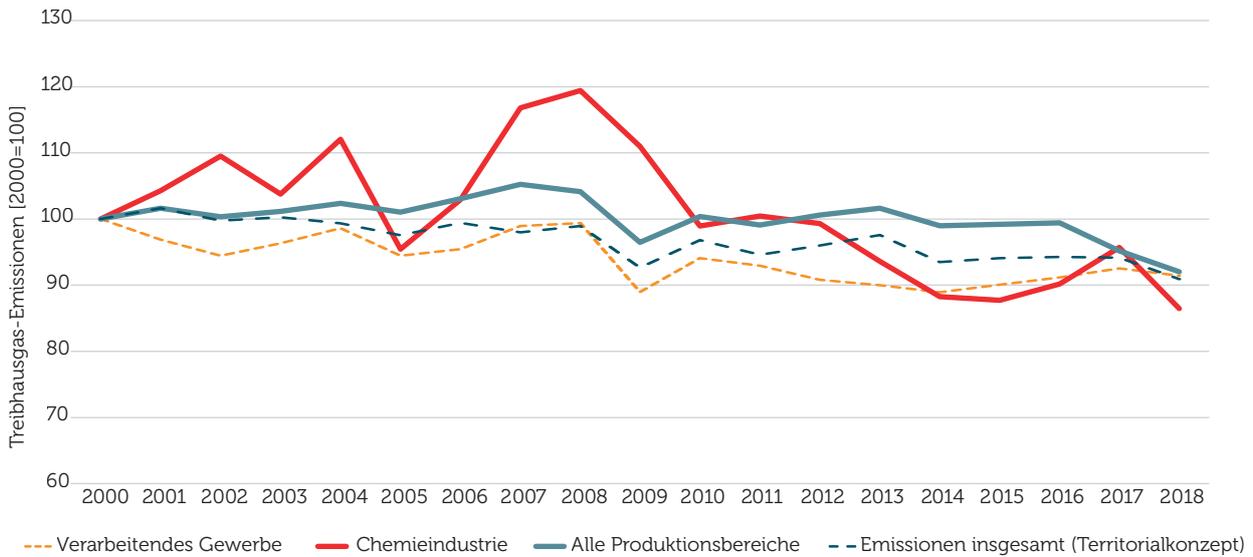
<sup>99</sup> Vgl. Destatis 2020.

**Treibhausgasemissionen**

Die Chemische Industrie ist für 15 Prozent der Treibhausgasemissionen des Verarbeitenden Gewerbes und für 3 Prozent aller Treibhausgasemissionen in Deutschland verantwortlich. 2018 produzierte sie etwa 27,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente.<sup>100</sup> Zwischen 2000 und 2018

konnte die Chemische Industrie ihren Emissionsausstoß stärker senken als das Verarbeitende Gewerbe sowie alle Produktionsbereiche gemeinsam – und zwar um -14 Prozent (Verarbeitendes Gewerbe: -9 Prozent). Dies konnte die Industrie sogar trotz eines steigenden Produktionswertes erreichen.

Abbildung 46: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (2000–2018)

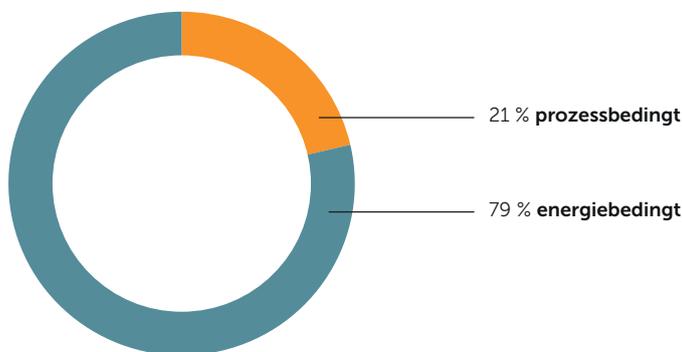


Quelle: destatis, Oxford Economics

Die Chemische Industrie produziert nicht nur Emissionen für den Betrieb ihrer Produktionsanlagen, sondern es entstehen auch Emissionen bei der Produktion selbst. Vor allem bei der Herstellung chemischer Grundstoffe wie Ammoniak und Harnstoff, Methanol, Ethylen, Propylen, Chlor und den Aromaten Benzol, Toluol und Xylol entstehen diese Prozessemissionen.<sup>101</sup> 2018 lagen die

CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Prozessen bei 5,6 Millionen Tonnen und machten 21 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Chemischen Industrie aus (vgl. Abbildung 47). Diese wurden seit 2000 um 34 Prozent reduziert, sind aber immer noch für elf Prozent aller Prozessemissionen der Produktionsbereiche verantwortlich.<sup>102</sup>

Abbildung 47: CO<sub>2</sub>-Emissionen der Chemischen Industrie nach Art (2018)



Quelle: destatis, Oxford Economics

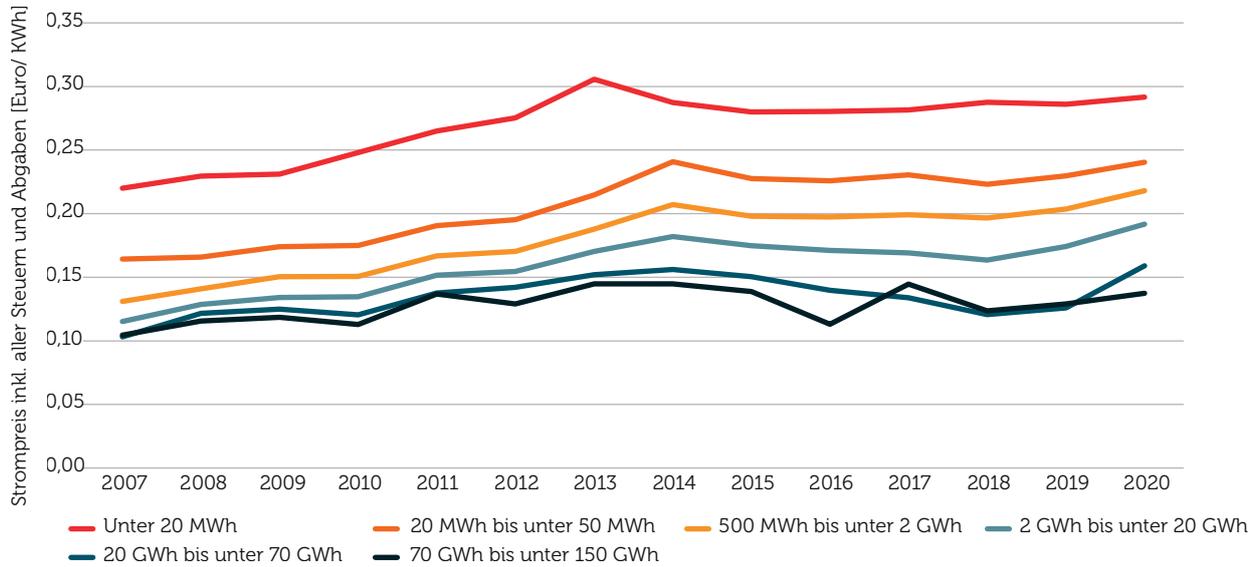
<sup>100</sup> Vgl. Destatis 2020.  
<sup>101</sup> DECHEMA 2017, S. 7.  
<sup>102</sup> Vgl. Destatis 2020.

**Energiekosten**

Da die primären Energieträger Strom, Erdgas und Mineralöle umfassen, werden im Folgenden die Preise für diese drei Quellen dargestellt. Der Strompreis für die deutsche Industrie ist in allen Mengenbändern im Laufe der letzten

Jahre angestiegen (vgl. Abbildung 48). Vor allem am äußeren Rand lassen sich noch einmal stärkere Preisanstiege erkennen. Zudem unterscheiden sich die Strompreise nach der Abnahmemenge. Je geringer die Menge, umso höher typischerweise die durchschnittlichen Preise.

Abbildung 48: Strompreise der deutschen Industrie für verschiedene Verbrauchsmengen (2007–2019)



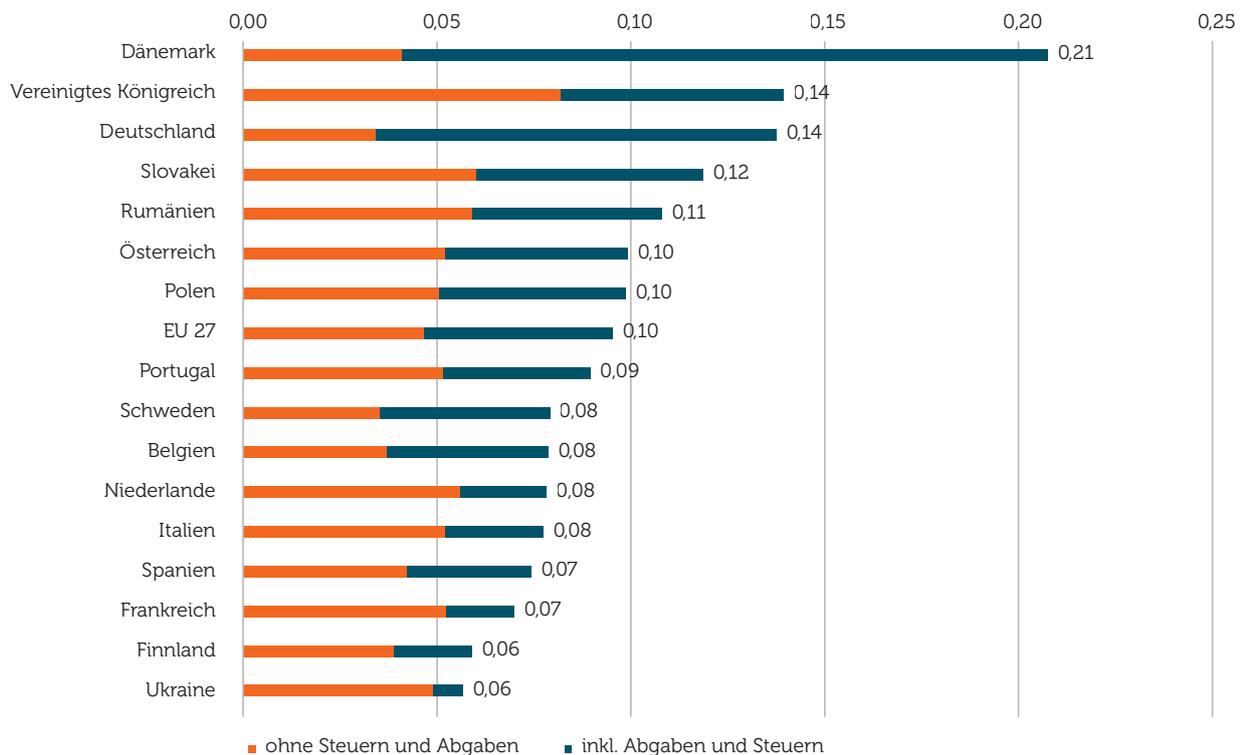
Quelle: Eurostat, Oxford Economics

Im europäischen Vergleich sind die deutschen Strompreise überdurchschnittlich. Während Industrieverbraucher für Abnahmemengen zwischen 70 und unter 150 GWh in etwa 0,10 Euro für den Strom zahlen, sind es in Deutschland ungefähr 0,14 Euro – ähnlich viel wie im Vereinigten Königreich. Gerade in Deutschland ist der Strompreis vor allem auf Steuern und Abgaben zurückzuführen. 75 Prozent des deutschen Strompreises umfassen Abgaben und Steuern. Nur Dänemark verlangt noch mehr. Damit liegt der Anteil von Steuern und Abgaben circa ein Viertel ober-

halb des europäischen Schnitts. Die deutsche Chemieindustrie ist demnach durch ihre Strompreise und hier vor allem durch die damit verbundenen Steuern und Abgaben stärker belastet als Chemieunternehmen im Großteil des restlichen Europas. Auswertungen des VCI zeigen zudem, dass die deutschen Industriestrompreise auch im internationalen Vergleich deutlich überdurchschnittlich sind. Vor allem die USA weisen deutlich geringere Strompreise auf; Japans Preise sind allerdings noch teurer als in Deutschland.<sup>103</sup>

<sup>103</sup> Vgl. VCI 2021e.

Abbildung 49: Durchschnittlicher Industriestrompreis für Verbraucher der Kategorie 70-150 GWh (1. Hälfte 2020)



Quelle: Eurostat, Oxford Economics

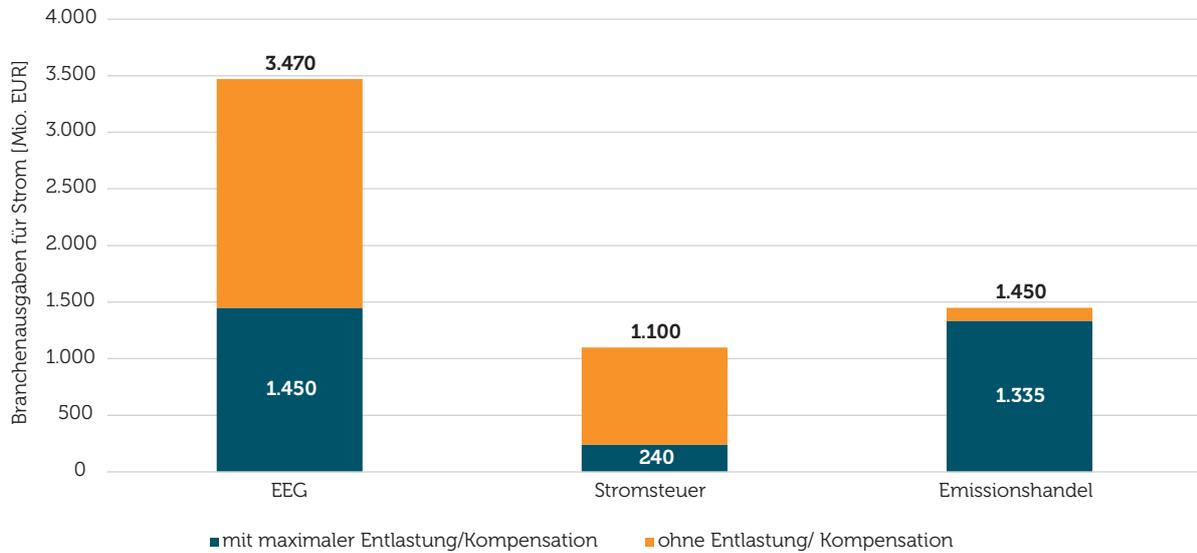
Die Betrachtung der Preise und der inbegriffenen Abgaben und Steuern gibt allerdings nur bedingt Aufschluss über die eigentliche Energiekostenbelastung der Chemischen Industrie. Unternehmen des produzierenden Gewerbes erhalten auf Antrag auf Grundlage von § 9b StromStG und § 54 EnergieStG eine Entlastung in Höhe von 25 Prozent der Regelsteuersätze auf Strom und Heizstoffe, die für betriebliche Zwecke verwendet wurden. Der ermäßigte Steuersatz der Stromsteuer beträgt 15,37 Euro/MWh; bei Heizöl beträgt die Steuerentlastung 15,34 Euro/m<sup>3</sup>, bei Flüssiggas 15,15 Euro/t und bei Erdgas 1,38 Euro/MWh. Für Unternehmen des produzierenden Gewerbes kann die zusätzliche Belastung durch die „Ökologische Steuerreform“ über die „allgemeine Entlastung“ nach § 9b StromStG und § 54 EnergieStG hinaus weiter

abgemildert werden. Hinzu kommen Steuerentlastungen bei bestimmten energieintensiven Prozessen wie auch chemischen Reduktionsverfahren. Auswertungen zeigen, dass insbesondere die Chemische Industrie diese Entlastungszahlungen in Anspruch nimmt.

Der VCI stellt diese Entlastungen den Belastungen der Branche mit Blick auf den Stromverbrauch gegenüber.<sup>104</sup> Im Jahr 2019 gab die Branche trotz Entlastungen noch 1,45 Milliarden Euro für die EEG-Umlage, 240 Millionen Euro für die Stromsteuer und 1,3 Milliarden Euro für den Emissionshandel aus (vgl. Abbildung 50). Die Energiekostenbelastung der Branche ist demnach trotz Entlastungsregelungen hoch.

<sup>104</sup> VCI 2021e.

Abbildung 50: Absolute Belastungen der Branche bezogen auf den Stromverbrauch (2019)

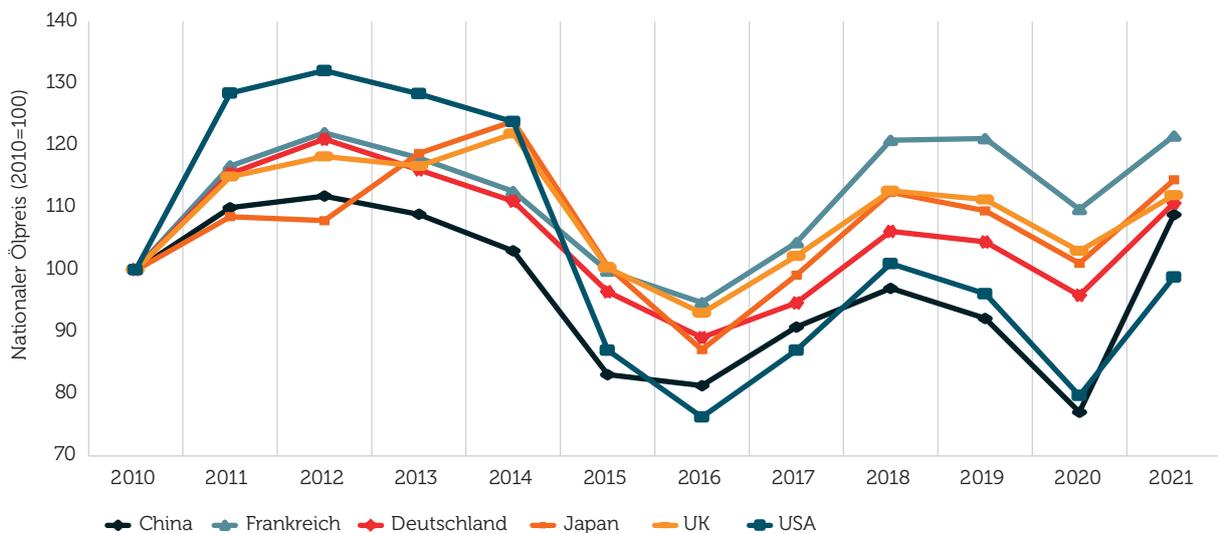


Quelle: VCI (2021e), Oxford Economics

Nicht nur die Strompreise sind gestiegen. Auch die Preise für Öl zeigen einen kräftigen Preisanstieg am aktuellen Rand (vgl. Abbildung 51). Die Ölpreise sind insofern wichtig, weil die Preise für Naphtha als wichtigstem Rohstoff der Chemieindustrie sich eng an deren Entwicklung orientieren.<sup>105</sup> Das starke Preisgefälle, das sich Mitte der 2010er-Jahre positiv auf die Energiekosten der

Chemischen Industrie ausgewirkt hatte, und auch der Corona-bedingte Preiseinbruch wurden bereits wieder ausgeglichen. Insgesamt zeigt sich eine vergleichbare Entwicklung der Ölpreise für die größten Chemienationen, sodass hier eher keine unterschiedlichen Wettbewerbsbedingungen entstehen.

Abbildung 51: Ölpreise der wichtigsten Chemienationen (2010–2021)



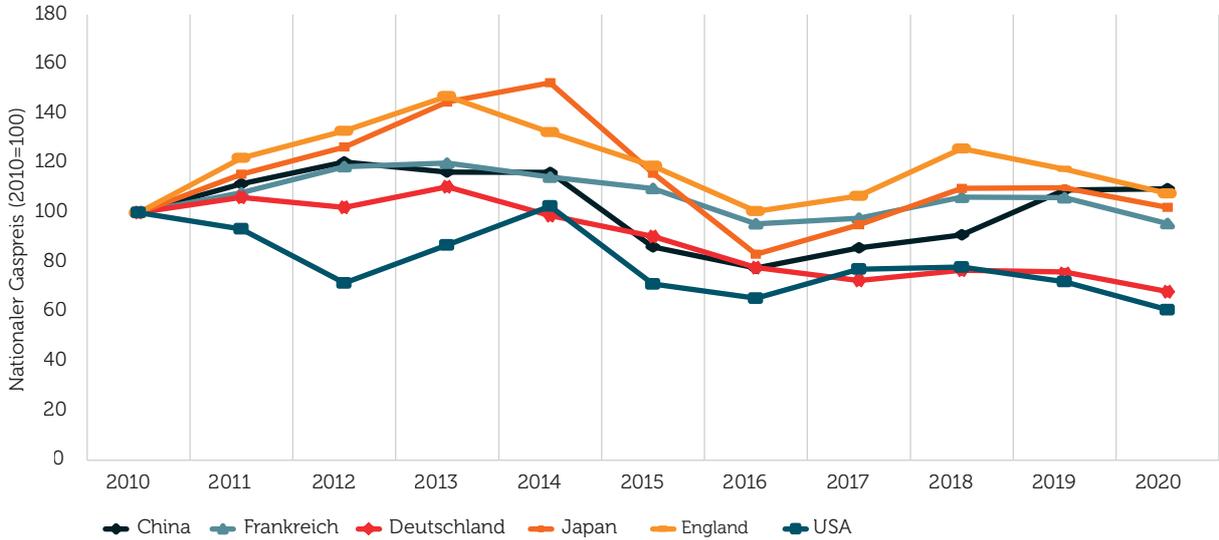
Quelle: IEA, OECD, Oxford Economics

<sup>105</sup> Vgl. VCI 2021e.

Die nationalen Gaspreise haben sich zwischen 2010 und 2020 relativ unterschiedlich entwickelt. Während die Gaspreise in China, Japan und im Vereinigten Königreich 2020 sogar über das Niveau von 2010 gestiegen sind, lie-

gen die Gaspreise in Frankreich leicht und in den Vereinigten Staaten und in Deutschland sogar erheblich unter dem Niveau von 2010 (vgl. Abbildung 52).

Abbildung 52: Gaspreise der wichtigsten Chemienationen (2010–2021)

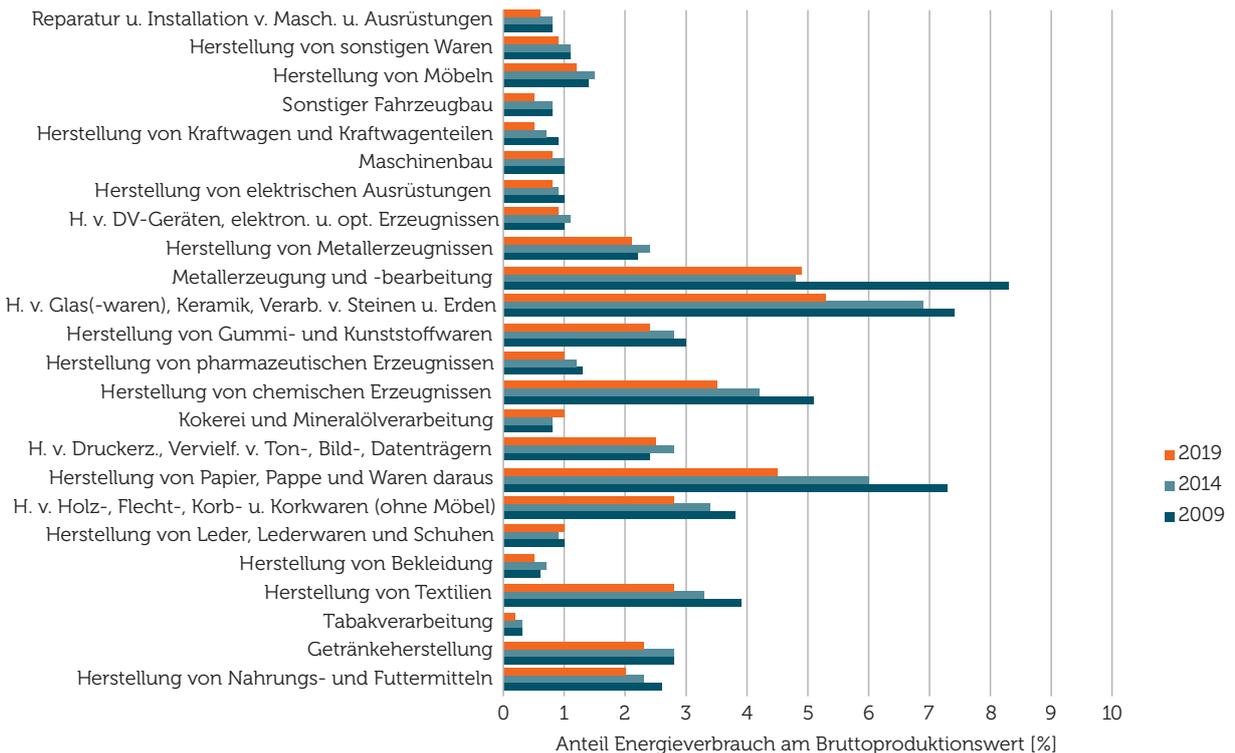


Quelle: IEA, OECD, Oxford Economics

Trotz der tendenziell steigenden Energiepreise hat die relative Energiekostenbelastung im Zeitverlauf abgenommen (vgl. Abbildung 53). Der Anteil der Energiekosten am Bruttoproduktionswert ist von 5,1 Prozent in 2009 auf

3,5 Prozent in 2019 gesunken und liegt auch unterhalb der Belastungen anderer energieintensiver Branchen wie der Metallherzeugung, der Glas- und Papierindustrie.

Abbildung 53: Relative Kostenbelastung durch Energie



Quelle: destatis, Oxford Economics

### 4.3 Dekarbonisierungsoptionen

#### Übersicht

Eine Dekarbonisierung im Sinne des Verzichts auf Kohlenstoff ist in der Chemischen Industrie aufgrund der Verwendung von Kohlenstoff als Inputfaktor kaum möglich. Allerdings gibt es die Möglichkeit, weniger fossile Kohlenstoffträger zu nutzen und damit trotzdem das Ziel einer klimaneutralen Chemieindustrie bis 2050 zu erreichen. Im Folgenden werden Lösungswege zur Dekarbonisierung der Chemischen Industrie kurz skizziert. Die drei Schlüsseltechnologien – Wasserstoff, Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft – werden im nächsten Kapitel näher beleuchtet.

**Elektrifizierung:** Prozessenergie wird größtenteils in Form von Wärme bereitgestellt. Traditionell erzeugt die Chemische Industrie Dampf in erdgasbefeuerten Kesseln. Mittels sogenannter Power-to-Heat-Technologien, die direkt Strom zur Wärme- und Dampferzeugung nutzen, könnte die Verwendung fossiler Brennstoffe vermieden oder zumindest gemindert werden. Nutzt man 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Energien könnte die Wärme- und Dampferzeugung demnach CO<sub>2</sub>-neutral erfolgen. Die Verfügbarkeit der Technologie wird ab 2020 erwartet.<sup>106</sup> Zusätzlich kann über die Elektrifizierung der Hochtemperaturwärme die Verbrennung von Feedstock gänzlich vermieden werden, sodass CO<sub>2</sub>-Emissionen am Steamcracker vollständig vermieden werden könnten. Dies wird allerdings eher ab 2035 möglich sein.<sup>107</sup>

**Materialsubstitution und alternative Verfahren:** Als Alternative zur CO<sub>2</sub>-intensiven Umwandlung von fossilen Kohlenstoff-Rohstoffen in Synthesegas kann auch Wasserstoff im Produktionsprozess der Chemischen Industrie eingesetzt werden. Hierzu muss in einem ersten Schritt Wasserstoff erzeugt werden, ohne (wie derzeit oftmals noch üblich) ebenfalls prozessbedingte Emissionen zu produzieren. Ein Verfahren, das geringe Kohlenstoffemissionen produziert, ist beispielsweise die Elektrolyse, in der Wasser in seine Bestandteile aufgespalten wird. Die hierbei freigesetzten CO<sub>2</sub>-Emissionen sind im Wesentlichen diejenigen zur Herstellung des verwendeten Stroms.<sup>108</sup> Im zweiten Schritt können dann die wichtigsten chemischen Bausteine (zum Beispiel Ammoniak, Harnstoff, Methanol, Ethylen und Propylen, Benzol, Toluol und Xylol) aus Was-

serstoff hergestellt werden. Die Technologie soll ab 2025 zur Verfügung stehen.<sup>109</sup> Shell hat angekündigt, im Jahr 2022 mit dem Bau Europas größter Wasserstoff-Elektrolyse-Anlage zur Herstellung von grünem Wasserstoff zu beginnen, die pro Jahr bis zu 1.300 Tonnen grünen Wasserstoff produzieren soll.<sup>110</sup> Teilweise sind die chemischen Baustoffe aus grünem Wasserstoff aber noch nicht konkurrenzfähig – so zum Beispiel bei grünem Ammoniak und Methanol.<sup>111</sup>

Für Stoffe wie Ethylen und Propylen gibt es Forschungen wie das Projekt eEthylen unter der Leitung von Siemens, die auf eine direkte elektrokatalytische Herstellung von Ethylen aus CO<sub>2</sub> und Wasser abzielen und damit die Notwendigkeit von Zwischenprodukten wie Methan oder Methanol als Ausgangsstoff für die Olefinsynthese überflüssig machen.<sup>112</sup> Alternativ könnte synthetisches Naphtha beziehungsweise Methan zum Beispiel über Wasserelektrolyse gewonnen werden. Diese Methanol-to-Olefin/-Aromaten-Route (MTO/MTA) oder elektrochemische Prozesse zur Olefin- und Aromatenproduktion könnten eine CO<sub>2</sub>-Minderung von 100 Prozent zu herkömmlichen Verfahren erreichen und sollen ab 2025 technisch verfügbar sein.<sup>113</sup> Für eine treibhausgasneutrale Methanolproduktion müssen grüner Wasserstoff und Kohlenstoff aus nicht fossilen Quellen zur Verfügung stehen.

**Biomasse:** Die Nutzung synthetischer Kraftstoffe aus Biomasse ist ebenfalls eine Möglichkeit der Dekarbonisierung. So kann beispielsweise kohlenstoffarmes Methanol über ein wasserstoffbasiertes Synthesegas und die Fischer-Tropsch-Synthese gewonnen werden.<sup>114</sup> Zu den Kraftstoffen gehören außerdem Bioethanol, Bioethylen, Biopropylen und BTX, die aus grünen Abfallprodukten gewonnen werden. Allerdings gehen Branchenexperten davon aus, dass diese auch in den nächsten Jahrzehnten aus ökonomischer Sicht keine ernsthafte Konkurrenz zu herkömmlichen Verfahren darstellen und das verfügbare Biomassepotenzial begrenzt ist.<sup>115</sup>

**Circular Economy:** Das chemische Recycling ermöglicht es, Plastikmüll in Gase oder Öle umzuwandeln, die als alternativer Feedstock genutzt werden können. Dies spart Emissionen bei der Verbrennung von Altplastik und der Herstellung von Naphtha – dem herkömmlich einge-

<sup>106</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

<sup>107</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

<sup>108</sup> Vgl. DECHEMA 2017.

<sup>109</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

<sup>110</sup> Vgl. Shell 2021.

<sup>111</sup> Vgl. DECHEMA 2017.

<sup>112</sup> Vgl. DECHEMA 2017.

<sup>113</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

<sup>114</sup> Vgl. DECHEMA 2017.

<sup>115</sup> Vgl. Zeschmar-Lahl 2017; vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

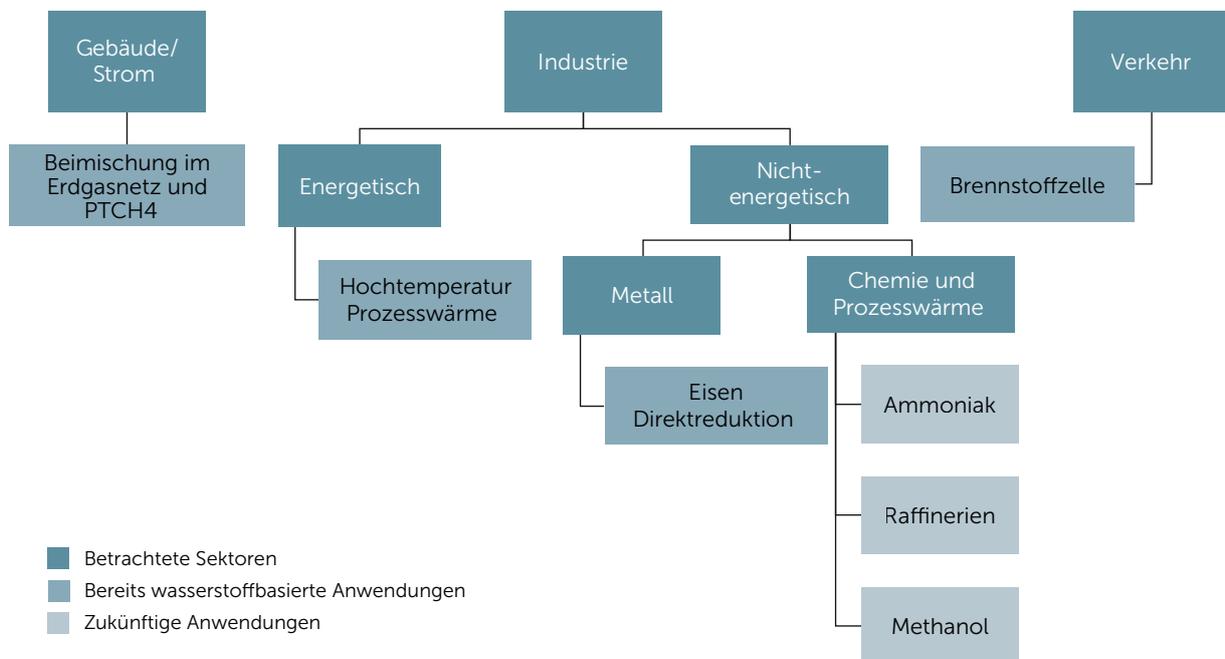
setzten Feedstock. Dies ermöglicht eine Emissionsminderung von bis zu 95 Prozent ab voraussichtlich Mitte der 2020er-Jahre.<sup>116</sup>

**Carbon-Capture and Storage (CCS):** CCS-Technologien scheiden CO<sub>2</sub>-Emissionen bestehender Anlagen ab und werden dann abtransportiert und gespeichert (zum Beispiel in leeren Gas- und Ölfeldern in der Nordsee). Dieses Verfahren soll ab 2035 technisch verfügbar sein und kann die Emissionen bestehender Anlagen um bis zu 90 Prozent reduzieren.<sup>117</sup> Zum Abtransport sind allerdings geeignete Transportmöglichkeiten notwendig wie Pipelines oder ein Abtransport per Schiff.

### Schlüsselstrategie der Dekarbonisierung: Wasserstoff

Wasserstoff ist eine der Schlüsseltechnologien zur Erreichung der Klimaschutzziele. Dies hat die deutsche Regierung mit der jüngst vorgelegten „Nationalen Wasserstoffstrategie“ unterstrichen. Die Strategie betont die Relevanz von grünem Wasserstoff als Dekarbonisierungsoption für große Industrieanlagen – unter anderem bei der Herstellung von Chemikalien.<sup>118</sup> Auch die Industrie bestätigt die enorme Relevanz der Wasserstofftechnologie. Eine Dekarbonisierung ohne Wasserstoff erscheint kaum möglich.<sup>119</sup> Die Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff reichen von der Stromspeicherung und bedarfsgerechten Rückverstromung bis hin zum Einsatz von Wasserstoff als Feedstock (vgl. Abbildung 54).

Abbildung 54: Anwendungsbereiche von Wasserstoff



Quelle: Wasserstoffbasierte Industrie in Deutschland und Europa (enervis, 2021), Oxford Economics

Im Zuge einer umfangreichen Studie im Auftrag der Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE wurden die Potenziale und notwendigen Rahmenbedingungen für die Nutzung von Wasserstoff in Deutschland und Europa untersucht und der Nationalen Wasserstoffstrategie gegenübergestellt:

Der deutsche Wasserstoffbedarf im Jahr 2050 wird auf etwa 450 TWh geschätzt.<sup>120</sup> Die Szenarien der Nationalen Wasserstoffstrategien für 2050 reichen hingegen nur von 110 bis 380 TWh und werden daher als „deutlich zu unterambitioniert“ eingeordnet.<sup>121</sup> Auch in einer Auswertung des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU) werden Szenarien für den Wasserstoffbedarf in 2050 vorgestellt, die deutlich über den Schätzungen der Bundesregierung liegen. So ergeben sich Schätzungen bis zu 823

<sup>116</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

<sup>117</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

<sup>118</sup> Vgl. BMWi 2020b.

<sup>119</sup> Vgl. VCI & IG BCE 2020.

<sup>120</sup> enervis 2021.

<sup>121</sup> Vgl. BMWi 2020b; enervis 2021, S. 5.

TWh in 2050, wenn das Ziel der Treibhausgasneutralität erreicht werden soll und der stoffliche Einsatz von Wasserstoff – beispielsweise in der Chemieindustrie – mit berücksichtigt wird.<sup>122</sup> Dies stützt die Schlussfolgerung, dass die Schätzungen der Bundesregierung zu konservativ sein könnten.

Zur Befriedigung der Nachfrage sollen laut Wasserstoffstrategie in Deutschland bis 2030 Anlagen entstehen, die bis zu 14 TWh grünen Wasserstoff produzieren. Bis 2035 und spätestens bis 2040 sollen weitere fünf GW mit einer ähnlichen Leistung zugebaut werden. Der restliche Wasserstoff soll importiert werden.<sup>123</sup> Damit werden sieben bis 25 Prozent des von der Bundesregierung geschätzten Bedarfs und sechs Prozent der in der Modellierung von enervis energy advisors<sup>124</sup> prognostizierten 450 TWh inländisch gedeckt. Sollte die Nachfrage nicht durch ausreichend Wasserstoffimporte zu decken sein, zeichnet sich ein intensiver Wettbewerbskampf zwischen den heimischen Sektoren und ein höheres Preisniveau für Wasserstoff ab.<sup>125</sup> Aufgrund fehlender Alternativen sollte angesichts der zu erwartenden Knappheit die stoffliche Verwendung der thermischen Verwendung von Wasserstoff vorgezogen werden.<sup>126</sup> Der SRU unterstützt diese Forderung und ergänzt, dass die bevorzugte Versorgung insbesondere in Branchen umgesetzt werden sollte, die vor großen Investitionen stehen und deren klimaneutrale Transformation ohne Wasserstoff nicht möglich sei.<sup>127</sup>

Mit Blick auf die Herstellung von heimischem Wasserstoff werden in der Studie Szenarien für unterschiedliche Anteile der strommarktbasierteren Elektrolyse von Wasserstoff untersucht.<sup>128</sup> Die strombasierte Erzeugung ist im gesamten Betrachtungszeitraum günstiger als die Herstellung grünen Wasserstoffs mittels Elektrolyse direkt aus Erneuerbare-Energien-Anlagen.<sup>129</sup> Als Gründe werden Skaleneffekte der Elektrolyseure mit Strombezug genannt,

die mehr Einsatzstunden ermöglichen, nicht anfallende Transportkosten, wenn Wasserstoff direkt am Verbrauchsort hergestellt werden kann, sowie die fehlende Notwendigkeit einer physischen Transportinfrastruktur bei einer Produktion vor Ort.

Der SRU<sup>130</sup> widerspricht der Nutzung von sogenanntem „gelben“ Wasserstoff<sup>131</sup> allerdings und auch die Nationale Wasserstoffstrategie fokussiert sich ausschließlich auf grünen Wasserstoff.<sup>132</sup> Der SRU argumentiert, dass gelber Wasserstoff die Gefahr berge, den zusätzlichen Energiebedarf für die Elektrolyse aus fossilen Energieträgern zu befriedigen, und spricht sich deshalb ausschließlich für die Förderung grünen Wasserstoffs aus erneuerbaren Energien aus.<sup>133</sup> Die Branche argumentiert, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien zu schleppend verlaufe, unter anderem, weil zu wenig bebaubare Flächen für den Ausbau erneuerbarer Energien vorhanden seien, und fordert daher Technologieoffenheit mit Blick auf die Wasserstoffherstellung. Relevant sei der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und nicht die Herstellungsart.<sup>134</sup> Dies unterstreicht die europäische Wasserstoffstrategie, die davon ausgeht, dass kurz- und mittelfristig „andere Arten CO<sub>2</sub>-armen Wasserstoffs erforderlich sein [werden], hauptsächlich um die Emissionen der bestehenden Wasserstofferzeugung rasch zu verringern und die Verbreitung von erneuerbarem Wasserstoff zeitgleich und für die Zukunft zu unterstützen“.<sup>135</sup>

Alle Experten sind sich allerdings einig, dass zur Deckung des Wasserstoffbedarfs ein signifikanter Zubau der EE-Erzeugungskapazitäten notwendig ist.<sup>136</sup> Gelingt dies nicht und hält man an der ausschließlichen Nutzung von grünem Wasserstoff fest, besteht die Gefahr, dass sich die Chemische Industrie an Standorte verlagert, in denen grüner Wasserstoff ausreichend zur Verfügung steht. Dadurch lassen sich Transportkosten verringern.<sup>137</sup> Bereits heute positionieren sich einige europäische Regionen als

<sup>122</sup> Vgl. SRU 2021.

<sup>123</sup> BMWi 2020b.

<sup>124</sup> enervis 2021.

<sup>125</sup> Vgl. enervis 2021.

<sup>126</sup> Vgl. VCI & IG BCE 2020.

<sup>127</sup> Vgl. SRU 2021.

<sup>128</sup> Es werden zwei Szenarien modelliert, in denen 54 % respektive 78 % des gesamten Wasserstoffbedarfs in Deutschland und Europa aus der strommarktbasierteren Elektrolyse gedeckt werden.

<sup>129</sup> Vgl. enervis 2021.

<sup>130</sup> SRU 2021.

<sup>131</sup> Der SRU bezeichnet den strombasierten Wasserstoff als „gelben“ Wasserstoff, dessen CO<sub>2</sub>-Gehalt vom aktuellen Strommix abhängt. Wird der heutige Strommix unterstellt, wäre der CO<sub>2</sub>-Gehalt des gelben Wasserstoffs 1,4-mal höher als derjenige von grauem Wasserstoff; berücksichtigt man die Vorkettenemissionen, sind es zwei bis drei Mal so hohe Treibhausgasemissionen (SRU, 2021). Perspektivisch kann allerdings bei einem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien der CO<sub>2</sub>-Gehalt gesenkt werden.

<sup>132</sup> Vgl. BMWi 2020b.

<sup>133</sup> Vgl. SRU 2021.

<sup>134</sup> Vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019.

<sup>135</sup> Europäische Kommission 2020a, S. 6.

<sup>136</sup> SRU 2021; DECHEMA & FutureCamp Climate 2019; VCI & IG BCE 2020.

<sup>137</sup> Vgl. enervis 2021.

zukünftige Wasserstoffhandelshubs und investieren in die entsprechende Infrastruktur. Die Niederlande verfügen beispielsweise über eine gute Lage an der Nordsee mit hohem Offshore-Windenergie-Potenzial sowie der geeigneten Infrastruktur (Häfen, Transportnetz, bestehende Erdgasinfrastruktur). Spanien ist ähnlich ambitioniert und verfügt über Flächen für Solar- und Windenergieanlagen.<sup>138</sup>

### Schlüsselstrategie der Dekarbonisierung: Kreislaufwirtschaft

Eine weitere Schlüsseltechnologie zur Dekarbonisierung stellt die Kreislaufwirtschaft oder Circular Economy dar. Ziel ist es, die eingesetzten Stoffe über den Lebenszyklus der Ware hinweg in einem Stoffkreislauf zu belassen. Abfälle, Emissionen und Rohstoffentnahmen sollen dadurch verringert werden.<sup>139</sup> Neben der Materialeffizienz kann dadurch auch der Energieverbrauch reduziert werden.<sup>140</sup> Vor allem in der Chemieindustrie stellt die Circular Economy eine zentrale Strategie zur Erreichung der Treibhausgasneutralität bis 2050 dar, weil sie einen Hebeleffekt auf die nachgelagerten Branchen haben kann. Deshalb fokussiert die EU in ihrem New Circular Economy Action Plan auch auf hochwirksame Zwischenprodukte wie Chemikalien.<sup>141</sup>

Die Rolle der Chemieindustrie als Hersteller von Vorleistungsprodukten wird als Chance verstanden. Nachfragetrends in nachgelagerten Sektoren wie Elektromobilität in der Automobilindustrie sowie die Dämmung von Gebäuden in der Baustoffindustrie haben auch Auswirkungen auf den Chemiesektor. Accenture geht beispielsweise davon aus, dass sich insbesondere die Nachfrage nach Polymeren und Spezialchemikalien bis 2030 positiv entwickeln wird.<sup>142</sup>

Neben dieser „Befähigung nachgelagerter Branchen“ kann die Chemische Industrie auch den Stoffkreislauf der eigenen Materialien beeinflussen. Abbildung 55 skizziert die für die Chemieindustrie relevanten Prozesse der Kreislaufwirtschaft. Diese reichen von einer effizienteren Nutzung von Ressourcen bis hin zu neuen Business-Modellen wie „product-as-a-service“. Zudem haben viele Prozesse eine Schnittmenge zu anderen Schlüsseltechnologien wie der Bioökonomie oder der Wasserstoffwirtschaft. Ein besonderer Fokus in der Diskussion um die Circular Economy in der Chemieindustrie liegt derzeit auf dem chemischen Recycling, das es ermöglicht, durch die Modifikation von Molekülen andere Produkte als Vorprodukte wiederzuverwenden, sowie auf der (Wieder-)Nutzung von CO<sub>2</sub> im Produktionsprozess.

Abbildung 55: Hauptprozesse der Kreislaufwirtschaft



Quelle: CEPS (2018), Oxford Economics

<sup>138</sup> Vgl. enervis 2021.

<sup>139</sup> Vgl. Fraunhofer UMSICHT 2017.

<sup>140</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

<sup>141</sup> Vgl. Europäische Union 2020.

<sup>142</sup> Vgl. Accenture 2017.

Weniger als 30 Prozent des in der EU gesammelten Plastiks werden heutzutage recycelt.<sup>143</sup> Chemisches Recycling ermöglicht es, gemischte oder verunreinigte Kunststoffabfälle zu recyceln, die andernfalls verbrannt oder deponiert werden würden. Dies kann das mechanische Recycling sinnvoll ergänzen.

Es gibt verschiedene chemische Recyclingstrategien<sup>144</sup>:

- **Auflösen:** Bei diesem Verfahren werden sortierte Kunststoffabfälle mithilfe von Wärme und Lösungsmitteln aufgelöst, um die Polymere zu extrahieren und daraus neuen recycelten Kunststoff herzustellen.
- **Depolymerisation (auch: Chemolyse oder Solvolyse):** Bei diesem Verfahren werden sortierte Kunststoffabfälle in Monomere – die Bausteine von Polymeren – zerlegt, um sie wieder in die Kunststoffproduktion einzuspeisen.
- **Umwandlung (auch: Pyrolyse/Vergasung):** Bei diesem Verfahren werden gemischte Kunststoffabfälle unter Einsatz von Wärme und Chemie in öl- oder gasähnliche Rohstoffe zerlegt, die dann zur Herstellung von Chemikalien einschließlich Kunststoffen verwendet werden. Das erzeugte Öl oder das gasförmige Ausgangsmaterial wird in der Raffinerie oder im Cracker als Sekundärrohstoff (wieder) in die chemische Produktionskette eingespeist und ersetzt das neu gewonnene fossile Ausgangsmaterial.

Ein weiterer relevanter Baustein der Kreislaufwirtschaft ist die Nutzung von CO<sub>2</sub> im Produktionsprozess (Carbon Capture and Use). Neben der Nutzung von Biomasse im Zuge der Bioökonomie und Kunststoffabfällen im chemischen Recycling kann CO<sub>2</sub> auch direkt im industriellen Prozess recycelt werden. Hierzu werden die konzentrierten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus industriellen Produktionsstätten abgefangen und in Kohlenstoff umgewandelt. Dieser Kohlenstoff wird dann als Ausgangsstoff für neue Chemikalien und Produkte wiederverwendet.

Die Klimawirkungen der Kreislaufwirtschaft sind generell als hoch einzuschätzen; das genaue Ausmaß bleibt Diskussionsgegenstand. Mechanisches und chemi-

sches Recycling könnten gemeinsam dazu führen, dass 62 Prozent der im Jahr 2050 produzierten Kunststoffe wiederverwendet werden könnten.<sup>145</sup> Eine positive Emissionsbilanz ist zudem aus mehreren Gründen zu erwarten: Durch chemisches Recycling kann die Verbrennung von Kunststoff vermieden werden. Kunststoffabfälle ersetzen zudem herkömmliche Rohstoffe aus Erdöl, bei deren Herstellung Emissionen entstehen. Und im Fall von Umwandlungstechnologien kann die Prozessenergie zum Aufheizen von Systemen wieder genutzt werden, sodass die Energieerzeugung im Prozess selbst stattfindet.<sup>146</sup> Die Technologien von Carbon Capture and Use verhindern, dass schädliches CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre gelangt und ersetzen emissionsreiche Rohstoffe im Produktionsprozess.

Neben der positiven Klimawirkung könnte die Kreislaufwirtschaft auch zur Senkung der Importabhängigkeit beitragen, die derzeit im Bereich der Rohstoffe noch sehr hoch ist. Spätestens seit den „supply chain disruptions“ während der Corona-Pandemie kann dies zur Resilienz der Chemieindustrie beitragen. Zudem hat die EU seit Januar 2021 eine Abgabe von 800 Euro pro Tonne für nicht-recycelte Kunststoff-Verpackungsabfälle eingeführt. Insofern werden durch Schritte in Richtung einer Circular Economy auch Importkosten reduziert.

Voraussetzungen für die Einführung sind allerdings eine weiter fortgeschrittene Marktreife, ein ausreichender Zugang zu erneuerbaren Energien, funktionierende Märkte für Sekundärrohstoffe in der EU und Impulse für Innovationen.<sup>147</sup> Die Marktreife hängt dabei nicht nur von der technologischen Reife, sondern auch von der Wirtschaftlichkeit einer Technologie ab. Denn viele der Technologien befinden sich noch in der Anfangsphase der industriellen Nutzung und sind wirtschaftlich derzeit nicht rentabel.<sup>148</sup> Zudem ist es eine Voraussetzung für das Recycling, dass Chemieunternehmen enger mit den Produzenten von Konsumendprodukten zusammenarbeiten, um das „design for reuse“ entlang der Wertschöpfungskette zu durchdenken und beispielsweise Lösungen für die logistische Rückführung der Produkte zu entwickeln.<sup>149</sup> Mehr denn je sind somit branchenübergreifende Innovationspartnerschaften notwendig.

#### **Schlüsselstrategie der Dekarbonisierung: Bioökonomie**

Die Bioökonomie umfasst „die Erzeugung, Erschließung und Nutzung biologischer Ressourcen, Prozesse und

<sup>143</sup> Vgl. Quantis 2020.

<sup>144</sup> Vgl. cefic 2021.

<sup>145</sup> Vgl. Quantis 2020.

<sup>146</sup> Vgl. Quantis 2020.

<sup>147</sup> Vgl. CEPS Task Force 2018.

<sup>148</sup> Vgl. Quantis 2020; vgl. accenture 2017.

<sup>149</sup> Vgl. accenture 2017.

Systeme, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen Wirtschaftssystems bereitzustellen".<sup>150</sup> Ziel ist es, die Nutzung fossiler Ressourcen durch Ressourcen der Bioökonomie wie Pflanzen und Böden, Neben- und Reststoffe oder CO<sub>2</sub> zu ersetzen, sodass sie nachhaltig eingesetzt werden können. Sie werden zurzeit überwiegend dann eingesetzt, wenn sie Kosten einsparen oder Produkte verbessern können.

In der Studie Roadmap Chemie 2050 wird die Bedeutung der Bioökonomie für die Treibhausgasneutralität herausgestellt. So muss sich der Rohstoffmix deutlich in Richtung der Verwendung von CO<sub>2</sub>, Biomasse und Kunststoffabfällen bewegen. Der Anteil fossiler Rohstoffe muss im Szenario der Treibhausgasneutralität von aktuell etwa 87 Prozent auf nur noch etwa sechs Prozent des gesamten Rohstoffeinsatzes reduziert werden.<sup>151</sup> Die Bioökonomie muss demnach einen erheblichen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten und gilt deshalb zu Recht als eine weitere Schlüsseltechnologie.<sup>152</sup>

Ausgangspunkt der Bioökonomie sind Biokraftstoffe wie Bioethanol, Biodiesel und Pflanzenöl, die zunehmend aus Non-food-Biomasse und Abfällen hergestellt werden. Bioethylen lässt sich beispielsweise aus der Dehydratisierung von Bioethanol herstellen; durch Fischer-Tropsch-Synthese von Synthesegas können Kraftstoffe wie synthetisches Naphtha aus Biomasse produziert und als Ausgangsstoff für das Cracking genutzt werden.<sup>153</sup>

Es gibt weitere vielversprechende biobasierte Ansätze, die in Zukunft wesentlich an Bedeutung gewinnen werden:

- Biokunststoffe sind Alternativen für das zweitgrößte Produktsegment der Chemieindustrie. Sie werden aus Abfallprodukten wie Casein aus nicht verkehrsfähiger Milch, tierischen Fetten aus Schlachtabfällen oder Proteinen aus der Rapsverarbeitung gewonnen. Außerdem rücken Abfallprodukte anderer Wirtschaftszweige wie Chitin, Chitosan und Lignin zunehmend ins Interesse der Hersteller.<sup>154</sup>

- Biobasierte Chemikalien umfassen entweder sogenannte „Drop-in-Lösungen“, die die gleichen Eigenschaften wie die konventionell verwendeten, erdölbasierten Stoffe aufweisen und deshalb einfach in den Produktionsprozess integriert werden können, oder biobasierte Plattformchemikalien mit neuen Eigenschaften (zum Beispiel biobasierte Bernstein- oder Milchsäure).<sup>155</sup> Deren Grundgedanke ist es, eine Vielzahl weiterer Stoffe zugänglich zu machen.<sup>156</sup>
- Biobasierte Prozess- und Verfahrenstechnik nutzen technischen Enzymen oder biotechnologischen Produktionsprozessen auf der Basis von Mikroorganismen. Diese sind vor allem deshalb vorteilhaft, weil sie auch bei Normaldruck und Zimmertemperatur funktionieren. Konventionelle Verfahren erfordern hingegen Wärme und hohen Druck.<sup>157</sup>
- Bioschmierstoffe werden aktuell als Hydrauliköle, Sägekettenöle und Schalöle angewendet. Neben dem Nachhaltigkeitsaspekt haben sie außerdem ein höheres Schmiervermögen als die herkömmlichen Produkte.<sup>158</sup> Biobasierte Tenside werden schon heute in der Reinigungs- und Waschmittelindustrie eingesetzt.<sup>159</sup>

Die biobasierten Ansätze spielen bisher noch eine untergeordnete Rolle mit einem Marktanteil von lediglich circa 3 Prozent.<sup>160</sup> Gründe hierfür sind der oftmals höhere Preis in der Herstellung. Die neuen Produktionsverfahren erfordern teilweise hohe Investitionen und auch die nachwachsenden Rohstoffe sind vergleichsweise teuer. Hinzu kommt, dass die Menge an nachhaltig produzierbarer Biomasse begrenzt ist – insbesondere mit Blick auf die generelle Flächenknappheit in Industrieländern. Die Bioökonomie wird daher vor allem auf Rohstoffimporte angewiesen sein. Trotz der aktuellen Hürden sieht die Branche gerade in der Biotechnologie<sup>161</sup> einen Game Changer für die globale Wachstumsstrategie vor allem in der Spezialchemiebranche.<sup>162</sup>

<sup>150</sup> Bundesregierung 2020, S. 4.

<sup>151</sup> Vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019.

<sup>152</sup> Vgl. VCI & IG BCE 2020.

<sup>153</sup> Vgl. CHEManager 2012.

<sup>154</sup> Vgl. BIOCOM AG 2021.

<sup>155</sup> Vgl. BIOCOM AG 2021.

<sup>156</sup> Vgl. CHEManager 2012.

<sup>157</sup> Vgl. BIOCOM AG 2021.

<sup>158</sup> Vgl. BIOCOM AG 2021.

<sup>159</sup> Vgl. BIOCOM AG 2021.

<sup>160</sup> Vgl. BIOCOM AG 2021.

<sup>161</sup> Die Biotechnologie ist die „interdisziplinäre und anwendungsorientierte Wissenschaft an der Schnittstelle von Biologie, Medizin, Chemie und Ingenieurwissenschaften. Die Biotechnologie nutzt Organismen, Zellen oder Biomoleküle in technischen Anwendungen, um Produkte für unterschiedliche Branchen herzustellen oder neue Technologien zu entwickeln“ (Bundesregierung 2020, S. 59).

<sup>162</sup> Vgl. VCI 2021a.

#### 4.4 Fazit: Herausforderungen für die grüne Transformation

Die Chemieindustrie steht mit der Transformation hin zur Treibhausgasneutralität vor einer Jahrhundertaufgabe. Gerade weil etwa ein Drittel der Emissionen in der chemischen Industrie Prozessemissionen sind,<sup>163</sup> die in der konventionellen Produktion schlicht nicht vermieden werden können, ist die notwendige Transformation der Chemieindustrie deutlich umfassender als in anderen Industriezweigen. Dadurch ergeben sich mehrere Herausforderungen, die es mit geeigneten Rahmenbedingungen zu gestalten gilt.

##### Verfügbarkeit und Kosten von Technologien

Es gibt eine Reihe von vielversprechenden Technologien zur Verringerung der Treibhausgasemissionen (vgl. Kapitel 4.3); rein technisch ist eine CO<sub>2</sub>-neutrale Chemieproduktion bis 2050 denkbar. Allerdings ist die Umsetzung in großem Maßstab immer noch schwierig.<sup>164</sup> Zum einen sind Low-Carbon-Breakthrough-Technologien (LCBT) teilweise noch weit von ihrer Marktreife entfernt.<sup>165</sup> Gerade die dringend benötigten Prozesstechnologien stehen erst ab Mitte der 2030er-Jahre bereit, erfordern eine umfassende Transformation der Basischemie und jährliche Investitionen in Milliardenhöhe.<sup>166</sup> Zum anderen sind LCBTs erheblich teurer als herkömmliche Verfahren.<sup>167</sup> Je größer das Minderungspotenzial einer Technologie, desto höher sind die damit verbundenen Kosten und Risiken. Gerade neue Technologien wie die Methanpyrolyse können einen Durchbruch bei der Dekarbonisierung der Industrie leisten, erfordern aber noch viel Forschung.<sup>168</sup>

##### Hohe Investitionen in langlebige Güter

Um bis 2050 die Treibhausgase um nahezu 100 Prozent zu senken, sind nach Modellrechnungen allerdings zwischen 2020 und 2050 rund 68 Milliarden Euro Investitionen notwendig.<sup>169</sup> Produktionsanlagen in der Chemieindustrie sind sehr kapitalintensiv und haben eine Lebensdauer von 50 bis 70 Jahren. Zwar stehen bei rund 59 Prozent der in der Grundstoffchemie verwendeten Steamcracker Reinvestitionen an.<sup>170</sup> Ein rational handelndes Unternehmen muss bei diesen kapitalintensiven Investitionen allerdings

abwägen, in welche Technologien es für die nächsten 70 Jahre investiert. Setzen die Unternehmen auf die falsche Technologie, drohen „stranded assets“, die verfrüht abgeschrieben werden müssen.

##### Unsichere Investitionsbedingungen

Die hohen Investitionen in langlebige Güter treffen auf unsichere Investitionsbedingungen. So reicht der aktuelle CO<sub>2</sub>-Preis nicht aus, um die notwendigen Investitionen in der Chemieindustrie wirtschaftlich zu machen.<sup>171</sup>

Hinzu kommt, dass der Strombedarf mit Blick auf Elektrifizierungs- und wasserstoffbasierte Dekarbonisierungsoptionen enorm zunehmen wird. Alleine der Strombedarf zur Herstellung des notwendigen Wasserstoffs für die deutsche Chemieindustrie liegt nach Schätzungen im Jahr 2050 bei 550 Terawattstunden (TWh); für alle in der Modellierung Roadmap Chemie 2050 untersuchten treibhausgasneutralen Verfahren der Basischemie bei 627 TWh.<sup>172</sup> Dies entspricht der heutigen deutschen Stromproduktion insgesamt.

Die Treibhausgasneutralität der Verfahren erfordert zudem eine verlässliche und bezahlbare Energieversorgung mit grünem Strom. Die hierfür benötigte Energie aus erneuerbaren Quellen wird selbst im bisher optimistischsten Szenario nicht vorliegen.<sup>173</sup> Sowohl die Industrie als auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen fordern daher einen umfassenden Ausbau der Erneuerbare-Energien-Potenziale.<sup>174</sup> Zudem muss die Infrastruktur auf den neuen Bedarf ausgerichtet werden. Dies gilt für Stromleitungen, aber auch Wasserstoffpipelines und Carbon Capture and Storage-Infrastruktur.<sup>175</sup>

Solange die Rahmenbedingungen wie die zukünftige Entwicklung der Energie- und CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise in Deutschland, die Förderbedingungen, der Reifegrad der Technologien, der zukünftige Strompreis etc. für neue Investitionen noch nicht klar sind, gibt es eine gewisse Investitionszurückhaltung in der Industrie bei den für die Erreichung der Klimaziele notwendigen Investitionen.

<sup>163</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

<sup>164</sup> Vgl. DECHEMA 2017.

<sup>165</sup> Vgl. Kiyar, Adisorn, Leipprand, & Lechtenböhmer 2020.

<sup>166</sup> Vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019.

<sup>167</sup> Vgl. Kiyar, Adisorn, Leipprand, & Lechtenböhmer 2020.

<sup>168</sup> Vgl. Bruder Müller 2020.

<sup>169</sup> Vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019.

<sup>170</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

<sup>171</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

<sup>172</sup> Vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019.

<sup>173</sup> Vgl. Bruder Müller 2020.

<sup>174</sup> Vgl. SRU 2021; vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019; vgl. VCI & IG BCE 2020.

<sup>175</sup> Vgl. Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2019.

**Europäische und internationale Wettbewerbsfähigkeit**

Neben dem Transformationsdruck muss die exportorientierte Chemieindustrie auch noch wettbewerbsfähig bleiben. Gerade der Konkurrenzdruck aus China nimmt zu und auch im europäischen Vergleich sind die Belastungen durch die politischen Rahmenbedingungen in Deutschland vergleichsweise hoch (zum Beispiel Abgabenbelastung bei Energiekosten). Ein Unternehmen wird daher immer auch die Kosten der Transformation mit einer möglichen Standortverlagerung zur Kostensenkung abwägen. Diesem Zielkonflikt zwischen Transformation und Carbon Leakage gilt es mit den geeigneten Rahmenbedingungen

zu begegnen. Ein besonderes Augenmerk liegt derzeit auf der Diskussion um ein Green Leakage. Es wird diskutiert, ob sich Chemieunternehmen zunehmend in der Nähe von Erneuerbare-Energien-Quellen und grünem Feedstock ansiedeln – sowohl innerhalb Europas, aber auch international. Eine Industrieabwanderung wegen ungünstigerer EE-Standortbedingungen aus Deutschland droht insbesondere dann, wenn die notwendigen infrastrukturellen und regulatorischen Anreize zum Erhalt und zur Transformation der heimischen energieintensiven Industrien nicht etabliert werden.<sup>176</sup>

<sup>176</sup> Vgl. enervis 2021.

# 5

## 5. Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Chemieindustrie

Angesichts der skizzierten Herausforderungen hat die Chemie- und Pharmaindustrie im Handlungspakt Chemie- und Pharmastandort Deutschland mit dem Bundeswirtschaftsminister verschiedene Transformationstrends ausgemacht,<sup>177</sup> in denen sich die Rahmenbedingungen für die Branche verändern. Diese werden im Folgenden dargestellt.

### 5.1 Der europäische „Green Deal“

Mit dem Green Deal will die EU den Übergang in eine Wirtschaft ebnen, die bis 2050 keine Netto-Treibhausgase mehr ausstößt, das Wachstum von der Ressourcennutzung abkoppelt und gleichzeitig wettbewerbsfähig ist. Der Green Deal umfasst zahlreiche Einzelgesetzgebungen, die die Rahmenbedingungen der Chemieindustrie beeinflussen. Alle sind aber unter dem Dach der nachhaltigen Transformation der europäischen Wirtschaft zusammengeführt.

Der Green Deal beeinflusst die Chemische Industrie auf verschiedensten Kanälen:

- Einige Strategien und Maßnahmen wie die „Vom Hof auf den Tisch“-Strategie, die „EU-Methanstrategie“ oder die Initiative „Nachhaltige Verwendung von Pestiziden“ haben einen indirekten, potenziell negativen Einfluss auf die Chemieindustrie. Sie können die Nachfrage nach chemischen Produkten gefährden, wenn der Einsatz von herkömmlichen Düngemitteln in der Landwirtschaft sinkt. Gleichzeitig kann die Chemieindustrie aber mit Innovationen bei biologischen und chemischen Pflanzenschutzmitteln, mit nachhaltigeren Profilen sowie bei Digital-Farming-Strategien zum präziseren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und natürlichen Ressourcen einen wesentlichen Beitrag zum Erreichen der Strategien leisten.<sup>178</sup>
- Pläne wie die „Renovierungswelle“, „Nachhaltige Mobilität“, „Nachhaltige Batterien“ mit klarem Fokus auf die Elektromobilität und den Leichtbau beeinflussen zwar primär nachgelagerte Sektoren, können aber die Nachfrage nach chemischen Erzeugnissen stimulieren und wirken sich gänzlich positiv aus.
- Andere Strategien setzen wesentliche Rahmenbedingungen für die grüne Transformation und die Versorgung der Chemischen Industrie mit Energie und Rohstoffen. Hierzu zählen beispielsweise die europäische „Wasserstoffstrategie“, die „Europäische Allianz für sauberen Wasserstoff“, die „Strategie zur Integration des Energiesystems“, die „Strategie für erneuerbare Offshore-Energien“, der „Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft“, die „Abfallrahmenrichtlinie“, die „Europäische Allianz für Rohstoffe“ oder die „Allianz für zirkuläre Kunststoffe“.
- Nicht zuletzt gibt es natürlich auch Strategien, die grundlegend in das Wirtschaften der europäischen Chemieindustrie eingreifen. Hierzu zählen wiederum der „Null-Schadstoff-Aktionsplan“, der unter anderem festlegt, dass Nährstoffverluste, der Einsatz chemischer Pestizide, die Verwendung und der Verkauf antimikrobieller Mittel für Nutztiere und in der Aquakultur um 50 Prozent reduziert werden soll. Auch die „Nachhaltigkeitsstrategie für Chemikalien“ beinhaltet umfassende Änderungen, auf die in Kapitel 5.3 noch einmal gesondert eingegangen wird.

Der Green Deal birgt damit sowohl Risiken als auch Chancen für die Chemiewirtschaft. Eine Umfrage von CHEMonitor ergab, dass die deutsche Chemiewirtschaft dem EU Green Deal allerdings erst einmal positiv gegenübersteht. Über 80 Prozent der Chemiemanager erwarten tendenziell eine positive Wirkung.<sup>179</sup> Potenzial sehen

<sup>177</sup> Vgl. BMWi, VCI, IG BCE & BAVC 2021.

<sup>178</sup> Vgl. BASF 2020.

<sup>179</sup> Vgl. Camelot Management Consultants AG 2021.

sie vor allem darin, die Technologieführerschaft im Bereich nachhaltiger und umweltfreundlicher Technologien wie Kreislaufwirtschaft, Wasserstoffwirtschaft, Bioökonomie und CO<sub>2</sub>-neutraler Produktion zu übernehmen. Dies geht mit enormen Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Chemiebranche einher, die aufgrund ihrer Kostenstruktur eher mit Qualität als mit günstigen Preisen punkten kann.

Um die Chancen des grünen Deals zu nutzen, sollte er im Rahmen einer integrierten Klima-Industriepolitik zusammengeführt werden,<sup>180</sup> die den Umbau zur klimaneutralen Industrie durch Einsatz von neuen Technologien, Kreislaufwirtschaft und Materialeffizienz fördert und dabei die internationale Wettbewerbsfähigkeit sichert.<sup>181</sup> Hierzu sind geeignete Förderinstrumente und Investitionen in die Infrastruktur notwendig, die aber vorwiegend marktwirtschaftlich und technologieoffen ausgestaltet werden sollten.<sup>182</sup>

## 5.2 Investitionen in den Klimaschutz

Die Einführung der Dekarbonisierungstechnologien wird ohne finanzielle Anreize und Förderung nicht gelingen (vgl. Kapitel 4.4). Neben der Förderung von Reallaboren müssen aber auch andere regulatorische und finanzielle Rahmenbedingungen weiterentwickelt werden, um der mangelnden Rentabilität von klimaneutralen Technologien und dem Fehlen von ausreichendem Eigenkapital zu begegnen.<sup>183</sup> Um den Markthochlauf zu ermöglichen und das sogenannte „valley of death“ zu überwinden, werden Instrumente wie die Carbon Contracts for Difference (CCfD) oder ein Transformationsfonds diskutiert.

Die Idee der CCfD ist es, Risiken aus schwankenden CO<sub>2</sub>-Preisen zu reduzieren. In einer Investitionsrechnung würden die Mehrkosten für klimafreundlichere Technologien den Energieeinsparungen beziehungsweise den eingesparten CO<sub>2</sub>-Zertifikaten gegenüberstehen. Beim derzeit gültigen Preis rechnen sich viele Investitionen nicht. Obwohl der CO<sub>2</sub>-Preis in Zukunft steigen soll, herrscht allerdings noch zu hohe Unsicherheit über die genaue Höhe des Preises, der wiederum direkt die Rentabilität in klimafreundliche Anlagen beeinflusst. Mit den CCfD sollen daher projektbezogene Verträge zwischen Staat und

Unternehmen über den Preis des vermiedenen CO<sub>2</sub> festgelegt werden, der für die Laufzeit der Investition gültig ist (zum Beispiel 20 Jahre). Üblicherweise würde der zugesicherte Preis über dem aktuellen CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreis liegen, damit sich die Investition auch rentiert. Solange der Marktpreis für CO<sub>2</sub>-Zertifikate unterhalb des vereinbarten Preises im CCfD liegt, erstattet der Staat den Differenzbetrag. Steigt der ETS-Preis über den Vertragspreis, muss das Unternehmen die Differenz an den Staat zurückzahlen.<sup>184</sup> CCfD werden von der Chemiebranche als sinnvolles Instrument eingestuft,<sup>185</sup> da sie die Investitionen des Unternehmens gegen einen zu geringen Zertifikatspreis absichern. Im Innovationspakt Klimaschutz wird das Instrument derzeit für die Grundstoffindustrie geprüft. Auch die nationale und europäische Wasserstoffstrategie sehen solche Instrumente vor.

Zusätzlich wird in einem aktuellen Gutachten die Gründung eines Transformationsfonds diskutiert, der die grüne Transformation ermöglichen soll.<sup>186</sup> Die Idee ist es, einen Fond mit einem Volumen von zunächst 120 Milliarden Euro zu installieren, der Großinvestitionen in den Industriesektoren ermöglicht. Diese müssen den ESG-Kriterien (Environmental, Social and Governance-Kriterien) entsprechen, sodass sich die finanzierten Projekte auf klimafreundliche Technologien, Produktionsprozesse und Produkte fokussieren sollten. Der Fond soll sich über Kredite am Kapitalmarkt finanzieren und durch Gewinne nach und nach ein Reinvermögen aufbauen. Eine staatliche Beteiligung zur Hebelung von privatem Kapital wird als vorteilhaft bewertet.<sup>187</sup> Im Gegensatz zu reinen Subventionen könnte eine staatliche Beteiligung vermeiden, dass nur die Kosten, aber nicht die Gewinne von der Gesellschaft zu tragen sind. Zudem könnte der Bund dadurch die Umsetzung von Klima- und Nachhaltigkeitszielen in Schlüsselindustrien vorantreiben.

Generell fordert die Industrie, bei allen Investitionen und Fördermaßnahmen die Technologieoffenheit zu wahren. Dies gilt insbesondere auch mit Blick auf die verschiedenen Erzeugungsverfahren von nachhaltigem Wasserstoff (vgl. Kapitel 4.3).

<sup>180</sup> Vgl. Lechtenböhmer & Fishedick 2020.

<sup>181</sup> Vgl. Kiyar, Adisorn, Leipprand, & Lechtenböhmer 2020.

<sup>182</sup> Vgl. BMWi, VCI, IG BCE & BAVC 2021.

<sup>183</sup> Vgl. IMK 2021.

<sup>184</sup> Vgl. Kiyar, Adisorn, Leipprand, & Lechtenböhmer 2020.

<sup>185</sup> Vgl. VCI & IG BCE 2020.

<sup>186</sup> Vgl. IMK 2021.

<sup>187</sup> Vgl. IMK 2021.

### 5.3 Standort- und Industriepolitik

#### CO<sub>2</sub>-Bepreisung und Schutz vor Carbon Leakage

Als exportorientierte Wirtschaftsbranche steht die Chemieindustrie im internationalen Wettbewerb. Instrumente wie der europäische Emissionshandel können die Wettbewerbsfähigkeiten einschränken, wenn die zusätzlichen Belastungen nicht für alle globalen Wettbewerber gleichermaßen gelten. Um trotzdem die grüne Transformation weiter voranzutreiben, werden deshalb unterschiedliche Instrumente diskutiert, die ein Carbon Leakage verhindern sollen.

Eine Möglichkeit, gleiche Ausgangsbedingungen für alle Industrien zu schaffen, wäre die Ausweitung des Europäischen Emissionshandelssystem (EU ETS) auf Länder außerhalb der EU. Allerdings existiert ein solches globales CO<sub>2</sub>-Preisregime bisher nicht, sodass diese Option wohl vorerst wenig realistisch ist. Die EU will ihre Vorreiterrolle dennoch durch die Einführung eines Grenzausgleichsmechanismus (Carbon Boarder Adjustment Mechanism, CBAM) wahrnehmen. Der CBAM soll eine zollähnliche Abgabe auf CO<sub>2</sub>-intensive EU-Importe einführen. Ziel ist es, die Klimabelastung von Einfuhren zu besteuern, um die Nachteile für heimische Produzenten, die dem EU ETS unterliegen, abzubauen und auch außerhalb Europas Anreize für eine klimafreundliche Industrie zu generieren. Die Ausgestaltung des CBAMs reicht von einer CO<sub>2</sub>-Steuer beziehungsweise einem CO<sub>2</sub>-Preis auf Importe bis hin zur Einbeziehung der Importe in den EU ETS über Verbrauchsabgaben, kombiniert mit einer Beibehaltung der freien Zuteilung von Zertifikaten.<sup>188</sup> Der aktuelle Vorschlag der Europäischen Kommission sieht vor, dass der CBAM das ETS in dem Sinne widerspiegeln soll, dass das System auf dem Kauf von Zertifikaten durch Importeure basiert.<sup>189</sup> Der Preis der Zertifikate wird auf der Grundlage des durchschnittlichen wöchentlichen Auktionspreises der EU-Emissionshandelszertifikate errechnet, ausgedrückt in Euro pro Tonne emittiertem CO<sub>2</sub>. Die Importeure von Zement, Eisen und Stahl, Aluminium, Düngemitteln und Elektrizität müssen sich bei den nationalen Behörden registrieren lassen, wo sie dann entsprechende CBAM-Zertifikate kaufen können.

Der VCI argumentiert, dass sich der Grenzausgleich unterschiedlich auf Produzenten, Weiterverarbeiter und Exporteure auswirke.<sup>190</sup> Produzenten würden vor Kon-

kurrenz aus dem Ausland geschützt werden, würden aber – je nach Ausgestaltung des CBAMs – kostenlose Zertifikate aus dem EU-Emissionshandelssystem verlieren. Weiterverarbeiter von Rohstoffen würden hingegen höhere Preise für importierte Rohstoffe zahlen. Zudem müssten die durch den CBAM verteuerten Produkte nach wie vor dem internationalen Wettbewerb standhalten. Laut VCI seien es deshalb „düstere Aussichten für die exportstarke deutsche Chemie“.<sup>191</sup> Mit dem aktuellen Vorschlag der Kommission hat der CBAM zumindest keinen Einfluss auf „kostenlose Zertifikate“ aus dem EU-Emissionshandelssystem und wirkt sich in diesem Punkt nicht negativ auf die europäischen Produzenten aus.

Zur Erreichung der Klimaziele hat die Bundesregierung zusätzlich zum Europäischen Emissionshandel 2020 einen nationalen Emissionshandel für Brennstoffemissionen aus den Bereichen Verkehr und Wärme eingeführt. Die grundsätzlich intendierten zusätzlichen Kosten beim Einsatz fossiler Brennstoffe führen aber bei manchen Produkten, die einem starken internationalen Wettbewerb ausgesetzt sind, zu Wettbewerbsnachteilen. Als Schutz vor der CO<sub>2</sub>-Preis-bedingten Abwanderung hat das Bundeskabinett am 31. März 2021 die Verordnung über Maßnahmen zur Vermeidung von Carbon Leakage beim nationalen Brennstoffemissionshandel beschlossen (BEHG-Carbon-Leakage-Verordnung – BECV), in der Kompensationsmaßnahmen für vom CO<sub>2</sub>-Preis betroffene Sektoren mit starkem internationalem Wettbewerb vorgesehen sind.<sup>192</sup>

#### Zugang zu (grüner) Energie, Biomasse und wettbewerbsfähige Energiepreise

Die Ausführungen in Kapitel 4 haben verdeutlicht, dass die Treibhausgasneutralität der Chemischen Industrie bis 2050 möglich ist, aber mit einem enormen Strombedarf einhergeht. Strom wird für die elektrischen Dekarbonisierungsstrategien wie Power-to-Heat-Technologien oder die Elektrifizierung der Hochtemperaturwärme benötigt, aber auch im Wesentlichen für die Herstellung der Schlüsseltechnologie Wasserstoff. Laut der Studie Roadmap Chemie 2050 ist mit einem elf Mal so hohen deutschen Strombedarf zu rechnen.<sup>193</sup> Auch andere Studien unterstützen die Forderung nach einer Versorgung mit konkurrenzfähigem grünem Strom.<sup>194</sup> Hierzu bedarf es einer (Anpassung der) Förderung von erneuerbaren Energien sowie einer Vereinfachung von Genehmigungsverfah-

<sup>188</sup> Vgl. Kiyar, Adisorn, Leipprand, & Lechtenböhmer 2020.

<sup>189</sup> Vgl. Europäische Kommission 2021.

<sup>190</sup> Vgl. VCI 2021f.

<sup>191</sup> VCI 2021f.

<sup>192</sup> Vgl. BMU 2021.

<sup>193</sup> Vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019.

<sup>194</sup> Vgl. SRU 2021; vgl. Kiyar, Adisorn, Leipprand & Lechtenböhmer 2020.

ren.<sup>195</sup> Auch der Zugang zu nachwachsenden Rohstoffen zu wettbewerbsfähigen Weltmarktpreisen ist mit Blick auf die Schlüsseltechnologie der Bioökonomie sicherzustellen.<sup>196</sup>

In der Roadmap Chemie 2050 wird außerdem dargestellt, dass die notwendigen Investitionen zur Erreichung der Treibhausgasneutralität nach aktuellem Kenntnisstand nicht wirtschaftlich sind. Aufgrund der Wettbewerbsintensität in der Chemieindustrie sei eine Weitergabe der Kosten ebenfalls nicht zu erwarten. Es wird geschlussfolgert, dass das Ziel der Treibhausgasneutralität und die Vermeidung von Investitionen in günstigere herkömmliche Produktionsanlagen nur mit einem Strompreis von maximal vier Cent pro kWh zu erreichen sei.<sup>197</sup> Andernfalls sei die Branche nicht wettbewerbsfähig.<sup>198</sup> Inwieweit dieser Forderung regulatorisch entsprochen wird, ist allerdings noch offen.

### Infrastrukturvoraussetzungen

Neben den regulatorischen Rahmenbedingungen müssen auch die Infrastrukturvoraussetzungen für eine nachhaltige Chemiewirtschaft geschaffen werden.<sup>199</sup> Hierzu zählt ein ausgebauten Stromnetz, das verlässlich die enormen Mengen der zusätzlichen Stromnachfrage befriedigen kann und die benötigte erneuerbare Energie an die Produktionsstandorte der Unternehmen transportiert.

Zudem ist der Aufbau einer Wasserstoffnetzinfrastruktur notwendig. Auf Fernleitungsebene empfiehlt sich eine eigens aufgebaute Infrastruktur für Wasserstoff; Beimischungen von Wasserstoff in die Erdgasnetze sollten nur auf Verteilnetzebene erfolgen.<sup>200</sup> Der Zugang zum Wasserstoffnetz als Netzinfrastruktur ist über entsprechende Regulierungen sicherzustellen. Die Rahmenbedingungen sollten so gestaltet sein, dass eine industrielle Wasserstoffherzeugung auch an Standorten mit geringen EE-Potenzialen möglich ist.

Mit Blick auf die Digitalisierung der Industrie ist eine leistungsfähige, flächendeckende Gigabitinfrastruktur notwendig.<sup>201</sup>

### Forschungsförderung für den Innovationsstandort Deutschland

Das ambitionierte Ziel der Treibhausgasneutralität, aber auch die Digitalisierung und der zunehmende Wettbewerb aus dem asiatischen Raum erfordern, dass der Innovationsstandort Deutschland erhalten bleibt. Neben den bestehenden, meist projektgebundenen Förderungsmöglichkeiten wurde Ende 2019 das Forschungszulagengesetz eingeführt, das die bestehenden Innovationsinstrumente ergänzen soll. Diese Steueranreize sind wichtige Hebel zur Förderung von FuE am Standort Deutschland. Für die Jahre 2021 bis 2024 wird geschätzt, dass Mittel in Höhe von 5,6 Milliarden Euro in Anspruch genommen werden.<sup>202</sup> Grundlagenforschung, industrielle Forschung, Auftragsforschung und experimentelle Entwicklung sind im Rahmen der Forschungszulage förderfähig. Aufgrund der Begrenzung des förderfähigen Aufwands auf zwei Millionen Euro pro Wirtschaftsjahr werden aber voraussichtlich vor allem KMU davon profitieren.<sup>203</sup>

### 5.4 Chemikalienpolitik

Teil des EU-Green-Deals ist die Nachhaltigkeitsstrategie für Chemikalien. Zwar verfügt die EU bereits über ein ausgefeiltes Chemikalienrecht, aber aufgrund der zunehmenden Bedeutung verfolgt die Europäische Kommission das Ziel, die Umweltverschmutzung auf null zu reduzieren. Deswegen hat sie am 14. Oktober 2020 eine Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit beschlossen. Diese zielt darauf, „Bürger und Umwelt besser zu schützen und Innovationen für sichere und nachhaltige Chemikalien fördern“.<sup>204</sup>

Die Nachhaltigkeitsstrategie umfasst laut der Kommission<sup>205</sup> die folgenden Aktionen:

- Verbot der schädlichsten Chemikalien in Konsumgütern – Erlaubnis ihrer Verwendung nur dort, wo es notwendig ist.
- Berücksichtigung der Wirkung von Chemikalien in der Mischung bei der Bewertung der von Chemikalien ausgehenden Risiken.

<sup>195</sup> Vgl. Kiyar, Adisorn, Leipprand & Lechtenböhrer 2020.

<sup>196</sup> Vgl. VCI & IG BCE 2020.

<sup>197</sup> Vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019.

<sup>198</sup> Vgl. VCI & IG BCE 2020.

<sup>199</sup> Vgl. Kiyar, Adisorn, Leipprand & Lechtenböhrer 2020.

<sup>200</sup> Vgl. VCI & IG BCE 2020.

<sup>201</sup> Vgl. BMWi, VCI, IG BCE & BAVC 2021.

<sup>202</sup> Vgl. BMWi 2020a.

<sup>203</sup> Vgl. BMWi 2020a.

<sup>204</sup> Europäische Kommission 2021.

<sup>205</sup> Vgl. Europäische Kommission 2021.

- Schrittweise Einstellung der Verwendung von Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS) in der EU, es sei denn, ihre Verwendung ist unerlässlich.
- Förderung der Investitions- und Innovationskapazitäten für die Herstellung und Verwendung von Chemikalien, die von ihrer Konzeption her und während ihres gesamten Lebenszyklus sicher und nachhaltig sind.
- Förderung der Widerstandsfähigkeit der EU bei der Versorgung mit kritischen Chemikalien und deren Nachhaltigkeit.
- Einführung eines einfacheren Verfahrens für die Risiko- und Gefahrenbewertung von Chemikalien nach dem Grundsatz „ein Stoff – eine Bewertung“.
- Weltweit eine führende Rolle spielen, indem sie sich für hohe Standards einsetzt und diese fördert und keine in der EU verbotenen Chemikalien exportiert.
- Einführung spezifischer Regeln für den Online-Verkauf.
- Einführung der Möglichkeit, harmonisierte Umwelt- und Sicherheitswerte für einige Stoffe vorzuschlagen und festzulegen.
- Verpflichtung von Importeuren und nachgeschalteten Anwendern, Informationen über Stoffe, die aufgrund ihrer physikalischen Wirkungen oder Gesundheitsgefahren als gefährlich eingestuft werden, an die Giftnotrufzentralen zu übermitteln, und die Verpflichtung der Händler zur Übermittlung solcher Informationen.
- Einführung eines Mandats für die Kommission zur Aufforderung der ECHA mit Blick auf die Einführung neuer harmonisierter Einstufungen und Kennzeichnung („CLH“).
- Zulassung mehrsprachiger ausklappbarer Etiketten.

Um die Ziele der Strategie zu erreichen, wird die Überarbeitung zentraler EU-Rechtsverordnungen angestrebt. Dazu gehört die Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Chemikalien (CLP-Verordnung) sowie die REACH-Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe. Zusätzlich soll eine Reihe von sektoralen Rechtsvorschriften für Chemikalien überarbeitet werden.<sup>206</sup>

Zu den Maßnahmen, die im Rahmen dieser Überarbeitung geprüft werden, gehören zum Beispiel:<sup>207</sup>

- Einführung neuer Gefahrenklassen (zum Beispiel endokrine Disruptoren) und entsprechender Kriterien.
- Einführung einer Verpflichtung zur Angabe von Informationen über bestimmte Gefahren auf dem Etikett für Produkte, die derzeit nicht unter die CLP-Verordnung fallen.
- Klärung der Verpflichtungen zur Einstufung von Gemischen und einigen komplexen Stoffen.

Die Branche steht den Änderungen kritisch gegenüber, obwohl die grundlegende Vision der Kommission durchaus geteilt wird. Gegenüber dem bereits geltenden Stoffrecht, das eines der umfassendsten und sichersten weltweit ist, würden sich aus den avisierten Änderungen der Nachhaltigkeitsstrategie für Chemikalien große Herausforderungen für die Branche sowie vor allem Planungsunsicherheiten ergeben. Dazu gehörten neue Datenanforderungen<sup>208</sup>, Verwendungsbeschränkungen und eine umfassende Regulierung von Stoffgruppen mit bestimmten Eigenschaften sowie die Aufnahme neuer Gefahrenklassen in die CLP-Verordnung (zum Beispiel zusätzliche SVHC-Kriterien<sup>209</sup> unter REACH, unter anderem für persistente und mobile Stoffe oder Einführung eines Bewertungsfaktors für mögliche (unbeabsichtigte) Kom-

<sup>206</sup> Vgl. European Commission 2021.

<sup>207</sup> Vgl. European Commission 2021.

<sup>208</sup> Hierzu gehören Datenanforderungen unter REACH zu bestimmten (öko-)toxikologischen Endpunkten, zur Identifizierung endokriner Disruptoren sowie aller karzinogenen Stoffe unabhängig vom Mengenband, die Registrierung bestimmter Polymere, Stoffsicherheitsberichte auch im Mengenband von 1 bis 10 Tonnen pro Jahr sowie Informationen über den ökologischen Fußabdruck von Chemikalien.

<sup>209</sup> SVHC: Substance of Very High Concern

binationseffekte verschiedener Chemikalien). Zusätzlich seien weitere Regulierungen von Konsumprodukten sowie zum Umwelt- und Arbeitsschutz zu erwarten.<sup>210</sup>

Ein gewichtiger Kritikpunkt bezieht sich auf die Abkehr des Konzepts der Risikobewertung hin zu einem „allgemeinen Ansatz zum Risikomanagement“, der vom Wunsch einer

präventiven Regulierung geprägt sei und ein generelles Verbot bestimmter Stoffe ohne Risikobewertung ermöglichen würde. So sollen beispielsweise Stoffgruppen für Verbraucherprodukte mit (öko-)toxischen Eigenschaften (zum Beispiel endokrine Disruptoren, PBT-Eigenschaften) nur bei unverzichtbaren Verwendungen erlaubt werden.

---

<sup>210</sup> Vgl. VCI, 2020.

# 6

## 6. Fazit: SWOT-Analyse der Chemieindustrie 2030+

Die deutsche Chemieindustrie ist eine Schlüsselindustrie des Verarbeitenden Gewerbes und die Nummer eins im europäischen Vergleich. Als Stärken sind besonders das hohe Qualifikationsniveau der Beschäftigten zu nennen, das im Zuge der Digitalisierung weiter an Bedeutung gewinnen wird. Diese Stärke wird allerdings durch einen zunehmenden Fachkräftemangel und die noch unzureichenden digitalen Kompetenzen in der Branche gefährdet. Umso wichtiger sind die Bemühungen der Branche, in die Aus- und Weiterbildung der Beschäftigten und ihre digitalen Kompetenzen zu investieren.

Trotz des Aufholbedarfs mit Blick auf die Breitband- und Energieversorgung ist die deutsche Infrastruktur sehr leistungsfähig. Neben der gut ausgebauten Transportinfrastruktur – seien es Pipelines, Wasserstraßen und Häfen sowie Zugtrassen und Verladebahnhöfe – sind vor allem die Chemieparcs zu nennen, die Chemieunternehmen einzigartige Standorte mit guter Infrastruktur und Verkehrsanbindung, eine räumliche Nähe zu Lieferanten und Abnehmern sowie Pipeline-Netze für Brennstoffe und Chemikalien bieten.<sup>211</sup>

Eine zentrale Schwäche der deutschen Chemischen Industrie ist die Abhängigkeit von teuren Rohstoffimporten. Gerade die Wettbewerbsfähigkeit der Produkte der Grundstoffindustrie ist primär von Rohstoffpreisen abhängig, weil sie – anders als beispielsweise Konsumgüter wie Seifen – kaum Differenzierungen abseits des Preises zulassen. Seit dem Schiefergasboom profitiert daher vor allem die Grundstoffindustrie in den USA von einer gestiegenen Wettbewerbsfähigkeit, da sie Flüssiggas einsetzt und vom Rückgang der Gaspreise profitieren konnte. Der steigende Preis- und Wettbewerbsdruck aus Ländern mit kostengünstigerer Rohstoffversorgung (vor allem USA, China, Naher/Mittlerer Osten) lässt sich bereits heute in den Exportzahlen der deutschen Chemieindustrie erkennen. Die Grundstoffindustrie in Deutschland muss sich daher zunehmend gegen eine Abwanderung von Investitionen in die USA oder in schnell wachsende Schwellenländer be-

haupten. Trotzdem sind deutsche Chemieunternehmen vielfach Marktführer in ihrem Teilmarkt. Dies ist eine wichtige Voraussetzung, um der zunehmenden Konkurrenz aus dem Ausland zu trotzen. Allerdings setzt die ausländische Konkurrenz nun auch vermehrt auf die Vorwärtsintegration entlang der Wertschöpfungskette. Dadurch steht auch die Spezialindustrie unter Druck, wenn wachstumsstarke asiatische Schwellenländer wie China zunehmend auch auf Erzeugnisse der Spezialchemie bauen. Der bereits vorhandene Wettbewerbsverlust der deutschen Industrie im internationalen Vergleich könnte sich dadurch noch verstärken.

Die relativen Produktionskosten werden nicht nur durch die Abhängigkeit von teuren Rohstoffimporten, sondern auch durch die inländische Regulierungsdichte beeinflusst. Dies schlägt sich in überdurchschnittlich hohen Strompreisen nieder, die zu 75 Prozent aus Steuern und Abgaben bestehen. Obwohl die Chemische Industrie von Entlastungszahlungen profitiert, ist angesichts der ambitionierten Klimaschutzziele davon auszugehen, dass die Strompreise steigen werden. Allein für die Umsetzung der treibhausgasneutralen Verfahren der Basischemie liegt der Strombedarf nach Schätzungen im Jahr 2050 bei 627 TWh – dies entspricht der heutigen deutschen Stromproduktion.<sup>212</sup> Die stark wachsende Stromnachfrage wird auf eine weniger stark wachsende Stromproduktion treffen, da der Ausbau der erneuerbaren Energien nur schleppend voranschreitet. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Energiekosten im internationalen und europäischen Vergleich noch zunehmen werden.

Generell sind es gerade die deutschen und europäischen Klimaschutzziele, die neben der Globalisierung, der Digitalisierung und dem demografischen Wandel einen Einfluss auf die Zukunftsfähigkeit des deutschen Chemiestandorts haben. Regularien wie der Grenzausgleichsmechanismus CBAM können chemische Produkte weiter verteuern, die allerdings nach wie vor dem internationalen Wettbewerb standhalten müssen. Weiterhin ist die Planungsunsicher-

<sup>211</sup> Vgl. chemie.de 2021.

<sup>212</sup> Vgl. DECHEMA & FutureCamp Climate 2019.

heit – gerade mit Blick auf die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise – zu nennen, die eine nachvollziehbare Investitionszurückhaltung in der Industrie bewirkt. Zudem droht die Verlagerung der Chemie-Produktion unmittelbar an Erneuerbare-Energien-Quellen, wenn Deutschland an der Vorgabe der ausschließlichen Verwendung von grünem Wasserstoff festhält. Neben das Carbon Leakage tritt demnach die Gefahr eines Green Leakage.

Die grüne Transformation birgt allerdings nicht nur Risiken, sondern auch Chancen für eine deutsche Chemieindustrie, die ohnehin zunehmend Marktanteile an die ausländische Konkurrenz verliert. Schafft es die Industrie, eine Technologieführerschaft in biobasierten Technologien, Biotechnologie, Wasserstoff, ressourcenschonenden und nachhaltigen Produktionsverfahren und Kreislaufwirtschaft aufzubauen, kann sie sich von der internationalen Konkurrenz absetzen und ihren Platz im Weltmarkt für chemische Erzeugnisse halten. Gerade weil auch die internationale Konkurrenz vermehrt auf Innovationen setzt, sollte dies ein wichtiger Fokus für die Zukunftsfähigkeit der Branche sein. Die Voraussetzungen hierfür sind gut. Eine zentrale Stärke der deutschen Chemieindustrie ist das gute Innovationsklima. Dieses profitiert von funktionierenden Ökosystemen, in denen Unternehmen und Forschung eng vernetzt zusammenarbeiten. Herauszustellen ist vor allem die Fülle an exzellenten anwendungsorientierten Forschungsinstituten (zum Beispiel Max-Planck-Gesellschaften).

Für eine grüne Technologieführerschaft und auch die grüne Transformation als solche sind allerdings Investitionen erforderlich, die gerade für die vielen KMU in der Chemieindustrie aufgrund einer eingeschränkten Finanzkraft und des generell eingeschränkten Zugangs zu Wagniskapital eine Herausforderung sind. Aber auch für große Unternehmen sind die Investitionsbedarfe – gerade mit Blick auf die hohe Kapitalintensität der Produktionsanlagen sowie die langen Investitionszyklen – enorm. Die formulierte Idee eines Transformationsfonds oder einer anderen Form der Forschungsförderung sollte demnach ein zentraler Baustein der deutschen Industriepolitik sein. Dies gilt insbesondere mit Blick auf den bisher unterdurchschnittlichen Digitalisierungsgrad der Unternehmen und die digitalen Kompetenzen der Mitarbeitenden. Denn die Digitalisierung birgt nicht nur Chancen über die stärkere Vernetzung von Prozessschritten und Produktionsstand-

orten durch digitale Technologien sowie die Weiterentwicklung der produktbasierten Geschäftsmodelle durch digitale Dienstleistungen (zum Beispiel in der Agrarchemie), sondern auch die Möglichkeit, die Fertigungstiefe in Deutschland zu erhöhen.

Der Erhalt bestehender und der Aufbau neuer vollständiger Wertschöpfungsketten gewinnt dabei auch eine strategische Bedeutung. Damit würde sich die aus Offshoring-Strategien resultierende Abhängigkeit von internationalen Wertschöpfungsketten reduzieren und die Fertigungstiefe und der inländische Bezug von Vorleistungen wieder erhöhen. Dies kann die strategische Autonomie fördern und könnte eine „Antwort auf Chinas Streben nach Dominanz sein“.<sup>213</sup> Lieferengpässe während der Corona-Pandemie sowie das zunehmende „Decoupling“ der Wertschöpfungsketten durch protektionistische Maßnahmen und Maßnahmen wie der Grenzausgleichsmechanismus CBAM unterstützen diese Tendenzen bereits.

Vorteilhaft für eine Lokalisierung der Wertschöpfungsketten ist auch die vorhandene lokale Nachfrage. Auch wenn die Chemieindustrie eine exportorientierte Branche ist, gibt es eine breite Abnehmerstruktur vor Ort – vor allem innerhalb Europas. Über die Hälfte der Exportumsätze wird im europäischen Markt generiert. Neben der generell erwarteten Zunahme der Weltmarktnachfrage nach chemischen Erzeugnissen ist auch der politisch getriebene Nachfrageboom im Bereich Bauwirtschaft und Automobil in der Europäischen Union eine Chance für die deutsche Chemiebranche.

Die deutsche Chemieindustrie sieht sich globalen Herausforderungen gegenüber, die die Branche auch über das Jahr 2030 hinaus beschäftigen werden. Als exportorientierte und energieintensive Branche steht die Chemieindustrie dabei insbesondere im Spannungsfeld zwischen der internationalen Wettbewerbsfähigkeit, der Abhängigkeit von Rohstoffimporten und den steigenden Kosten der grünen Transformation. Neben den oftmals im Vordergrund stehenden Risiken bieten diese Trends aber auch Chancen für die deutsche Chemieindustrie. Dafür gilt es, die bestehenden Stärken und Schwächen der Branche so einzusetzen, dass Chancen gehoben und Risiken reduziert werden können. Tabelle 5 fasst die Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken zusammen:

<sup>213</sup> MERICS 2020.

Tabelle 5: SWOT-Analyse des deutschen Chemiestandorts

<h3 style="text-align: center;">Stärken ("Strength")</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Hohes Qualifikationsniveau der Beschäftigten</li> <li>☺ Gutes Innovationsklima mit guter Vernetzung und politischer Förderung</li> <li>☺ Exzellente anwendungsorientierte Forschungsinstitute (zum Beispiel Max-Planck-Gesellschaften)</li> <li>☺ Vielfach Marktführerschaft deutscher Chemieunternehmen in ihrem Teilmarkt</li> <li>☺ Breite lokale Abnehmerstruktur vor Ort</li> <li>☺ Gut ausgebaute, leistungsfähige Infrastruktur (insbesondere Chemieparcs, Pipelines, Wasserstraßen und Häfen sowie Zugtrassen und Verladebahnhöfe)</li> </ul>	<h3 style="text-align: center;">Schwächen ("Weaknesses")</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>☹ Abhängigkeit von teuren Rohstoffimporten (insb. Naphtha)</li> <li>☹ Hohe Energiekosten im internationalen und europäischen Vergleich</li> <li>☹ Geringere Wettbewerbsfähigkeit der Grundstoffindustrie aufgrund hoher Energiekosten</li> <li>☹ Ausbaufähiger Digitalisierungsgrad der Unternehmen und digitale Kompetenzen der Mitarbeitenden</li> <li>☹ Hohe Kapitalintensität der Produktionsanlagen, energieintensive Produktionsprozesse, lange Investitionszyklen</li> <li>☹ Geringere Finanzkraft der KMU in der Chemieindustrie und Fehlen von Wagniskapital</li> </ul>
<h3 style="text-align: center;">Chancen ("Opportunities")</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Stärkere Vernetzung von Prozessschritten und Produktionsstandorten durch digitale Technologien</li> <li>☺ Weiterentwicklung der produktbasierten Geschäftsmodelle durch digitale Dienstleistungen (z. B. in der Agrarchemie)</li> <li>☺ Erhöhung der Fertigungstiefe in Deutschland durch die Möglichkeiten der Digitalisierung</li> <li>☺ Politisch getriebener Nachfrageboom im Bereich Bauwirtschaft und Automobil</li> <li>☺ Technologieführerschaft in biobasierten Technologien, Biotechnologie, Wasserstoff, ressourcenschonenden und nachhaltigen Produktionsverfahren und Kreislaufwirtschaft</li> <li>☺ Zunehmende Weltmarktnachfrage</li> <li>☺ Ausbau lokaler Wertschöpfungsketten durch Protektionismus, „Decoupling“</li> </ul>	<h3 style="text-align: center;">Risiken ("Threats")</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>☹ Wachstumsstarke asiatische Schwellenländer wie China dürften sich bei Erzeugnissen der Spezialchemie vom Netto-Importeur zum Netto-Exporteur wandeln</li> <li>☹ Hohe Regulierungsdichte</li> <li>☹ Planungsunsicherheit mit Blick auf ordnungspolitischen Rahmen</li> <li>☹ Verlagerung der Produktion unmittelbar an EE-Potenziale (Green Leakage)</li> <li>☹ Steigender Preis- und Wettbewerbsdruck sowie Vorwärtsintegration in der Wertschöpfungskette aus Ländern mit kostengünstigerer Rohstoffversorgung (USA, China, Naher/Mittlerer Osten)</li> <li>☹ Zunehmende Innovationstätigkeit der internationalen Konkurrenz</li> <li>☹ Zunehmender Fachkräftemangel</li> </ul>

Quelle: Commerzbank (2021), ifw Kiel (2020), Oxford Economics

## Literaturverzeichnis

- accenture (2017): Taking the European Chemical Industry Into the Circular Economy. Accenture: Frankfurt.
- AGEB (2021): Bilanzen 1990–2019 vom 06. April 2021, <https://ag-energiebilanzen.de/7-0-Bilanzen-1990-2019.html>
- Agora Energiewende & Wuppertal Institut (2019): Klima-neutrale Industrie. Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement. Agora Energiewende & Wuppertal Institut: Berlin.
- Arbeitgeberverband Chemie RP (2021): Chemie-Tarifvertrag 2019 - 2020 - 2021 - 2022: Das sollten Chemie-Azubis wissen. Von Chemie-Blog vom 6. September 2021, <https://www.chemie-azubi.de/detailansicht/news/neuertarifvertrag-fuer-die-chemiebranche-das-sollten-azubis-wissen/>
- Auer, J. (2018): Industrie 4.0 – Digitalisierung mildert demografische Lasten. Deutsche Bank Research: Frankfurt am Main.
- BASF (2020): The European Green Deal: Interview with Martin Bruder Müller. Von BASF vom 17. November 2020, <https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/whats-new/sustainability-news/2020/the-european-green-deal.html>
- BASF (2021a): Wer wir sind. Mitarbeitende. Von BASF von 2021, <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/strategy/employees.html>
- BASF (2021b): Circular Economy at BASF. BASF: Ludwigshafen.
- BAVC (2017): Deutsches Verbände Forum. Von 12. Dezember 2017, <https://verbaende.com/news.php?m=119442>
- BAVC (2021): Der Future Skills Report Chemie. Bundesarbeitsgeberverband Chemie E.V.: Wiesbaden.
- BDI (2020): Globale Wertschöpfungsketten unter Druck. BDI: Berlin.
- Berg, A. (2020): Industrie 4.0 - so digital sind Deutschlands Fabriken. Bitkom Research: Berlin.
- BIOCOM AG (2021): Chemie. Von bioökonomie.de von 2021, <https://biooekonomie.de/wirtschaft/branchen/chemie>
- BMU (2021): Verordnung über Maßnahmen zur Vermeidung von Carbon-Leakage durch den nationalen Brennstoffemissionshandel. Von National Verordnungen | BECV vom 31. März 2021, <https://www.bmu.de/gesetz/verordnung-ueber-massnahmen-zur-vermeidung-von-carbon-leakage-durch-den-nationalen-brennstoffemissionshandel>
- BMWi (2018): Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2018. BMWi: Berlin.
- BMWi (2020a): Deutschland gewinnt als Standort für Forschung und Innovationen weiter an Attraktivität. Von Neue Forschungszulage in Deutschland vom 22. Januar 2020, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2020/02/kapitel-1-10-neue-forschungszulage-in-deutschland.html>
- BMWi (2020b): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Berlin.
- BMWi, VCI, IG BCE, BAVC (2021): Handlungspakt Chemie- und Pharmastandort Deutschland. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Berlin.
- BP Europa SE (2021): Deutschland. Zahlen und Fakten. Bochum: BP Europa SE von 2021, [https://www.bp.com/content/dam/bp/country-sites/de\\_de/germany/home/pdfs/bp-flyer-2021.pdf](https://www.bp.com/content/dam/bp/country-sites/de_de/germany/home/pdfs/bp-flyer-2021.pdf)

- Brudermüller, M. (2020): How to build a more climate-friendly chemical industry. Von World Economic Forum vom 21. Januar 2020, <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/how-to-build-a-more-climate-friendly-chemical-industry/>
- Bundesregierung (2020): Nationale Bioökonomiestrategie. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) & Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Berlin.
- Camelot Management Consultants AG (2021): Green Deal: Historische Chance für die Chemieindustrie. Von chemie.de vom 15. April 2021, <https://www.chemie.de/news/1170643/green-deal-historische-chance-fuer-die-chemieindustrie.html>
- cefic (2021): Chemical Recycling: Making Plastics Circular. Von cefic.org vom 07. September 2021, <https://cefic.org/a-solution-provider-for-sustainability/chemical-recycling-making-plastics-circular/>
- CEPS Task Force (2018): The Role of Business in the Circular Economy. Markets, processes and enabling policies. Centre for European Policy Studies (CEPS): Brüssel.
- CHEManager (2012): Bioraffinerien: Plattformchemikalien aus Biomasse. Von chemanager-online.com vom 02. Februar 2012, <https://www.chemanager-online.com/news/bioraffinerien-plattformchemikalien-aus-biomasse>
- CHEManager (2015): Chemieindustrie 2035 – steht die globale Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Chemie auf dem Spiel? CHEManager: Weinheim.
- CHEManager (2018a): Chemieparks aus Deutschland präsentieren sich auf der Achema 2018 in Frankfurt. Frankfurt.
- CHEManager (2018b): Der demografische Wandel der Chemie-Belegschaften. CHEManager: Weinheim.
- chemie.de (2021): Chemiepark. Von chemie.de von 2021, <https://www.chemie.de/lexikon/Chemiepark.html>
- Chemie<sup>3</sup> (2018): Fortschrittsbericht 2018. Verband der Chemischen Industrie e. V., IG BCE Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Bundesarbeitgeberverband Chemie e. V. Frankfurt/Hannover/Wiesbaden.
- Chemie<sup>3</sup> (2021): Über uns. Von Chemie<sup>3</sup> von 2021: <https://www.chemiehoch3.de/nachhaltigkeitsdreieck/>
- Commerzbank (2021): Branchenbericht Chemische Industrie in Deutschland. Commerzbank AG: Frankfurt am Main.
- Costa Dias, M. J. (2020): COVID-19 and the career prospects of young people. IFS Briefing Note BN299, Institute for Fiscal Studies: London.
- Covestro (2019): Covestro setzt auf Grünstrom. Von Covestro vom 4. Dezember 2019, <https://www.covestro.com/press/de/covestro-setzt-auf-gruenstrom/>
- Covestro (2021): Covestro: Von Deutschland in die Welt. Von Covestro von 2021, <https://www.covestro.de/de/covestro-in-deutschland/standorte>
- CWS & ZEW (2020): Innovationsindikatoren Chemie 2020. Schwerpunktthema: Innovationen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit. Center für Wirtschaftspolitische Studien (CWS) & ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH: Mannheim.
- CWS (2020): Wachstumspotenziale durch datenbasierte Geschäftsmodelle und Plattformökonomie in der Chemie- und Pharmaindustrie. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE: Berlin/Hannover.
- DECHEMA & FutureCamp Climate (2019): Roadmap Chemie 2050. Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland. FutureCamp Climate GmbH & DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.: München/Frankfurt am Main.

- DECHEMA (2016): Digitalisierung in der Chemieindustrie. Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.: Frankfurt am Main.
- DECHEMA (2017): Technology Study. Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry. The European Chemical Industry Council (cefic): Frankfurt am Main.
- Deloitte (2017): Chemie 4.0 - Wachstum durch Innovation in einer Welt im Umbruch. Verband der Chemischen Industrie e.V.: Berlin.
- Deloitte (2021): Seeds of change. Measuring the return from pharmaceutical innovation 2020. Von deloitte.com von 2021, <https://www2.deloitte.com/uk/en/pages/life-sciences-and-healthcare/articles/measuring-return-from-pharmaceutical-innovation.html>
- Destatis (2020). Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Statistisches Bundesamt (Destatis): Wiesbaden.
- Dingel, J. (2020): How many jobs can be done at home? Working Paper 26948, National Bureau of Economic Research.
- Dohse, D. (2019): Zeit für eine neue Industriepolitik? Positionspapier des Kieler Instituts für Weltwirtschaft (IfW) zum Entwurf einer Nationalen Industriestrategie 2030. ifw Kiel: Kiel.
- enervis (2021): Wasserstoffbasierte Industrie in Deutschland und Europa: Potenziale und Rahmenbedingungen für den Wasserstoffbedarf und -ausbau sowie die Preisentwicklungen für die Industrie. enervis energy advisors GmbH & Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE: Berlin.
- Ernst & Young GmbH (2019): Fachkräftemangel und schlechte Infrastruktur bremsen Digitalisierung in der chemischen Industrie. Von chemie.de vom 14. Juni 2019, <https://www.chemie.de/news/1161482/fachkraeftemangel-und-schlechte-infrastruktur-bremsen-digitalisierung-in-der-chemischen-industrie.html>
- Europäische Kommission (2020a): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Eine Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa. Europäische Kommission: Brüssel.
- Europäische Kommission (2020b): Chemicals strategy. Von ec.europa.eu vom 14. Oktober 2020, [https://ec.europa.eu/environment/strategy/chemicals-strategy\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/chemicals-strategy_en)
- Europäische Kommission (2021): Proposal for a regulation of the European Parliament and the Council establishing a carbon border adjustment mechanism. Europäische Kommission: Brüssel.
- Europäische Union (2020): Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe. European Union: Brüssel.
- European Commission (2021): Inception Impact Assessment for the Revision of EU legislation on hazard classification, labelling and packaging of chemicals. European Commission: Brüssel.
- Evonik (2021a): Deutschland. Standorte. Von Evonik von 2021, <https://corporate.evonik.de/de/unternehmen/standorte/europa/deutschland>
- Evonik (2021b): Evonik Finanzbericht 2020. Evonik Industries AG: Essen.
- Förderland (2021): Chemie 4.0: Die Digitalisierung der chemischen Industrie. Von förderland.de von 2021, <https://www.foerderland.de/digitale-wirtschaft/chemie-40/>
- Fraunhofer UMSICHT (2017): Studie zur Circular Economy im Hinblick auf die Chemische Industrie. Studie im Auftrag des Verbands der Chemischen Industrie e.V.: Oberhausen.
- Haufe (2018): Wirtschaftsindex Digital: Deutschland holt auf. Haufe Group: Freiburg.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2020): Industrie 4.0. In Blätzel-Mink, B., Schulz-Schäffer, I., Windeler, A., Handbuch Innovationsforschung. Springer VS: Wiesbaden.
- HRForecast (2021): Future Skills Report. IG BCE/BAVC: München.
- ifw Kiel (2020): Analyse der industrierelevanten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in Deutschland im internationalen Vergleich. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Berlin.
- IG BCE (2020a): Gutes und gesundes Arbeiten 4.0 in der Chemie-Branche. Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE): Hannover.
- IG BCE (2020b): Zielbild Weiterbildung 4.0 . Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE): Hannover.
- IMK (2021): Ein Transformationsfonds für Deutschland. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE, Hans-Böckler-Stiftung: Berlin.

- Kantar & ZEW (2018): Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2018. Digitalisierungsprofil Chemie und Pharma. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Berlin.
- Kiyar, D., Adisorn, T., Leipprand, A., & Lechtenböhmer, S. (2020): Scoping Paper: Politische Instrumente für die Transformation der Industrie. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH: Wuppertal.
- Lanxess (2021): Lanxess Geschäftsbericht 2020. Lanxess Deutschland GmbH: Köln.
- Lechtenböhmer, S., & Fishedick, M. (2020): Integrierte Klima-Industriepolitik als Kernstück des europäischen Green Deal. Wuppertaler Impulse zur Nachhaltigkeit: Wuppertal.
- Mehl, F., Herr, H., Teipen, C., & Dünhaupt, P. (2020): Wirtschaftliche Entwicklung und Arbeitsbedingungen in globalen Wertschöpfungsketten. Hans-Böckler-Stiftung: Düsseldorf.
- MERICS (2020): Chinas Streben nach Dominanz in globalen Zuliefer- und Wertschöpfungsketten: Auswirkungen auf Europa. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE: Berlin.
- OECD (2019): Health at a Glance 2019. OECD: Paris.
- Petersen, T., & Steiner, F. (2019): The Bigger Picture – Wie Globalisierung, Digitalisierung und demografischer Wandel die Welt herausfordern. Bertelsmann Stiftung: Güterloh.
- Prendergrast, J. (2015): A example of how a citation should look. Oxford Economics: London.
- Quantis (2020): Chemical Recycling: Greenhouse gas emission reduction potential of an emerging waste management route. European Chemical Industry Council (Cefic): Brüssel.
- ResearchGermany (2020): Research Germany Sector Reports. Von The chemical industry in Germany: turnover, statistics, background vom 21. November 2020, <https://www.researchgermany.com/chemical-industry-in-germany-our-industry-report/>
- Rimbach, A. (2015): Chemieformel zum demografischen Wandel. Die Arbeitszeitsituationsanalyse zur Gestaltung lebensphasenorientierter Arbeitszeit. ChemieNord: Hamburg.
- Rothermel, J. (2020): Strom ist zentral für eine CO<sub>2</sub>-neutrale Chemie. Von Stiftung Energie und Klimaschutz vom 14. Dezember 2020, <https://www.energie-klimaschutz.de/co2-neutrale-chemie/>
- Schäfer, B., & Sauer, J. (2020): Trends der chemischen Prozessindustrie. In: Chemie Ingenieur Technik (92(3)), S. 183–193.
- Scheuermann, A. (2021): BASF kauft sich in Offshore-Windpark von Vattenfall ein. Von CHEMIETECHNIK vom 24. Juni 2021, <https://www.chemietechnik.de/anlagenbau/basf-kauf-sich-in-offshore-windpark-von-vattenfall-ein-117.html>
- Shell (2021): Shell startet Europas größte PEM-Wasserstoff-Elektrolyse. Von Shell.de vom 02. Juli 2021, <https://www.shell.de/ueber-uns/projects-and-sites/shell-rheinland/aktuelles/shell-startet-europas-groesste-pem-wasserstoff-elektrolyse.html>
- SRU (2021): Wasserstoff im Klimaschutz: Klasse statt Masse. Geschäftsstelle des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU): Berlin.
- tagesschau (2021): Chemiebranche berappelt sich. Von tagesschau.de vom 06. Juni 2021, <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/chemiekonjunktur-kommt-zunehmend-in-schwung-101.html>
- Tivig, T., Eggert, D., & Korb, C. (2010): Die Auswirkung des demografischen Wandels auf die chemische Industrie in Europa. Uni Rostock: Rostock.
- UBA (2009): Nachhaltige Chemie. Positionen und Kriterien des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau.
- VCI & IG BCE (2020): Gemeinsame Strategie von IG BCE und VCI zu einer Wasserstoffwirtschaft. Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) & Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE): Frankfurt am Main/Hannover.
- VCI (2017a): Chemieparcs in Deutschland. Investieren an wirtschaftlich attraktiven Standorten – mitten in den Märkten Europas. Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI): Frankfurt am Main.
- VCI (2017b): Wohlstand in Deutschland basiert auf einer starken und innovativen Industrie. Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI): Frankfurt am Main.

VCI (2020): EU-Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit. Von VCI vom 09. November 2020, <https://www.vci.de/themen/chemikaliensicherheit/eu-chemikalienstrategie/eu-chemikalienstrategie-fuer-nachhaltigkeit-vci-position.jsp>

VCI (2021a): Bioökonomie Bedeutung. Von VCI von 2021, <https://www.vci.de/themen/biotechnologie/biooekonomie/inhaltsseite-bedeutung.jsp>

VCI (2021b): Branchenporträt. Daten und Fakten im Überblick. Verband der Chemischen Industrie e.V.: Frankfurt am Main.

VCI (2021c): Chemiewirtschaft in Zahlen online. Von VCI vom 6. August 2021, <https://www.vci.de/die-branche/zahlen-berichte/chemiewirtschaft-in-zahlen-online.jsp>

VCI (2021d): Chemistry4Climate gewinnt 70 Partner. Von der Presseinformation vom 03. Mai 2021, <https://www.vci.de/langfassungen/langfassungen-pdf/2021-05-03-chemistry4climate-gewinnt-70-partner.pdf>

VCI (2021e): Energiestatistik. Daten und Fakten. Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI): Berlin

VCI (2021f): Grenzausgleich ante portas. Von EU-Klimapolitik vom 31. August 2021, <https://www.vci.de/themen/energie-klima/klimaschutz/grenzausgleich-ante-portas-eu-klimapolitik.jsp>

Wacker Chemie (2021). Wacker Chemie Geschäftsbericht 2020. Wacker Chemie AG: München.

World Economic Forum (2021): COVID-19 is challenging the way we think of chemical industry trends. This is how. Von weforum.org vom 17. März 2021, <https://www.weforum.org/agenda/2021/03/chemical-industry-trends-forecasting-resilience/> abgerufen

Zeschmar-Lahl, B. (2017): Chemische Industrie: Wie die Grüne Revolution gelingen kann. Von Heinrich-Böll-Stiftung vom 14. September 2017, <https://www.boell.de/de/2017/09/14/chemische-industrie-wie-die-gruene-revolution-gelingen-kann>

ZEW (2021): Innovationen in der deutschen Wirtschaft: Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2020. ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung: Mannheim.



