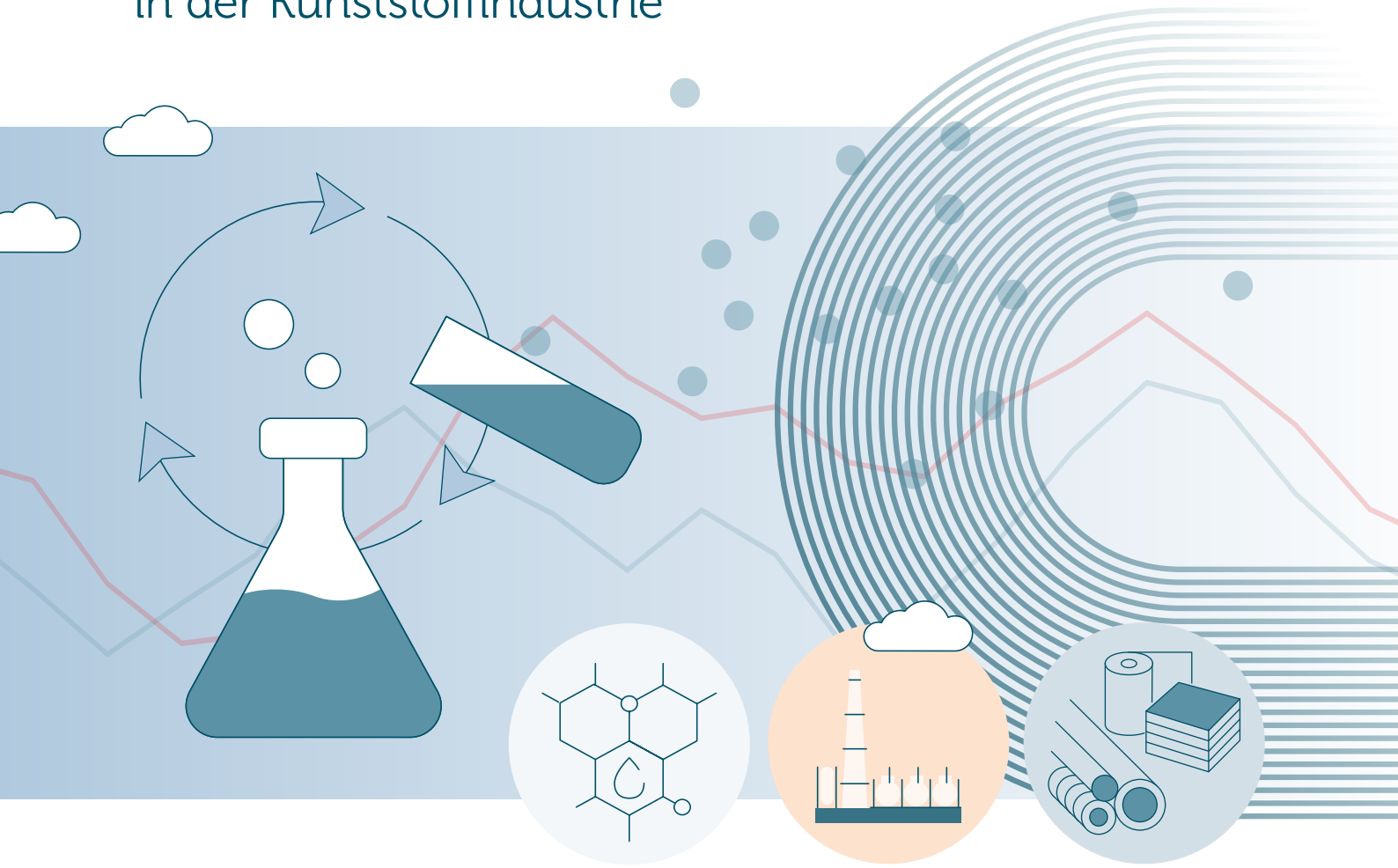
Stabilität durch Transformation

Wirtschaftliche und politische Strategien für widerstandsfähige Wertschöpfungsketten in der Kunststoffindustrie



arbeit und umwelt
STIFTUNG DER IGBCE

Impressum

Stabilität durch Transformation. Wirtschaftliche und politische Strategien für widerstandsfähige Wertschöpfungsketten in der Kunststoffindustrie.

ERSTELLT IM AUFTRAG VON
Stiftung Arbeit und Umwelt der IGBCE
Inselstraße 6, 10179 Berlin
Königsworther Platz 6, 30167 Hannover
Telefon +49 30 2787 14

PROJEKTLEITUNG
Dr. Regina Weber

AUTOR:INNEN
Dr. Christoph Sievering, Ylva Kloo, Svenja Theisen, Wuppertal Institut

REDAKTION
Verena Frank

LEKTORAT
Martin Regenbrecht

SATZ UND LAYOUT
Atelier Hauer + Dörfler GmbH

BILDNACHWEIS
Grafikelemente: shutterstock.com

VERÖFFENTLICHUNG
Dezember 2024

BITTE ZITIEREN ALS
Stiftung Arbeit und Umwelt der IGBCE (Hg.), 2024, Stabilität durch Transformation. Wirtschaftliche und politische Strategien für widerstandsfähige Wertschöpfungsketten in der Kunststoffindustrie. Berlin.

Copyright Stiftung Arbeit und Umwelt der IGBCE

Vorwort

Die chemische Industrie ist eine zentrale Säule der deutschen Wirtschaft und bildet das Fundament zahlreicher Wertschöpfungsketten. Als Lieferant von Grundstoffen für Schlüsselbranchen leistet sie einen wesentlichen Beitrag zur Innovationsfähigkeit und internationalen Wettbewerbsfähigkeit bei. Angesichts der klimabedingten Transformation und der Unsicherheit auf den Weltmärkten steht die Branche vor tiefgreifenden Herausforderungen, die ihre Stabilität und Zukunftsfähigkeit gefährden.

In den Diskussionen zur Transformation werden die engen Abhängigkeiten in den Wertschöpfungsketten der chemischen Industrie oft übersehen. Brüche in diesen Strukturen bergen jedoch das Risiko, dass ganze Industriezweige abwandern und damit zahlreiche Arbeitsplätze verloren gehen. Am Beispiel der Kunststoffindustrie in Nordrhein-Westfalen, konkret im nördlichen Ruhrgebiet, wurde untersucht, wie belastbar die Wertschöpfungsketten der chemischen Industrie sind und welche Voraussetzungen die Branche für eine erfolgreiche Transformation zur Klimaneutralität und langfristige Wettbewerbsfähigkeit benötigt.

Die Herausforderungen sind erheblich: Steigende Emissionskosten und Überkapazitäten auf den Weltmärkten setzen die Branche unter Druck. Die Studie zeigt aber auch, dass die Wettbewerbsfähigkeit durch gezielte Investitionen in die CO_2-Infrastruktur, die Förderung grüner Leitmärkte und Investitionsanreize gestärkt und sogar ausgebaut werden kann. Eine aktive Gestaltung der Rahmenbedingungen durch Politik und Wirtschaft kann die Transformation zu klimafreundlichen Prozessen und Produkten fördern, wodurch neue Potenziale für Innovation und Wertschöpfung entlang der gesamten Kette entstehen und gleichzeitig Arbeitsplätze gesichert werden. Die kommenden sechs bis acht Jahre bieten die entscheidende Chance, die Kunststoffindustrie langfristig widerstands- und wettbewerbsfähig zu machen.

Die vorliegende Studie unterstreicht den Handlungsbedarf und analysiert die wesentlichen Voraussetzungen für eine zukunftsfähige und stabile Kunststoff-Wertschöpfungskette. Sie zeigt, wie eine gezielte Transformation sowohl die ökonomische Stabilität als auch die ökologische Zukunftsfähigkeit der chemischen Industrie gewährleisten kann.

Wir freuen uns darauf, die gewonnenen Erkenntnisse mit Ihnen zu diskutieren und gemeinsam Strategien für eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Industrie der Zukunft zu entwickeln.

Dr. Regina Weber
Bereichsleiterin Transformation der Industrie, Energie-, Klima- und Strukturpolitik
Stiftung Arbeit und Umwelt der IGBCE

Inhalt

Vorwort . . . 3
Zusammenfassung . . . 5
1. Einleitung . . . 6
2. Vom Rohstoff zum Produkt: Wertschöpfungsketten des Kunststoffsektors . . . 8
2.1 Globale Entwicklungen in der Kunststoffindustrie . . . 9
2.2 Wertschöpfungsstufen und deren Verflechtung . . . 10
2.3 Chemiecluster in Deutschland . . . 12
2.4 Der Ethylen-Cluster im nördlichen Ruhrgebiet . . . 13
2.5 Landschaften der Kunststoffverarbeitung . . . 13
3. Herausforderungen für die Petrochemie und den Kunststoffsektor – betriebswirtschaftliche Perspektiven . . . 15
3.1 Wirtschaftliche Ausgangssituation . . . 15
3.2 Politische Erwartungen an die Transformation der Industrie . . . 17
3.3 Technische Dimension: Emissionen entlang der Wertschöpfungskette . . . 17
3.4 Einsparungspotenziale bei den Spaltöfen des Steamcrackers . . . 18
3.5 Zeitfenster für langfristige Entscheidungen . . . 19
4. Herausforderungen für resiliente Wertschöpfungsketten – volkswirtschaftliche Perspektiven . . . 21
4.1 Alternativen zu bisherigen Versorgungsstrukturen . . . 22
4.2 Die Suche nach der zukünftigen Rolle der chemischen Industrie in Deutschland . . . 25
4.3 Stabilität der Wertschöpfungsketten . . . 27
4.4 Risiken von Kippmomenten . . . 28
4.5 Arbeitsplätze und Strukturwandel . . . 30
5. Empfehlungen für ein politisches Risikomanagement . . . 32
6. Schlussbetrachtung . . . 34
7. Literatur . . . 35

Zusammenfassung

Die chemische Industrie in Deutschland, insbesondere die Petro- und Polymerchemie sowie die kunststoffverarbeitende Industrie, steht aufgrund struktureller Rohstoff- und Energiekostennachteile stark unter Druck. Diese Risiken werden angesichts stagnierender Weltmärkte und globaler Überkapazitäten in den kommenden Jahren noch verstärkt. Hinzu kommen steigende regulatorische Belastungen für den fossilen, emissionsintensiven Produktionspfad in Europa, da die Preise für Emissionszertifikate steigen und die kostenfreie Zuteilung von Zertifikaten schrittweise reduziert wird.

Die Europäische Union begrenzt über das Emissionshandelssystem (EU ETS) den Markt für Emissionsrechte schrittweise über den linearen Reduktionsfaktor. In der Konsequenz fordert der Emissionshandel bis 2040 eine klimaneutrale Industrie und Energiewirtschaft. Diese politisch vereinbarte Transformation der Industrie ist jedoch mit hohen Investitionskosten (CAPEX) sowie höheren Betriebskosten (OPEX) verbunden. Dies wird bestehende Wettbewerbsnachteile für die chemische Industrie weiter verschärfen.

Investitionen in die Transformation erfordern belastbare Geschäftsmodelle auf Basis der gesetzlichen Rahmenbedingungen. Diese Investitionsentscheidungen werden jedoch insbesondere von global agierenden Unternehmen ausschließlich auf Basis wirtschaftlicher Rentabilität und kaum auf Grundlage regionaler und historischer Standortbindungen getroffen.

Unternehmensentscheidungen für oder gegen den Produktionsstandort Deutschland müssen aufgrund der langen Vorlaufzeiten industrieller Projekte spätestens 2030-2032 getroffen werden. Bis dahin muss eine klare und gesetzlich abgesicherte Synchronisation zwischen industrieller Transformation und den Veränderungen der Märkte erkennbar sein, da die Mehrkosten aufgrund der höheren Herstellungskosten „grüner" Produkte – von wenigen Nischenmärkten abgesehen – von den Verbraucher:innen nur selten akzeptiert werden. Ohne politische Flankierung wird es keine Transformation der Industrie geben und Standorte werden mit Fortschreiten des EU ETS geschlossen.

Der potenzielle Verlust an industrieller Wertschöpfung in Deutschland und der damit verbundene Abbau von Arbeitsplätzen bedeuten eine erhebliche Verringerung des Bruttoinlandsprodukts und des Wohlstands. Aktuelle Studien gehen von einer Gefährdung der Grundstoffchemie von über 45 Prozent und des verarbeitenden Gewerbes von bis zu 30 Prozent aus. Dies würde einen Verlust von jeweils 65.000–70.000 Arbeitsplätzen in der Petro- und Polymerchemie und ca. 100.000 Arbeitsplätzen in der Kunststoffverarbeitung bedeuten.

Um einer Deindustrialisierung und den Dominoeffekten wegbrechender Wertschöpfungsketten entgegenzuwirken ist aus volkswirtschaftlicher Perspektive ein neues, mutiges Risikomanagement erforderlich, das auf einem Konsens zwischen Politik, Wirtschaft und Gesellschaft basiert. Dieses volkswirtschaftliche, politische Risikomanagement muss die Wirkung politischer Initiativen in Einklang mit den betriebswirtschaftlichen Entscheidungshorizonten bringen und durch überbrückende Maßnahmen flankieren. Beispielsweise müssen neben der Unterstützung einzelner Branchen zeitnah notwendige Infrastrukturen, insbesondere eine funktionsfähige CO_2-Logistik bereitgestellt werden. Die Anwendung von CCS-Technologien wird in einer ersten Transformationsphase erforderlich sein, um kurzfristig Emissionen der Industrie zu reduzieren. In einer nachfolgenden Transformation nachhaltiger Märkte und Substitution fossiler Rohstoffe wird hierdurch die Möglichkeit „negativer" Emissionen geschaffen. Die finanzielle Unterstützung von Investitionen in die Transformation muss übergangsweise abgesichert werden, bis andere regulatorische Rahmenbedingungen ein ausbalanciertes System nachhaltiger Industrien und Märkte gewährleisten.

Die Förderung des industriellen Wandels stellt auf den ersten Blick eine zusätzliche finanzielle Herausforderung für die öffentlichen Haushalte dar. Langfristig bieten Investitionen in den Umbau der Industrie jedoch die Möglichkeit internationale Wettbewerbsnachteile dauerhaft zu überwinden. Darüber hinaus ist eine nationale Industrieproduktion für die Gestaltung und Etablierung nachhaltiger Produktmärkte unverzichtbar. Nur durch eine nachhaltige Industrie in Deutschland kann die zukünftige internationale Wettbewerbsfähigkeit gestärkt und maßgeblicher Einfluss auf zukünftige Produktions- und Produktstandards genommen werden.

1

1. Einleitung

Viele Prozesse der Chemie sind energie- und emissionsintensiv und stehen somit vor der Herausforderung einer grundlegenden Transformation hin zu einer nachhaltigen und klimaneutralen Zukunft. Sowohl die Energie- und Rohstoffversorgung als auch die Produktionsprozesse werden von ihren fossilen Versorgungsstrukturen auf eine nachhaltige Wertschöpfung umgestellt werden müssen. Das Design der Produkte sowie der Umgang mit den Produkten am Ende der Lebenszeit werden sich grundlegend verändern. Die Kreislaufwirtschaft wird eine zentrale Rolle in der chemischen Wertschöpfungskette einnehmen müssen, denn der Kohlenstoffeintrag in die Umwelt und Atmosphäre am Ende des Lebenszyklus eines Produktes ist um ein Vielfaches höher als die Emissionen während der Herstellung der Kunststoffe.

Die Erwartungen an die Transformation verdichten sich allerdings zu einem Zeitpunkt, zu dem ein Fünftel der gesamten industriellen Wertschöpfung in Deutschland – und insbesondere ca. 45 Prozent der chemischen Grundstoffindustrie – mittelfristig gefährdet bzw. bereits jetzt stark gefährdet sind (BCG und IW 2024). Die Herausforderungen sind vielfältig und reichen von hohen Energie- und Rohstoffkosten über stagnierende Märkte bis hin zu globalen Überkapazitäten.

Darüber hinaus ist die gesellschaftliche Stimmung geprägt durch eine wachsende Unsicherheit, hervorgerufen durch eine Vielzahl wirtschaftlicher Krisen, Kriege und die Auswirkungen des demografischen Wandels. Die Vorschläge politischer Lösungsansätze reichen von handelspolitischem Protektionismus über zukunftsgerichtete Staatsverschuldung bis hin zu strengerer Haushaltsdisziplin.

Aus einer betriebswirtschaftlichen Perspektive scheint der Zeitpunkt für eine grundlegende und investitionsintensive Transformation der Industrie nicht ungünstiger sein zu können. Und doch: Gerade in einer solchen umfassenden Transformation sieht die vorliegende Studie die Chance, die strukturellen Wettbewerbsnachteile zu überwinden und gleichzeitig als nachhaltige Industrie eine Vorbildrolle zu besetzen. Die Voraussetzung dazu ist allerdings eine sehr zeitnahe, transparente und mutige Auseinandersetzung der Akteure aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft über die volkswirtschaftliche Bedeutung der Industrie in Deutschland.

In Anbetracht dieser Ausgangslage wird die vorliegende Studie zunächst einige der wichtigsten Abhängigkeiten innerhalb des Geflechtes chemischer Wertschöpfungsketten aufzeigen. Es wird dargelegt, ob und inwieweit die heutige Krisensituation temporärer oder struktureller Natur ist, und es wird insbesondere den folgenden Fragen nachgegangen:

- Wie robust sind die Strukturen deutscher Wertschöpfungsketten vor dem Hintergrund der doppelten Herausforderung durch Weltmarktlage und erforderliche Transformation?

- Wie groß ist das Risiko der Abwanderung deutscher Grundstoffchemie und droht dabei eine weitergehende Erosion von Wertschöpfungsstufen?

Neben den betriebswirtschaftlichen Voraussetzungen für eine Transformation werden auch einige volkswirtschaftliche Fragen in den Blick genommen:

- Welche Rolle spielt die Chemie aus volkswirtschaftlicher Sicht und inwieweit ist der gesellschaftliche Wohlstand bei einem teilweisen Wegbrechen der Produktion in Deutschland gefährdet?

- Wie resilient ist die Versorgung essenzieller Märkte, also der Märkte, die für die Gesellschaft und die industrielle Wertschöpfung systemrelevant sind?

- Welche Kriterien sind als Grundlage für die Entscheidung geeignet, ob und wo flankierende politische Maßnahmen entwickelt werden sollten?

- Welche Auswirkungen könnte die Abwanderung deutscher Chemieindustrie auf zentrale Produkte haben, welche beispielsweise für die Umsetzung von Energie- und Wärmewende oder ganz allgemein für die Transformation von Industrie und Gesellschaft wesentlich sind?

Zum Abschluss werden Empfehlungen für ein politisches Management der aufgezeigten Risiken formuliert. Dabei liegt der Fokus auf der zeitlichen Wirksamkeit politischer Initiativen und den möglichen Entscheidungshorizonten für Transformationsinvestitionen. Es wird aufgezeigt, dass das unterschiedliche Tempo der Entwicklung – auf der einen Seite zeitnah notwendige Weichenstellungen für die Transformation der industriellen Produktion und auf der anderen Seite die nicht zu erwartende kurz- bis mittelfristige Transformation der Märkte – erhebliche Überbrückungsmaßnahmen erforderlich machen, wenn die Abwanderung der Petrochemie und Polymerchemie verhindert werden soll.

Die zeitlichen Limitationen der vorliegenden Studie erlaubten nur einen ausschnittsweisen Blick auf die Branche. Der Fokus wurde auf den Kunststoffsektor gelegt, im Speziellen wurde das Beispiel des Chemieclusters Gelsenkirchen/Marl (mit über 10.000 Arbeitsplätzen) und ausgewählte Märkte des verarbeitenden Gewerbes betrachtet. Auf Grundlage vorhandener Studien zur Situation der chemischen Industrie (FutureCamp und DECHEMA 2019; Bähr et al. 2023; Scheuermann et al. 2023) und ergänzender Interviews mit Vertreter:innen von Unternehmen dieses Clusters sowie internationalen Händlern von Chemieprodukten[1] konnte dennoch ein aufschlussreiches Bild der Strukturen und Herausforderungen der Branche gezeichnet werden.

[1] Die Studie basiert auf Interviews mit Expert:innen verschiedener Wertschöpfungsstufen in der Petrochemie und im Kunststoffsektor mit Bezug zum Chemiecluster im nördlichen Ruhrgebiet im Zeitraum vom 30.04.2024 bis 28.05.2024. Folgende Unternehmen und Organisationen waren Teil des Samples: BP, Evonik Industries, IMCD, Plastics Europe, Verband der Chemischen Industrie, VEKA, SABIC, Vestolit und VinylPlus.

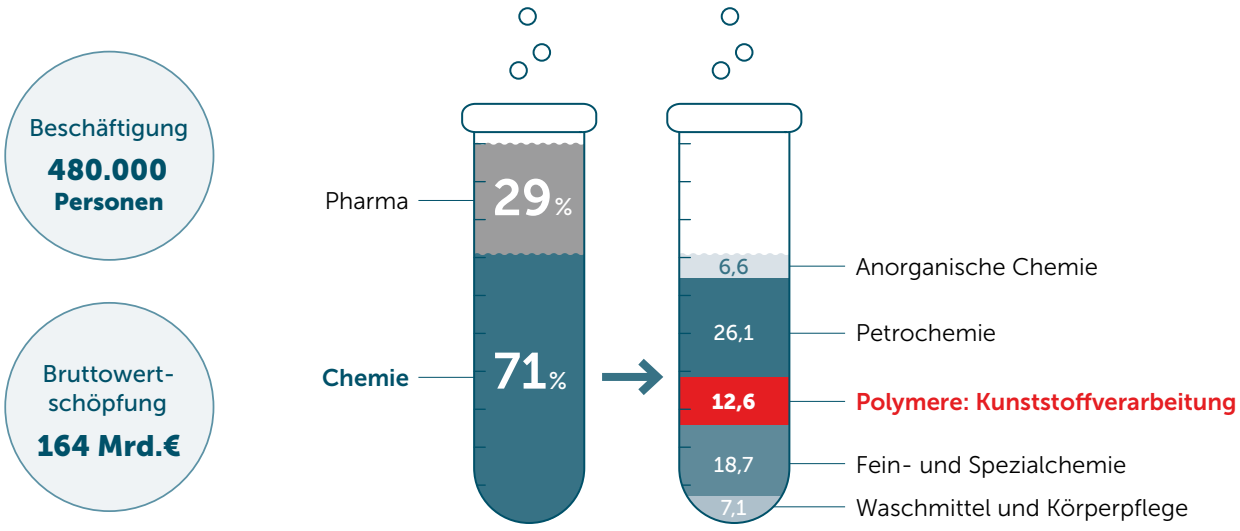
2. Vom Rohstoff zum Produkt: Wertschöpfungsketten des Kunststoffsektors

Die Chemieindustrie gilt mit über 480.000 Beschäftigten als die drittgrößte Industriebranche in Deutschland (BCG und IW 2024) und trägt damit wesentlich zur Wertschöpfung und zum Wohlstand des Landes bei. Während nur einige wenige, international agierende Unternehmen der Branche in der öffentlichen Wahrnehmung stehen, sind über 90 Prozent der Arbeitsplätze in kleineren und mittleren Unternehmen angesiedelt (FutureCamp und DECHEMA 2019). Die chemische Industrie ist eine extrem diversifizierte Industrie und ihre Produkte durchdringen nahezu jeden Bereich des Alltags. Materialien der Chemieindustrie sind in über 95 Prozent aller Endprodukte enthalten (cefic 2019), ob es sich nun um die Sektoren Verkehr und Gebäude, Haushalt und Komfort oder um Infrastrukturen oder Medizin und Gesundheit handelt.

Der Verband der Chemischen Industrie (VCI) unterscheidet grob die Bereiche der Chemischen Industrie mit ca. 70 Prozent und der Pharmazeutischen Industrie mit ca. 30 Prozent, gemessen am Produktionsindex (siehe Abbildung 1, VCI 2023). Innerhalb des Bereichs der chemischen Industrie wird differenziert zwischen anorganischen Grundstoffen (z.B. Düngemittel), Feinchemikalien (z.B. Farbstoffe und Pigmente), Wasch- und Körperpflegemitteln sowie Chemikalien und Derivaten der Petrochemie und der daraus entstehenden Polymere, welche in dieser Studie unter dem Begriff Kunststoffe zusammengefasst werden.

Abbildung 1: Chemie: drittgrößte Industriebranche in Deutschland

Hohe Diversifizierung erlaubt Materialflüsse in nahezu jeden Produktmarkt.
Der Produktionsindex bietet eine erste Charakterisierung.



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von VCI 2023; BCI und IW 2024

Während die Petrochemie innerhalb der chemischen Industrie die größten Anlagenkomplexe mit den größten Volumenströmen betreibt, so ist deren Produktvielfalt doch überschaubar. Es sind im Wesentlichen die sogenannten Monomere der Olefine Ethylen, Propylen und Butadien sowie der Aromaten Benzol, Toluol und Xylol.

Erst in der darauffolgenden Wertschöpfungsstufe werden aus den Monomeren der Olefine und Aromaten weitverzweigte und chemisch vernetzte Kettenmoleküle, die sogenannten Polymere. Einige der bekanntesten Vertreter der Polymere sind beispielsweise Polyethylen und Polypropylen, Polyester, Polyvinylchlorid oder Polystyrol. Aus den Polymeren werden schließlich Kunststoffe hergestellt, welche nahezu jedes Anforderungsprofil der verschiedenen Marktsegmente erfüllen können.

2.1 Globale Entwicklungen in der Kunststoffindustrie

Kunststoffe haben seit der Mitte des 20. Jahrhunderts äußerst breit gefächerte Anwendungsfelder erobert und konnten andere Materialien wie Glas, Metall, Papier und Holz teilweise verdrängen. Ihr Einsatz ist seit 1950 stetig gewachsen (siehe Abbildung 2). Während der Verbrauch in Europa auf einem nahezu konstant hohen Niveau stagniert, ist weltweit ein erhebliches Wachstum zu beobachten.

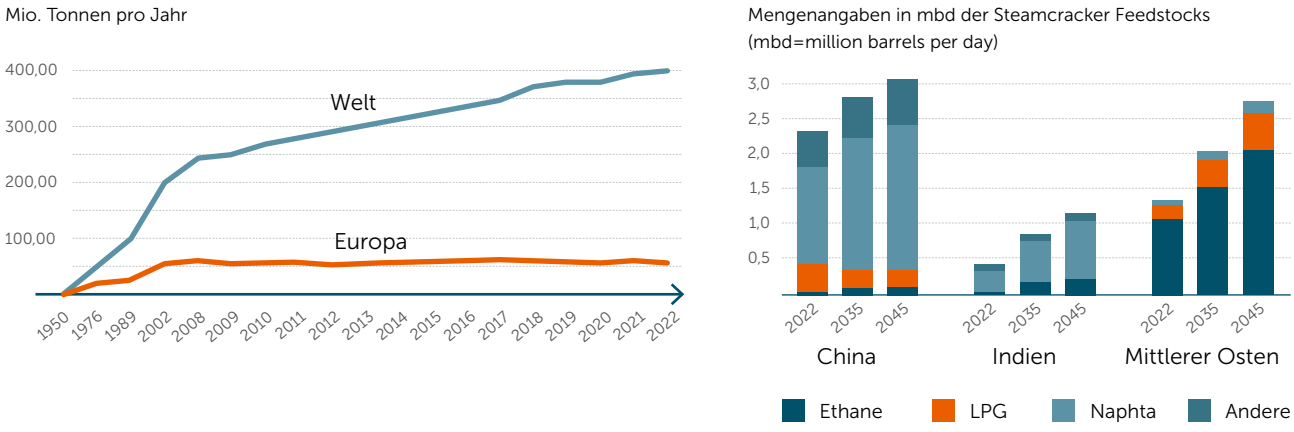
In einem ihrer jüngsten Updates des World Oil Outlook (OPEC 2024) geht die Organisation erdölexportierender Länder davon aus, dass der Bedarf an petrochemischer Verarbeitungskapazität in Asien, Indien und dem Mittleren Osten in den kommenden zwei Dekaden erheblich steigen wird; teilweise wird von einer Verdopplung ausgegangen (siehe Abbildung 2). Während in Indien ein steigender nationaler Bedarf angenommen wird, verfolgen viele Länder des Mittleren Osten eine Strategie der Diversifizierung der eigenen Industrie. Sie wollen zur Sicherung ihres Wohlstands nicht mehr hauptsächlich darauf setzen, Erdöl zu exportieren, sondern ebenfalls Margen durch eine Weiterverarbeitung im eigenen Land erzielen. Dadurch sind die Produktionskapazitäten zwischen 2010 und 2020 kontinuierlich ausgebaut worden. Die entstehenden Volumina werden hauptsächlich exportiert.

In den vergangenen Jahren sind Derivate petrochemischer Produktion aus dem Mittleren Osten und den USA vorwiegend nach Asien exportiert worden. China war über viele Jahre ein wichtiger Abnehmer, um den steigenden Bedarf an Kunststoffen im Land zu befriedigen. Parallel wurden jedoch erhebliche Produktionskapazitäten in China selbst aufgebaut. So ist die Selbstversorgung für Polypropylen seit 2005 von 45 Prozent auf 95 Prozent gestiegen und für Polyethylen auf über 65 Prozent. In den letzten drei bis vier Jahren hat China die Selbstversorgungsquote um zehn Prozentpunkte gesteigert. Mit dem Ausbau eigener Produktionskapazitäten sind gleichzeitig die Importe für Polyethylen aus anderen Regionen signifikant zurückgegangen. Ähnliche Entwicklungen können auch für die Derivate PTA und PVC beobachtet werden. China hat sich von einem Netto-Importeur zu einem Exporteur entwickelt (Hodges 2024).

Diese Entwicklungen auf globaler Ebene sind für die deutsche und die europäische Chemieindustrie von enormer Bedeutung. Der kontinuierliche Ausbau der Produktionskapazitäten im Mittleren Osten birgt das Risiko globaler Überkapazitäten. Durch die zunehmende Selbstversorgung Chinas suchen die Hersteller nach neuen Märkten. Bereits heute ist ein steigender Import petrochemischer Grundstoffe nach Europa festzustellen.

Abbildung 2: Globaler Wachstumsmarkt: Kunststoffe

Seit 1950 ist der Kunststoffbedarf stetig gewachsen. Für die kommenden Jahre wird ein stagnierender Markt in Europa erwartet. Steigender Bedarf wird im Mittleren Osten, Indien und Asien prognostiziert.



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von OPEC 2024

2.2 Wertschöpfungsstufen und deren Verflechtung

Der weltweit am meisten verbreitete Verarbeitungspfad der Petrochemie basiert auf fossilem Rohöl (Abbildung 3). Daneben existieren kohlebasierte wie auch gasbasierte Verfahren, was meist auf lokale, nationale Rohstoffverfügbarkeiten zurückzuführen ist. Dies trifft sowohl auf die Kohlechemie in Teilen Chinas zu wie auch auf den Einsatz gasbasierter Verfahren im Mittleren Osten und in den USA. Die dort leicht zugänglichen Gasreserven ermöglichen erhebliche Kostenvorteile gegenüber einer rohölbasierten Produktion.

Das Fließdiagramm in Abbildung 3 zeigt, dass Rohöl in Raffinerien vorwiegend zu Treibstoffen (Benzin, Diesel und Flugbenzin), Heizöl, Bitumen und Petrolkoks (für den Einsatz in Kraftwerken) verarbeitet wird. Ein geringer Anteil von 10–15 Prozent der Rohölausbeute wird als Rohstoff für die Petrochemie verwendet.

Die zentrale Technologie der Petrochemie ist der sogenannte Steamcracker. Er wandelt große, komplexe Moleküle, wie Rohölbestandteile oder flüssige Gase, mittels hoher Temperaturen und Dampfeinsatz in kleinere Moleküle um. Dadurch entstehen Monomere wie Ethylen, Propylen, Butadien oder Benzol, die als Grundstoffe in der chemischen Industrie weiterverarbeitet werden. Abhängig vom Ausgangsrohstoff des Steamcrackers können die Produktausbeuten bezüglich ihrer Mengenanteile variieren. Grundsätzlich gilt:

- Je kleiner die Molekülgrößen, desto höher die Ausbeute an Ethylen, mit dem höchsten Wert bei Ethan.
- Je größer und komplexer die Moleküle (wie beispielsweise Gasöl-Komponenten), desto höher die Ausbeuten an den Aromaten Benzol und Toluol und Reststoffen.

Die breiteste Anwendung weltweit findet der Rohstoff Naphtha (auch Rohbenzin genannt), welcher aufgrund seiner Siedefraktion mit Benzinkomponenten verglichen werden kann. In Tabelle 1 ist die typische Ausbeute eines Steamcrackers für verschiedene Einsatzstoffe gelistet. Es wird deutlich, dass Ethylen bezogen auf seine Produktionsmenge mit Abstand das bedeutendste Monomer darstellt, gefolgt von Propylen, Butadien und Benzol. Das bei der Crack-Reaktion entstandene Spaltgas wird zur Unterfeuerung in den Öfen des Steamcrackers verwendet.

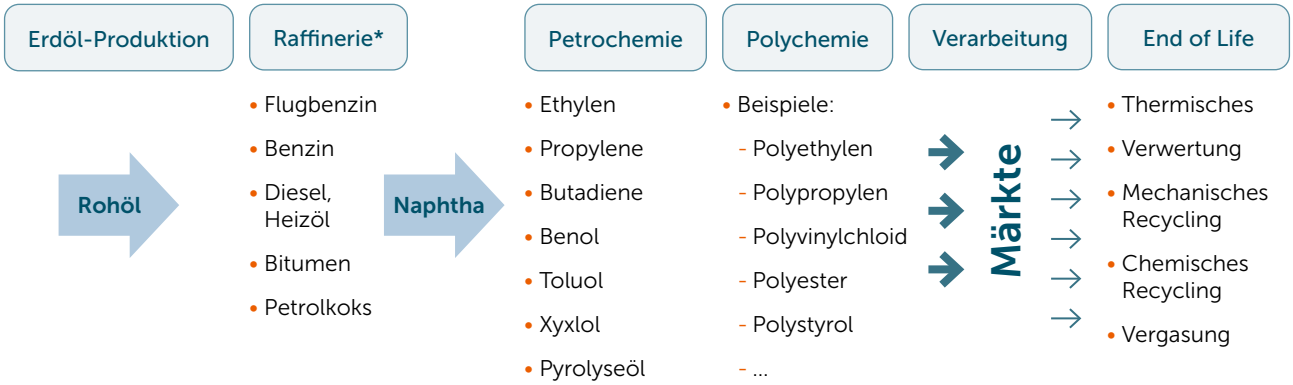
Folgt man dem weiteren Verarbeitungspfad des Hauptproduktes Ethylen, so zeigt sich trotz einer sehr einfachen Molekülstruktur des Monomers eine breitgefächerte Vielfalt darauf aufbauender Polymere und dementsprechend weitreichende Anwendungsgebiete (siehe Abbildung 4). Im Folgenden sollen beispielhaft zwei Produktschienen des Ethylens näher betrachtet werden: Polyethylen und Polyvinylchlorid (PVC).

Tabelle 1: Ausbeuten (Gew-%) abhängig vom Rohstoff

Produkte	Ethan	Naphtha	Gasöl
Spaltgas	15,1	18,7	12,1
Ethylen	77,8	33,6	26,0
Propylen	2,8	15,6	16,1
Butadien (C4)	2,6	8,7	9,3
Benzol	0,9	6,7	6,0
Toluol	0,1	3,4	2,9
Xylol	0	1,8	2,2
Andere	0,7	11,5	25,4

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Chauvel und Lefebvre 1989

Abbildung 3: Fossile Verarbeitungsstrukturen der Petrochemie

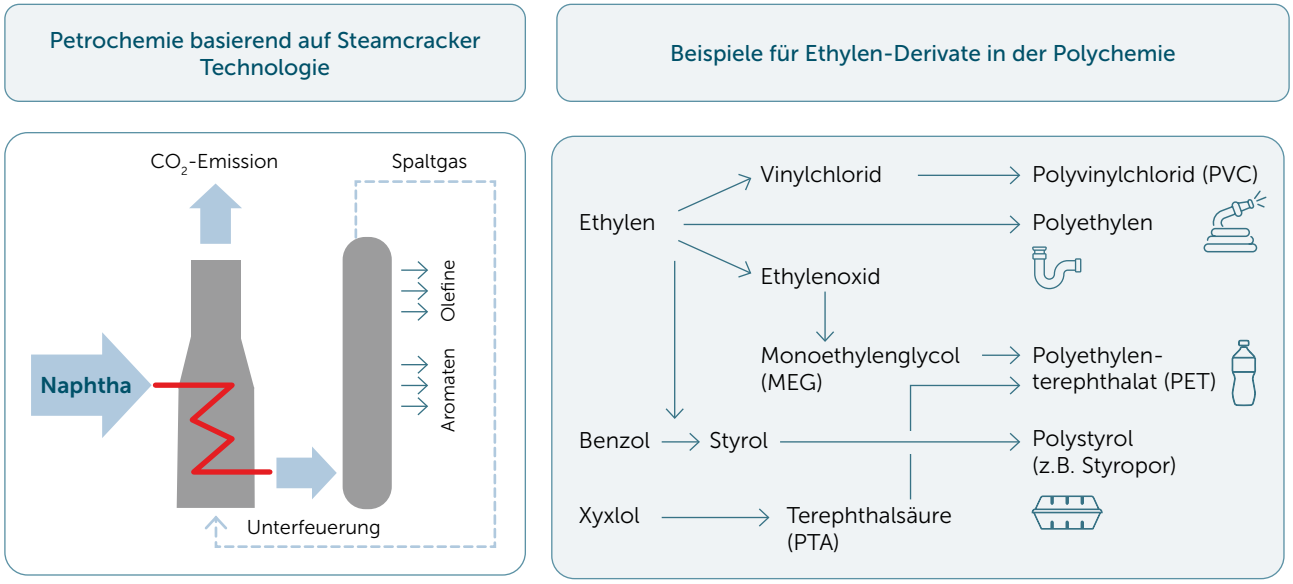


* Nur etwa 10–15% des Rohöls wird zur Herstellung von Kunststoffen verwendet. Der überwiegende Anteil wird zu Treibstoffen verarbeitet.

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 4: Steamcracker: Herzstück der Petrochemie

Ethylen ist das Hauptprodukt der Petrochemie. Es wird zu vielfältigen Polymeren verarbeitet.



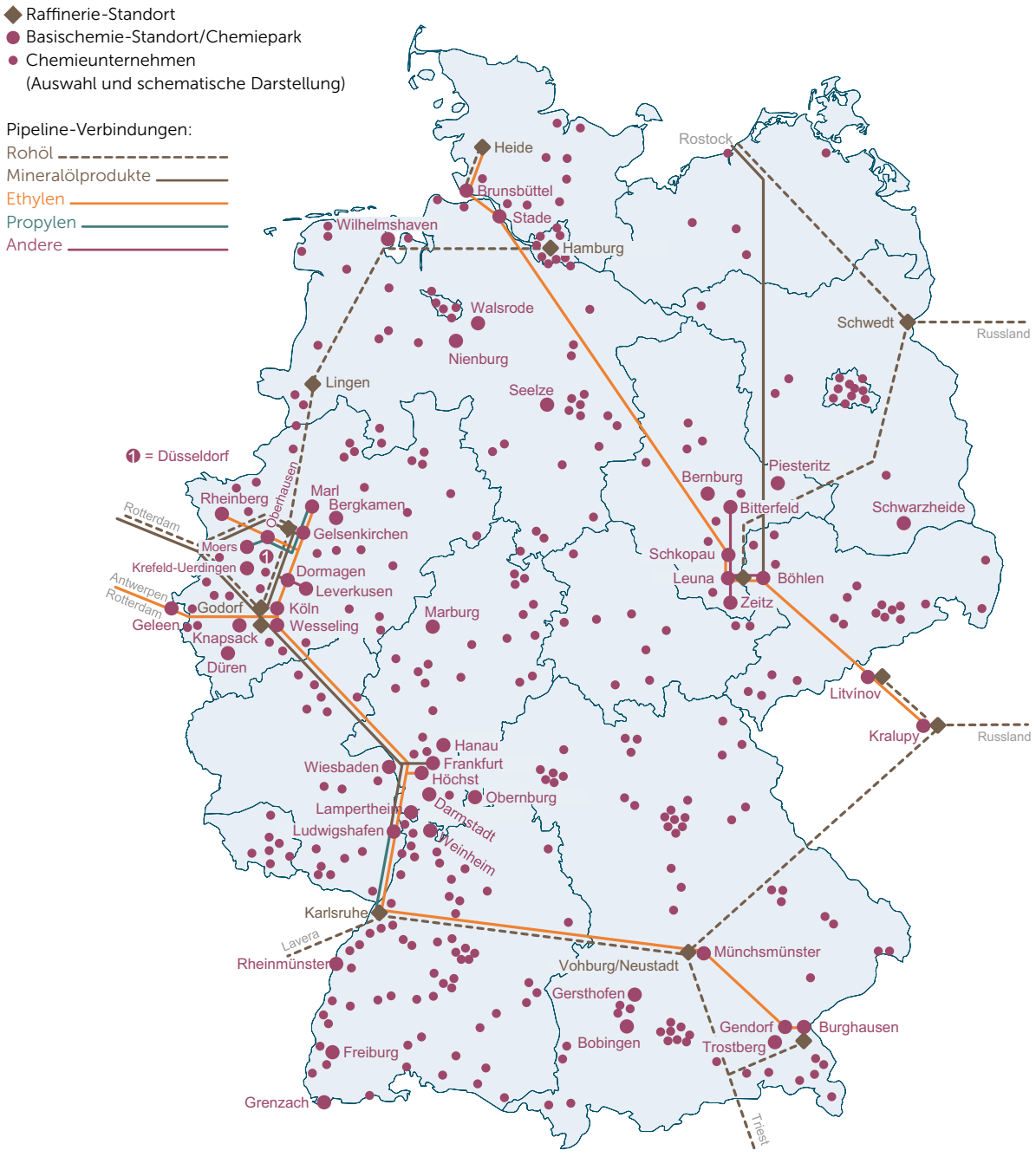
Quelle: eigene Darstellung

- **Polyethylen (PE):** Mit rund einem Drittel der weltweiten Kunststoffproduktion stellt PE den größten Anteil dar (PlasticsEurope 2020). Typische Anwendungsgebiete sind Verpackungen, Behälter, Folien sowie auch Rohre und Kabelisolierungen. Sortenreine Kunststoffabfälle aus PE sind gut verwendbare Ressourcen für Recyclingverfahren, sowohl für mechanische als auch für chemische Verfahren.

- **Polyvinylchlorid (PVC):** Nach den größten Produktgruppen Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) rangiert PVC an dritter Stelle mit ca. einem Sechstel der globalen Produktion (PlasticsEurope 2020) und stellt damit gerade auch in Deutschland einen wesentlichen Wirtschaftsfaktor dar.

Neben der rein ökonomischen Perspektive ist PVC auch aus gesellschaftlicher Sicht interessant: einerseits bedient PVC essenzielle Marktsegmente im Gebäudesektor (beispielsweise bei Fensterprofilen und Fußböden) und in der Infrastruktur (beispielsweise bei Abwasser- und Trinkwasserrohren), während andererseits der Kunststoff aufgrund negativer Umweltbelastungen in starker öffentlicher Kritik stand. Es ist der branchenweiten Eigeninitiative der Industrie in Europa zu verdanken, dass sowohl in Bezug auf eine nachhaltigere Produktionsweise in der Chlorchemie als auch in Bezug auf wesentliche Recyclingraten von PVC-Abfällen dieser Kunststoff als positives Beispiel für die Transformation der Chemieindustrie in Richtung Nachhaltigkeit gesehen werden kann (VinylPlus 2021).

Abbildung 5: Deutschlandkarte des VCI mit Pipeline-Verbindungen und Standorten der Raffinerien/PTC



Quelle: Darstellung: VCI. Daten: VCI, MWV. Copyright © Benzing/VCI. Stand 2015. Hintergrundgrafik: shutterstock.com

2.3 Chemiecluster in Deutschland

In Deutschland sind einige sehr große Chemiecluster ansässig, die zum Teil sehr weit zurückreichende historische Wurzeln haben und die in der jeweiligen Region verankert sind. Die Karte in Abbildung 5 zeigt Standorte und deren Vernetzung durch ein Pipelinesystem. Nordrhein-Westfalen beheimatet viele Standorte der chemischen Industrie in den Gebieten an Rhein und Ruhr. Die Gründung dieser Standorte geht teilweise bis ins 19. Jahrhundert zurück. Sie verdanken ihre Entwicklung den lokal verfügbaren fossilen Rohstoffen (Kohle), einer guten Anbindung über die natürlichen Wasserwege und späteren schiffbaren Kanäle sowie, mit zunehmender Industrialisierung des Ruhrgebiets, einer hohen Bevölkerungsdichte und damit einem wachsenden heimischen Absatzmarkt.

2.4 Der Ethylen-Cluster im nördlichen Ruhrgebiet

In dieser Studie soll ein etwas detaillierterer Blick auf die Vernetzung in Gelsenkirchen und angrenzende Standorte geworfen werden. Auch hier, im nördlichen Ruhrgebiet, lassen sich erste Spuren chemischer Produktionen auf die Synergie mit der Montanindustrie zurückverfolgen. In den Kokereien wurde Kohle zu Koks aufbereitet, um diesen in den Hochöfen der Stahlindustrie einsetzen zu können. Bei der Verkokung entstehen Nebenprodukte wie Wasserstoff, Aromaten und Teerverbindungen, die zunächst als Energiequelle unterfeuert wurden, aber bald darauf auch als Rohstoffe für weitere chemische Produkte dienten.

In den Raffinerien in Gelsenkirchen wurde im Ersten und Zweiten Weltkrieg Benzin und Flugbenzin aus Kohle gewonnen, später wurde Rohöl dafür verwendet. Die Transition von der Kohlechemie zur Rohöl-basierten Petrochemie führte nach dem Zweiten Weltkrieg zu einer Erweiterung des Portfolios. Mit Errichtung der Steamcracker in Gelsenkirchen wurde ebenfalls die Vernetzung mit den Standorten in Marl, Oberhausen und Gladbeck ausgebaut: Zahlreiche Pipeline-Verbindungen versorgen diese Standorte mit den Produkten der Steamcracker (Abbildung 6). Über 300 Unternehmen gehören heute zu diesem Netzwerk und produzieren ein breites Portfolio an Kunststoffen und Spezialchemikalien.

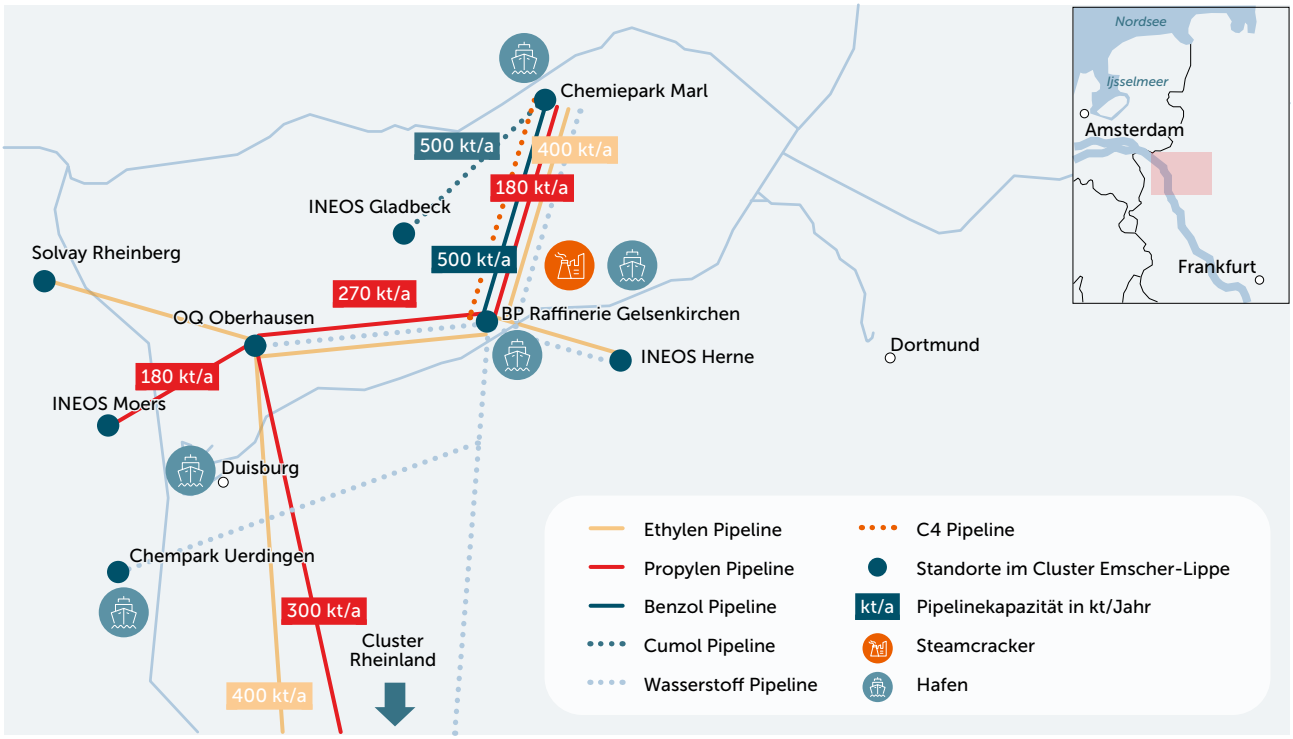
Die Kapazität der Steamcracker in Gelsenkirchen liegt bei ungefähr 1.000.000 Tonnen Ethylen pro Jahr. Ein Teil davon wird in den Produktionsanlagen in Gelsenkirchen zu Polyethylen verarbeitet, ein anderer Teil erreicht den Chemiepark Marl via Pipeline und wird zu PVC verarbeitet.

2.5 Landschaften der Kunststoffverarbeitung

Während die Polymerproduktion größtenteils in einigen wenigen Industrieclustern bzw. Chemieparks konzentriert ist, findet die Weiterverarbeitung in der Kunststoffbranche in Deutschland sehr weit gestreut statt (Abbildung 7, S. 14). In nahezu 3.000 Betrieben arbeiten über 300.000 Beschäftigte und erwirtschaften über 70 Milliarden Euro Umsatz (GKV 2024). Die Produktionsmengen von über zwölf Millionen Tonnen pro Jahr verteilen sich hauptsächlich auf die Marktsektoren Gebäude, Verpackungen, Automobilbau und Elektronik.

Die Rolle der Kunststoffverarbeiter wird am Beispiel der PVC-Sektors deutlich. Mengenmäßig belegt PVC nach Polyethylen und Polypropylen den dritten Rang der Polymerproduktion (Conversio 2022). Die Produktion in Europa liegt in der Größenordnung von ca. sechs Millionen Tonnen (PlasticsEurope 2020), hiervon werden ca. zwei Millionen in Deutschland hergestellt. Die Anwendungsbereiche für PVC unterscheiden sich wesentlich von denen der Polyolefine: Über 70 Prozent der PVC-Kunststoffe fließen in den Gebäudesektor, gefolgt von Verpackungen (ca. 12 Prozent) und Fahrzeugbau und andere mit Anteilen von jeweils unter drei Prozent (AGPU et al. 2016).

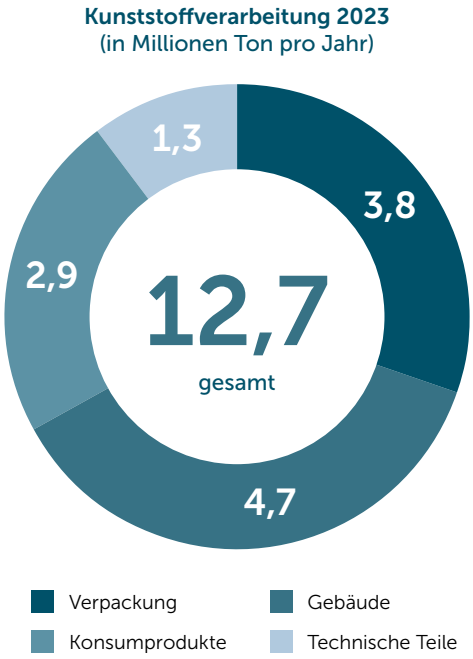
Abbildung 6: Petrochemisches Cluster Emscher-Lippe



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von Scholz et al. 2023, S. 41

Abbildung 7: Betriebe der Kunststoffverarbeitung in Deutschland

Bundesländer	Anzahl Betriebe
Baden-Württemberg	555
Bayern	621
Berlin	26
Brandenburg	80
Bremen	3
Hamburg	17
Hessen	202
Mecklenburg-Vorpommern	37
Niedersachsen	299
Nordrhein-Westfalen	772
Rheinland-Pfalz	174
Saarland	19
Sachsen	160
Sachsen-Anhalt	96
Schleswig-Holstein	69
Thüringen	174
Gesamt	**3.304**



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Statistischem Bundesamt (li.) und Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie (re. u. oben).
Tabelle umfasst auch einige Hersteller von Gummiwaren.

Im Sinne des Umwelt- und Klimaschutzes herrscht in der PVC-Branche eine sehr große Eigenverantwortung (VinylPlus 2021). Bereits 2022 wurden 27 Prozent des im selben Jahr angefallenen Abfalls in der EU rezykliert. Für Deutschland wurden bereits 2013 stoffliche Verwertungsraten von 37 Prozent berichtet (AGPU et al. 2016). Vorreiter im Portfolio der Anwendungsbreite der PVC-Kunststoffe sind hier die Fensterprofile. Die stoffliche Verwertung erreichte in diesem Segment über 45 Prozent bezogen auf die Gesamtverarbeitung in Deutschland (VinylPlus 2015).

Das Know-how für diese Entwicklungen liegt bei den Verarbeitern. Dies ist insofern bemerkenswert, da Fensterprofile aufgrund ihrer Langlebigkeit sehr unterschiedliche Herstellungshistorien mit sich bringen und dennoch zu einem neuen Produkt von gleicher Qualität verarbeitet werden. Die Expertise der Verarbeiter, grundsätzlich Mischungen unterschiedlicher Rohstoffquellen zu einer gleichbleibenden Qualität ihrer Kunststoffprodukte verwenden zu können, erlaubt eine hohe Flexibilität des Einkaufs für diese Polymere. Damit sind Verarbeiter grundsätzlich unabhängig von individuellen Anbietern. Das Polymer kann (in gewissen Grenzen) als austauschbares Handelsgut gesehen werden und wird nach seinem Preis und Verfügbarkeit bewertet.

3

3. Herausforderungen für die Petrochemie und den Kunststoffsektor – betriebswirtschaftliche Perspektiven

Nicht nur der Kunststoffsektor, sondern die gesamte Chemieindustrie und andere Industrien stehen aktuell vor einer Vielzahl von Herausforderungen. Dies betrifft mehrere Aspekte und Dimensionen:

- die Erwartungen von Gesellschaft und Kunden in Bezug auf die Qualität und stärkere Berücksichtigung des Umwelt- und Klimaschutzes
- die Entwicklungen der nationalen und internationalen Märkte
- zunehmende Ressourcenkonkurrenz, wie beispielsweise der steigende Fachkräftemangel, die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien oder die Veränderung von Kaufkraft und Konsumverhalten in einer sich demografisch verändernden Gesellschaft

Darüber hinaus sieht sich die europäische Industrie, und insbesondere der Kunststoffsektor, einer Vielzahl regulatorischer Entwicklungen gegenüber, welche die unternehmerischen Freiräume einengen und damit zusätzlich eine umfassende Transformation erschweren. Dazu gehören: Taxonomie und Nachhaltigkeitsberichterstattung, Lieferkettengesetzgebung, Chemikaliengesetze, Kreislaufwirtschaftsgesetze, Verpackungssteuer, sich schnell ändernde Strom- und Energiemärkte.

3.1 Wirtschaftliche Ausgangssituation

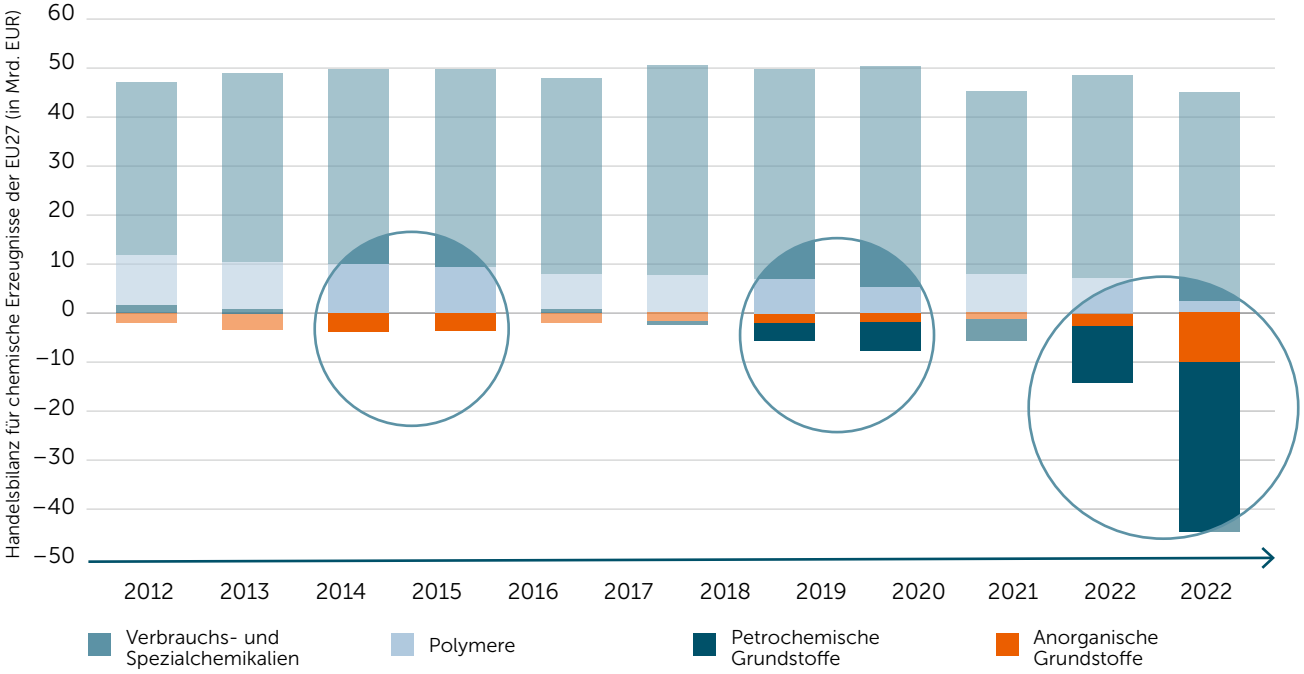
Die deutsche Chemieindustrie erlebt derzeit eine Phase sehr langanhaltender Minderauslastung ihrer Schüsselproduktionen. Seit über 30 Monaten beträgt die Kapazitätsauslastung weniger als 82 Prozent und liegt damit unterhalb eines üblichen Korridors (VCI 2024). Dies spiegelt sich ebenfalls in dem Niveau der Auftragseingänge für die Chemieindustrie wider, die im ersten Quartal 2024 unter 80 Prozent lag. Der VCI bezeichnet in seinem Quartalsbericht 1Q 2024 das Geschäftsklima noch immer als ernst: Hohe Produktionskosten können nicht an Kunden weitergegeben werden und halten die Margen des Geschäftes unter Druck – viele Unternehmen melden zum wiederholten Male hohe Verlustergebnisse. Es ist zu befürchten, dass die derzeitige Lage struktureller Natur sein könnte und keine zeitnahe Erholung in Aussicht steht (BCG und IW 2024).

Die Grafik in Abbildung 8 (S. 16) weist steigende Importe für petrochemische Grundstoffe seit 2018 aus. Bemerkenswert ist daran, dass die steigenden Importe einhergehen mit einer starken Unterauslastung der eigenen europäischen Anlagen. Für das vierte Quartal 2022 berichtete der europäische Chemieverband cefic (2023) einen Rückgang der Auslastung petrochemischer Anlagen auf 70–75 Prozent. Diese Zahlen zeigen die Doppelbelastung europäischer und deutscher Petrochemie: eine geringe Marktnachfrage einerseits und eine Verdrängung der Anlagenauslastung durch wettbewerbsgünstige Importe andererseits.

Es ist davon auszugehen, dass die Herstellungskosten von Ethylen auf Basis von Ethan nur etwa 30 Prozent (im Mittleren Osten) und bis 40 Prozent (in den USA) im Vergleich zu den Kosten auf Basis von Naphtha (der in Europa verwendete Rohstoff) betragen (IEA 2017). Dieses Ungleichgewicht der Produktionskosten ist so lange nicht relevant, sofern eine wachsende Petrochemie auf eine im gleichen Maße wachsende weltweite Nachfrage trifft. Dieser Gleichklang scheint jedoch für die kommenden Jahre nicht mehr gegeben zu sein. Die weltweit prognostizierten Ethylenkapazitäten übersteigen die erwarteten Absatzzahlen. Die Folge wird eine historisch niedrige operative Auslastung sein (Abbildung 9, S. 16). Seit über drei Jahrzehnten bewegt sich diese globale Auslastung in einem Korridor zwischen 85 Prozent und 92%. Ein Abfall auf durchschnittlich unter 80 Prozent weist auf langanhaltende, globale Überkapazitäten hin, und dies wird den globalen Verdrängungswettbewerb weiter anheizen.

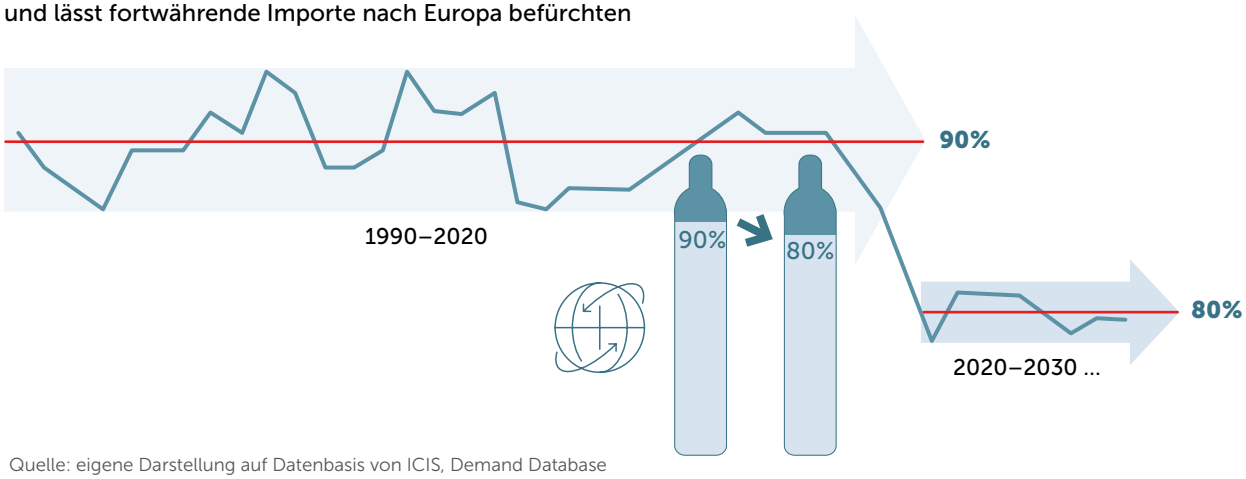
Abbildung 8: Handelsbilanz des Chemiesektors der EU

In den Krisenjahren steigen Importe petrochemischer Grundstoffe und belasten zusätzlich die stagnierende heimische Wirtschaft.



Quelle: eigene Darstellung auf Datenbasis von cefic und Chemdata International

Abbildung 9: Globale Auslastung der Ethylen-Kapazitäten wird auf einem historischen Tief erwartet und lässt fortwährende Importe nach Europa befürchten



Quelle: eigene Darstellung auf Datenbasis von ICIS, Demand Database

Was unterscheidet also die aktuelle Krisensituation von früheren wirtschaftlichen Engpässen? Für die Petrochemie und den Kunststoffsektor treffen mehrere Aspekte zusammen, welche nicht allein auf die Schockwellen der Energiemärkte infolge des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine zurückgeführt werden können:

- kontinuierlicher Ausbau globaler Produktionskapazitäten bei teilweise drastischen Einbrüchen wichtiger Marktsektoren (zum Beispiel die Bauwirtschaft in China) (Hodges 2024)
- Verunsicherung privater Konsumenten und infolgedessen zurückhaltendes Kaufverhalten (Huchzermeier et al. 2024)
- insbesondere für die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Produktion: strukturelle Produktionskostennachteile aufgrund vergleichsweise hoher Energie- und Rohstoffkosten (IEA 2017)

3.2 Politische Erwartungen an die Transformation der Industrie

Das Pariser Klimaschutzabkommen von 2015 wurde von 195 Staaten (Stand 2023) ratifiziert, darunter auch die Bundesrepublik Deutschland. Es ist völkerrechtlich verbindlich und seitdem Referenz für die deutsche Klimapolitik. Für die europäische Industrie und Energiewirtschaft ist das europäische Emissionshandelssystem (EU ETS) das zentrale Werkzeug für die Umsetzung der direkten Emissionsreduktionen in Europa. Mit der letzten Anpassung des EU ETS – im Rahmen des Green Deal – soll das EU ETS die Emissionsreduktionen bis 2040 zur Klimaneutralität führen.

Die Ambitionen und regulatorischen Maßnahmen sind für die relevanten Wirtschaftsregionen sehr unterschiedlich. Die sich daraus ergebenden Transformationsgeschwindigkeiten in den globalen Wirtschaftsregionen können zu finanziellen Belastungen von Unternehmen im internationalen Wettbewerb führen. In Deutschland bzw. Europa sind die regulatorischen Rahmenbedingungen für eine klimaneutrale Industrie und die Entwicklung grüner Produktmärkte noch nicht aufeinander abgestimmt. Die Transformationskosten der Industrie lassen sich absehbar nur in Nischenmärkten an Kunden weiterreichen. Grüne Leitmärkte, die beispielsweise durch Vorgaben bei öffentlicher Beschaffung gezielt aufgebaut werden, existieren bislang nicht in der Breite. Für die deutsche und europäische Chemieindustrie bedeutet dies, dass die Investitionen in die Transformation von Standorten gegenüber Investoren nicht in einem Geschäftsmodell gerechtfertigt werden können.

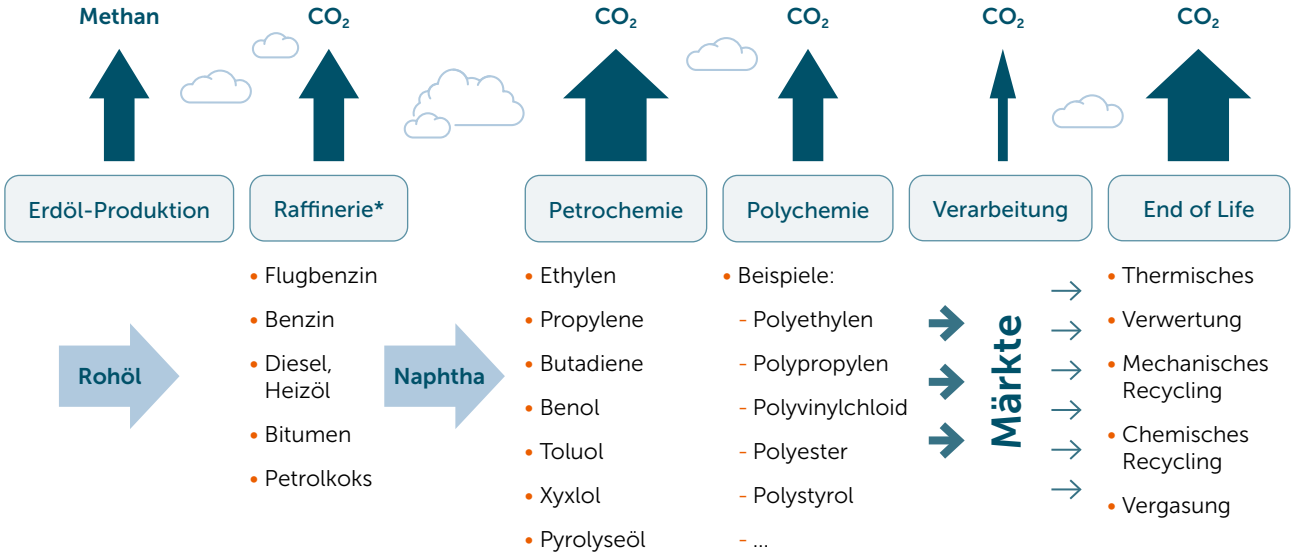
Darüber hinaus existieren noch keine langfristig wirksamen handelspolitischen Mechanismen, um die europäische Petrochemie vor Importen nicht-klimaneutraler Produkte in die EU zu schützen. Erste Konzepte einer Klimabesteuerung für Importe in die EU werden mit dem Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) für Stahl, Aluminium sowie Wasserstoff und Ammoniak und einige weitere Derivate getestet. Die Diskussionen um eine Ausweitung auf petrochemische Produkte und den Kunststoffsektor erweisen sich als schwierig, da die Durchdringung in die Vielzahl der Marktsegmente eine Kontrolle nahezu aller Endprodukte erfordern würde (VCI und VDI 2023, Le Den et al. 2022, Neuhoff et al. 2022).

3.3 Technische Dimension: Emissionen entlang der Wertschöpfungskette

Um die technische Dimension einer Transformation mit dem Ziel eines klimaneutralen Kunststoffsektors bewerten zu können, werden zunächst einmal die Emissionsquellen entlang des fossilen Verarbeitungspfads betrachtet (Abbildung 10). Es ist festzuhalten, dass in der gesamten Prozesskette – von der Produktion fossiler Ressourcen bis hin zur Entsorgung von Kunststoffabfällen am Ende der Produktlebenszeit – Emissionen von Treibhausgasen auftreten.

Abbildung 10: Gesamte fossile Wertschöpfungskette der Kunststoffe ist emissionsintensiv

Die größten spezifischen Emissionen treten in der Petrochemie und am Ende des Lebenszyklus auf.



Breite der Pfeile: Relevanz der Emissionen (Menge)

* Nur etwa 10–15% des Rohöls wird zur Herstellung von Kunststoffen verwendet. Der überwiegende Anteil wird zu Treibstoffen verarbeitet.

Quelle: eigene Darstellung

Für die folgenden Ausführungen wird das Hauptaugenmerk auf die Emissionen der Petrochemie gelegt. Die Emissionen aus den Spaltöfen der Petrochemie sind im EU ETS erfasst und stellen die größte unmittelbare Belastung des Sektors dar. Bei den Emissionen der Polymerherstellung handelt es sich im Wesentlichen um indirekte Emissionen, die durch den Einsatz von Strom (sehr wesentlich zum Beispiel für die Produktion von Chlor für PVC, Polycarbonaten und Polyurethanen) und von industrieller Wärme (Dampf) anfallen. Diese Emissionen sind ebenfalls im EU ETS erfasst und belasten damit die Herstellungskosten der Polymere.

Die Emissionen der Mineralölwirtschaft (Produktion und Raffination) werden hier nicht näher betrachtet. Im Vergleich zu den Emissionen der Petrochemie fallen die der Vorprodukte wesentlich geringer aus. Bedeutender als der CO_2-Fußabdruck der Chemierohstoffe sind die Veränderungen des Mobilitätsektors aufgrund der avisierten Elektrifizierung des Verkehrs. Davon ist die Zukunft der Raffinerien in Europa und damit die Versorgung der Petrochemie betroffen.

Die Emissionen am Ende des Lebenszyklus' von Chemieprodukten (aus der Verbrennung von Kunststoffabfällen) sind im nationalen Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) erfasst. Diese indirekten Effekte, hervorgerufen durch den im fossilen Rohstoff gebundenen Kohlenstoff, besitzen ein großes Potenzial, zur globalen Erderwärmung beizutragen. Das sogenannte GWP (Global Warming Potential) beschreibt die Emissionsbelastung, welche bei der Müllverbrennung der Kunststoffe freigesetzt wird. Es ist zu erwarten, dass die Kostenbelastungen durch das BEHG einen zunehmenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Kreislaufwirtschaft bekommen wird. Diese Mechanismen werden heute nicht als unmittelbare Belastung der Petrochemie gesehen, da deren Kostenallokation über die Müllentsorgung direkt an die Verbraucher weitergeleitet werden. Die Folgen der EU-Plastiksteuer auf nicht-rezykliertes Verpackungsmaterial sind noch nicht absehbar. Derzeit wird die erhobene Steuer von 800 Euro pro Tonne von den Mitgliedsstaaten an die EU abgeführt und noch nicht von den Herstellern getragen.

3.4 Einsparungspotenziale bei den Spaltöfen des Steamcrackers

Um die fossilen Emissionen und die Kosten für den Betrieb der Spaltöfen eines Steamcrackers zu reduzieren, kommen gegenwärtig drei Strategien in Frage:

- Elektrifizierung der Öfen auf Basis erneuerbarer Energien, oder die Substitution des Spaltgases durch Wasserstoff, welcher zuvor mithilfe erneuerbarer Energie gewonnen wurde.

- Einsatz alternativer Rohstoffe, die entweder biogener Natur sind oder auf Basis von CO_2 synthetisiert wurden. Diese alternativen Rohstoffe unterbinden die Emissionen aus den Spaltöfen nicht – sie stoßen jedoch nur jenes CO_2 in die Atmosphäre aus, welches zuvor mittels Photosynthese oder mittels technischer Synthese der Luft entnommen wurde.

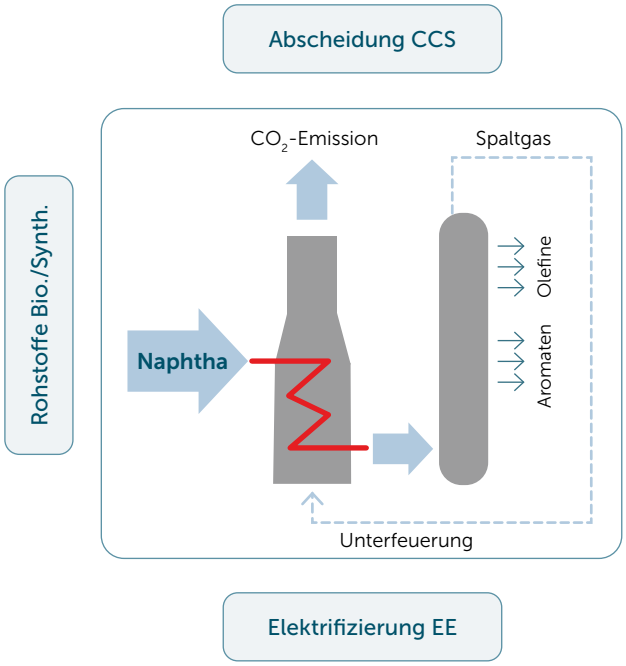
- Abscheidung und Speicherung des fossilen CO_2: Durch das sogenannte Carbon Capture and Storage (CCS) können die Emissionen um mehr als 90 Prozent reduziert werden. Im Zusammenhang mit den Emissionen des Steamcrackers wird derzeit eine technische Variante entwickelt, bei der sogar noch wesentlich höhere Abscheidegrade erreicht werden könnten. Dabei würde das Spaltgas zunächst in einem Reformier-Prozess in reines CO_2 und Wasserstoff umgesetzt. Die Spaltöfen würden dann mit dem gewonnenen Wasserstoff ganz ohne die Emission von Treibhausgasen betrieben, während das CO_2 zur Speicherung gelangen würde.

Die technische Umsetzbarkeit dieser drei genannten Ansätze ist bisher in Pilotanlagen (wie beispielsweise der Elektrifizierung der Spaltöfen, BASF 2024, Scheuermann 2022) getestet und eine großtechnische Umsetzung grundsätzlich vorstellbar. Die damit verbundenen Kosten sind derzeit jedoch nur grob abschätzbar. Darüber hinaus liegen für noch nicht vorhandene Infrastruktur (wie beispielsweise für den CO_2-Transport) lediglich erste Planungszahlen vor (VDZ 2024). Die folgenden Angaben zu den Kosten sind somit nur als vorläufig zu bezeichnen. Allerdings erlauben sie einen Vergleich der Größenordnungen und damit eine Bewertung und Priorisierung.

In Abbildung 11 (S. 18) werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengestellt. Demnach sind für die Abscheidung und Speicherung des emittierten CO_2 die geringsten Kosten zu erwarten. Der Vergleich mit den alternativen Optionen zeigt eine deutliche Abstufung: Sowohl für die Elektrifizierung als auch für die Verwendung alternativer Rohstoffe zeigen die Abschätzungen mehr als doppelt so hohe Kosten.

Abbildung 11: Optionen der Emissionsreduktion des Steamcrackers

Erste grobe Abschätzungen weisen CCS-Technologie als kostengünstigste Option der Emissionsreduktion aus.



Beispielrechnung Steamcracker mit einer Kapazität von 1 Mio. Tonnen Ethylen pro Jahr		
Konventioneller Steamcracker		
Naphtha Rohstoff	3.000.000	t/J
Spaltgas (Methan)	520.000	t/J
Unterfeuerung	10	TWh
CO_2 Emissionen	1.900.000	t/J
Zusätzliche Kosten bei Transformation (2030–2039) in C/ton Produkt (High Value Chemical)		
Referenz ETS	**100++**	ETS @120€/t (stark steigend)
Elektrifizierung (ohne Invest-Kosten)	**460**	Strom @100€/MWh
Abscheidung CCS	**180**	CCS @220/t CO_2
Alternative Rohstoffe (Allokation 20%)		
biogenes HVO	**400**	HVO @ Naphtha + 1500€/t
syn. FT-Naphtha	**575**	FT @Naphtha + 2200€/t

Quelle: eigene Darstellung, Tabellendaten auf Basis von FutureCamp und DECHEMA 2019, Kienscherf und Diers 2023 sowie VDZ 2024

3.5 Zeitfenster für langfristige Entscheidungen

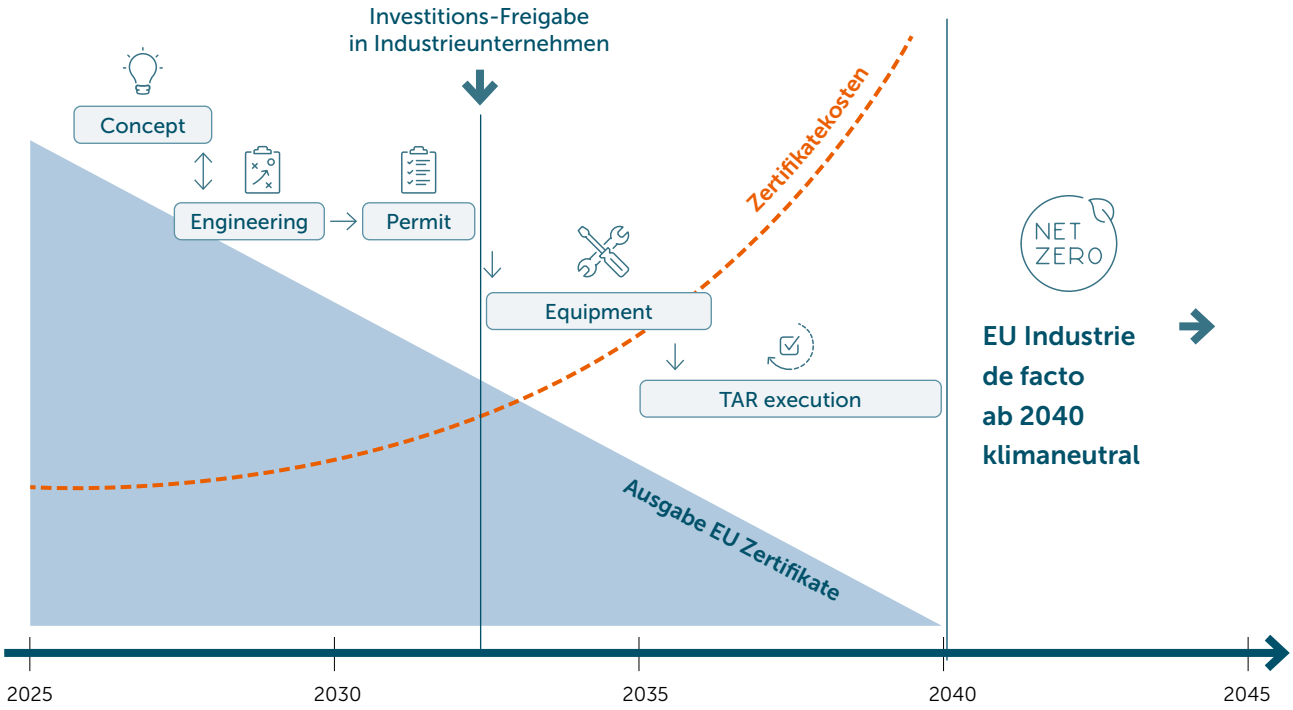
Es ist bereits deutlich geworden, dass sich die deutsche Petrochemie und Polymerchemie in einer ungewohnt kritischen wirtschaftlichen Lage befindet, die durch eine zögerliche Nachfrage der Märkte und durch strukturelle Wettbewerbsnachteile im internationalen Kontext gekennzeichnet ist. In dieser Situation spielen die zusätzlichen Investitionskosten für eine Transformation sowie die zu erwartenden höheren operativen Kosten eine entscheidende Rolle. Die damit einhergehenden höheren Produktionskosten müssen unmittelbar durch eine Weitergabe in der Wertschöpfungskette gedeckt sein. Die Akzeptanz höherer Produktkosten für ein „grüneres" Endprodukt ist derzeit jedoch nur in Nischenmärkten erkennbar. Die größtenteils commoditisierten Produkte der Petrochemie und Polymerchemie lassen in der derzeitigen Situation keinen Spielraum für eine angepasste Preisgestaltung und lassen damit ebenso keine wirtschaftlich tragfähigen Entscheidungen für eine Transformation zu.

Neben den genannten Aspekten ist zusätzlich die zeitliche Dimension zu berücksichtigen. Während sich einerseits die wirtschaftliche Lage aufgrund fortschreitender Klimakosten – durch eine Verknappung und damit Verteuerung der ETS-Zertifikate – weiter verschlechtert, werden die Zeitfenster für eine Investition wegen der langen Vorlaufzeiten für industrielle Transformationsprojekte enger (siehe Abbildung 12, S. 20). Für ein Industrieprojekt, welches bis spätestens bis 2040 umgesetzt sein muss, ergibt sich ein Entscheidungszeitfenster für eine Investition bis 2030–2032.

Die dargestellten Zeiträume der einzelnen Prozessschritte stellen Durchschnittwerte für Industrieprojekte dar. Diese variieren in Abhängigkeit von Größe und Umfang der Projekte sowie von den individuellen Anforderungen. Je einzigartiger und komplexer ein Projekt, desto länger wird jeder einzelne Schritt ausfallen. Neben diesen allgemeinen Erfahrungen ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich bei den hier betrachteten Vorgängen um die Transformation der gesamten europäischen Industrie handelt. Dies stellt einen historischen Anspruch an die erforderlichen Ressourcen für jeden der aufgeführten Prozessschritte dar: die Detailauslegung der Projekte (Engineering), die behördlichen Prüfungen und Genehmigungen, die Beschaffung von Apparaten, Maschinen und Baumaterialien sowie die notwendigen Kontraktoren zur Umsetzung der Projekte an den Industriestandorten.

Abbildung 12: Zeithorizonte von Regulierung und Industrieprojekten

Aufgrund langer Vorlaufzeiten von Industrieprojekten verengen sich Zeitfenster für Investitionsentscheidungen.



Concept	Auswahl optimaler Konzepte/Szenarien	**Equipment***	Bestellung von Apparaten/Anlagen
Engineering*	Ausarbeitung Detailpläne für konkretes Projekt	**TAR execution***	Stillstandsplanung und Umsetzung durch Kontraktoren
Permit*	Genehmigung auf Basis von Detailplänen (Behörde)		

* Ressourcen-Knappheit (Fachkräfte) wird zu wesentlichen Verzögerungen führen, wenn die gesamte Industrie in der EU Großprojekte innerhalb einer Dekade umsetzen muss.

Quelle: eigene Darstellung

Bereits heute sind die Auswirkungen eines weltweiten Fachkräftemangels deutlich spürbar. Dies gilt sowohl für Ingenieurleistungen als auch für den Apparate- und Maschinenbau. Darüber hinaus werden aber auch (insbesondere in Deutschland) Forderungen nach einer Beschleunigung von Genehmigungsverfahren immer deutlicher gestellt. Es ist davon auszugehen, dass durch die zu erwartende Verdichtung dieser Verfahren eine bisher ungekannte Herausforderung für die Genehmigungsbehörden auftreten wird.

Es sind also Engpässe absehbar. Ein Ausweg ist nur durch eine zeitliche Entzerrung der Vorgänge möglich und erfordert möglichst frühzeitige Entscheidungen für die Freigabe von Investitionsgeldern in den Unternehmen. Eine solche Freigabe ist jedoch nur auf Basis von belastbaren Wirtschaftlichkeitsrechnungen möglich, und dazu bedarf es einer (gesetzlichen) Planungssicherheit in Bezug auf die grundlegenden Rahmenbedingungen. Dazu gehören beispielsweise für die diskutierten Transformationsoptionen:

- ein verlässlicher Zeitplan für den Ausbau der Infrastruktur (Wasserstoff, CO_2, Stromnetze und Netzanschlusskapazitäten)
- verlässlich abschätzbare Kosten für Energien und Rohstoffe
- verlässliche Wirkmechanismen für die Umsetzung grüner Leitmärkte

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat wichtige Konzepte für eine Industriestrategie, eine Carbon-Management-Strategie sowie Impulse für das zukünftige Strommarktdesign und die Ausgestaltung grüner Leitmärkte vorgelegt. Es ist nun dringend erforderlich, dass diese Konzepte beschleunigt umgesetzt werden. Dies gilt im Besonderen für die erforderlichen Schritte zum Aufbau einer CO_2-Infrastruktur, also Systeme zur Abscheidung, zum Transport und zur Speicherung von CO_2. Ohne die Möglichkeit einer gesetzlich gesicherten Beschleunigung des Aufbaus dieser Infrastruktur (mit dem Prädikat des „überragenden öffentlichen Interesses“) ist nicht abschätzbar, ob der rechtzeitige Aufbau und Betrieb eines CO_2-Netzes gewährleistet ist.

4

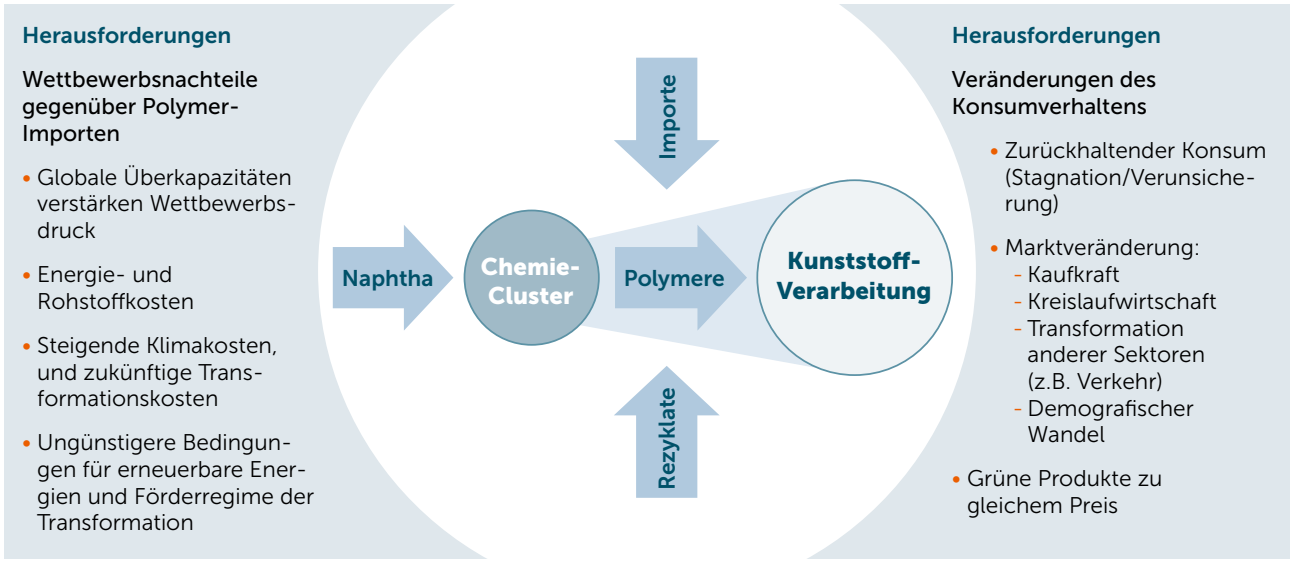
4. Herausforderungen für resiliente Wertschöpfungsketten – volkswirtschaftliche Perspektiven

Die betriebswirtschaftliche Lage der chemischen Industrie ist angespannt. Dies und die Komplexität der Lage sind große Herausforderungen, um die notwendige Transformation umzusetzen. Die Märkte verändern sich und werden sich weiter verändern. Diese strukturellen Bedingungen spiegeln sich in den Ankündigungen von Spar- und Anpassungsprogrammen großer Chemiekonzerne (Evonik, Lanxess, Bayer, Covestro) sowie kleineren und mittleren Unternehmen wider. Es stellt sich daher die Frage nach der Stabilität der Wertschöpfungsketten, wobei die verschiedenen Aspekte der Vulnerabilität der Versorgungsketten zu betrachten sind.

Um sich dem komplexen Wertschöpfungsgeflecht des Kunststoffsektors zu nähern, wird von einem vereinfachten Modell ausgegangen: Es werden der „Chemiecluster" und die „Kunststoffverarbeitung" zunächst als zwei getrennte Pole betrachtet, die durch die Produktion bzw. den Verbrauch der Polymere miteinander verknüpft sind (Abbildung 13). Der Einfachheit halber sei angenommen, dass diese Polymere als commoditisiertes Material austauschbar sind; das bedeutet, dass der Einsatz in der Kunststoffverarbeitung unabhängig vom Hersteller der Polymere ist.

Abbildung 13: Stabilität der Wertschöpfungskette geprägt durch zwei Pole

- Die Schnittstelle zwischen nationaler Chemieproduktion und Kunststoffverarbeitung ist geprägt durch zwei sehr unterschiedliche Herausforderungsprofile am Anfang und am Ende der Verarbeitungsketten.
- Kunststoffverarbeiter haben die erforderliche Expertise, commoditisierte Polymere verschiedener Hersteller zu gleichbleibender Produktqualität zu verarbeiten. Diese Flexibilität gewährt weitgehende Unabhängigkeit von regionaler Versorgung.



Quelle: eigene Darstellung

Im Beispiel der PVC-Verarbeitung (bei der Herstellung von Fensterprofilen) erlaubt das Know-how der Verarbeiter eine große Flexibilität und damit eine Unabhängigkeit von der Herkunft der Polymere. Bereits heute – und in zunehmendem Maße – fließen Polymere nicht nur aus regionalen Chemieclustern in das verarbeitende Gewerbe, sondern es finden Substitutionen sowohl durch importierte Ware aus dem Ausland als auch durch steigende Volumina recycelter Materialien statt.

Abbildung 13 (S. 21) veranschaulicht darüber hinaus noch einmal die wichtigsten Herausforderungen (vergleiche Kapitel 3) für die beiden Pole „Chemiecluster" und „Kunststoffverarbeitung". Während diese Herausforderungen zuvor aus der wirtschaftlichen Perspektive der agierenden Unternehmen betrachtet wurden, sollen nun einige Aspekte der Versorgungssicherheit in den Vordergrund rücken.

4.1 Alternativen zu bisherigen Versorgungsstrukturen

Perspektiven der Petrochemie

Die Energie- und Verkehrswende in Deutschland, bis hin zu einem kompletten Ersatz von Verbrennungsmotoren und von Unterfeuerung fossiler Energieträger in Kraftwerken, wird die Bedeutung von Raffinerien stark reduzieren. Und tatsächlich kündigen Ölgesellschaften, beispielsweise SHELL und BP, erste Anpassungen ihrer Raffineriekapazitäten in Nordrhein-Westfalen an (PROCESS 2024, Marksteiner 2024).

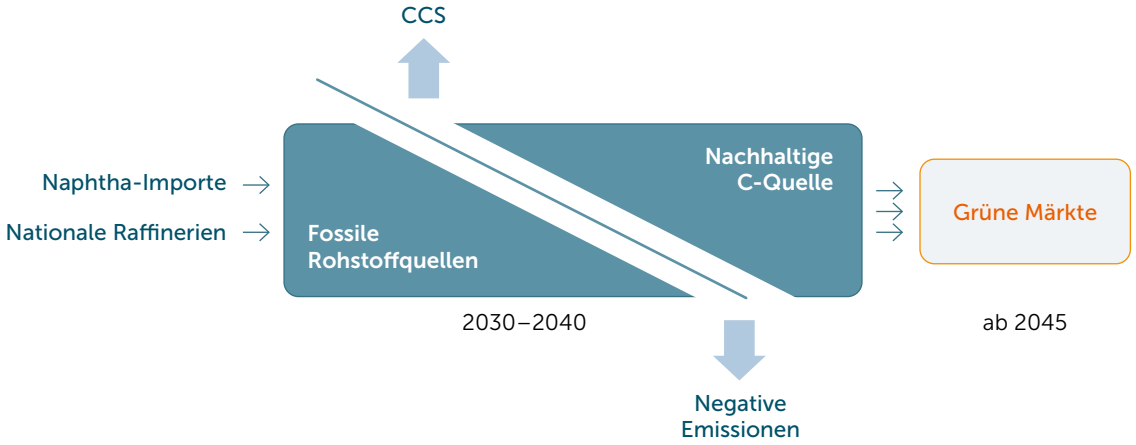
Damit reduzieren sich tendenziell auch die verfügbaren Rohstoffmengen für die Versorgung der Petrochemie. Dies sollte für die kommenden Jahre keine besorgniserregende Nachricht für die Chemieindustrie sein. Es stellt sich jedoch die Frage, inwiefern hohe Investitionen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in Raffinerien zwischen 2030 und 2040 noch sinnvoll sind, wenn bis spätestens 2045 die Verkehrswende umgesetzt sein wird, denn diese würde die Rohölverarbeitung in Deutschland mittelfristig beenden. Theoretisch ist es technisch möglich, Raffinerien so umzurüsten, dass sie aus dem Erdöl keine Kraftstoffe, sondern Rohstoffe für die Chemie produzieren (Valve World 2007). Diese Verfahren sind jedoch sehr kostenaufwändig und aus wirtschaftlichen Gründen bisher nicht umgesetzt worden.

In verschiedenen Szenarien für die Chemieindustrie in Deutschland werden Möglichkeiten aufgezeigt, bis 2045 ohne fossile Rohstoffe auszukommen (FutureCamp und DECHEMA 2019, VCI und VDI 2023). Dabei wird angenommen, dass ca. die Hälfte des Kohlenstoffbedarfes durch biogene und rezyklierte Mengen bereitgestellt werden kann, während die andere Hälfte aus CO_2 und grünem Wasserstoff synthetisiert werden müsste. Es ist unklar, ob die dazu erforderliche Energie zukünftig in Deutschland verfügbar sein wird. Naheliegend ist jedoch, dass die Produktion der synthetischen Rohstoffe in Ländern mit kostengünstigerem Zugang zu erneuerbaren Energien erfolgen sollte.

Während demnach eine nachhaltige Versorgung der chemischen Wertschöpfungsketten mit Kohlenwasserstoffen für die Zukunft langfristig vorstellbar und plausibel erscheint, stellt sich auch hier die Frage: Wie können in der sowohl eine mittelfristige Reduktion der direkten Treibhausgasemissionen in der Petrochemie (Investitionsentscheidung bis 2030–2032) als auch eine langfristige und nachhaltige Rohstoffversorgung (bis 2045 und danach) sichergestellt werden, um das Risiko einer Abwanderung der deutschen Produktion zu minimieren?

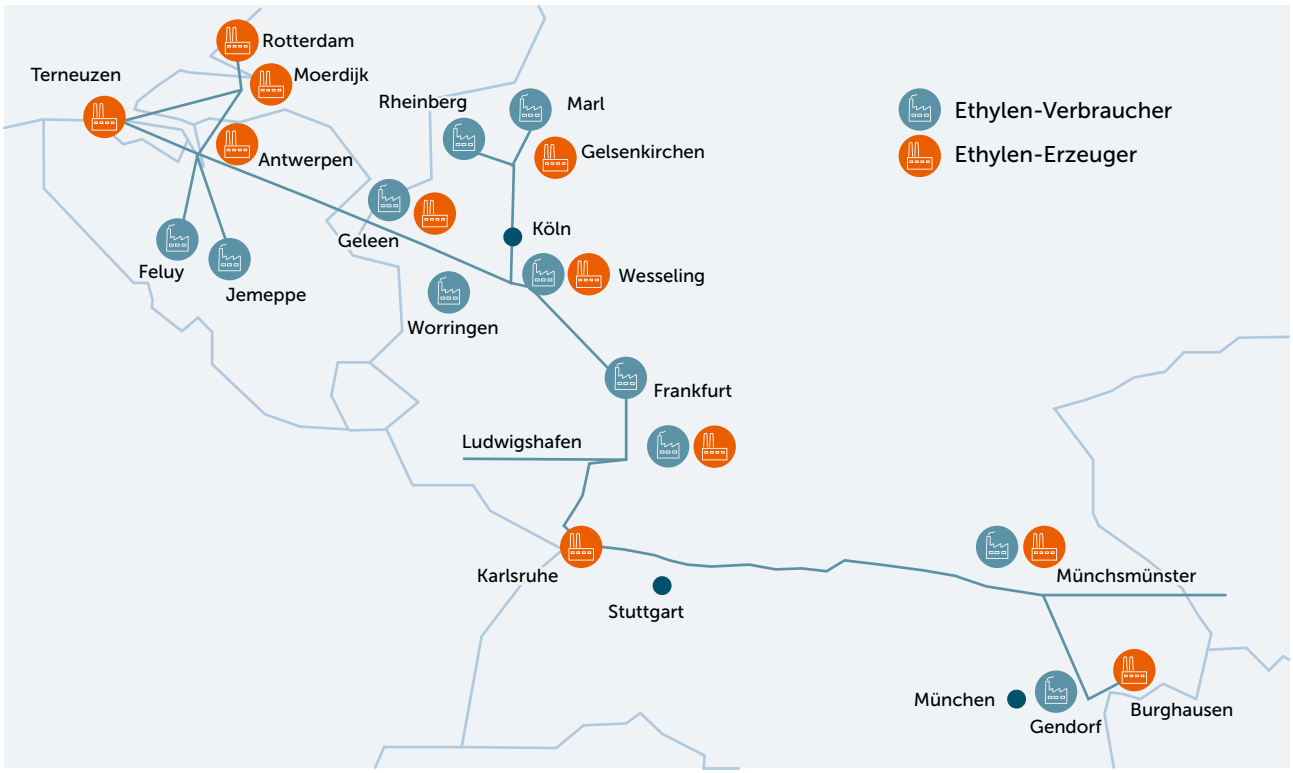
Abbildung 14: Transformationsphasen der Petrochemie und Grüner Leitmärkte

Nicht synchron laufende Transformationsvorgänge bergen das Risiko einer „Bruchlinie".
Die Anwendung von CCS-Technologien kann zur Überbrückung der Transformationsphasen unterstützen.



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 15: Pipelineverbund schafft größtes virtuelles Chemiecluster



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von www.eps-pipeline.de

In Abbildung 14 (S. 22) ist das Risiko einer Bruchlinie zwischen den beiden Transformationsphasen „Industrie" und „Märkte" schematisch skizziert. Mit Blick auf die wirtschaftlichen Zwänge (s.o. Kapitel 3) könnten CCS-Technologien mit einem rechtzeitigen Zugang zu einer CO_2-Infrastruktur den zeitlichen Versatz der beiden Phasen bei vergleichsweise geringen operativen Kosten überbrücken. Die Versorgung der heimischen Petrochemie würde (soweit möglich) aus den regionalen Raffinerieclustern oder über Naphtha-Importe – wie auch heute schon für Köln-Worringen oder Ludwigshafen – fortgeführt. Für eine nachfolgende Phase der Kohlenstoffversorgung mit biogenen oder synthetischen Rohstoffen ist die Möglichkeit geschaffen, „negative Emissionen" auf Basis der CCS-Prozesse im Chemiesektor langfristig anzubieten und damit die Attraktivität von Investitionen in CCS zu unterstützen.

Perspektiven der Polymerchemie

Falls die Transition der Petrochemie nicht gelingen sollte, bzw. nur für einen Teil der Produktionskapazitäten in Deutschland möglich sein sollte, so stellt sich die Frage möglicher Dominoeffekte auf der Seite der Polymerchemie: Wie eng hängen Ethylenproduktionen und Polymerherstellung lokal zusammen und bedingen einander?

Der Zusammenschluss der Produktionsstandorte im Raum Antwerpen, Rotterdam und Rhein/Ruhr (ARRRA) wird als einer der größten Chemiecluster der Welt bezeichnet. In diesem Raum (und darüber hinaus bis Ludwigshafen und Burghausen) sind die Ethylenkapazitäten mit Pipelines (ARG und EPS) miteinander verbunden und erlauben den Abgleich von Produktionsangebot und -nachfrage (Abbildung 15). Das bedeutet, dass bei einem Ausfall oder Reduktion der Petrochemie in Gelsenkirchen die Versorgung der Polymerproduktionen in Gelsenkirchen (PE) und Marl (PVC) zu einem Teil gesichert wären. Neben der logistischen Verknüpfung der Standorte sind jedoch sowohl die Kapazität der Pipelines als auch die regionale Entwicklung von Angebot und Nachfrage innerhalb des ARRRA-Clusters zu berücksichtigen. Die ARG-Pipeline ist nicht darauf ausgelegt, die gesamte Ethylennachfrage an Rhein und Ruhr zu befriedigen. Ihre maximale Kapazität wird in internen Gesprächen auf 2,5 Millionen Tonnen pro Jahr geschätzt, während die Ethylenkapazitäten in Gelsenkirchen, Dormagen und Wesseling mehr als 3,5 Millionen Tonnen pro Jahr betragen (Petrochemicals Europe o.J.).

Während die PE-Produktion in Gelsenkirchen auf die Versorgung mit Ehtylengas via Pipeline angewiesen ist, besteht für die PVC-Produktion in Marl die Möglichkeit, das flüssige Zwischenprodukt EDC (Ethylendichlorid) zu einem gewissen Anteil für die Weiterverarbeitung zu PVC auf dem Wasserweg zu importieren. Der höhere logistische Aufwand – und damit höheren Kosten – können möglicherweise dadurch kompensiert werden, dass der energieintensive Schritt zur Herstellung des EDC auf Basis kostengünstigerer Ethylenproduktion (z.B. auf Basis von Ethan) und auf Basis kostengünstigerer Energieversorgung in Länder außerhalb der EU verlagert werden kann.

Es ist festzuhalten, dass keine abschließende Aussage zu dem Verbund der Petrochemie und der Polymerherstellung getroffen werden kann. Aufgrund der logistischen Beschränkungen des vorhandenen Systems können extreme Szenarien ausgeschlossen werden: Die Verlagerung großer Teile der heimischen Petrochemie wird nicht ohne eine entsprechende Anpassung der Polymerchemie möglich sein. Somit müssen auch Szenarien kritisch hinterfragt werden, nach denen sich eine „neue Petrochemie" auf Basis der Methanol-to-Olefins-Route in Antwerpen/Rotterdam zur Versorgung der deutschen Polymerproduktionen neu etablieren könnte (Prognos et al. 2021).

Perspektiven der Kunststoffverarbeitung

Es wird angenommen, dass die Kunststoffverarbeitung zum Großteil durch das Know-how der Unternehmen und durch Technologieentwicklung eine gewisse Unabhängigkeit von der Herkunft der Polymere erlangt hat. Diese Flexibilität trägt zur Commoditisierung des Polymermarktes bei und erhöht den Wettbewerbsdruck auf den Sektor. Darüber hinaus nutzen internationale Mutterkonzerne das Vertriebsnetz deutscher Standorte, um Importe aus nicht-europäischer Produktion des eigenen Portfolios in Deutschland zu vermarkten. Es wäre jedoch falsch, daraus den Schluss zu ziehen, dass Produktionsstandorte der Petrochemie und Polymerchemie in Deutschland nicht erforderlich seien.

i

Die Rolle von Chemieparks

Ein weiterer Aspekt kann im Rahmen dieser Studie nur kurz umrissen werden: die möglichen Auswirkungen eines Wegfalls von Teilen der Produktion auf die vernetzte Wertschöpfung in den Chemieparks, in denen diese angesiedelt sind. Die Chemieparks, welche heutzutage in der Regel eine Vielzahl unterschiedlicher Firmen beherbergen, sind historisch aus einer Diversifizierung singulärer Chemieproduktionen hervorgegangen. Nebenprodukte dieser Produktionen wurden als Rohstoffe weiterer Prozesse herangezogen. Auf Basis dieser Synergien entstanden weitere Wertschöpfung und ein enges Produktionsgeflecht, welches zur Effizienz eines wachsenden Standortes bzw. ganzer Industriecluster beigetragen hat.

Die Zersplitterung eines Clusters in eine Vielzahl eigenständiger Unternehmen kann zu einer Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems (im Sinne eigenständiger „cost center") beitragen. Die Annahme, dass die parallele Optimierung verschiedener Teileinheiten auch zur Optimierung der Gesamtheit beiträgt, ist jedoch trügerisch. Sobald die Wettbewerbsanalyse einzelner Teile des Clusters die Reduktion oder Schließung von Produktionssträngen nahelegt, können Kipppunkte überschritten werden, die zu einer Belastung des gesamten Clusters führen können. Es wird die Effizienz von Infrastrukturen und des Produktionsgeflechtes schwächen; durch veränderte Kostenallokationen werden sich auch in anderen Teilen des Clusters negative Wettbewerbsbedingungen einstellen.

Für den vorliegenden Untersuchungsfall könnte eine potenzielle Schließung von Steamcracker-Kapazitäten in Gelsenkirchen Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit des Chemieparks Marl haben. VESTOLIT in Marl ist in der Lage, für ihre PVC-Produktion einen Teil der Ethylen-Versorgung aus Gelsenkirchen durch internationale Importe zu substituieren. Diese Umstellungen sind physisch realisierbar – sie könnten allerdings zu Kostennachteilen führen, damit die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber internationalen PVC-Importen weiter belasten und letztlich zur Schwächung von Effizienz und Synergien im Chemiepark beitragen.

Dominoeffekte auf den Chemiepark Marl und damit auch auf das Spezialchemiegeschäft der EVONIK sind nur mithilfe detaillierter Simulationsrechnungen und auf Basis vertraulicher Informationen über die Margensituation aller Produktionsstränge innerhalb des Chemieparks Marl sowie der Preiselastizitäten der anknüpfenden Wertschöpfungsketten möglich. Eine Quantifizierung dieser Effekte durch weitere Studien wäre geboten.

Die Auslastung deutscher und europäischer Produktionen stagniert auf niedrigem Niveau, während Importe petrochemischer Erzeugnisse und ihre Derivate historische Höchstmengen erreichen. Individuelle Unternehmensentscheidungen zu Portfolio-Anpassungen erscheinen betriebswirtschaftlich nachvollziehbar. Aus volkswirtschaftlicher Perspektive sollten jedoch weitere Faktoren Berücksichtigung finden:

- Es existiert eine zunehmende Vulnerabilität des internationalen Handels und der heimischen Versorgung aufgrund der Volatilität globaler Lieferketten sowohl durch eine schwierige geopolitische Lange als auch aufgrund steigender Risiken von Wetterextremen.

- Es ist ein zunehmend protektionistisches Verhalten relevanter Wirtschaftsregionen bzw. einzelner Staaten zu beobachten. Beispiele dafür sind die konfrontative Außenwirtschaftspolitik der USA, die staatlich gelenkte Expansionspolitik Chinas oder auch Entwicklungen wie der Brexit (Bähr et al. 2023). Als jüngstes Beispiel protektionistischer Maßnahmen seien die vorläufig verhängten Strafzölle der EU auf die Einfuhr von PVC-Produkten genannt. Für die Importe aus den USA und Ägypten gelten seit Juli 2024 Zölle von bis zu 100 Prozent (VCI 2024a).

Schließungen industrieller Produktionsstandorte sind irreversibel, sodass die in Abbildung 14 (S. 22) skizzierte Bruchlinie zwischen der Transformationsphase der Industrie und der Transformationsphase der Märkte zu einem Risiko für die Gesamtstrategie nachhaltiger Entwicklung werden könnte. Dies betrifft sowohl die Entwicklung grüner Materialien als auch nachhaltiger Technologien wie beispielsweise das chemische Recycling. Die Vorreiterrolle Europas für grüne Produkte und Märkte wäre ohne eigene Industrieproduktion abhängig von der Transformationsgeschwindigkeit anderer Wirtschaftsregionen und deren Bereitschaft, auf die Ausgestaltung europäischer Märkte mit ihren Produktionen und Exporten Rücksicht zu nehmen. Ohne einen Mindestanteil heimischer Industrieproduktion ist die Etablierung eigener Standards nur schwer verhandelbar.

4.2 Die Suche nach der zukünftigen Rolle der chemischen Industrie in Deutschland

Die deutsche Industrie, und insbesondere die deutsche Chemieindustrie, profitierte in den vergangenen Jahrzehnten von der Liquidität der internationalen Märkte für Rohöl und seiner Derivate. Die Wertschöpfung in Deutschland basierte auf einem Rohstoff, der auf allen globalen Marktplätzen für jeden zu identischen Bedingungen verfügbar war. Aufgrund dieser Liquidität existierten keine betriebswirtschaftlichen Kostenvorteile zwischen erdölproduzierenden und -verbrauchenden Ländern. Sofern Kostenvorteile in erdölproduzierenden Ländern gewährt wurden, gehen diese auf strategische Entscheidungen zugunsten einer Margenverteilung zwischen dem einen oder anderen Industriezweig der jeweiligen Staaten zurück.

Im Sinne einer Substitution fossiler Ressourcen durch nachhaltige Alternativen erscheint der Gedanke verlockend, einen neuen globalen Markt mit einer äquivalenten Liquidität aufzubauen, um auf dieser Grundlage eine nachhaltige Wirtschaft zu entwickeln. Mögliche Rohstoffe wären: Wasserstoff bzw. darauf aufsetzend Methanol, Ammoniak oder auch andere synthetische Kohlenwasserstoffe, welche sowohl als Energieträger als auch als Baustein für die chemische Industrie verwendet werden könnten.

Im Hinblick auf den zuvor beschriebenen zeitnahen Entscheidungszwang der Unternehmen für ihre individuellen Transformationskonzepte ist allerdings fraglich, ob die vage Aussicht auf einen zukünftigen liquiden Markt mit alternativen Rohstoffen die geforderte ausreichende Verlässlichkeit für heutige Entscheidungen bieten kann. Die Historie des Erdöls belegt, dass die Entwicklung eines globalen Markplatzes viele Jahrzehnte erfordern kann, um bilaterale und monopolistische Marktstrukturen zu überwinden (Yergin 2011). Selbstverständlich sind die historischen Erfahrungen beim Aufbau liquider Rohölmärkte nicht in allen Aspekten zu übertragen. Mit Verweis auf die Bruchlinie in Abbildung 14 (S. 22) kann jedoch angenommen werden: Die fehlende Synchronisation der Transformation von Industrie und Märkten bietet aktuell keinen wirtschaftlichen Anreiz, in die rechtzeitige Errichtung von nennenswerten Kapazitäten synthetischer Rohstoffe zu investieren.

Die chemische Industrie in Deutschland, insbesondere zur Versorgung des heimischen Kunststoffsektors, wird sich verändern müssen. Ihre bisherige Rolle gründete auf einem global verfügbaren Rohstoff, einer gewachsenen Produktionsinfrastruktur mit den synergistischen Vorteilen großer Industriecluster und einem großen nationalen sowie europäischen Absatzmarkt. Dieses tradierte Rollenverständnis bekommt Risse. Der stetig wachsende

internationale Wettbewerb, ein sich änderndes gesellschaftliches Umfeld mit herausfordernden Erwartungen und wachsenden regulatorischen Rahmenbedingungen sowie die Erkenntnis, Produktionsprozesse auf einen anderen, neuen Rohstoff ausrichten zu müssen, zwingt dazu, das gesamte Wertschöpfungskettengeflecht neu zu strukturieren. Es geht darum, eine neue Rolle strategisch zu definieren und neue Allianzen zu bilden.

Die Petrochemie sieht sich seit geraumer Zeit einer Konkurrenz außerhalb ihrer eigenen Branche gegenüber. Beispielhaft seien hier drei unterschiedliche Ansätze erwähnt:

- Unternehmen wie die finnische NESTE entwickelten ein Business Model auf Basis ihrer Kompetenz, Portfolien biogener Rohstoffe zusammenzustellen und in definierten Chargen in „angemieteten" Kapazitäten der Petrochemie (Lohnverarbeitung) zu grünen Produkten (Olefine und Aromaten) aufzubereiten und innerhalb der Polymerchemie zu vermarkten.

- Recyclingunternehmen haben über viele Jahre die Kompetenz der Sammlung und Sortierung von Abfällen aufgebaut und mithilfe mechanischer Verfahren dem kunststoffverarbeitenden Gewerbe als rezyklierte Ware wieder zugeführt. Dies hat bis zu einem gewissen Grad den Markt petrochemisch produzierter Materialien (sogenannter virgin materials) eingeengt. Mit der Entwicklung chemischer Recyclingverfahren wird erneut das Marktfeld der fossil basierten Mengen weiter zurückgedrängt werden. Der direkte Zugriff der Recyclingunternehmen auf den Rohstoff Abfall verhilft den Unternehmen dazu, eine starke Position gegenüber der Petrochemie einzunehmen, um die zukünftige Margenverteilung zu verhandeln.

- Die Herstellung synthetischer Rohstoffe aus CO_2 und grünem Wasserstoff erfordert ein hohes Maß an Kompetenz, chemische Prozesse bei hohem Druck und Temperatur kontinuierlich betreiben und beherrschen zu können. Aufgrund des erforderlichen sehr hohen Energieaufwands zur Synthetisierung wird sich die Produktion dieser Rohstoffe hauptsächlich in Ländern etablieren, die über kostengünstige erneuerbare Energien verfügen. Dies könnte zu einem gewissen Teil in Südeuropa stattfinden. Zu einem wesentlich größeren Anteil kommen jedoch Regionen wie Nordafrika, Australien sowie Nord- und Südamerika in Frage (Samadi et al. 2023, Weltenergierat 2023, BMBF 2023). Vor diesem Hintergrund ist nicht ersichtlich, warum sich Unternehmen in diesen Ländern, mit der erforderlichen Kompetenz, langfristig nur auf die Herstellung von Molekülbausteinen wie Methan, Methanol oder Ammoniak beschränken sollten. Wahrscheinlicher erscheint ein Szenario, bei dem sich größere Chemiecluster bilden, um weitere Stufen der Wertschöpfung beanspruchen zu können.

Während die beiden erst genannten Beispiele neuer Geschäftskonzepte durchaus auf deutsche Standorte anwendbar sind, so zeigt der dritte Ansatz ein sehr hohes Risiko der Verschiebung von Produktionskapazitäten außerhalb Deutschlands bzw. Europas. Dieses Konzept ist in der Literatur als „Renewables Pull" beschrieben (Samadi et al. 2023). Es erinnert sehr stark an den Aufbau der petrochemischen Industrie im Mittleren Osten. Über viele Jahrzehnte wurde das mit der Ölförderung zutage tretende Erdgas (sogenanntes associated gas) in Fackelsystemen vor Ort verbrannt. Es galt lange Zeit als wertlos. In den 1960er Jahren wurden internationale Firmen eingeladen, um auf Basis dieses – nahezu kostenlosen – Rohstoffes eine petrochemische Industrie im Mittleren Osten zu etablieren. Aus diesen Investitionen ist beispielsweise das arabische Unternehmen SABIC hervorgegangen.

Mit Rückblick auf diese Entwicklungen im Mittleren Osten erscheint eine Wiederholung im Sinne des Renewables Pull mittel- und langfristig denkbar. Das Tauziehen um die Wertschöpfungsstufe der Petrochemie sowie von Teilen der Polymerchemie (insbesondere Polyethylen) wird sich damit erneut am Zugriff auf zukünftige Rohstoffe entscheiden.

Was bedeutet dies für deutsche Produktionsstandorte?

Der Verband der Chemischen Industrie in Deutschland (VCI) sieht langfristig ca. die Hälfte des Kohlenstoffbedarfes durch heimische Ressourcen (Biomasse und Kunststoffabfall) gedeckt. Wenn 100 Prozent der heutigen Chemieproduktion in Deutschland verbleiben sollen, so würden zusätzlich ca. sechs Millionen Tonnen synthetischen Rohstoffs benötigt. Um diese Menge nachhaltig zu produzieren, müssen 21 Millionen Tonnen CO_2 aus der Luft gefiltert werden und mithilfe von 150 TWh erneuerbarer Energie umgewandelt werden (VCI und VDI 2023, Scenario 3). Zum Vergleich: Deutschland hatte 2023 einen Stromverbrauch von 515 TWh, von denen 52 Prozent erneuerbar produziert wurden.

Der Investitionsbedarf für dieses Szenario gemischter alternativer Rohstoffe wurde vom VCI auf 26 Milliarden Euro geschätzt und stellt damit das kostengünstigste Szenario der Transformation dar. Dennoch erscheinen Investitionen in dieser Größenordnung in dem zu betrachtenden Entscheidungszeitfenster für Transformationskonzepte bis Anfang der 2030er Jahre als unrealistisch. Das bedeutet, dass ohne eine Zwischenlösung eine Transformation der deutschen Petrochemie nicht stattfinden wird und somit ein irreversibles Auslaufen der Produktion bis spätestens 2040 erfolgen muss.

Eine ökonomisch tragfähige Zwischenlösung könnte gemäß den in Kapitel 3 beschriebenen Einschätzungen durch den Einsatz von CCS-Technologien und den rechtzeitigen Anschluss an eine noch aufzubauende CO_2-Infrastruktur erreicht werden. Dies würde den Produktionsstandorten in Deutschland die Möglichkeit eröffnen, eine neue Rolle innerhalb eines zukünftigen Wertschöpfungsgeflechtes zu ermitteln und aufzubauen. In diesem Zusammenhang seien wissenschaftliche Forschungsprojekte erwähnt, welche in Zusammenarbeit mit der Industrie clusterspezifische Lösungsräume zukünftiger Rohstoffversorgungen entwickeln (Scholz et al. 2023).

4.3 Stabilität der Wertschöpfungsketten

Für die nachfolgenden Betrachtungen ist einschränkend festzuhalten, dass die diversifizierte und weitverzweigte Landschaft der zum Teil sehr weit spezialisierten Betriebe des verarbeitenden Gewerbes nicht in einheitlichen Charakterisierungen erfasst werden kann. Die Produktpaletten unterscheiden sich so sehr voneinander, dass an dieser Stelle nur eine sehr allgemeine Annäherung erfolgen kann.

Eine Studie aus dem Jahr 2023 (Bähr et al. 2023) hat anhand von Firmeninterviews entlang der Wertschöpfungsketten für die Branchen Stahl, Aluminium und Chemie einen starken Zusammenhang zwischen den jeweiligen Kostennachteilen der Vorprodukte und der Abwanderung bzw. der Auslagerung von Geschäften in Richtung kostengünstigere Rohstoffe festmacht. Abbildung 16 (S. 28) fasst die Ergebnisse in Bezug auf die Reaktionen befragter Unternehmen aus dem Chemiesektor der Ethylen-Wertschöpfungskette zusammen. Demgemäß erwägen über 50 Prozent der Unternehmen eine Verlagerung bzw. Schließung ihrer Produktion, wenn die Kosten für Vorprodukte einen Kostennachteil von über 25 Prozent aufweisen könnten. Die genannte Größenordnung von 50 Prozent deckt sich in etwa mit dem Risikofaktor von 45 Prozent, den der BDI in seiner jüngsten Betrachtung für die Grundstoffchemie in Deutschland sieht (BCG und IW 2024).

Die Flexibilität von Kunststoffverarbeitern, Rohstoffe unterschiedlicher Provenienz nutzen zu können, ermöglicht es ihnen grundsätzlich, auf Preissignale reagieren zu können und ihr Einkaufsportfolio entsprechend anzupassen. Dagegen sprechen allerdings die bereits seit über 15 Jahren existierenden Produktionskostenvorteile für Ethylen auf Basis von Ethan: Seit dem Boom der Schiefergasförderung in den USA weisen die Marktpreise für Ethylen einen erheblichen Unterschied pro Tonne Ethylen gegenüber dem europäischen Markt auf. Folgte man allein der Logik der zitierten Studie, so dürfte eine starke PVC-Produktion in Europa nicht mehr existieren.

Diese scheinbare Diskrepanz spricht für eine differenziertere Betrachtung unter Berücksichtigung einer zunehmenden Unsicherheit internationaler Lieferketten (IW 2023). Geschäftsmodelle, die auf Kostenvorteile niedriger Lagerbestände in Zulieferketten setzen (zum Beispiel die Just-in-time-Produktion von Automobilherstellern), stützen die regionale Versorgung und Produktion und mögen einen Teil der Kostennachteile in der Grundstoffchemie aufwiegen können.

Abbildung 16: Chemische Wertschöpfungsketten – Studie Dezernat Zukunft (2023)*

Die Studie beschreibt strategische Reaktionen von Unternehmen in der Ethylen-Wertschöpfungskette auf Basis von Preissteigerungsszenarien für 2045. Sie zeigt, dass bei angenommenen Preissteigerungen von mehr als 25 % mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen über Verlagerung oder Aufgabe der Produktion nachdenken.

Studien-Konzept

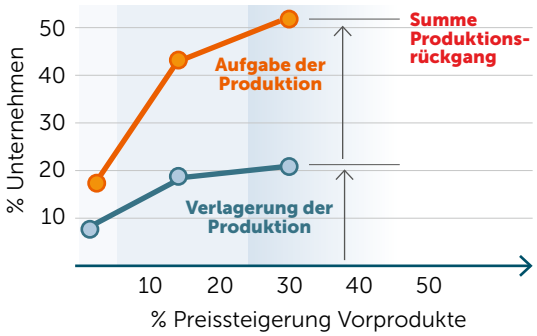
Unternehmen (down-stream) wurden nach strategischen Reaktionen auf drei Preisszenarien bei Vorprodukten gefragt (mittelfristige Preisentwicklungen in Deutschland relativ zum Ausland):

a. moderate Steigerung = unter 5%
b. starke Steigerung = 5–25%
c. extreme Steigerung = über 25%

Es zeigten sich vier Arten von strategischen Reaktionen:

1. Puffern der Preissteigerungen in Deutschland
2. Verlagerung des Einkaufs der Vorprodukte (Importe)
3. Verlagerung der Produktion ins Ausland
4. Aufgabe der Produktion in Deutschland (Schließung)

Strategische Reaktionen der Chemiebranche (down-stream) auf Preisdifferenzen (up-stream = Ethylen)



* Die Studie „Die Zukunft energieintensiver Industrien in Deutschland" wurde von IW Consult und Frontier Economics für das Dezernat Zukunft erstellt. Beispielhaft wurden die Branchen Stahl, Aluminium, Ammoniak und Hochwertige Chemikalien gewählt. In konkreten Rechnungen repräsentiert Ethylen die HVC Produkte der Petrochemie.

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Bähr et al. 2023

4.4 Risiken von Kippmomenten

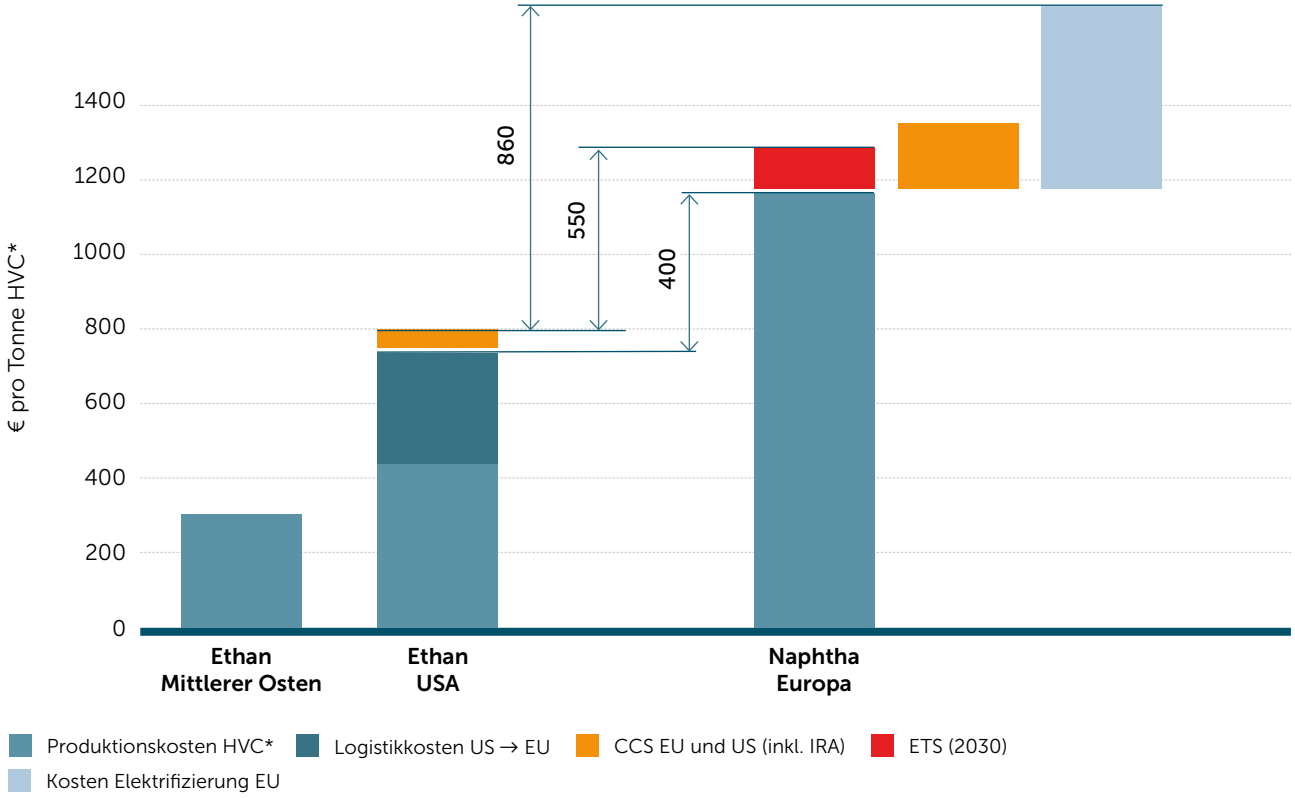
Die deutsche Petrochemie und Polymerchemie haben sich trotz der Produktionskostenvorteile in anderen Ländern mit diesen Ländern und Märkten in einem gewissen Gleichgewicht befunden. Ein fragiles Gleichgewicht, wie anhand jener Phasen abzulesen ist, die durch eine Stagnation der Kunststoffnachfrage gekennzeichnet war. In diesen Phasen fanden verstärkt Importe in den europäischen Markt statt, die die heimische Produktion zurückdrängen konnten.

In Abbildung 17 (S. 29) sind die Produktionskosten für Ethylen auf Basis von Ethan (USA und Mittlerer Osten) und Naphtha (Europa) einander gegenübergestellt. Im Beispiel der USA beträgt der Produktionskostenvorteil gegenüber Europa für Ethylen ca. 750 Euro pro Tonne. Es sei angenommen, dass diese Kostenvorteile an die Derivate der Polymerstufe weitergegeben werden. Berücksichtigt man ferner Logistikkosten von ca. 300 Euro (für Polymere), so würden importierte Waren aus den USA einen Kostenvorteil von 450 Euro pro Tonne in Europa erzielen.

Darüber hinaus sind in der Abbildung potenzielle Kostensteigerungen für Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasen eingezeichnet. Aufgrund der vorhandenen Anreizsysteme in den USA durch den Inflation Reduction Act (IRA) und auf Basis der zuvor angenommenen Kosten in Deutschland erhöhen sich im Falle von CCS die Kostenvorteile in den USA noch einmal gegenüber den Standorten in Deutschland um ca. 150 Euro pro Tonne. Für amerikanische Unternehmen, die bereits heute in CCS-Projekte an der Golfküste investieren (Le Den et al. 2022) würde dieser Kostenvorteil nicht durch eine potenzielle zukünftige CO_2-Importsteuer (CBAM) aufgehoben werden. Das bedeutet, dass sich vor dem Hintergrund der zu erwartenden anhaltenden Überkapazitäten im Bereich der Ethylenproduktion für die kommenden sechs bis acht Jahre (vergleiche Abbildung 9 (S. 16)) das fragile Gleichgewicht auch im Falle einer positiven Entscheidung für eine Transformationsinvestition für deutsche Standorte weiterhin in Richtung von Importen verschieben würde.

Abbildung 17: Vergleich der Produktionskosten für Steamcracker-Portfolio der HVC*

Wettbewerbsnachteile in Europa auf Basis unterschiedlicher Rohstoffkosten erhöhen sich weiter aufgrund zu erwartender Klimakosten (EU ETS) und potentieller Transformationskosten



* HVC = High Value Chemicals

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von IEA 2017

Die Frage, wann ein Kipppunkt überschritten sein wird und Unternehmen sich für die Konsolidierung von Kapazitäten in Deutschland bzw. Europa entscheiden, ist wissenschaftlich nicht zu beantworten. Es ist zu vermuten, dass gerade börsennotierte Unternehmen der Petrochemie und Polymerchemie in einer anhaltenden Phase negativer Gewinne ihren Kontrollgremien und Aktionären gegenüber verpflichtet sind, strategische Portfolioüberlegungen ihrer internationalen Aufstellung vorzulegen. Eine weitere nicht zu unterschätzende Dimension ist, dass sich viele der Standorte in Deutschland in einer Struktur mit Mutterkonzernen außerhalb Deutschlands oder gar Europas befinden. Es darf nicht immer erwartet werden, dass Unternehmen sich den komplexen Herausforderungen einer ausufernden europäischen Bürokratie und der dadurch verzögerten Umsetzung von Projekten stellen werden.

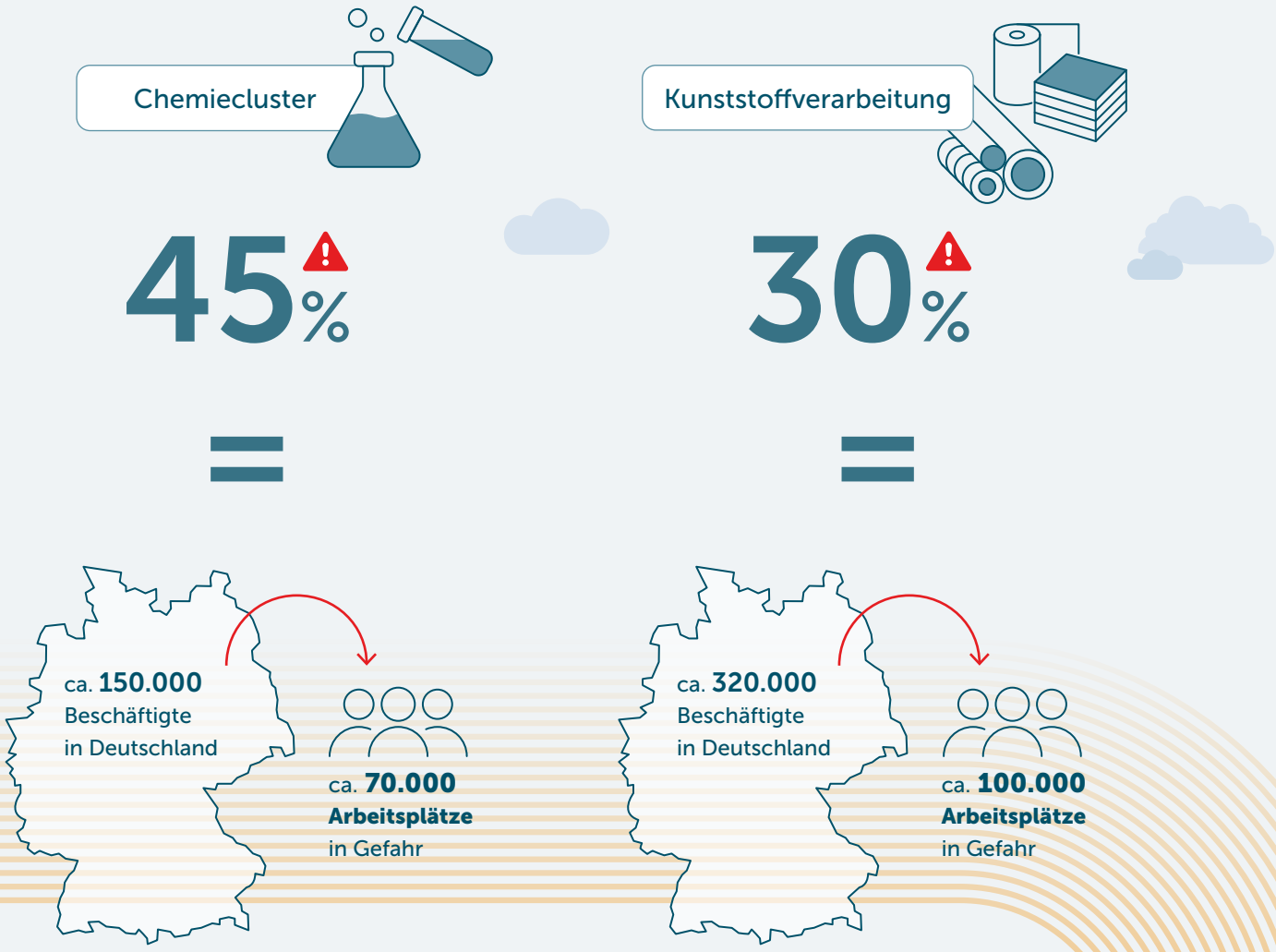
4.5 Arbeitsplätze und Strukturwandel

Mit Blick auf das unterstellte vereinfachte Modell der Wertschöpfungskette (Abbildung 13 (S. 21)) wird im Folgenden zwischen Grundstoffchemie in Chemieclustern einerseits und Kunststoffverarbeitung andererseits unterschieden.

Der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) sieht in seiner aktuellen Studie 45 Prozent der chemischen Grundstoffindustrie in Deutschland mittelfristig gefährdet (BCG und IW 2024). Berücksichtigt man dabei die Segmente der Petro- und Polymerchemie mit ca. 150.000 Beschäftigten (VCI 2023), so wären in Deutschland dementsprechend 65 – 70.000 Arbeitsplätze direkt und mindestens ebenso viele indirekt verbundene Arbeitsplätze in Gefahr. Die Hoffnung des BDI, dass aufgrund der Wachstumsmärkte der Petrochemie die Wettbewerbsnachteile der deutschen Standorte kurzfristig nicht ins Gewicht fallen, wird mit Blick auf die aktuell vorhandenen und mittelfristig erwarteten Überkapazitäten (Abbildung 9 (S. 16)) nicht geteilt.

Für den kunststoffverarbeitenden Sektor sind die Entwicklungen in den wichtigsten Märkten entscheidend: Apparatebau, Gebäude und Automobilbau. Aufgrund der engen Verflechtungen chemischer Produkte in den Endprodukten dieser Märkte ist der Erfolg des Kunststoffsektors an diese Märkte gekoppelt. Basierend auf der Analyse des BDI sind im verarbeitenden Gewerbe ca. 30 Prozent als direkt gefährdet zu betrachten (BCG und IW 2024), und dies würde rechnerisch weitere 100.000 Arbeitsplätze in Deutschland betreffen (VCI 2023).

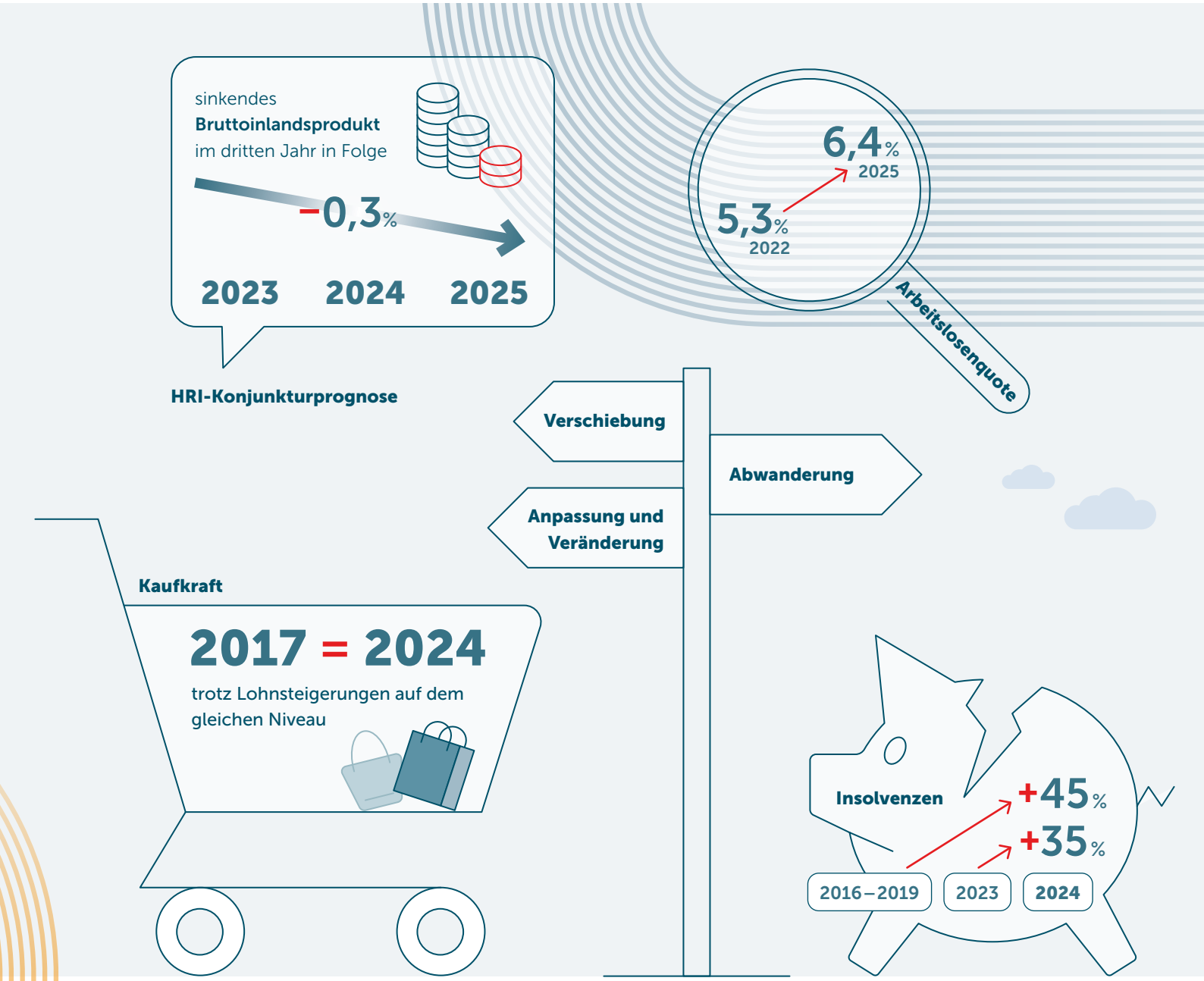
Abbildung 18: Arbeitsplätze und Strukturwandel – Zahlen und Fakten



Quelle: eigene Darstellung

Diese bedrückende Prognose schließt an die aktuellen Berichte der Wirtschaftsverbände und Wirtschaftsinstitute in Deutschland an. Die HRI-Konjunkturprognose geht von einem (auch im dritten Jahr in Folge) sinkenden Bruttoinlandsprodukt für 2025 aus und einem stagnierenden privaten wie auch öffentlichen Konsum (Huchzermeier et al. 2024). Die Kaufkraft ist trotz Lohnsteigerungen auf dem Niveau des Frühjahrs 2017. Darüber hinaus werden steigende Insolvenzen verzeichnet. So gab es im Juli 2024 einen Anstieg von über 35 Prozent im Vergleich zum Juli des vergangenen Jahres und über 45 Prozent im Vergleich zu den Durchschnittswerten des Monats Juli 2016–2019. Eine seit 2022 linear steigende Arbeitslosenquote sieht das HRI auch für 2025 bei dann 6,4 Prozent.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass ein erheblicher Anteil der Wertschöpfung der deutschen Chemieindustrie stark oder sehr stark abwanderungsgefährdet ist (BCG und IW 2024). Dies wird sowohl spürbare finanzielle Auswirkungen in Bezug auf das Bruttoinlandsprodukt und den Wohlstand als auch unmittelbare Auswirkungen in Bezug auf Arbeitsplätze haben. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass langfristige Veränderungen in Bezug auf die Identifikation der Gesellschaft mit der chemischen Industrie speziell und dem verarbeitenden Gewerbe im Allgemeinen zu erwarten sind, wenn hier Arbeitsplätze verloren gehen und Beschäftigte und Unternehmen als Steuerzahlende ausfallen. Es ist davon auszugehen, dass sich mit den sich verändernden Märkten die Nachfrage an Zulieferbranchen verschieben wird, was aufgrund der traditionellen regionalen Clusterung bestimmter Branchen zu größeren regionalen strukturellen Anpassungen zwingen kann.



5. Empfehlungen für ein politisches Risikomanagement

Trotz struktureller Nachteile bei Rohstoff- und Energiekosten sowie steigender Klimakosten befinden sich die deutsche Petro- und Polymerchemie im internationalen Vergleich in einem – wenn auch fragilen – Gleichgewicht. Eine weitere Verlagerung der Produktion aus Deutschland hängt dabei stärker von den globalen Überkapazitäten bei Polymerderivaten ab als von der Wettbewerbsfähigkeit am heimischen Standort.

Gleichzeitig müssen Investitionsentscheidungen für eine Transformation aufgrund der langen Vorlaufzeiten industrieller Projekte bis spätestens 2030–2032 getroffen werden, um den Ambitionen des europäischen Klimaschutzes zu entsprechen. In dieser Phase sind weitere Steigerungen der Produktionskosten durch Investitionen in eine Transformation nur dann möglich, wenn bestlastbare Geschäftsmodelle entwickelt werden können. Eine Wirtschaftlichkeit der industriellen Transformation ist trotz subventionierter Anschubförderung nur zu erwarten, wenn klimaneutrale Produkte die erforderliche Wertschätzung erfahren und zusätzliche Produktionskosten an die Wertschöpfungskette weitergegeben werden können. Dies ist derzeit weder für den Export orientierten Teil der Produktion zu erwarten noch, mit Blick auf die stagnierende Kaufkraft und das zögerliche Konsumverhalten, für den inländischen Markt zu erkennen.

Das Gesellschaftsprojekt „Transformation" ist an einem kritischen Punkt der Umsetzung angelangt. Das Zeitmanagement wird den realen und akuten Herausforderungen nicht gerecht, sodass es dringender Maßnahmen bedarf, um das Gesamtziel nicht aus den Augen zu verlieren. Viele Studien zu möglichen Klimaschutzszenarien zeichnen mögliche Zukunftsbilder aus einer volkwirtschaftlichen Perspektive. In der vorliegenden Studie sind die Dimensionen einer betriebswirtschaftlichen Bewertung in den Vordergrund gestellt worden. Aus dieser Sichtweise entscheidet sich die Transformation nicht an langfristigen Zukunftsbildern, sondern an der Wirtschaftlichkeit wesentlich kürzerer Zeiteinheiten: Die Klimapfade eines Unternehmens müssen in jeder Phase der Transformation wirtschaftlich darstellbar sein.

Die Verschmelzung beider Sichtweisen ist die Aufgabe eines „politischen Risikomanagements". Dazu gehört die vorausschauende Vorbereitung von Korrekturmaßnahmen, um zeitnah auf Hindernisse der betriebswirtschaftlichen Umsetzung einer Branche reagieren zu können und damit volkswirtschaftlichen Schaden abzuwenden. Die genannten Aspekte sind in der Industriestrategie des BMWK allgemein behandelt worden (BMWK 2024). Es werden jedoch weitere Analysen zur Rolle und Verflechtung von Industrieclustern erforderlich sein, um die Erwartungen an eine resiliente Versorgung ebenfalls auch quantitativ formulieren zu können.

Es müssen folgende Fragen geklärt werden:

- Welche Grundversorgung essenzieller chemischer Materialien aus nationaler Produktion ist für heutige Marktsegmente sowie für die Gewährleistung der gesellschaftlichen Transformation sicherzustellen?

- Welche Produktionskapazitäten sind zu gewährleisten, um die notwendigen Freiräume bei der Gestaltung nachhaltiger Märkte zu erhalten? – Ohne eine starke eigene Industrieproduktion wird die Erfüllung der Ansprüche an Produktstandards von der Motivation der Unternehmen außerhalb Deutschlands abhängen.

- Welche Art von Arbeitsplätzen gewährleistet Wohlstand und Kaufkraft? Wie kann Strukturwandel sowohl in den Ballungsräumen großer Chemiecluster als auch in der Landschaft der kunststoffverarbeitenden Branche gelingen? Braucht es hierzu eine frühzeitigere Entwicklung flankierender strukturpolitischer Maßnahmen (mit dem Ziel, positive Beiträge für die Diversifizierung der Wirtschaftsstruktur zu leisten), um auf potenzielle Abwanderungen reagieren zu können?

- Muss sich Forschung vorsorglich stärker international ausrichten, um am Standort Deutschland dauerhaft schlagkräftig aufgestellt zu bleiben? Die dichte Infrastruktur exzellenter Hochschul- und Forschungseinrichtungen und ein hochentwickelter Industriesektor bedingen einander – das Fehlen von Produktionsstandorten wird mittelfristig zu einem Versiegen der Innovationskraft führen.

Die Bruchlinie zwischen der Transformation der Industrie und der Transformation der Märkte zwingt zu dringenden Überbrückungsmaßnahmen (Abbildung 14 (S. 22)). Die Versorgung mit alternativen Rohstoffen wird aufgrund der enormen Investitionsleistungen in der Kürze der Zeit nicht möglich sein. Aus Sicht dieser Studie kann eine Überbrückung allein durch eine CO_2-Infrastruktur für die Petrochemie gewährleistet werden. Dazu ist erforderlich:

- Die verlässliche Verankerung für den rechtzeitigen Betrieb einer CO_2-Infrastruktur, um Vertrauen in die Investitionen der Chemiestandorte für die Errichtung von CCS-Anwendungen zu schaffen.

- Die Förderung der Infrastruktur und der CCS-Anwendungen. Dies kann über Klimaschutzverträge dargestellt werden, die jedoch nicht mit anderen Projekten zur Treibhausgasminderung konkurrieren dürfen, da der Erhalt von Chemieclustern für eine resiliente Versorgung essenziell ist.

- Für die Nachhaltigkeit der Produktionsstandorte müssen Anreize zur Weitergabe der höheren Produktionskosten für grüne Produkte klar dargestellt werden können. Die mittelfristigen Investitionen in CCS-Anwendungen schaffen in Kombination mit alternativen biogenen und synthetischen Rohstoffen langfristig die national erforderlichen negativen Emissionen.

Eine weitere Notwendigkeit eines vorausschauenden Risikomanagements besteht darin, auf der Zeitachse die Wirkmechanismen politischer Initiativen den betriebswirtschaftlichen Transformationsphasen gegenüberzustellen. Dies kann am Beispiel grüner Leitmärkte verdeutlicht werden:

- Das Konzeptpapier des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWK 2024) setzt wichtige Impulse und zeichnet erste Hinweise für mögliche Geschäftsideen. Es ist aber darüber hinaus für Produktionsstandorte wichtig, abschätzen zu können, wann mit ersten Auftragseingängen entsprechend diesem Konzept zu rechnen sein wird.

- Angesichts der aktuellen Haushaltslage ist die Wahrscheinlichkeit eines schnellen Vorgehens des Bundes in Bezug auf die Schaffung grüner Leitmärkte durch effektive Maßnahmen mit Vorreiterrolle, vor allem das Public Procurement, also die Verpflichtung zum Einsatz grüner Kunststoffe im Rahmen öffentlicher Aufträge, kaum zu erwarten.

Im Vergleich zu den Herausforderungen der Chemiecluster und möglichen Mechanismen zur Risikominimierung ist eine Unterstützung der Transformation des verarbeitenden Gewerbes aufgrund der diversifizierten Wertschöpfungsbreite erheblich komplexer. Die Anpassung an sich verändernde Märkte wird sehr unterschiedliche regionale Varianten von Strukturwandel bedeuten, sodass eine zentralistisch unterstützende politische Begleitung nur bedingt erfolgreich sein wird.

Der erfolgreiche Strukturwandel des kunststoffverarbeitenden Gewerbes wird von einer starken Regionalität geprägt sein. Es wird davon abhängen, wie gut eine Analyse individueller Fähigkeiten in Kombination mit innovativen Geschäftsideen gelingen kann: neben einer passgenauen finanziellen Unterstützung wird es darauf ankommen, auf regionalen Ebenen branchenspezifische Plattformen zu errichten, auf denen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft Strukturwandelmodelle entwickeln können. Erste positive Beispiele können in den Braunkohlerevieren beobachtet werden.

- Hinzu kommt die Notwendigkeit, die Unternehmen selbst zu unterstützen und in die Lage zu versetzen, darüber nachzudenken, wie sie ihre Kompetenzen und Vermögenswerte unter geänderten Rahmenbedingungen einsetzen können. Es bedarf eines Empowerments der Unternehmen, zum Beispiel durch die Ausbildung von sogenannten unternehmensinternen Transformationsagenten.

6. Schlussbetrachtung

Mit Blick auf die vorherigen Kapitel dieser Studie ist festzuhalten, dass zur Beurteilung der Stabilität von Wertschöpfungsketten zwischen Wertschöpfung und Versorgung zu unterscheiden ist. Aktuelle Studien (BCG und IW 2024) geben einen Hinweis darauf, dass ein großer Teil der Wertschöpfung in der chemischen Industrie in Deutschland stark bis sehr stark gefährdet ist. In Anbetracht der Verflechtung chemischer Versorgungsketten bedarf es jedoch weiterer und detaillierterer Untersuchungen chemischer Cluster. Für commoditisierte Polymere des Kunststoffsektors bestehen Möglichkeiten, eine lineare Versorgung grundsätzlich aufrechtzuerhalten. Auf Basis der Expertise der verarbeitenden Branche können Polymere unterschiedlicher Provenienzen zu gleichbleibender Qualität der Produkte verarbeitet werden. Neben den technischen Optionen darf jedoch das Risiko der Versorgung bei steigender Volatilität von Importlieferketten nicht außer Acht gelassen werden.

Die Ursachen für die heutige strukturelle Wettbewerbsschwäche liegen kaum in einer Transformation zur Klimaneutralität begründet. Die erwarteten steigenden Klimakosten durch den Emissionshandel und die bevorstehende umfassende Transformation verschärfen den Wettbewerb allerdings zusätzlich. Mit dem europäischen Emissionshandelssystem ist ein erfolgreiches Instrument zur Deindustrialisierung konventioneller fossiler Produktionsweisen geschaffen worden, jedoch ohne gleichzeitig eine klare gesellschaftliche Erwartung an die Re-Industrialisierung klimaneutralen Wirtschaftens zu entwickeln.

Die Entwicklung nachhaltiger Märkte ist für eine nachhaltige Grundstoffindustrie unabdingbar. Um die fehlende Synchronisation der Industrietransformation und der Transformation der Märkte überbrücken zu können, bedarf es dringender Maßnahmen, wie zum Beispiel der Bereitstellung von CO_2-Infrastrukturen für die chemische Industrie. Das Risiko einer irreversiblen Abwanderung hätte ebenfalls erhebliche Auswirkungen auf die Durchsetzungsstärke nationaler Konzepte und Standards für die Energiewende und Transformation der Märkte. Dies wird ohne eine starke nationale Industrie und allein in Abhängigkeit von internationalen Märkten schwer verhandelbar sein.

In Anbetracht der sehr kleinen verbliebenen Zeitfenster der Unternehmen zur Entscheidung für Transformationsinvestitionen oder für die Konsolidierung von Produktionsstandorten ist eine gesellschaftlich-politische Auseinandersetzung zur Identifikation mit der Chemieindustrie dringend. Der Fokus dieser Studie lag auf der Betrachtung nationaler Wertschöpfungsketten. Der gleichwohl ebenso wesentliche Anteil chemischer Exportmärkte ist hier nicht behandelt worden. Eine gesellschaftliche Auseinandersetzung mit der Rolle der nationalen chemischen Industrie muss aber auch die Erwartung an seine Größe und Reichweite beinhalten. Es gilt die Frage zu beantworten, ob ein Schrumpfen der chemischen Industrie in Deutschland auf das Niveau heimischer nachhaltiger Rohstoffverfügbarkeit (Biomasse und Abfall) sinnvoll sein kann.

Abschließend sei an dieser Stelle noch einmal sehr deutlich darauf hingewiesen, dass ein Aufschieben des gesellschaftlichen Projektes der Transformation keine Befreiung aus der wirtschaftlichen Notlage bedeutet. Im Gegenteil: Ein klar abgesteckter Rahmen für eine Transformation bietet noch immer die Möglichkeit eines erfolgreichen Neubeginns. Allerdings erfordert dies ein mutiges politisches Management der vorhandenen Risiken.

7

7. Literatur

AGPU e.V., PVCH – Arbeitsgemeinschaft der Schweizerischen PVC-Industrie, & API PVC- und Umweltberatung GmbH. (2016). Alles über PVC: Von der Herstellung bis zum Recycling. https://www.vinylplus.de/wp-content/uploads/2016/03/AGPU_AllesueberPVC_DE.pdf

Bähr, C., Bothe, D., Brändle, G., Klink, H., Lichtblau, K., Sonnen, L., & Zink, B. (2023). Die Zukunft energieintensiver Industrien in Deutschland. IW Consult und Frontier Economics im Auftrag des Dezernat Zukunft. https://www.dezernatzukunft.org/wp-content/uploads/2023/08/Baehr-et-al.-2023-Die-Zukunft-energieintensiver-Industrien-in-Deutschland_v2.pdf

BASF. (2024, April 17). BASF, SABIC und Linde feiern Inbetriebnahme der weltweit ersten großtechnischen elektrisch beheizten Steamcracker-Öfen. https://www.basf.com/basf/www/global/de/media/news-releases/2024/04/p-24-177

Boston Consulting Group (BCG) & Institut der Deutschen Wirtschaft (IW). (2024). Transformationspfade für das Industrieland Deutschland. Eckpunkte für eine neue industriepolitische Agenda. Gutachten im Auftrag des Bundesverbands der deutschen Industrie. https://www.transformationspfade.com/

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). (2023, Januar 26). Wasserstoff aus Australien für die Energiewende in Deutschland. Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF. https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2022/05/wasserstoff-australien-energiewende-deutschland.html

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (2024). Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/leitmaerkte-fuer-klimafreundliche-grundstoffe.pdf

The European Chemical Industry Council (cefic). (2023). Chemical Monthly Report. https://cefic.org/app/uploads/2023/03/EU27-Chemicals-Business-Monthly-Briefings-February-2023.pdf

Chauvel, A. & Lefebvre, G. (1989). Petrochemical Processes, Part 1: Synthesis Gas Derivatives and Major Hydrocarbons, Editions Technip, Paris.

Conversio. (2022). Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2021: Zahlen und Fakten zum Lebensweg von Kunststoffen. https://plasticseurope.org/de/wp-content/uploads/sites/3/2022/11/Kurzfassung_Stoffstrombild_2021.pdf

European Chemical Industry Council (cefic). (2019). Molecule Managers: A journey into the Future of Europe with the European Chemical Industry. https://cefic.org/app/uploads/2019/06/Cefic_Mid-Century-Vision-Molecule-Managers-Brochure.pdf

FutureCamp & DECHEMA. (2019). Roadmap Chemie 2050. https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/2019_Studie_Roadmap_Chemie_2050-p-20005590.PDF

Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie (GKV). (2024). Branchenstatistik der Kunststoffverarbeitung in Deutschland. Abgerufen 3. September 2024, https://www.gkv.de/de/statistik/

Hodges, P. (2024). Thinking 'out of the box' will deliver major revenue and profit growth in the New Normal world. https://new-normal.com/economic-growth/thinking-out-of-the-box-will-deliver-major-revenue-and-profit-growth-in-the-new-normal-world/

Huchzermeier, D., Köster, B., & Schrinner, A. (2024, September 20). HRI-Konjunkturprognose: Drei Minus-Jahre in Folge – die deutsche Wirtschaft schrumpft weiter. https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/hri-konjunkturprognose-drei-minus-jahre-in-folge-die-deutsche-wirtschaft-schrumpft-weiter/100068684.html

Institut der deutschen Wirtschaft Köln (IW). (2023). Außenhandel zwischen Deglobalisierung und Diversifizierung: Chancen und Herausforderungen für die NRW-Wirtschaft. Studie im Auftrag von ZENIT GmbH und Enterprise Europe Network. https://nrweuropa.de/studie-nrw-aussenhandel/

International Energy Agency (IEA). (2017). Simplified levelised cost of petrochemicals for selected feedstocks and regions, 2017 – Charts – Data & Statistics. Abgerufen 3. September 2024, von https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/simplified-levelised-cost-of-petrochemicals-for-selected-feedstocks-and-regions-2017

Kienscherf, P.A. & Diers, H. (2023). EWI Analyse Finanzierungsbedarfe in der Stromerzeugung bis 2030, https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2024/01/Finanzierungsbedarfe_Stromerzeugung_2030.pdf

Le Den, X., Fallmann, H., Görlach, B., Ismer, R., Neuhoff, K., Stede, J., Steinmann, J. (2022). Study on the Possibility to Set Up a Carbon Border Adjustment Mechanism on Selected Sectors: Final Report. Publications Office of the European Union, Brussels. https://data.europa.eu/doi/10.2778/58565

Marksteiner, J. (2024, März 6). Stellenabbau: BP verkleinert Raffinerie in Gelsenkirchen. https://www1.wdr.de/nachrichten/ruhrgebiet/raffinerie-gelsenkirchen-scholven-bp-verkleinerung-100.html

Neuhoff, K., Chiappinelli, O., Gerres, T., Ismer, R., Köveker, T., Linares, P., Richstein, J. (2022). Adressing Concerns in the CBAM File. Climate Strategies: Policy Briefs. https://climatestrategies.org/publication/addressing-export-concerns-in-the-cbam-file/

Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). (2024). World Oil Outlook 2023. https://www.opec.org/opec_web/en/publications/340.htm

Petrochemicals Europe. (o. J.). Cracker Capacity. Petrochemicals Europe. Abgerufen 2. Oktober 2024, von https://www.petrochemistry.eu/about-petrochemistry/petrochemicals-facts-and-figures/cracker-capacity/

PlasticsEurope. (2020). Plastics – the Facts 2020. PlasticsEurope. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Plastics_the_facts-WEB-2020_versionJun21_final.pdf

PROCESS. (2024, Januar 29). Großinvestition geplant: Shell will in Wesseling Öle herstellen. PROCESS. https://www.process.vogel.de/grossinvestition-geplant-shell-will-in-wesseling-oele-herstellen-a-636e71c0904c63f921c1b93155457e25/

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Langfassung. Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf

Samadi, S., Fischer, A., & Lechtenböhmer, S. (2023). The renewables pull effect: How regional differences in renewable energy costs could influence where industrial production is located in the future. Energy Research & Social Science, 104, 103257. https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103257

Scheuermann, A. (2022, Juni 17). Shell und Dow nehmen Versuchsanlage für elektrische Steamcracker in Betrieb. CHEMIE TECHNIK. https://www.chemietechnik.de/anlagenbau/shell-und-dow-nehmen-versuchsanlage-fuer-elektrische-steamcracker-in-betrieb-498.html

Scholz, A., Schneider, C., Saurat, M., & Theisen, S. (2023). Das petrochemische System in Deutschland und Westeuropa. Wuppertal Institut. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/8146/file/8146_GreenFeed.pdf

Valve World. (2007, Dezember 6). Rio de Janeiro petrochemical complex. Valve World. https://valve-world.net/rio-de-janeiro-petrochemical-complex/

Verband der Chemischen Industrie (VCI). (2023). Chemiewirtschaft in Zahlen. https://www.vci.de/die-branche/zahlen-berichte/chemiewirtschaft-in-zahlen-online.jsp

Verband der Chemischen Industrie (VCI) & Verein Deutscher Ingenieure (VDI). (2023). Chemistry4Climate: Wie die Transformation der Chemie gelingen kann. https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/broschueren-und-faltblaetter/final-c4c-broschure-langfassung.pdf

Verband der Chemischen Industrie (VCI). (2024). Quartalsbericht 1. Quartal 2024, https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/vci-quartalsbericht-q1-2024.pdf

Verband der Chemischen Industrie (VCI). (2024a). Chemiewirtschaft in Zahlen—2024. https://www.vci.de/vci/downloads-vci/publikation/chiz-historisch/chemiewirtschaft-in-zahlen-2024.pdf

Verein Deutscher Zementwerke (VDZ). (2024). Anforderungen an eine CO_2-Infrastruktur in Deutschland: Voraussetzungen für Klimaneutralität in den Sektoren Zement, Kalk und Abfallverbrennung. https://www.vdz-online.de/fileadmin/wissensportal/publikationen/zementindustrie/VDZ-Studie_CO2-Infrastruktur-Deutschland.pdf

VinylPlus. (2015). Progress Report 2015. Reporting on 2014 Activities. https://vinylplus.eu/wp-content/uploads/2015/04/VinylPlus_Progress_Report_2015_English.pdf

VinylPlus. (2021). VinylPlus 2030 Commitment. Abgerufen 3. September 2024, von https://www.vinylplus.eu/about-us/vinylplus-2030-commitment/

Weltenergierat. (2023). Energie für Deutschland Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext. Weltenergierat – Deutschland e.V.

Yergin, D. (2011). The prize: The epic quest for oil, money & power. Simon and Schuster.

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Ausbeuten (Gew-%) abhängig vom Rohstoff 10
Abbildung 1: Chemie: drittgrößte Industriebranche in Deutschland 8
Abbildung 2: Globaler Wachstumsmarkt: Kunststoffe. 9
Abbildung 3: Fossile Verarbeitungsstrukturen der Petrochemie 10
Abbildung 4: Steamcracker: Herzstück der Petrochemie. 11
Abbildung 5: Deutschlandkarte des VCI mit Pipeline-Verbindungen und Standorten der Raffinerien/PTC 12
Abbildung 6: Petrochemisches Cluster Emscher-Lippe 13
Abbildung 7: Betriebe der Kunststoffverarbeitung in Deutschland. 14
Abbildung 8: Handelsbilanz des Chemiesektors der EU 16
Abbildung 9: Globale Auslastung der Ethylen-Kapazitäten werden auf historischen Tief erwartet und lassen fortwährende Importe nach Europa befürchten 16
Abbildung 10: Gesamt fossile Wertschöpfungskette der Kunststoffe ist emissionsintensiv. 17
Abbildung 11: Optionen der Emissionsreduktion des Steamcrackers 19
Abbildung 12: Zeithorizonte von Regulierung und Industrieprojekte 20
Abbildung 13: Stabilität der Wertschöpfungskette geprägt durch zwei Pole 21
Abbildung 14: Transformationsphasen der Petrochemie und Grüner Leitmärkte 22
Abbildung 15: Pipelineverbund schafft größtes virtuelles Chemiecluster 23
Abbildung 16: Chemische Wertschöpfungsketten – Studie Dezernat Zukunft (2023)* 28
Abbildung 17: Vergleich der Produktionskosten für Steamcracker-Portfolio der HVC* 29
Abbildung 18: Arbeitsplätze und Strukturwandel – Zahlen und Fakten. 30

Stiftung Arbeit und Umwelt der IGBCE

Inselstraße 6
10179 Berlin
Telefon +49 30 2787 1325

Königsworther Platz 6
30167 Hannover
Telefon +49 511 7631 472

E-Mail: arbeit-umwelt@igbce.de
Internet: www.arbeit-umwelt.de