

# Roadmap Chemie 2050 – Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland

## Daten zur Studie

Auftraggeber	Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI)
Bearbeiter	DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., FutureCamp Climate GmbH
Erscheinungsjahr	2019
URL	<a href="https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/vci-dechema-futurecamp-studie-roadmap-2050-treibhausgasneutralitaet-chemieindustrie-deutschland-langfassung.jsp">https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/vci-dechema-futurecamp-studie-roadmap-2050-treibhausgasneutralitaet-chemieindustrie-deutschland-langfassung.jsp</a>

## Einordnung der Studie

Studienart		Branchenabdeckung		Geografische Abgrenzung		Inhaltliche Schwerpunkte	
<input checked="" type="checkbox"/>	Szenarien	<input type="checkbox"/>	Gesamte Industrie	<input type="checkbox"/>	NRW	<input checked="" type="checkbox"/>	Technologien
<input type="checkbox"/>	Metaanalyse	<input type="checkbox"/>	Stahl	<input checked="" type="checkbox"/>	Deutschland	<input type="checkbox"/>	Infrastrukturen
<input type="checkbox"/>	Technologie-Screening	<input checked="" type="checkbox"/>	Chemie	<input type="checkbox"/>	Europa	<input type="checkbox"/>	Volksw. Effekte
<input type="checkbox"/>	Positionspapier	<input type="checkbox"/>	Zement	<input type="checkbox"/>	Global	<input type="checkbox"/>	Politikmaßnahmen
<input type="checkbox"/>	Sonstige	<input type="checkbox"/>	Sonstige Abdeckung	<input type="checkbox"/>	Sonstige	<input type="checkbox"/>	Sonstige

## Wesentliche Untersuchungsfragen

Die „Roadmap Chemie 2050“ untersucht mögliche Wege für die Transformation der deutschen Chemieindustrie in Richtung Treibhausgasneutralität. Dabei werden drei Pfade untersucht, die sich anhand der getroffenen Annahmen zu den technologischen, ökonomischen sowie politischen Rahmenbedingungen sowie in der Höhe der bis 2050 erzielten Treibhausgasreduzierungen voneinander unterscheiden.

## Methodik

Die Grenzen des untersuchten Systems umfassen sowohl die in der Produktion selbst entstehenden direkten prozessbedingten und energetischen Treibhausgasemissionen („Scope 1“) als auch die aus dem Bezug von Strom und Wärme (Dampf) stammenden indirekten Emissionen („Scope 2“). Zusätzlich wird in dieser Studie auch der *aus fossilem Ursprung stammende* Kohlenstoffgehalt der chemischen Erzeugnisse als CO<sub>2</sub>-Quelle in die Emissionsbilanz der Chemieindustrie mit einbezogen („Scope 3“). Dies erfolgt unabhängig davon, für welche Endprodukte diese Erzeugnisse letztlich genutzt werden und wo (geographisch), wann (z. B. Produktnutzungszeiten) und in welcher Form die Nutzung erfolgt. Infolgedessen steigt der Anteil der Treibhausgasemissionen, die der Chemieindustrie zugerechnet werden, sehr deutlich im Vergleich zu üblichen Bilanzierungen. Ausgeschlossen aus den betrachteten Systemgrenzen werden Emissionsminderungen aus der Nutzungsphase chemischer Produkte sowie Emissionen aus Vorprozessketten zur Bereitstellung von Rohstoffen und Energieträgern. Letzteres bedeutet unter anderem, dass Emissionen der Raffinerien, die den wichtigen Rohstoff Naphtha herstellen, explizit nicht ausgewiesen werden.

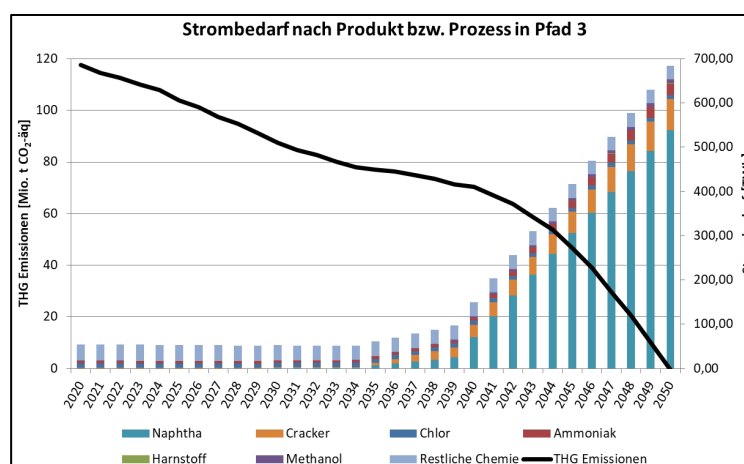
Auf der technologischen Seite liegt der Fokus der Roadmap auf den besonders energie- und emissionsintensiven Prozessen der Chemieindustrie, nämlich auf den Verfahren für die Herstellung der wichtigsten Basischemikalien. Diese repräsentieren den mit Abstand größten Teil (rund zwei Drittel) der Treibhausgasemissionen der Chemieindustrie in der erweiterten Betrachtung. Konkret handelt es sich um die energie- und feedstockintensiven Grundchemikalien Chlor, Ammoniak und Harnstoff, Methanol, die Olefine Ethylen, Propylen und Butadien, sowie die Aromaten Benzol, Toluol und Xylol (BTX). Effizienzpotentiale in der Spezialchemie werden in der Studie aber ebenfalls berücksichtigt.

Die drei formulierten idealtypischen Transformationspfade bauen aufeinander auf. Der Referenzpfad (Pfad 1) ermittelt, welche Minderungen unter heutigen Bedingungen wirtschaftlich sind. Im Technologiepfad (Pfad 2) werden zusätzlich alternative Prozesse zur Herstellung der Grundchemikalien Harnstoff, Methanol, Ethylen, Propylen, BTX und Butadien betrachtet, unter einer erweiterten Berücksichtigung der technischen Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. Die verfügbaren Strommengen aus erneuerbaren Energien sowie die verfügbaren Investitionsvolumina werden in diesem Pfad gegenüber dem Referenzpfad annahmegemäß deutlich erhöht, allerdings nach wie vor als begrenzt angenommen. Im Pfad Treibhausgasneutralität 2050 (Pfad 3) werden solche Restriktionen hinsichtlich Kosten und Wirtschaftlichkeit von Technologien, sowie hinsichtlich Strom- und Technologieverfügbarkeit aufgehoben. Das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2050 wird in diesem Pfad fast vollständig erreicht, bis auf einen geringen Anteil an prozessbedingten nicht-CO<sub>2</sub>-Residualemissionen. Die Nutzung von Technologien zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS) wird in keinem der Pfade angenommen.

## Wesentliche Erkenntnisse bzw. Aussagen der Studie

Die „low hanging fruits“ der Treibhausgasemissionsminderung in der Chemieindustrie werden im Referenzpfad gepflückt: So kommt es zu einer weiteren Optimierung des heutigen Anlagenparks (keine *neuen* Produktionsprozesse und -verfahren kommen zum Einsatz), in der Strom- und Wärmeerzeugung an den Standorten wird die derzeit noch verbleibende Nutzung von Kohle und Öl durch Erdgas ersetzt und Effizienzeffekte aus vorhandenen Regularien zur Stärkung der Kreislaufwirtschaft (v. a. Fortschritte beim Recycling) werden erschlossen. Ein besonders großer Minderungsbeitrag ergibt sich zudem aus der angenommenen Dekarbonisierung des deutschen Stromsystems (Stilllegung von Kohlekraftwerken bis zum Jahr 2038 und weiterer Ausbau der erneuerbaren Energien). Im Referenzpfad liegen die Treibhausgasemissionen im Jahr 2050 um 27 % (bzw. knapp 31 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente) niedriger als im Jahr 2020. Die jährlichen Anlageninvestitionen betragen in diesem Pfad 7 Mrd. Euro. Drei Viertel der Emissionsminderungen sind auf die sinkenden indirekten Emissionen aus dem Fremdbezug von Strom und Wärme zurückzuführen.

Weitere Emissionsminderungen können in den beiden Pfaden 2 und 3 insbesondere durch die Nutzung von CO<sub>2</sub> und Biomasse als alternative Rohstoffe in der Grundchemie, durch eine emissionsarme Herstellung von Wasserstoff (aus Wasserelektrolyse, Methanpyrolyse, Biomasse- und Kunststoffabfallvergasung), durch die Herstellung von synthetischem Naphtha aus Biomasse oder CO<sub>2</sub> mit Fischer-Tropsch-Synthese, durch den Einsatz von Power-to-Heat für Prozesswärme sowie durch chemisches Recycling von Kunststoffen realisiert werden. In Pfad 2 wird der Strombedarf auf 225 TWh im Jahr 2050 und die zusätzlichen Investitionen auf 23,5 Mrd. Euro begrenzt, was gegenüber 2020 eine Emissionsminderung von 61 % (68 Millionen Tonnen) ermöglicht. In Pfad 3 mit seiner Emissionsminderung um 98 % (110 Millionen Tonnen) bis 2050 steigt der Stromverbrauch der deutschen Chemie auf 685 TWh jährlich (s. Abb.). Dieser Verbrauch ist höher als die gesamte deutsche Stromproduktion im Jahr 2018. Laut Studie wären für eine solche Entwicklung zwischen 2020 und 2050 zusätzliche Investitionen von 68 Mrd. Euro notwendig. Die Studie betont, dass die Umstellung der Basischemie auf emissionsarme Prozesse angesichts der Kosten für die Unternehmen nur dann denkbar sei, wenn die politischen Rahmenbedingungen so umgestaltet werden, dass sie diese Umstellung unterstützen. Hierzu könne ein nicht näher diskutierter Schutz europäischer Produktionsstandorte gehören, sofern Wettbewerbsregionen nicht vergleichbare klimapolitische Anstrengungen unternehmen wie Europa.



**Abbildung 1:** Strombedarf in Pfad 3 nach Produkten bzw. Prozessen (Balken) und Verlauf der THG-Emissionen zwischen 2020 und 2050 (schwarze Linie). Nicht-betrachtete Basischemie- und Spezialchemieprodukte sind als „restliche Chemie“ zusammengefasst. Quelle: Abbildung 27 der Studie, S. 67.