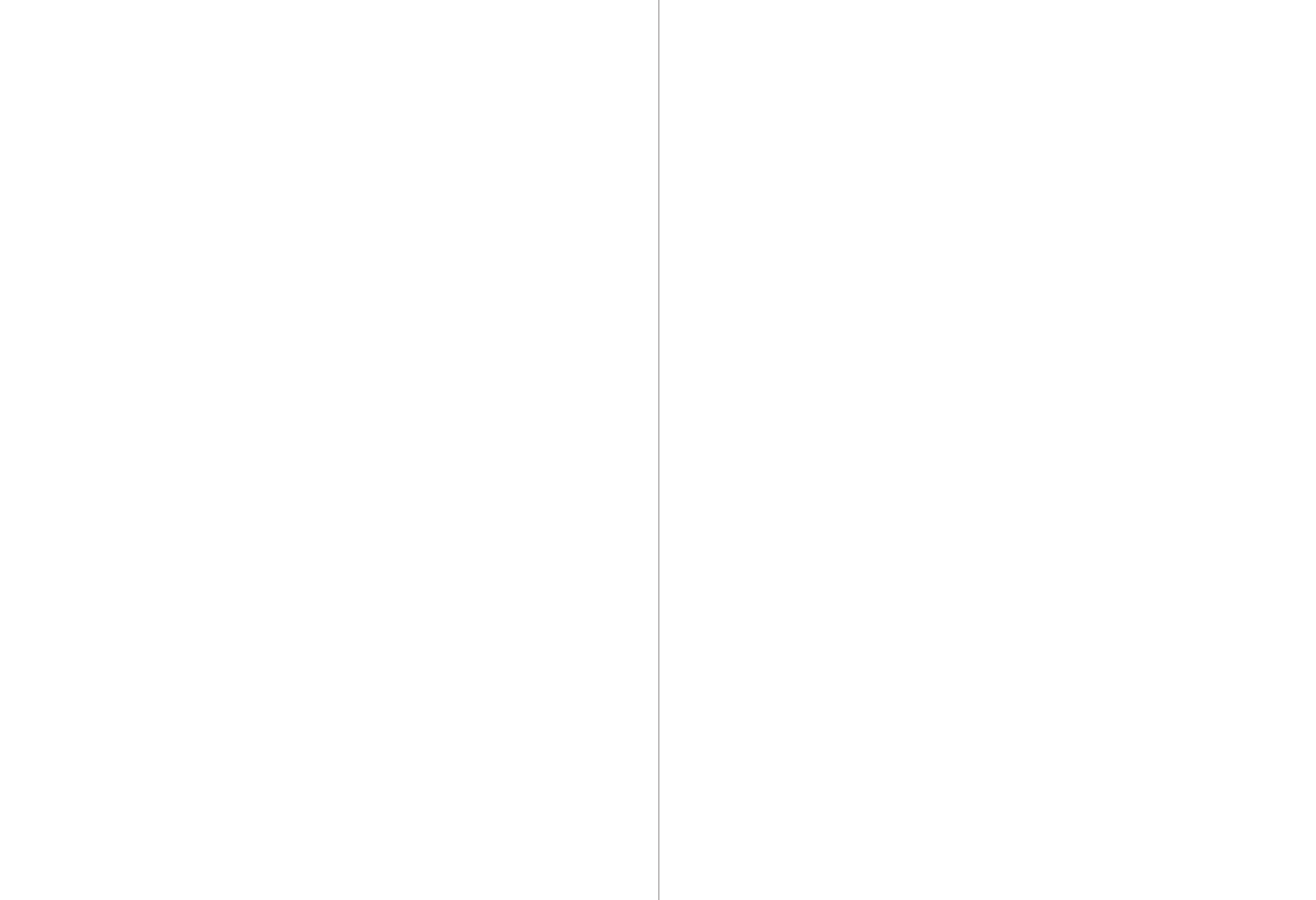


# Stakeholder-Dialog Dekarbonisierung

Dialogbericht

Initiiert vom Verband der  
Chemischen Industrie e. V.  
(VCI)



## **Impressum**

Herausgeber  
DIALOG BASIS  
Breitwasenring 15  
72135 Dettenhausen  
www.dialogbasis.de

Initiator des Stakeholder-Dialogs  
Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI)




Redaktion / Text, Moderation und Dokumentation  
Dr. Antje Grobe und Mikko Rissanen  
DIALOG BASIS

Gestaltung  
papa.tom GmbH, Backnang

Druck  
RAUTENBERG MEDIA KG, Troisdorf

Stand: April 2019

## **Erläuterung zum Verständnis des Farbcodes beim Lesen des Dialogberichts**

-  Grün kolorierte Abschnitte bilden von der Gruppe identifizierte und diskutierte Schlüsselfragen, Herausforderungen und Empfehlungen ab.
-  Gelb markierte Seiten dienen zur Weiterführung von offenen Fragen, die nach Ansicht der Gruppe vertieft diskutiert werden sollen.
-  Rot markierte Abschnitte zeigen Dissensfelder auf.

## **Inhalt**

4	Vorwort
6	Zusammenfassung
9	Stakeholder-Dialog Dekarbonisierung
16	Dekarbonisierung, Defossilisierung oder Treibhausgasneutralität
20	Klimaschutzziele
31	Energie
47	Prozesse
57	Produkte
66	Rahmenbedingungen
76	Ausblick
78	Teilnehmende
80	Glossar
87	Studien

# Vorwort

Das Schlagwort „Dekarbonisierung“ spielt in der gesellschaftlichen und politischen Debatte um den Klimaschutz eine immer größere Rolle. Insbesondere für die energieintensive chemische Industrie hat der Prozess der CO<sub>2</sub>-Reduktion enorme Relevanz: Zum einen wird die Chemie auch in Zukunft große Mengen an Energie benötigen. Gefragt sind daher Lösungen, wie diese Energie treibhausgasneutral erzeugt und bereitgestellt werden kann. Zum anderen braucht die Chemie als einzige Industrie für den Großteil ihrer Produkte Kohlenstoff, aus dem am Ende des Lebenszyklus eines Produktes das Treibhausgas CO<sub>2</sub> entsteht. Schließlich ist die chemische Industrie ein zentraler Innovationsmotor, der mit Produkten und Prozessen Energieeffizienz, Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft aktiv vorantreibt und heute schon zukunftsweisende Lösungen anbietet.

Wie also soll die Dekarbonisierung gestaltet werden? Was erwartet die Gesellschaft von der Chemieindustrie? Und welche Rahmenbedingungen sind erforderlich, um den Klimazielen gerecht zu werden und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit der energieintensiven Industrien zu erhalten? Diese und daran anknüpfende Fragen beschäftigen in Deutschland nicht nur die Chemiebranche.

Viele verschiedene Stakeholder sind in die politischen Diskussionen involviert: Sie alle eint das Bekenntnis zum 2015 von der internationalen Staatengemeinschaft in Paris festgelegten Klimaziel, das auch die Chemieindustrie explizit unterstützt: Der weltweite Temperaturanstieg soll auf deutlich unter 2 Grad Celsius begrenzt werden. Den richtigen Rahmen dafür zu setzen, ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung.

Die chemische Industrie hat deshalb die Veranstaltungsreihe „Stakeholder-Dialog Dekarbonisierung“ mit Expertinnen und Experten aus der Zivilgesellschaft, der Wissenschaft und der Wirtschaft initiiert. Uns ist es wichtig, die Positionen und Lösungsansätze aller Stakeholder näher kennenzulernen und einen Austausch zwischen den verschiedenen Stakeholdern zu ermöglichen. Wir haben gemeinsam zentrale Herausforderungen identifiziert und Lösungsansätze diskutiert. Hierbei ging es

auch um die Frage, wie vor dem Hintergrund einer treibhausgasneutralen Chemie, Standorte und Arbeitsplätze erhalten bleiben können.

Mit dem vorliegenden Bericht ziehen wir nach fünf Workshops ein Zwischenfazit. Der Bericht zeigt auf, wo Konsens besteht, wo unterschiedliche Ansichten aufeinandertreffen und vor allem zu welchen Punkten weiterer Diskussionsbedarf besteht.

Es freut uns, dass alle Stakeholder die Gespräche fortsetzen möchten. Niemand erwartet, dass am Ende zu sämtlichen Themen ein Konsens gefunden wird. Einigkeit besteht aber darüber, dass dieser offene und faire Austausch keineswegs selbstverständlich ist. Vielleicht kann er sogar Vorbildcharakter für andere Branchen haben, denn er hilft allen Beteiligten die unterschiedlichen Standpunkte besser zu verstehen. Unabhängig von den Ergebnissen hat der Dialog als solcher somit schon einen großen Wert.

Wir danken allen Beteiligten für ihr konstruktives Mitwirken und freuen uns auf die weiteren gemeinsamen Gespräche.

*DR. JÖRG ROTHERMEL*

Abteilungsleiter Energie,  
Klimaschutz, Rohstoffe beim Verband  
der Chemischen Industrie e. V. (VCI)

# Zusammenfassung

## **Treibhausgasneutralität als Ziel**

Im VCI-Stakeholder-Dialog zur Dekarbonisierung diskutierten Akteure aus zivilgesellschaftlichen Gruppen, aus der Wissenschaft, aus Verbänden und aus der Industrie die zentralen Herausforderungen des Klimaschutzes für die chemische Industrie in Deutschland. Vier grundlegende Aspekte wurden zur gemeinsamen Basis des Dialogs:

1. Alle Akteure bekennen sich zu den Klimaschutzziele, die 2015 in Paris festgelegt wurden. Danach soll der globale Temperaturanstieg bei „deutlich unter 2 Grad Celsius“ und „möglichst bei 1,5 Grad Celsius“ angehalten werden.
2. Die Gruppe versteht den Begriff der „Dekarbonisierung“ nicht als kohlenstofffreie Chemie, sondern als Prozess mit dem Ziel, letztlich fossilen Kohlenstoff nicht weiter als CO<sub>2</sub> oder Methan in die Atmosphäre freizusetzen. Im Mittelpunkt steht das Ziel der Treibhausgasneutralität.
3. Die Gruppe legt dabei den Schwerpunkt auf die Vermeidung und Reduktion von Treibhausgasen.
4. Auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität sind ausgewogen auch soziale und wirtschaftliche Aspekte der Nachhaltigkeit auf lokaler, regionaler, nationaler und globaler Ebene zu beachten.

## **Den Transformationsprozess aktiv gestalten und umsetzen**

Im Dialog wurde deutlich, dass der für die Umsetzung der Klimaschutzziele notwendige Transformationsprozess mit disruptiven Veränderungen in der Branche verbunden sein wird. Sie sind Teil eines gesellschaftlichen Transformationsprozesses, der Innovations- und Investitionsstrategien branchenübergreifend verändern wird und der auch ein Überdenken von Konsumentenverhalten und staatlichen Steuerungsmöglichkeiten erforderlich machen wird. Es gilt also, die Herausforderungen gemein-

sam zu meistern. Die Frage, wie genau dieser Transformationsprozess in der chemischen Industrie gestaltet werden könnte, war Motivation für einen kritischen, differenzierten und ergebnisorientierten Dialogprozess, in dem trotz der Gegensätze eine Fülle von Kernaussagen, Empfehlungen und Lösungsansätzen konstruktiv diskutiert werden konnte.

## **Transformation im globalen Wettbewerb braucht faire Rahmenbedingungen**

Instrumente, wie zum Beispiel Emissionshandel, CO<sub>2</sub>-Bepreisung, Kompensationen, Quotierung, Public Procurement, Top-Runner-Modelle oder Labels, wurden offen diskutiert und kritisch hinterfragt, aber noch nicht abschließend bewertet. Festgehalten wurde, dass die chemische Industrie im globalen Wettbewerb faire Rahmenbedingungen braucht, um den Transformationsprozess zu stemmen. Hier wäre eine Weiterführung des Dialogs zu den regulativen Rahmenbedingungen, die der chemischen Industrie ein international wettbewerbsfähiges, nachhaltiges Wirtschaften ermöglichen, empfehlenswert.

## **Innovative Vorreiterrolle statt Abwanderung**

Einigkeit bestand unter den Teilnehmenden darüber, dass die chemische Industrie auch weiterhin in Deutschland erhalten bleiben und sich weiterentwickeln soll. Die Gruppe sieht für die deutsche chemische Industrie eine wünschenswerte Vorreiterrolle bei innovativen Technologien.

Abwanderungen sollen vermieden werden. Zum einen ist eine bloße Verlagerung von emissionsintensiven Prozessen ins Ausland aus Klimaschutzsicht nicht sinnvoll, zum anderen sollen Prozessinnovationen weiterhin in Deutschland stattfinden und hier die Attraktivität der Standorte weiter erhöhen. Im Dialog wurden deshalb die folgenden Anregungen, Lösungsansätze und Empfehlungen diskutiert:

- wie Energieverbräuche absolut gesenkt werden können,
- wie Technologien zur Energieerzeugung und Speicherung (z. B. Power-to-X, Synfuel) oder zur erdölunabhängigen Rohstoffbereitstellung (CCU) zur Dekarbonisierung beitragen können – ohne dabei den erheblichen Energiemehrbedarf aus den Augen zu verlieren,
- wie vor diesem Hintergrund die schwierige Frage gelöst werden kann, dass ausreichend Strom aus erneuerbaren Energien zur Verfügung steht,
- wie verschiedene Entwicklungspfade für Prozessinnovationen verfolgt und im Kontext einer Rahmensetzung die notwendige Transformation unterstützt werden können,
- wie Themen, wie die Lebenszyklusbetrachtung, Recyclbarkeit und zirkuläre Wirtschaft für Produkte konsequent angegangen werden können und
- wie geeignete Weichenstellungen in der Forschungs- und Innovationsförderung sowie bei der Markteinführung aussehen müssten.

### **Der Transformationsprozess braucht den Dialog**

Bei der Diskussion über Definitionen, grundlegende Fakten, Energie, Prozesse und Produkte wurden Konsens- und Dissensfelder diskutiert und dokumentiert sowie offene Fragen festgehalten. Alle Akteure waren sich einig, dass der konstruktive Dialog weitergeführt und ausgeweitet werden soll. In diesem Sinne versteht sich das vorliegende Dokument als Zwischenbericht, dessen Inhalte es zu konkretisieren gilt.

# Stakeholder-Dialog Dekarbonisierung

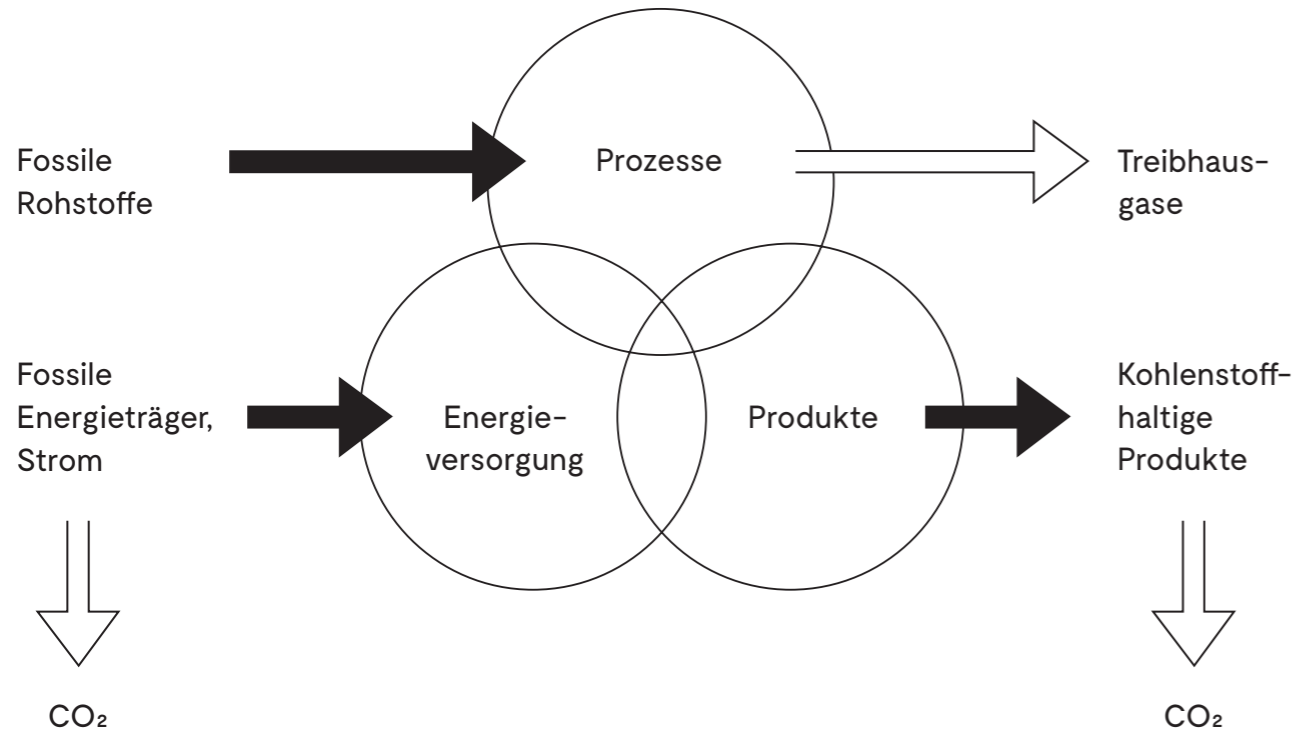
## **Dekarbonisierung als zentrale Herausforderung des Klimaschutzes**

Spätestens seit der Pariser Klimakonferenz 2015 spielt der Begriff der „Dekarbonisierung“ eine zentrale Rolle in der Diskussion um die internationalen Klimaschutzmaßnahmen. Die chemische Industrie ist durch ihren hohen Bedarf an Energie und an kohlenstoffhaltigen Rohstoffen von den Herausforderungen des Klimaschutzes stark betroffen. Gleichzeitig kann sie durch entsprechende Prozess- und Produktinnovationen zum zentralen Lösungsanbieter und Enabler des Klimaschutzes werden. Das gilt sowohl global als auch für den Standort Deutschland.

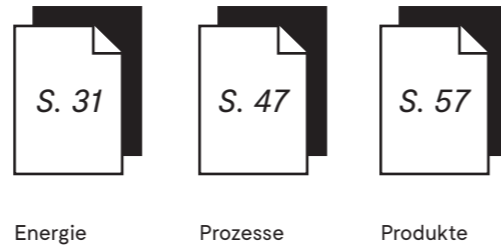
In Deutschland ist die Chemie größter industrieller Stromverbraucher und hat außerdem einen hohen Bedarf an Prozesswärme, den sie bislang überwiegend durch gasbefeuerte Kraft-Wärme-Kopplung abdeckt. Ihre Rohstoffbasis für organische Produkte beruht zu rund 85 % auf Öl und Erdgas. Zugleich ist sie als energieintensiver Hersteller von Vor- und Zwischenprodukten in einer besonderen Situation, energieeffiziente Prozesse anzuwenden und neue zu entwickeln bzw. mit ihren Produkten dazu beizutragen, dass in anderen Bereichen Energie möglichst effizient eingesetzt wird. Darüber hinaus führt der Kohlenstoffgehalt der Produkte am Ende ihres Lebenszyklus ebenfalls häufig zu einer CO<sub>2</sub>-Emission. So ist die deutsche chemische Industrie einerseits ein bedeutender Treibhausgasemittent, andererseits liefert sie mit ihren Produkten und Prozessinnovationen viele Lösungen, die zur Treibhausgasreduktion und zum Klimaschutz beitragen.

Der Prozess hin zur Treibhausgasneutralität ist angesichts dieser Ausgangslage mit Risiken und Chancen verbunden.

**Die besondere Situation der Chemie als Emittent und Innovationsträger**



Auf folgenden Seiten kann zu den Bereichen weitergelesen werden.



**Ein klares Bekenntnis zum Klimaschutz und zur Nachhaltigkeit**

Die deutsche chemische Industrie bekennt sich zum Pariser Klimaabkommen und den dort formulierten Temperaturzielen. Innerhalb von Chemie hoch 3, der Nachhaltigkeitsinitiative der deutschen Chemie (Wirtschaftsverband, IG BCE und Arbeitgeberverband) beschäftigt sich die Nachhaltigkeitsleitlinie 9 explizit mit der Förderung von Ressourceneffizienz und Klimaschutz. Zugleich will die Chemiebranche weiterhin als eine wettbewerbsfähige Industrie in Deutschland bestehen, Arbeitsplätze erhalten und schaffen sowie zu einem nachhaltigen Wohlstand hierzulande beitragen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Branche möglichst frühzeitig den Herausforderungen der Dekarbonisierung, um auch künftig international wettbewerbsfähig in Deutschland produzieren zu können und zusätzliche Geschäftsfelder im Bereich Klimaschutz und neue Rohstoffe zu erschließen.

**Ein gemeinsamer Dialog zu den zentralen Herausforderungen**

Der Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI) initiierte deshalb im Sommer 2017 einen Stakeholder-Dialog mit fünf Dialogrunden mit Akteuren aus der Zivilgesellschaft, der Wissenschaft und der Wirtschaft. Von Seiten der zivilgesellschaftlichen Gruppen waren Germanwatch, der WWF, BUND, NABU, das Katholische Büro in Berlin, die IG BCE und die Verbraucherzentrale NRW beteiligt. Von Seiten der Wissenschaft nahmen Agora Energiewende, die DECHEMA, das DIW Berlin und das Wuppertal Institut am Dialog teil. Die wirtschaftlichen Akteure setzten sich aus Mitgliedsunternehmen des VCI (BASF, Covestro, Dow, Evonik, Infraserv, Lanxess, Mainsite, Vinnolit, Wacker und Worlée-Chemie), dem Team des VCI sowie Vertretern der KfW, der Munich Re, des BDI und des Mineralölwirtschaftsverbands zusammen. Der Dialogprozess wurde von DIALOG BASIS konzipiert, moderiert und dokumentiert.

## **Die Stakeholder definierten gemeinsam ihren Arbeitsauftrag**

Ziel des Dialogs war es, gemeinsam die zentralen Themen und Schlüssel- fragen (Bottom-up-Prozess) rund um das Thema Dekarbonisierung zu identifizieren und ergebnisorientiert zu bearbeiten. Die Gruppe näherte sich zunächst den grundlegenden Definitionen an, was genau unter Dekarbonisierung zu verstehen sei. In einem nächsten Schritt legte die Gruppe dann, im sogenannten Tag-Cloud-Verfahren (Schlagwortwolke), die zentralen Themenfelder „Ziele“, „Energie“, „Prozesse“, „Produkte“ sowie Herausforderungen für die „Rahmenbedingungen“ fest.

Zu jedem der zentralen Themenfelder wurden zuerst Schlüsselfragen und anschließend Empfehlungen oder Kommentierungen erarbeitet. Wichtiger Input für die Dialogveranstaltungen waren jeweils Zusammenstellungen einer Faktenbasis, die alle Teilnehmenden kommentierten und ergänzten. Anschließend wurden die Themenbereiche Energie, Prozesse und Produkte der chemischen Industrie in thematischen Workshops vertieft. Anhand der Ergebnisse wurde diskutiert mit welchen Rahmenbedingungen, Maßnahmen und Anreizsystemen, Transformationsprozesse der Chemie unterstützt werden könnten.

Der folgende Zwischenbericht dokumentiert den Diskussionsprozess der Gruppe und hält die erarbeiteten Empfehlungen oder Handlungsoptionen fest. Die Texte wurden gemeinsam in Kleingruppen und im Plenum erarbeitet und von einer Redaktionsgruppe aus allen Teilnehmergruppen für den Zwischenbericht konsolidiert.

Die folgenden Kapitel zeigen in einem ersten Abschnitt die gemeinsam identifizierten zentralen Herausforderungen und diskutierten Schlüsselfragen. In einem zweiten Abschnitt sind jeweils die Themenfelder gelistet, bei denen von verschiedenen Seiten weiterer Diskussionsbedarf attestiert wurde. Diese Themenfelder könnten Anknüpfungspunkte für weitere Dialoge sein – sei es in der bestehenden Dialoggruppe oder in anderen Gremien. In einem dritten Abschnitt werden die Bereiche kenntlich gemacht, zu denen unterschiedliche Auffassungen bestehen.

Das vorliegende Dialogdokument versteht sich als Zwischenbericht, der den Status Quo einer Debatte abbildet, die es weiterzuführen gilt. Deutlich wurde, dass es möglich ist, zwischen sehr unterschiedlichen Gruppen, gemeinsam getragene Herausforderungen, Schlüsselfragen und notwendige Weichenstellungen für deren Lösung zu identifizieren, die sowohl die Umsetzung der Klimaschutzziele als auch die einer zukunftsfähigen Chemiewirtschaft vorantreiben können.



**Tag-Cloud Dekarbonisierung:  
Gemeinsame Identifizierung und  
Priorisierung von Themen und  
Fragestellungen**



# Dekarbonisierung, Defossilisierung oder Treibhausgasneutralität

In der öffentlichen Diskussion zu den Klimaschutzzielen und den dazu notwendigen Maßnahmen überlappen sich häufig die verwendeten Begriffe: Dekarbonisierung wird oft in ähnlichen Kontexten wie CO<sub>2</sub>- oder Treibhausgasneutralität verwendet. Parallel wurde der Begriff der Defossilisierung vorgeschlagen. Auch die am Dialog teilnehmenden Akteure haben die Begriffe teils synonym, teils mit unterschiedlicher Bedeutung verwendet, sodass hier für die weitere Diskussion untereinander Klärungsbedarf entstand und eine Faktenbasis gängiger Definitionen erarbeitet wurde.

## DEKARBONISIERUNG

Auf der internationalen Ebene ist der Begriff der Dekarbonisierung im Glossar des fünften Sachstandberichtes (Assessment Report) des Weltklimarats (IPCC)<sup>1</sup> definiert. Der Begriff beschreibt einen Prozess der CO<sub>2</sub>-Reduktion, wobei in der Diskussion als Handlungsfelder vorrangig die Energiewirtschaft und der Verkehrsbereich genannt wurden. Der Begriff lässt allerdings eine Spannweite der Interpretationen zu – von einem stufenweisen Prozess im Sinne einer „Low-Carbon-Economy“ bis hin zur vollständigen Entkarbonisierung (im Sinne von Emissionen) der Wirtschaft. Dabei berücksichtigt der Begriff nicht die Bandbreite von verschiedenen Treibhausgasen.

<sup>1</sup> Decarbonisation: “The process by which countries or other entities aim to achieve a low-carbon economy, or by which individuals aim to reduce their consumption of carbon” (IPCC, (2014): Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_Glossary.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_Glossary.pdf)

## DEFOSSILISIERUNG

Wird als Begriff bislang wenig verwendet und wurde auf einer Veranstaltung der Gesellschaft der Deutschen Chemiker im Jahr 2015 von Prof. Dr. Robert Schlögl diskutiert. Er greift die Problematik einer verallgemeinerten, negativen Bedeutungszuordnung von CO<sub>2</sub> auf: „CO<sub>2</sub> ist nicht das böse Molekül“, sondern nur ein Problem, wenn es aus fossilen Quellen stammt. Er schlägt ihn deshalb als Ersatz für den Begriff der „Defossilisierung“ vor. Aus Sicht der Dialoggruppe verengt der Begriff allerdings die Debatte zu stark auf die fossilen Energieträger.

## TREIBHAUSGASNEUTRALITÄT

In anderen Quellen, wie beispielsweise dem Pariser Abkommen von 2015 (Artikel 4), wird das Ziel der Treibhausgasneutralität beschrieben: Das Gleichgewicht zwischen anthropogenen Treibhausgasemissionen und der Fixierung solcher Gase durch Senken – sprich die Treibhausgasneutralität<sup>2</sup>. Der Begriff beschreibt ein Ziel und schließt die Reduktion der anderen Treibhausgase mit ein.

Aus Sicht der Gruppe ist der Begriff der Treibhausgasneutralität der fachlich geeignetste Begriff für die Weiterführung der Diskussion im Anwendungskontext der chemischen Industrie.

<sup>2</sup> Die Bundesregierung (2015): Übereinkommen von Paris. Artikel 4. [https://www.bundesregierung.de/Content/DE/\\_Anlagen/2016/09/2016-09-22-uebereinkommen-von-paris.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2016/09/2016-09-22-uebereinkommen-von-paris.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

→ Dekarbonisierung als Prozess:  
Die Akteure der Dialoggruppe stellen fest, dass der Begriff der Dekarbonisierung nicht so verstanden werden soll, dass Produkte der Chemie keinen Kohlenstoff mehr enthalten dürfen. Die Gruppe stellt außerdem kritisch fest, dass der Begriff der Dekarbonisierung als technologische Vorfestlegung verstanden werden könnte.

→ Treibhausgasneutralität als Begriff bevorzugt:  
Aufgrund der hohen Übereinstimmung mit den Klimaschutzzielen innerhalb der Dialoggruppe und dem Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2050 eignet sich aus Sicht der Gruppe der Begriff der Treibhausgasneutralität am besten für die Beschreibung der Herausforderungen der chemischen Industrie.

→ Schwerpunkt auf Vermeidung und Reduktion:  
Die Gruppe hebt hervor, dass nach technischen Möglichkeiten gesucht werden soll, die Entstehung von Treibhausgasen zu vermeiden oder soweit wie möglich zu reduzieren sowie nach einem regulativen Rahmen, der eine Umsetzung wirtschaftlich möglich macht. Wo dies nicht möglich ist, soll nach anderen Lösungen gesucht werden, wobei über die technische Ausgestaltung noch kein Konsens in der Gruppe besteht (z. B. CCU, CCS, negative Emissionen).

→ Konkretisierung der Klimaschutzziele erforderlich:  
Die Gruppe ist sich einig, dass erarbeitet werden muss, was für die wissenschaftsbasierte Umsetzung der Pariser Ziele für die chemische Industrie erforderlich wäre. Dabei muss diskutiert werden, welche Rolle dabei Mittel wie ein CO<sub>2</sub>-Budget, eine Zeitskala oder Zwischenziele und Systemgrenzen spielen sollen.

→ Kreisläufe schließen:  
Das Schließen des Kohlenstoffkreislaufes als ein Beitrag zur Emissionsreduktion stellt aus Sicht der Gruppe eine der zentralen Herausforderungen für die chemische Industrie dar.

# Klimaschutzziele

Der Dialog startete mit der zentralen Frage der Ziele des Klimaschutzes. Im Rahmen der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen ist das Ziel festgelegt worden, die Treibhausgaskonzentrationen auf einem Niveau zu stabilisieren, bei dem eine gefährliche, vom Menschen verursachte Störung des Klimasystems verhindert wird.

Im Abkommen der UN-Klimakonferenz in Paris 2015 wurde die Zielsetzung konkretisiert. Ziel ist es, den globalen Temperaturanstieg auf „deutlich unter 2“ in Richtung 1,5 Grad zu begrenzen und global Treibhausgasneutralität im Laufe des 21. Jahrhunderts zu erreichen<sup>3</sup>. Im Pariser Abkommen verpflichteten sich die beigetretenen Staaten zudem zu nationalen Zielsetzungen und vereinbarten, alle fünf Jahre ihre nationalen Klimaschutzbeiträge zu übermitteln<sup>4</sup>. Hierbei sollen die Anstrengungen aller Vertragsparteien im Laufe der Zeit gesteigert werden. Auch die G7-Staaten legten auf ihrem Gipfel in Elmau 2015 die Dekarbonisierung der Weltwirtschaft im Laufe des Jahrhunderts als Ziel fest und vereinbarten, die Transformation ihrer Energiesysteme bis 2050 anzustreben.

Für Deutschland werden in der Klimaschutzstrategie der EU konkrete Ziele für die angestrebte Emissionsreduktion bis 2050 formuliert. Bisher möchte die EU bis 2050 ihre Treibhausgasemissionen um 80–95 % gegenüber dem Stand von 1990 senken. Sie hat aber einen Prozess gestartet, um dieses vor Paris festgelegte Ziel mit dem Paris-Ziel kohärent weiterzuentwickeln. Als Zwischenziel wurde eine Reduktion von mindestens 40 % bis 2030 festgesetzt. Allerdings wird in der internationalen Debatte von der EU erwartet, dass sie im Rahmen des Ambitionsmechanismus des Pariser Abkommens bis März 2020 dieses Ziel verschärft. Die Anpassung

<sup>3</sup> Der Weltklimarat (IPCC) stellt dazu in seinem aktuellen Sonderbericht über 1,5° C globale Erwärmung fest, dass bei begrenzter oder ohne Überschreitung von 1,5 °C die globalen anthropogenen Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 um etwa 45 % gegenüber dem Niveau von 2010 abnehmen und um das Jahr 2050 Netto-Null erreichen müssen. Um die globale Erwärmung auf unter 2 °C zu begrenzen müssen die CO<sub>2</sub>-Emissionen laut Projektionen bis 2030 um etwa 20 % abnehmen und Netto-Null um das Jahr 2075 erreichen.

<sup>4</sup> Hierbei sollen die Vertragsparteien, die entwickelte Länder sind, weiterhin die Führung übernehmen, indem sie sich zu absoluten gesamtwirtschaftlichen Emissionsreduktionszielen verpflichten. Zudem sollen sie finanzielle Mittel bereitstellen, um die Vertragsparteien, die Entwicklungsländer sind, sowohl bei der Minderung als auch bei der Anpassung zu unterstützen.

dieser Ziele an die Verpflichtungen aus dem Pariser Klimaabkommen wird derzeit auf nationaler und europäischer Ebene diskutiert.

Seit 2010 verfolgt Deutschland eine Treibhausgasemissionsreduktion von 80–95 % bis zum Jahr 2050. Mit dem Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung von 2016 setzt sich Deutschland das Ziel einer weitgehenden Treibhausgasneutralität bis 2050 mit sektoraler Betrachtung der Reduktionsziele für Energie, Gebäude, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft. Als mittelfristiges Ziel gilt eine Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 55 % bis 2030. In der Gruppe wurde diskutiert, dass die Treibhausgasneutralität der chemischen Industrie mit einer analogen Entwicklung in der Energiewirtschaft Hand in Hand gehen müsste.

Eine Vielfalt von Emissionsreduktionszielen ist auch auf Ebene der Bundesländer festzustellen. Während die meisten Bundesländer ihre Treibhausgasemissionen um 80–95 % bis 2050 reduzieren möchten, bevorzugt Bayern eine andere Basisgröße und strebt an die Treibhausgasemissionen im Freistaat auf weniger als 2 Tonnen pro Kopf und Jahr zu senken.

Im Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung vom März 2018 verpflichteten sich die Koalitionspartner zum Klimaschutz und sehen eine Vorreiterrolle für Deutschland. Insbesondere soll die Einhaltung der 2030-Ziele mit einem Gesetz gewährleistet werden. Weiterhin wurde vereinbart eine Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ für die Erarbeitung eines Aktionsprogramms, u. a. zur schrittweisen Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung, einzusetzen<sup>5</sup>. Zugleich soll umfassender Schutz vor „Carbon Leakage“ (Abwanderung der Unternehmen aufgrund hoher Energiepreise) geboten und ein CO<sub>2</sub>-Bepreisungssystem angestrebt werden, das nach Möglichkeit global ausgerichtet ist, in jedem Fall aber die G20-Staaten umfasst – alles Entwicklungen, die je nach ihrer konkreten Ausgestaltung deutliche Auswirkungen auf die chemische Industrie in Deutschland hätten.

Im Pariser Klimaabkommen hat sich die EU verpflichtet zu prüfen, vor Ende 2020 ihr Klimaziel für 2030 zu schärfen, um es mit den Temperaturzielen des Pariser Abkommens kohärent zu machen.

<sup>5</sup> Die Kommission nahm ihre Arbeit mit der konstituierenden Sitzung am 26. Juni. 2018 auf und veröffentlichte ihre Abschlussbericht im Januar 2019.

**Treibhausgasbezogene Zielvorgaben auf verschiedenen Ebenen und in verschiedenen Bereichen**

**UN** Treibhausgasneutralität im Laufe des Jahrhunderts, Temperaturanstieg auf unter 2° C - 1,5 °C zu begrenzen, Scheitelpunkt globaler Treibhausgasemissionen sobald wie möglich

**G20**  
?

**G7**  
Dekarbonisierung Weltwirtschaft im Laufe des Jahrhunderts

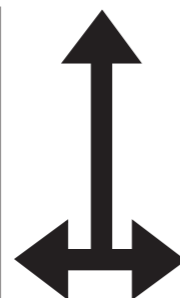
**USA**  
Deep decarbonization by 2050  
**Canada**  
80 % bis 2050 vs. 2005  
**Mexiko**  
50 % bis 2050 vs. 2000

**EU**  
80 - 95 % bis 2050,  
Mind. 40 % bis 2030

**Deutschland**  
80 - 95 % bis 2050  
(nahezu vollständige Dekarbonisierung der Energiewirtschaft,  
Mind. 55 % bis 2030

**Frankreich**  
75 % bis 2050

**Ziele in den Bundesländern**  
Baden Württemberg: 90 %  
Bayern: p.K. < 2t  
Berlin: 85 %  
Hamburg: mind. 80 %  
Hessen: Klimaneutralität bis 2050  
Niedersachsen: 80 - 95 %  
Nordrhein Westfalen: mind. 80 %  
Rheinland Pfalz: 90 - 100 %  
Saarland: 80 %  
Schleswig Holstein: 80 - 95 %



**Sektorreduktionsziele im Klimaschutzplan 2050 bis 2030 ggü. 1990**  
Energie: 62 - 61 %  
Gebäude: 67 - 66 %  
Verkehr: 42 - 40 %  
Industrie: 51 - 49 %  
Landwirtschaft: 34 - 31 %

Die vom VCI zur Verfügung gestellte Grafik zeigt einen Ausschnitt der für die Gruppendiskussion relevanten Klimaziele auf internationaler, nationaler und Bundesländerebene.

**Gemeinsamer Ausgangspunkt der Gruppe**

1. Bekenntnis der chemischen Industrie zu den Klimaschutzzielen

Die deutsche chemische Industrie bekennt sich ausdrücklich

- zum Pariser Klimaabkommen und den dort formulierten Zielen,
- zur weiteren Treibhausgasreduktion sowie
- zu den europäischen und deutschen Klimaschutzzielen 2050.

2. Alle Akteure der Dialoggruppe bekennen sich zur Zielsetzung des Klimaschutzabkommens.
3. Grundlegender Konsens als Basis des Dialogs

Dieser Konsens ist eine der zentralen Grundlagen für den Dialogprozess und wurde von allen Akteuren als wertvolle Basis begrüßt.

Der folgende Abschnitt listet die in der Auftaktveranstaltung von der Gruppe gemeinsam identifizierten Schlüsselfragen, die diskutierten Kernaussagen, Handlungsoptionen oder Empfehlungen (grün) auf. Offene Fragen (orange), die nach Ansicht der Gruppe vertieft diskutiert werden sollen, schließen sich an.

***Wie können die Zielsetzungen des Pariser Abkommens für die chemische Industrie übersetzt werden? Wie passen diese mit den anderen Zielsetzungen zusammen?***

***Welche Szenarien werden den Zielsetzungen zugrunde gelegt?***



Es muss präzisiert werden, was das Klimaschutzziel mit einer Emissionsreduktion von 80–95% für die chemische Industrie bedeutet. Auch die Frage der Klimabudgets sowie die Auswirkungen des sogenannten „Effort-Sharing“ innerhalb der EU müssen intensiv betrachtet werden.

Der Weg zur möglichst weitgehenden Treibhausgasneutralität der Chemie muss dynamisch (etwa durch Meilensteine) beschrieben werden: Ein frühzeitiger und vorausschauender Reduktionsprozess ohne Verlagerung der Emissionen durch Produktionsverlagerung ist festzulegen.

Die bisherigen Festlegungen im europäischen Emissionshandel bedeuten für die entsprechenden Sektoren bereits eine Nullemission bis 2057. Als Unterstützung für den notwendigen technologischen Transformationsprozess sollte eine verstärkte Forschung und Entwicklung sichergestellt werden.

Das Ineinandergreifen der verschiedenen Zielsetzungen sowie mögliche Zielkonflikte sollen wissenschaftlich untersucht werden – unter Berücksichtigung der Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und des Erhalts bzw. der Neuschaffung von Arbeitsplätzen.

Zudem soll eine gesellschaftliche Diskussion über die hohen zu erwartenden Kosten einer notwendigen Klimaanpassung geführt werden, wenn die Klimaschutzziele nicht erreicht werden und die Erderwärmung weiter fortschreitet.



Europäische und nationale Szenarien (Impact Assessments des Klimaschutzplans) sowie Szenarien aus verschiedenen wissenschaftlichen Studien sollen einbezogen werden.

Verschiedene Entwicklungspfade sollen betrachtet und ihre Folgen abgeschätzt werden.

## **Welche Auswirkungen haben die Zielsetzungen für die deutsche chemische Industrie?**

## **Wo liegen die größten Hebel im globalen Kontext? Wie kann Deutschland Vorbild sein?**

## **Wie kann die Umsetzung der Ziele gemessen werden?**



Für die chemische Industrie sind disruptive Veränderungen zu erwarten.

Disruptive Veränderungen und zirkuläre Wirtschaft sollen in Innovationsprozessen und bei notwendigen politischen Rahmensetzungen berücksichtigt werden.

Die Verbrennung von synthetischen Kraftstoffen (Power-to-X, Power-to-Gas) soll nicht ausgeschlossen werden. Weitere Diskussionen darüber, für welche Sektoren (Flug-, Lkw- oder Pkw-Verkehr, Wärme, ...) dies tatsächlich sinnvoll ist, müssen geführt werden.

Energie und CO<sub>2</sub>-Preise beeinflussen die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen chemischen Industrie.



Ein weltweiter, auf G20-/G7-Ebene eingeführter CO<sub>2</sub>-Preis wird als bedeutender Hebel betrachtet, erfordert aber weitergehende Diskussionen (siehe unten).

Deutschland sollte eine Vorbildfunktion in der Umsetzung globaler und europäischer Klimaschutzziele übernehmen.

Transformationsprozesse sollen kontinuierlich vorangetrieben werden, ohne dabei den Wohlstand und die soziale Nachhaltigkeit zu gefährden.



Die Messbarkeit der Ziele soll in Zusammenhang mit den Szenarien betrachtet werden.

Neben der Quantifizierung sollen auch Technologie- und Zwischenziele betrachtet werden.

Gesellschaftliche Transformationsprozesse und Folgekosten von Transformation sowie unterlassener Transformation sollen abgebildet werden: „Was sind wir bereit zu zahlen?“

## **Festlegung von sektorspezifischen Reduktionszielen**

## **CO<sub>2</sub>-Bepreisung als zentraler Hebel**



Die Zwischenziele und die Sektorziele 2030 für Deutschland (55 %) müssen noch in der Gruppe betrachtet werden.

Ein Teil der Akteure will Sektorziele für 2030 weiter diskutieren und dabei Abhängigkeiten zwischen den Sektoren berücksichtigen. Ein anderer Teil will die Sektorziele nun verankern, wie im Klimaschutzplan festgelegt, aber den Spielraum lassen, um in einem Sektor Ziele zu verringern, wenn in damit verknüpften Sektoren („Sektorkopplung“) dementsprechend Verschärfungen gegenüberstehen. Sie sehen diese Flexibilität – auf die eine oder andere Weise erreicht – als kritischen Erfolgsfaktor für die Umsetzung von konkreten Maßnahmen im Sinne der Treibhausgasneutralität. Ein vertiefter Dialog mit konkreten Festlegungen wird als sinnvoll erachtet.

Der Transformationsprozess kann in verschiedener Form stattfinden: In geschlossenen Kohlenstoffkreisläufen und im Sinne einer „verbrennungsfreien“ Gesellschaft.

Der Schutz der Menschenrechte (etwa Recht auf Nahrung und Wasser) und der Schutz der Artenvielfalt müssen beim Transformationsprozess berücksichtigt werden.



Die Möglichkeiten und Auswirkungen eines weltweiten, auf der G20-/G7-Ebene oder in einer kritischen Masse von EU-Staaten eingeführten CO<sub>2</sub>-Preises müssen vertieft diskutiert werden – darin ist sich die Gruppe einig.

Aus Sicht der Industrie würde die Einführung eines CO<sub>2</sub>-Preises ohne eine Klärung auf internationaler Ebene bzw. ohne international abgestimmte Ausgleichsmechanismen eine Verzerrung der Wettbewerbssituation bedeuten. Diese Problematik müsste in der Dialoggruppe bei einer Vertiefung weiter diskutiert werden.



## Schlussfolgerungen und Ergebnisse



Transformation im globalen Wettbewerb braucht faire Rahmenbedingungen: Für die globalisierte deutsche chemische Industrie stellen nationale Zielvorgaben eine große Herausforderung dar. Da verschiedene Standorte eines Konzerns auch miteinander konkurrieren, beeinflussen nationale Zielvorgaben die Entscheidung, ob Produktion ins Ausland verlagert wird. Notwendige Kompensationen, um Wettbewerbsnachteile aufgrund ambitionierter Klimapolitik zu vermeiden, sollten zunehmend so gestaltet werden, dass sie nicht den Status Quo, sondern die notwendige Transformation unterstützen.



Innovative Vorreiterrolle statt Abwanderung: Der Verbleib der chemischen Industrie in Deutschland wurde ebenso wie die notwendige Transformation von keinem der Partner im Dialog infrage gestellt. Die Stakeholder plädierten dafür, Vertrauen in die Innovationsfähigkeit der Branche zu haben. Die chemische Industrie soll weiterhin in Deutschland produzieren können. Dabei soll sie ihre eigenen Einflussmöglichkeiten auf Konsummuster/Kundenbedürfnisse und für die Transformation notwendige politische Rahmensetzung nicht unterschätzen, sondern eine Vorreiterrolle einnehmen und den Pfad zu einer möglichst treibhausgasneutralen Gesellschaft aktiv mitgestalten.

# Ener gie

## Herausforderungen und Möglichkeiten für die chemische Industrie

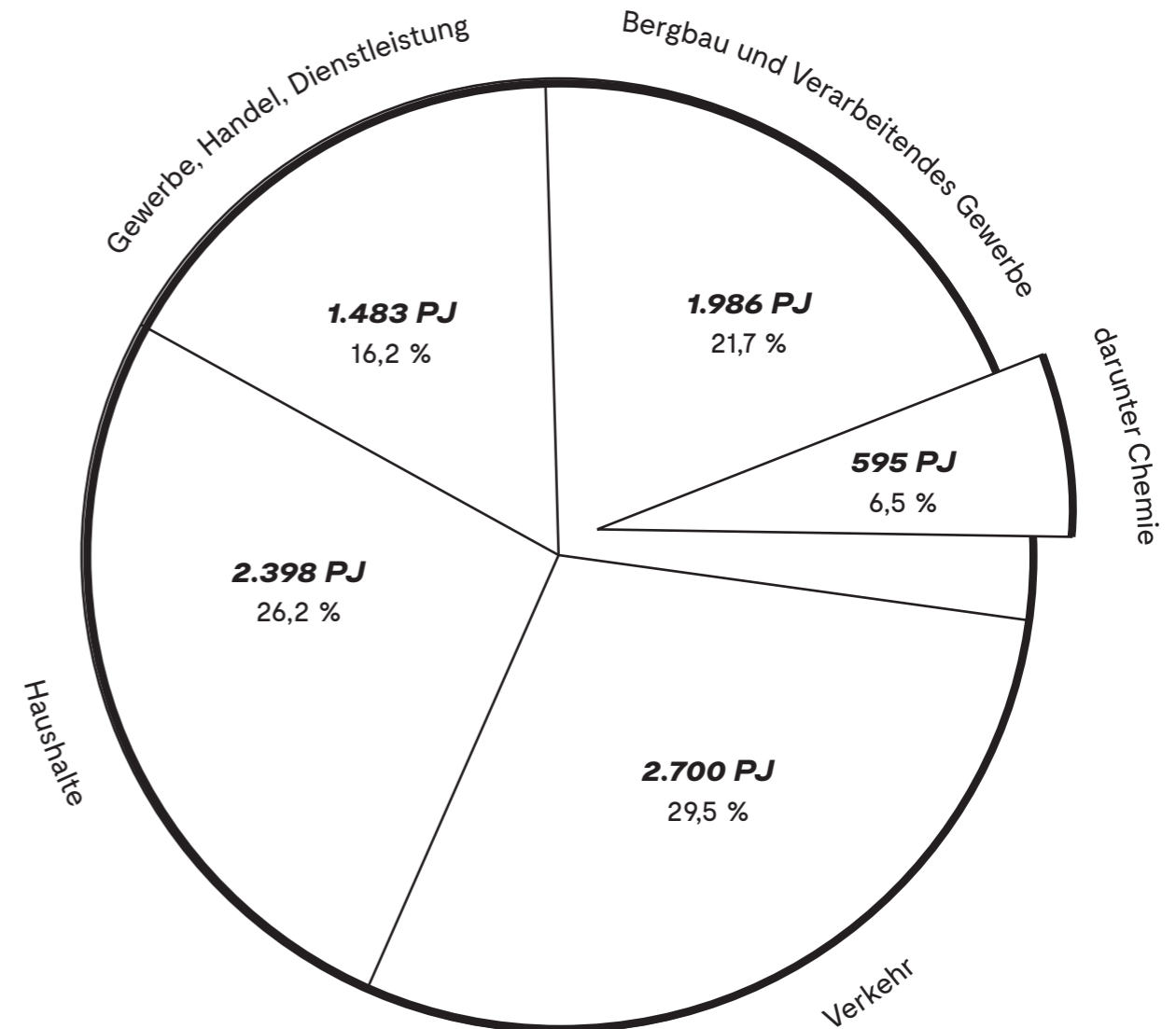
Vom gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland decken Haushalte, Verkehr und Industrie einen nahezu gleichgroßen Anteil von 26–30% ab. Darunter beträgt der Endenergieverbrauch der Chemiebranche 595 Petajoule (PJ), ca. 6,5 % des gesamten Endenergieverbrauchs. Betrachtet man den Anteil verschiedener Sektoren am Stromverbrauch, ist die Industrie der größte Verbraucher von Strom in Deutschland. Davon hat die chemische Industrie mit Abstand den größten Strombedarf. Der Strombedarf der Chemie beträgt mit 51 TWh ca. 10% des gesamten deutschen Stromverbrauchs. Er wird zu ca. 20% durch eigene Produktion in hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen und zu ca. 80 % durch Strombezug aus dem Netz gedeckt.

Für die Chemie sind Erdgas und Strom heute die wichtigsten Energieträger: Zusammen decken sie ca. zwei Drittel des gesamten Energieverbrauchs des Chemie/Pharma-Sektors<sup>6</sup>. Neben energetischem Einsatz setzt die chemische Industrie Energieträger auch stofflich ein. Während Erdgas von der Chemie zu ca. 75 % energetisch eingesetzt wird, werden Mineralölprodukte (vorwiegend Rohbenzin aus Raffinerien) überwiegend (zu über 90 %) stofflich verwendet. Erdgas wird sowohl für die Prozesse der Chemie als auch in Prozessen für Wärme-/Energieerzeugung verwendet. Hier ist die Trennung zwischen stofflichen (Prozess-) und energetischen Emissionen oft nicht einfach.

<sup>6</sup> Erdgas 39,6%; Strom 26,6%; sonstige Energieträger 20,5%; Mineralölprodukte 7,3%; Steinkohle 4,6%; Braunkohle 1,4%.

## Endenergienutzung nach Verbrauchern in Deutschland

in Prozent des Endenergieverbrauchs, 2016



Gesamter Endenergieverbrauch  
**9.153 PJ**

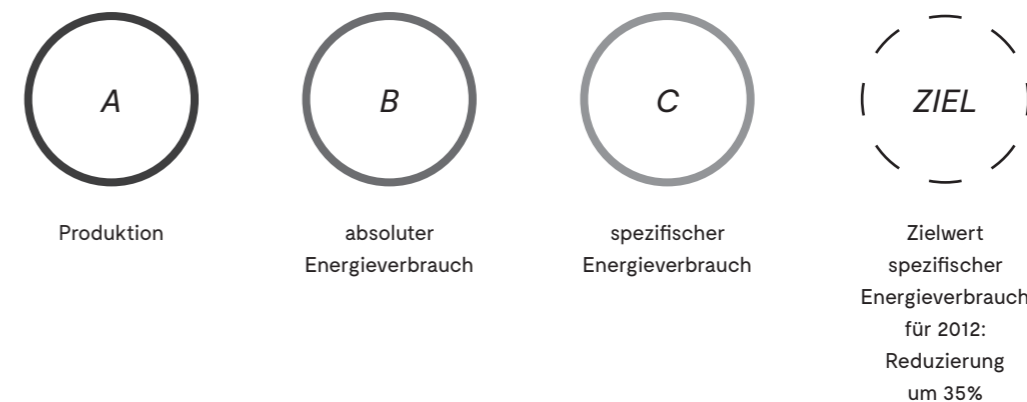
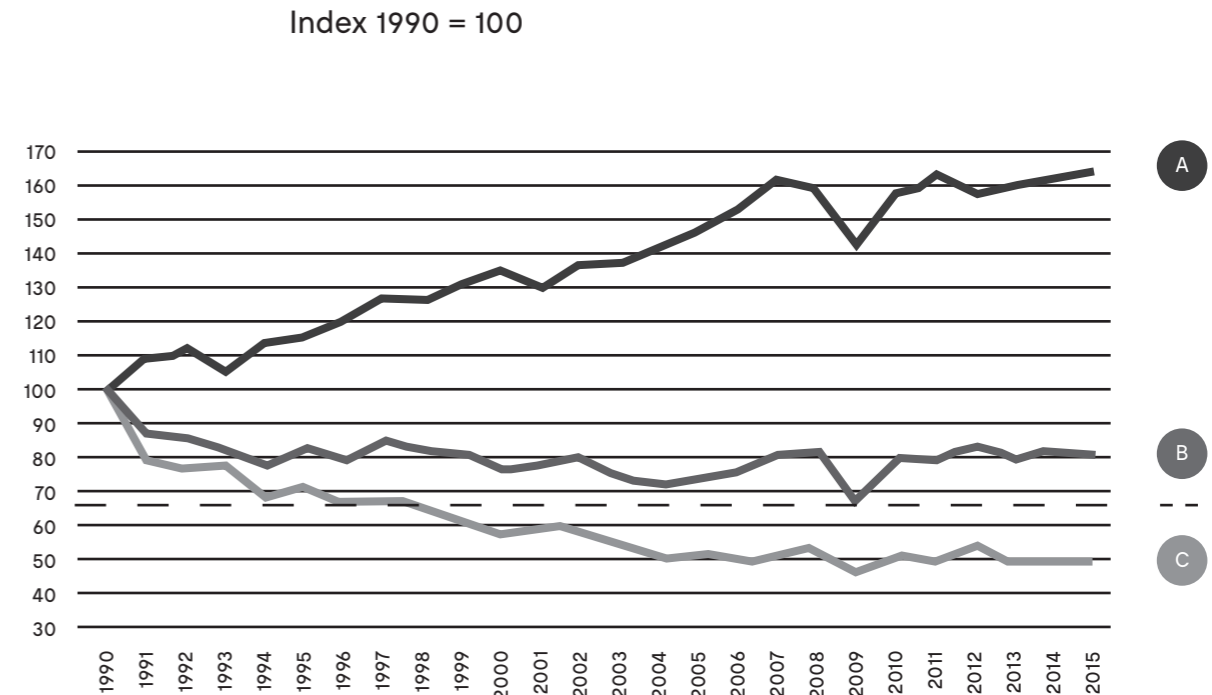
Seit 1990 konnte die Chemie – trotz erheblicher Produktionssteigerung – ihren absoluten und spezifischen Energieverbrauch verringern. Damit ist laut der Industrie allerdings bereits ein „Sockel“ erreicht und die Energieverluste sind so minimiert worden, dass weitere große Effizienzsprünge eher schwieriger erreichbar sind. Der Energiebedarf moderner hocheffizienter Produktionsanlagen könnte deshalb zurzeit nur dann weiter verringert werden, wenn man die Produktion signifikant reduziert. Bezogen auf die Bruttowertschöpfung beträgt der Anteil der Energiekosten 21,3 %. Damit gehört die Chemie zu den energieintensiven Industrien.

Angesichts der besonderen Situation der Chemie können für die Branche, nach der Nutzung aller Stromeinsparmöglichkeiten, langfristig zwei beispielhafte Optionen zur Treibhausgasminderung beim Energieeinsatz identifiziert werden. Beide bergen jedoch ihre Schwierigkeiten und hängen von den gesamtgesellschaftlichen Entwicklungen, insbesondere von der Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom, ab:

- Die Branche stellt ihre Energieversorgung vollständig auf erneuerbare Energien um.
- Die Branche verzichtet auf Eigenerzeugung und bezieht ihren Strom vollständig aus dem Netz mit erneuerbarem Strom, wenn dieser CO<sub>2</sub>-ärmer ist als der Strom aus der Eigenerzeugung, wobei dann noch die Frage der Deckung des sehr viel größeren Wärmebedarfs geklärt werden müsste. Beim in Deutschland vorgesehenen Erneuerbaren-Strom-Ausbau ist Strom aus effizienten KWK-Kraftwerken bis ca. 2035/2040 CO<sub>2</sub>-ärmer als Strom aus dem deutschen Stromnetz.

Der folgende Abschnitt bildet erneut die im Themenfeld Energie von der Gruppe identifizierten und diskutierten Schlüsselfragen, Herausforderungen und Empfehlungen ab (grün), gibt Hinweise zur Weiterführung von offenen Fragen (orange) und zeigt Dissensfelder (rot).

### Entwicklung des absoluten und spezifischen Energieverbrauchs der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie



Quelle: VCI-Berechnungen auf der Grundlage von Daten des Statistischen Bundesamtes

**Mit welchen Treibern  
und Instrumenten kann der  
Transformationsprozess  
vorangetrieben werden?**

**Mit welchen Technologien  
kann eine günstige und  
ausreichende Bereitstellung  
des erneuerbaren Stroms  
gesichert werden? Welche  
Rahmenbedingungen  
sind nötig?**



Die energieintensive chemische Industrie braucht Planungs- und Investitionssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Kontext

Es ist zu bedenken, dass der Markt als alleiniges Steuerungsinstrument den Transformationsprozess nicht ausreichend schnell umsetzen kann, insbesondere weil global vergleichbare Anstrengungen fehlen.

Hinsichtlich der notwendigen, ergänzenden, regulativen Instrumente sieht die Gruppe einen großen Diskussionsbedarf.



Ein treibhausgasneutraler Chemiesektor benötigt eine Energieversorgung, die überwiegend auf versorgungssicheren erneuerbaren Energien basiert. Dazu braucht es den Ausbau von erneuerbaren Energien, Speichern und Netzen und eine in deutlichen Schritten kleiner werdende Rolle für fossile Energieträger – ohne dabei die Wirtschaftlichkeit aus den Augen zu verlieren. Die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung spielt zumindest für eine Übergangszeit eine wichtige Rolle in der chemischen Industrie.

Technologische Möglichkeiten zur lokalen Sicherung der erneuerbaren Energieversorgung für die Industrie sind zu prüfen.

Zudem sollen Möglichkeiten und Grenzen zur Bereitstellung von Hochtemperatur-Prozesswärme durch erneuerbare Energien geprüft werden.

Die staatlichen Rahmenbedingungen zur Innovationsförderung und Markteinführung von neuen Technologien oder Verfahren müssen verbessert werden.

Ein europäisch festgelegter Industriestrompreis ist zu prüfen.

***Woher kommen erneuerbare Kraftstoffe? National oder Import? Welche Abhängigkeiten und ethische Verantwortung entstehen?***

***Welche Rolle spielt die Energieeffizienz?***



Energie könnte künftig als erneuerbares Gas oder Öl (aus erneuerbaren Energien oder Biomasse hergestellter gasförmiger oder flüssiger Treibstoff) evtl. wesentlich aus Ländern kommen, die bereits heute fossile Rohstoffe exportieren. Es besteht dadurch die Möglichkeit, Energieimporte stärker regional zu diversifizieren und von fossilen Exporten abhängige Staaten bei der Entwicklung alternativer Wege zur Ressourcenökonomie und damit positiver Entwicklungspfade zu unterstützen.



Die Gruppe diskutiert, dass häufig ein Zielkonflikt zwischen der Steigerung der Energieeffizienz der Anlagen und der Flexibilisierung der Verbräuche besteht.

Darüber hinaus besteht häufig ein Zielkonflikt zwischen der Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs und dem Einsatz CO<sub>2</sub>-armer Produktionsverfahren (z. B. Power-to-X), die einen hohen Energiebedarf haben.

## **Potenziale der Energieeffizienz**

## **Verlässliche Versor- gung mit erneuerbaren Energien**



Es ist zu diskutieren, inwiefern Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz bestehen. Aus Sicht vieler Teilnehmender sind diese zwar noch nicht vollständig ausgeschöpft, jedoch auch begrenzt, insbesondere in der Industrie. Die Gruppe stellt fest, dass dort im Wesentlichen ökonomische Treiber vorherrschen, deshalb sollten hier ökonomische Anreize geprüft werden.



Zentrale Herausforderung ist es nach Ansicht der Gruppe, eine verlässliche und sichere Vollversorgung mit erneuerbaren Energien zu Marktpreisen zu erreichen. Hierbei gilt es zu prüfen, in welcher Größenordnung erneuerbare Energien zur Verfügung gestellt werden müssten, lokal oder auch über den Strombezug. Dies könnte Gegenstand einer vertieften Betrachtung im Dialog sein.

Eine Umstellung auf bestimmte CO<sub>2</sub>-neutrale Prozesse (wie Power-to-X, Biogas) hätte im Vergleich zu heute einen deutlich erhöhten Strom- oder Biomassebedarf zur Folge. Die entstehende Lücke müsste zu wettbewerbsfähigen Preisen gedeckt werden.

Zur Frage des Bedarfs an erneuerbaren Energien und ihrer Verfügbarkeit (national und über Importe) sollen entsprechende Daten zugrunde gelegt und die Diskussion zu dieser wichtigen Voraussetzung einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie weitergeführt werden.

Bei der Transformation der Energieversorgung sind betriebs- und volkswirtschaftliche Kosten, soziale, regionale und entwicklungspolitische Auswirkungen sowie die gesellschaftliche Akzeptanz des Transformationsprozesses zu berücksichtigen.

## **Emissionshandel**



Das Thema des Emissionshandels bedarf dringend einer weiter vertieften Diskussion. Folgende Fragen standen im Fokus:

- Funktioniert der Emissionshandel, d. h. führt das Instrument zu einer tatsächlichen Emissionsreduktion?
- Werden die notwendigen Investitionen durch die heutige Gestaltung des Emissionshandels angeregt?
- Wie hängen Emissionshandel und Kohleausstieg zusammen?
- Wäre eine Steigerung des linearen Reduktionsfaktors notwendig, um Kohärenz zu den Zielen des Paris-Abkommens herzustellen – und wenn ja, inwiefern?

Im Themenfeld Emissionshandel wurde in weiten Teilen kontrovers diskutiert. Es wird angeregt, eine differenzierte Debatte weiterzuführen und das Thema zu den noch offenen, zu prüfenden Fragen zuzuordnen.

## **CO<sub>2</sub>-Bepreisung**



Wie auch schon in der Debatte um die grundlegende Zielsetzung wurde die Frage der CO<sub>2</sub>-Bepreisung auch in Zusammenhang mit dem Themenfeld Energie aufgenommen. Die folgenden Fragen sollten im Dialog weiter vertieft werden:

- Wie kann ein investitionsrelevantes, langfristig verlässliches und 1,5- bzw. deutlich unter 2-Grad-kompatibles CO<sub>2</sub>-Preissignal erreicht werden?
- Wie könnte ein möglicher CO<sub>2</sub>-Preiskorridor aussehen? Die internationale Debatte hierzu wird von den Akteuren der Dialoggruppe mit Interesse beobachtet.
- Wie kann die Frage der Wettbewerbsfähigkeit so adressiert werden, dass dies nicht den Status Quo zementiert, sondern Transformation auch im Sinne eines Innovationsvorreiters befördert?

Eine Weiterführung des Austausches auch im Rahmen dieser Gruppe wird von allen Akteuren begrüßt.

## Kohleausstieg



Zu diesem Punkt blieben die Positionen bestehen und es fand keine Annäherung statt. Die Gruppe beschloss dieses politische Thema, das in einer eigenen Kommission der Bundesregierung debattiert wurde, nicht weiter zu verfolgen und den Dissens in der Gruppe darüber festzuhalten.

Die Umweltorganisationen halten an dem Ziel eines zügigen Kohleausstiegs in Deutschland fest. Um die Lücke zur Erreichung der Klimaschutzziele für 2020 zu schließen, müssen Kohlekraftwerke im großen Umfang abgeschaltet werden. Dies sei zwingend nicht nur wegen einer Dekarbonisierung und einer wissenschaftsbasierten Umsetzung der Klimaziele von Paris notwendig, sondern auch aufgrund weiterer Schadstoffemissionen (u. a. Quecksilber) und der Zerstörung von Lebensräumen im Sinne des Arten- und Naturschutzes sowie den negativen Auswirkungen auf das Landschaftsbild und die Zerstörung von Ortschaften und Vertreibung von Menschen, die aus der Kohleverstromung resultieren.

Die Vertreterin der beteiligten Gewerkschaft warnte vor voreiligen Entscheidungen bzgl. eines überstürzten Ausstiegs aus der Kohleverstromung. Ein solcher Ausstieg hätte für die betroffenen Regionen und Beschäftigten gravierende Auswirkungen, die kompensiert werden müssten.

Mehrere Vertreterinnen und Vertreter der Chemieunternehmen plädierten für Technologieoffenheit: Entscheidend sei, dass Treibhausgasemissionen nicht in die Atmosphäre gelangen. Wenn diese Herausforderung künftig z. B. mit Carbon Capture and Utilization (CCU) in den Kraftwerken gelöst werden könnte, wäre Kohleverstromung noch vertretbar, so einige Stimmen.

Umweltverbände wandten ein, dass das CO<sub>2</sub> in den meisten Fällen auch nach der Nutzung (CCU) wieder in der Atmosphäre lande und in diesem Fall kein wirklicher Nutzen für das Klima entstehe. Außerdem solle zunächst einmal der Nachweis geführt werden, dass die Prozess-emissionen für CCU genutzt werden können, bevor man beginne über die Kohle nachzudenken. Hier werde in wenigen Monaten ein Datum für den Ausstieg festgelegt.

Auch über Möglichkeiten von Carbon Capture and Storage (CCS) für nicht anders vermeidbare industrielle Emissionen sollte nach Ansicht der Industrie diskutiert werden.

Für den BUND ist CCS keine Option, die betrachtet werden sollte.



# Pro zes se

## Herausforderungen und Möglichkeiten für die chemische Industrie

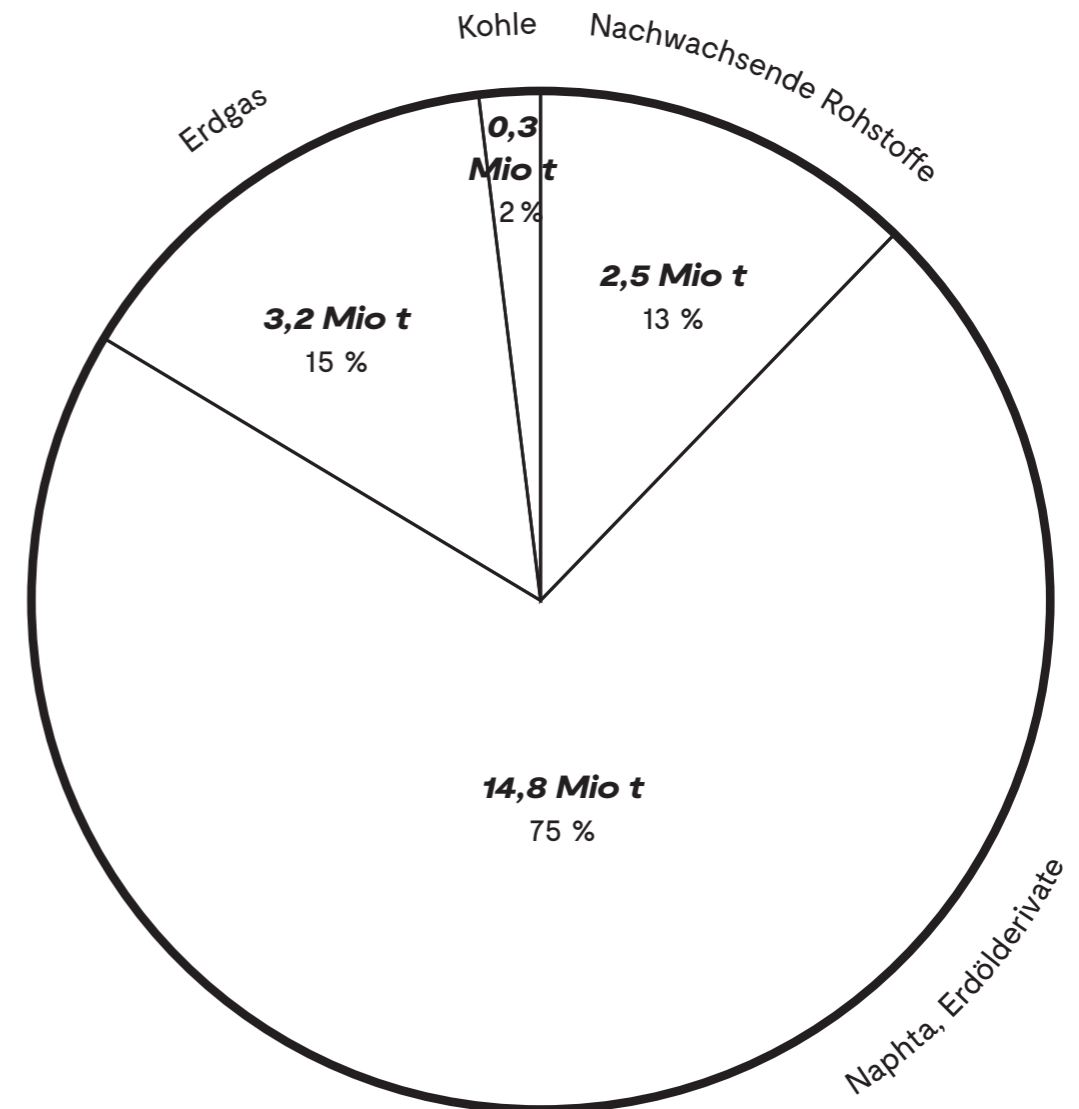
Im Rahmen des Themenfeldes Prozesse diskutierten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Rohstoffbasis der Chemie in Deutschland sowie die absoluten und spezifischen Treibhausgasemissionen der Branche.

Die organische Chemie beruht auf kohlenstoffhaltigen Rohstoffen, die heute noch vorwiegend eine fossile Basis haben. Vom gesamten stofflichen Einsatz der Chemie – ca. 20 Millionen Tonnen – betragen Naphtha und Erdölderivate bis zu 75 %. Während Erdgas und nachwachsende Rohstoffe jeweils auf 13-15 % kommen, spielt Kohle als Rohstoff eine geringere Rolle (2 %). Zu den wichtigsten nachwachsenden Rohstoffen, die in der Chemie eingesetzt werden, gehören pflanzliche Öle, Naturkautschuk, Glycerin, Chemiezellstoff, tierische Fette und Stärke.

Treibhausgasemissionen entstehen in der chemischen Industrie grundsätzlich auf dreierlei Weise: Als indirekte Emissionen aus dem Strombezug, während der Produktionsprozesse sowie durch ihre Produkte, die am Ende ihres Lebenszyklus den enthaltenen Kohlenstoff häufig als CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre emittieren. Während die letzteren bislang nicht direkt statistisch erfasst werden, werden die produktionsbedingten Emissionen der Chemie seit Jahren statistisch verfolgt. Wie ihren Energieverbrauch konnte die Chemie trotz Produktionssteigerungen auch ihre absoluten und spezifischen Treibhausgasemissionen seit 1990 deutlich verringern: Zwischen 1990 und 2015 sanken die absoluten Treibhausgasemissionen der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie um 49%. Dabei spielte die Modernisierung von ineffizienten ostdeutschen Produktionsanlagen (insbesondere Ersatz von Braunkohle durch Erdgas in der Energieerzeugung) und die Reduktion von Lachgasemissionen (N<sub>2</sub>O) eine große Rolle.

## Rohstoffbasis der organischen Chemie in Deutschland

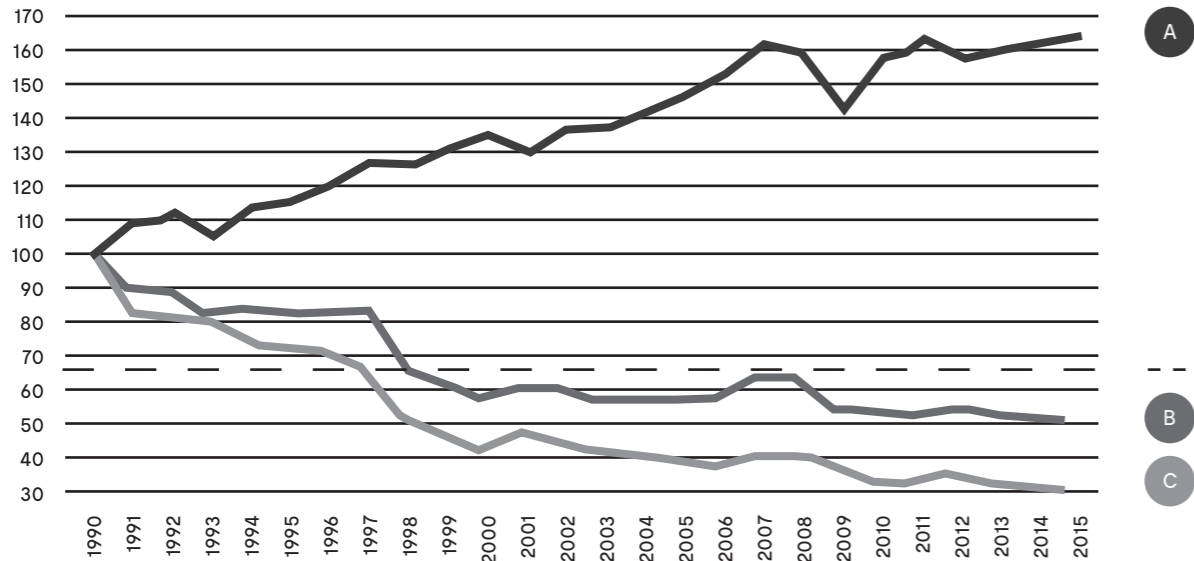
Anteile in Prozent, 2015



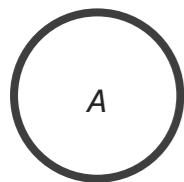
Stofflicher Einsatz insgesamt:  
**19,8 Millionen Tonnen**

**Entwicklung der absoluten und spezifischen Treibhausgas-emissionen in der deutschen chemisch-pharmazeutischen Industrie**

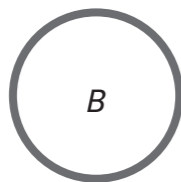
energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen und N<sub>2</sub>O-Emissionen, Index 1990=100



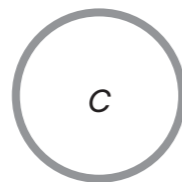
A  
B  
C



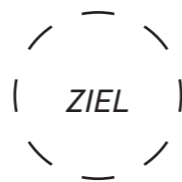
Produktion



absolute Treibhausgas-emissionen



spezifische Treibhausgas-Emissionen



Zielwert absolute Treibhausgas-emission für 2012: Reduzierung um 45%

Quelle: VCI-Berechnungen auf der Grundlage von Daten des Statistischen Bundesamtes, des Umweltbundesamtes und eigener Erhebungen

Die chemische Industrie hat nicht nur den größten industriellen Strombedarf, sondern auch mit Abstand den größten Bedarf an industrieller Prozesswärme in Deutschland. Dieser wird vorwiegend durch eigene Produktion in hocheffizienten KWK-Anlagen oder in reinen Wärmeerzeugungsanlagen gedeckt. Erdgas ist der wesentliche Brennstoff. Ein weiterer Teil wird als Abwärme chemischer Prozesse gewonnen. Eine Reduktion des Wärmeverbrauchs würde die Emissionen aus der Wärmeversorgung gleichwohl zu Lasten der Effizienz der KWK-Anlagen reduzieren. Eine Alternative könnte auch hier die Sektorkopplung darstellen, bei der Wärme nicht aus Erdgas, sondern aus erneuerbarem Strom erzeugt wird (Tauchsiedermodell). Der Bedarf an erneuerbarem Strom wäre dann aber erheblich. Eine andere Alternative wäre die Nutzung von erneuerbarem Gas (Power-to-Gas, Biogas).

Betrachtet man die Emissionen aus Prozessen, stehen auch hier beispielhafte Optionen zur Treibhausgaseminderung zur Verfügung. Viele Produktionsprozesse sind mit einer integrierten Prozesswärmeerzeugung verbunden (z. B. Cracker). Außerdem entstehen Emissionen aus chemischen Reaktionen selbst. Eine weitere Option ist die Entwicklung neuer Produktionsprozesse mit geringerem Prozesswärmebedarf, beispielsweise über Biotechnologie. Weitere Forschungsprojekte fokussieren die Umstellung der Rohstoffbasis auf CO<sub>2</sub> aus treibhausgasneutralen Quellen (Biomasseverbrennung, Alkoholgärung oder im Kreislauf geführtem CO<sub>2</sub>). Als weitere Optionen wird Carbon Capture and Storage (CCS, das Auffangen und Speichern von CO<sub>2</sub>) als denkbarer Weg diskutiert, um Treibhausgasemissionen aus den Prozessen zu reduzieren. Aktuelle Studien zeigen, dass die Emissionsreduktionspotenziale vorhandener Technologien begrenzt sind und neue Technologien und eine Umstellung der Rohstoffbasis nötig sind, um ambitioniertere Reduktionsziele zu erreichen.

Auch hier bildet der folgende Abschnitt erneut die in der Gruppe identifizierten und diskutierten Schlüsselfragen, Herausforderungen und Empfehlungen im Themenfeld Prozesse (grün) ab, gibt Hinweise zur Weiterführung des Dialogs (orange) und zeigt Dissensfelder (rot).

## ***Mit welchen Treibern und Instrumenten kann der Transformationsprozess vorangetrieben werden?***

## ***Wie kann der Übergang zu neuen innovativen Prozessen und Geschäftsmodellen gestaltet werden?***



Bei der Produktion ist zwischen Emissionen, die aus der chemischen Reaktion stammen (Prozessemissionen), und Emissionen aus der Energiebereitstellung zu unterscheiden.

Bei den heutigen Prozessen zeigen aktuelle Studien ein begrenztes Reduktionspotenzial mittels bestehender Technologien.

Für die Entwicklung neuer Produktionsverfahren ist intensive Forschung und Entwicklung notwendig.

Die Substitution eines konventionellen Verfahrens durch strombasierte Verfahren macht nur dann Sinn, wenn der Strom-Mix auf erneuerbaren Energien basiert und auch mit Blick auf den sonstigen ökologischen Fußabdruck vorzuziehen ist.

Forschung und Implementierung sollen finanziell unterstützt werden. Zudem sind politische Entscheidungen zur Auswahl der „Innovationspfade“ erforderlich. Die Markteinführung von zielführenden Produktionsverfahren soll durch Rahmensetzung ermöglicht werden.

Regulative Barrieren für die Weiterverfolgung ausgewählter Pfade müssen rechtzeitig abgebaut werden.



Systemkompatibilität mit dem bestehenden Anlagen-Park und der Wertschöpfungskette hat Vorteile, um kurzfristige Klimaschutzerfolge zu erreichen.

Die Gesellschaft soll frühzeitig in Innovationsprozesse einbezogen werden.

Die Ausbildung von Fachkräften ist frühzeitig sicherzustellen.

Es sollte geprüft werden, ob sich Vertreterinnen und Vertreter von Industrie, NGOs und Wissenschaft gemeinsam für notwendige Rahmensetzungen einsetzen.

## **Wie kann Sektorkopplung erreicht werden?**



Der Abbau regulatorischer Preisverzerrungen soll angestrebt werden.

Die Vertreterinnen und Vertreter der chemischen Industrie betonen, dass angemessene und verlässliche Strompreise wichtig für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie seien.

Insbesondere die Umweltorganisationen wünschen sich eine aufkommensneutrale Reform der Abgaben und Umlagen auf Energieträger, wobei Stromsteuer oder EEG-Umlage im Gegenzug zur stärkeren Besteuerung/Bepreisung von CO<sub>2</sub> gesenkt werden könnten.

## **Technologische Pfade differenziert gemeinsam betrachten**



Rahmenbedingungen zur Einführung neuer Low-Carbon-Prozesse und von Prozessen, die nicht auf fossilen Rohstoffen beruhen (einschließlich der zeitlichen Betrachtung ihrer Einführung, um Klimaschutzziele erreichen zu können), müssten diskutiert werden.

Am Beispiel der Methanpyrolyse soll diskutiert werden, wie solche Prozesse bewertet werden sollen, die auf fossilen Energieträgern beruhen, aber zur Dekarbonisierung beitragen können.

Eine nachhaltige Betrachtung von technologischen Alternativen soll unter Einbeziehung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten erfolgen. Insbesondere sollen Lock-In-Effekte berücksichtigt werden. Dies gilt auch für biotechnologische Verfahren unter Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen.

Pro  
*duk*  
te

## **Herausforderungen und Möglichkeiten für die chemische Industrie**

Für die Diskussionen über Produkte wurden Vertreterinnen und Vertreter der teilnehmenden Chemieunternehmen gebeten, zukunftsweisende Innovationen zu erläutern. Im Stakeholder-Dialog präsentierten sie Leuchtturmprojekte und -produkte aus ihren Unternehmen und diskutierten Möglichkeiten und Herausforderungen, diese in die Breite zu tragen.

Die chemische Industrie stellt im Wesentlichen Vor- und Zwischenprodukte her: Dies bedeutet, dass die Produkte der Chemie in der Wertschöpfungskette angewendet und weiterverarbeitet werden. Mit ihren Produkten hat die Chemie somit die Möglichkeit, erheblich zu innovativen Lösungen und zur Treibhausgasreduktion in anderen Industrie- und gesellschaftlichen Bereichen beizutragen.

Die Unternehmen der chemischen Industrie verfolgen sowohl ihre eigenen CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch die Treibhausgasemissionen, die durch die Nutzung ihrer Produkte in der Wertschöpfungskette oder bei den Endkunden vermieden werden. Da bei der Herstellung und dem Einsatz von Endprodukten eine Vielzahl von Akteuren involviert ist, kann immer nur ein Anteil der Gesamteinsparungen den Produkten der Chemie zugewiesen werden. Dabei ist es eine Herausforderung den genauen emissionsreduzierenden Beitrag eines Chemieproduktes zu berechnen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit und Transparenz hat die chemische Industrie hierfür einen entsprechenden Leitfaden erarbeitet.

In ihren Impulsvorträgen wiesen die Vertreterinnen und Vertreter der Chemieunternehmen darauf hin, dass emissionssparende Produkte in ihrer Herstellung häufig teurer als konventionelle Alternativen sind. Deshalb diskutierte die Gruppe, wie emissionssparende Produkte schneller in den Markt gebracht werden könnten. Obwohl Endkunden das Schicksal vieler Produkte mitbestimmen, können Märkte für nachhaltigere Produkte auch durch Regulierung geschaffen oder gestärkt werden – als bekanntes Beispiel hierfür gilt die EU-Ökodesign-Richtlinie, die den Markt für viele Innovationen im Bereich der Leuchtmittel (v. a. LED) geschaffen

hat. Als zusätzliche Herausforderung, aber auch als Weiterentwicklungsmöglichkeit für staatliche Rahmenvorgaben, wurden öffentliche Ausschreibungen genannt: Obwohl das Vergaberecht die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten wie CO<sub>2</sub>-Einsparung ermöglicht, wird die Vergabe immer noch häufig nach dem günstigsten Preis entschieden.

Zuletzt ist es eine Besonderheit der Chemie, dass alle organischen Produkte auf Kohlenstoff bzw. Kohlenwasserstoffen basieren. Mit Blick auf den gesamten Lebenszyklus von Produkten der chemischen Industrie, gibt es verschiedene Möglichkeiten die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Chemieprodukte zu verbessern: Durch Anpassung des Produktportfolios, durch Anpassung der Rohstoffbasis, durch Kreislaufführung von Kohlenstoff oder durch die werkstoffliche, rohstoffliche und letztlich energetische Verwertung von Produkten.

Eine häufig diskutierte Alternative stellt die Nutzung von Biomasse oder CO<sub>2</sub> als Rohstoff dar. Mit Blick auf die Möglichkeiten der Bioökonomie stellt sich allerdings die Frage, ob der Chemie letztlich genug Biomasse zur Verfügung stehen würde, in welchem Ausmaß also die Rohstoffbasis sinnvoll darauf umgestellt werden könnte – oder, ob Biomasse vorrangig, z. B. für Nahrung und Energieerzeugung, genutzt wird.

Wenn CO<sub>2</sub> als Rohstoff in der Produktion eingesetzt wird, würde dies laut der Industrie einen enormen zusätzlichen Energiebedarf für die Bereitstellung des erforderlichen Wasserstoffs im Vergleich zur Nutzung fossiler Rohstoffe bedeuten. Die Kombination von Biomasse und CCU als eine mögliche neue Rohstoffbasis für die chemische Industrie müsste noch diskutiert werden.

Die folgende Aufstellung zeigt die Ergebnisse wieder in der bekannten farblichen Systematik.

## Wie können transformative Investitionen in Unternehmen vorangetrieben werden?

## Wie können Produkte langlebiger, recycling- oder kreislaufgerechter gestaltet werden?



In Unternehmen werden Investitionen in der Regel nur dann getätigt, wenn sie betriebswirtschaftlich rentabel sind. Diese Rentabilität ist leichter im Investitionszyklus zu erreichen.

Um Investitionen in emissionsreduzierende Produktion vorantreiben zu können, müssen Kosten- und Einsparnutzen auch unternehmensintern monetär dargestellt werden können. Hierbei soll der gesamte Lebenszyklus berücksichtigt werden.

Wo das nicht der Fall ist, muss die Politik entsprechende Rahmenbedingungen setzen, wenn sie dennoch entsprechende Investitionen erwartet.

Hierbei gilt es auch Nutzen von bestehenden Produkten transparent darzustellen.

Die Pilotbeispiele zeigen, dass eine Stärkung und Verstetigung der Forschungsförderung und der anschließenden Pilotphasen bis hin zu Markteinführungsprogrammen notwendig sind, um transformative Investitionen anzureizen.



Hohe Langlebigkeit und Recyclbarkeit von Produkten soll mit Produktdesign vorangetrieben werden.

Am Beispiel der PVC-Produktion wurde darauf hingewiesen, dass der Einsatz biobasierter oder recycelter Rohstoffe eine Herausforderung hinsichtlich der Qualitätssicherung sein kann.



**Mit welchen politischen  
Rahmenbedingungen  
und Anreizen kann  
Innovation gefördert  
werden?**



Die Frage der notwendigen politischen Rahmenbedingungen und Anreizsysteme bedarf einer weiteren Vertiefung – darin ist sich die Gruppe einig. Ein Instrumenten-Mix soll diskutiert, entwickelt bzw. geprüft werden.

In Bezug auf die Rohstoffeffizienzpotenziale wird die Bedeutung der Ökodesign-Richtlinie von den Umweltverbänden hervorgehoben. Aus Zeitgründen war eine vertiefte Diskussion hierzu bisher nicht möglich, könnte aber im Rahmen einer Fortsetzung erfolgen.

Lebhaft diskutiert wurde eine stringendere Umsetzung von Maßnahmen und eine klare Rahmensetzung durch ein mögliches Klimaschutzgesetz. Auch hier sieht die Gruppe weiteren Diskussionsbedarf.

## *Regulatorische Steuerung der Märkte*



Die chemische Industrie sieht in Produktverboten einen falschen Weg und setzt auf Forschungsförderung/Förderung der Pilot- und Implementierungsphase und Treibhausgasneutralität als Vergabekriterium bei öffentlichen Ausschreibungen.

Die Umweltverbände weisen darauf hin, dass sich gerade am Beispiel der Glühbirnenverordnung zeigen lässt, dass solche regulativen Eingriffe erfolgreich sind und zu vergleichsweise hoher Investitionssicherheit führen. Sie plädieren für mehr Klarheit in den regulativen Vorgaben. Der Vergleich von LED und den klassischen Energiesparbirnen – die beide den CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich reduzieren – zeige auch, dass Technologieneutralität nicht immer zielführend sei. LED habe hier deutliche ökologische und soziale (Gesundheit) Vorteile, die auch berücksichtigt werden müssten.

# Rahmenbedingungen

Im Verlauf des Dialogs stellten die Teilnehmenden fest, dass die chemische Industrie vor einem großen Transformationsprozess steht. Für die Branche sind disruptive Veränderungen in der Energieversorgung sowie in den Produktionsprozessen und Produkten der Chemie zu erwarten. Wie die vorangehenden Kapitel zeigen, sind zu allen Themenfeldern lösungsorientiert gesetzte Rahmenbedingungen zu diskutieren.

Im Hinblick auf die gemeinsame Zielsetzung der Treibhausgasneutralität wurde im Dialog deshalb diskutiert, mit welchen Maßnahmen, Rahmenbedingungen sowie Anreiz- und Kompensationsmechanismen der Transformations- und Innovationsprozess in Unternehmen vorangetrieben und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen chemischen Industrie gesichert werden könne.

Grundsätzlicher Konsens bestand hinsichtlich der notwendigen Förderung von Forschung und Entwicklung und Markteinführungsunterstützung durch die Politik. Offen diskutiert wurde aber die Frage des regulativen Rahmens – von der CO<sub>2</sub>-Bepreisung über Kompensationsmaßnahmen, Public Procurement, bis hin zu Ansätzen zum Labeling. Die Frage war hier auch, ob die Gruppe regulative Themen weiter vertiefen soll. Die folgende Aufstellung zeigt die Ergebnisse wieder in der bekannten farblichen Systematik.

## **Unterstützung von transformativer Forschung, Entwicklung, Pilotprojekten und Markteinführung**



Unterstützende Maßnahmen können nach Phasen der Forschung und Entwicklung, nach Pilotprojekten und der Markteinführung gegliedert werden.

- Forschung und Entwicklung
  - Forschung und Entwicklung sollte auf Länder-, Bundes- und EU-Ebene gefördert werden.
  - Die Förderung der F&E-Phase sollte technologieoffen gestaltet werden, soweit damit nicht andere Risiken verbunden sind.
- Pilotprojekte
  - Eine stärkere Innovationsförderung wird empfohlen.
  - Langfristige Entwicklung von Technologien sollte in den Fokus gerückt werden.
  - Es sind solche Pilotprojekte zu initiieren und zu fördern, die zur Einhaltung der Langfrist-Klimaziele beitragen.
- Markteinführung
  - Leittechnologien mit großem Infrastrukturbedarf sollen identifiziert werden.
  - State Aid Guidelines der EU sind bei der Förderung der Markteinführung zu beachten.
  - Möglichkeiten zur EU-Förderung über "Projects of common interest" (PCI) sollten geprüft werden.
  - Mit Green Public Procurement können Leitmärkte geschaffen werden, z. B. in Deutschland.
  - Bei der Förderung der Markteinführung soll die Einhaltung der Langfrist-Klimaziele im Fokus stehen.

## Technologien

## CO<sub>2</sub>-Bepreisung



Negativemissionstechnologien sollten differenziert diskutiert werden.



Die Umrechnung der CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Chemieprodukte stellt eine Herausforderung dar. Es sollten Möglichkeiten diskutiert und geprüft werden, wie diese sinnvoll ermittelt und kommuniziert werden könne.

Es müsste diskutiert werden, ob es eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung für alle Sektoren geben sollte.

- Unterschiedliche Preise müssten für unterschiedliche Sektoren erarbeitet werden.

- Eine internationale Bepreisung, z. B. im Rahmen der G20, wäre die favorisierte Lösung für einige in der Gruppe. Gruppen von Staaten könnten jedoch eigenständig vorgehen, so ein Vorschlag, der zu diskutieren wäre.

Ein CO<sub>2</sub>-Mindestpreis, der zum Strukturwandel führt (Ausstieg aus der Braunkohle), sollte für den Stromsektor geprüft werden.

- Es ist zu diskutieren, wie ein gut gestalteter Mindestpreis aussehen könnte, welche Strompreiskompensationssysteme für die Industrie infrage kämen und was mit den Einnahmen passieren sollte.

- Standards und Quoten sollten als Zusatzmaßnahmen oder Alternativen geprüft werden.

Die unterschiedlichen Vermeidungskosten in verschiedenen Sektoren sollten intelligent verknüpft werden, unter Berücksichtigung der sozioökonomischen Kosten. Hierbei sollte keine Zusammenführung in einem Emissionshandelssystem stattfinden.

## **Berücksichtigung / Kompensation von Wettbewerbsnachteilen**

**Grants, Differenz-  
kontrakte, Quotierung,  
Public Procurement,  
Top-Runner-Ansatz,  
Label**



Wettbewerbsnachteile können sowohl während der Produkt- und Prozessentwicklung, als auch im laufenden Betrieb entstehen.

Für die Kompensation bei der Produkt- und Prozessentwicklung könnten folgende Instrumente angedacht werden:

- Anschubfinanzierung vor Dauerfinanzierung;
- Etablierung eines Etats;
- Vergabe von Fördermitteln in Ausschreibungsverfahren analog zum EEG;
- Stage-Gate-Verfahren für Controlling/Monitoring.

Die Etablierung eines Rückzahlprozederes ist in Betracht zu ziehen („Solidarisierung des Goldenen Endes“).

Die Kompensation im laufenden Betrieb könnte mit Einspeisevergütungen, Differenzkontrakten (Carbon Contracts for Differences) oder langfristigen Preisgarantien erfolgen.



Grants oder Differenzkontrakte (CFDs) könnten für die Finanzierung angewendet werden. Dies ist mit der Gruppe weiter zu diskutieren.

Public Procurement könnte eine der Maßnahmen sein, die schnell umgesetzt werden kann.

- Hierfür sollen Kriterien definiert und/oder ergänzt werden.

## **Grants, Differenzkon- trakte, Quotierung, Public Procurement, Top-Runner-Ansatz, Label**



Beimischungsanteile für synthetische Brenn- und Grundstoffe (Gas, Liquide), die aus erneuerbaren Energien klimaneutral hergestellt werden (strombasiert oder solarthermisch, keine Biomasse – außer bei Müllverbrennungsanlagen), könnten eingeführt werden.

- Dies könnte z. B. durch Quoten, Ausschreibungen oder Investitionszuschüsse erfolgen.
- Die Maßnahme muss sicherstellen, dass die eingesetzten synthetischen Brenn- und Grundstoffe tatsächlich klimaneutral sind. Derzeit ist dies mit dem deutschen Strommix noch nicht gewährleistet, damit verursachen PtL- und PtG-Prozesse heute mehr Emissionen als ihre fossilen Äquivalente.
- Es wird darauf hingewiesen, dass Mehrkosten die Rohstoffe und deren Nutzung verteuern und ggf. Kompensation oder andere Ausgleichsmaßnahmen erfordern.
- Die Maßnahme sollte in Verbindung mit der Produktförderung für andere Chemieprodukte erfolgen bzw. geprüft werden.
- Die Maßnahme sollte auch unter Berücksichtigung weiterer Nachhaltigkeitskriterien erfolgen.

Die Entwicklung eines Labels wäre im Kontext der chemischen Industrie eine Herausforderung.

- Als Steuerungsinstrument spricht ein Label den Endverbraucher an – die chemische Industrie stellt jedoch Vor- und Zwischenprodukte her.
- Beim Labeling müsste deshalb die Gesamtbilanz eines Endproduktes berücksichtigt werden.

Top-Runner-Ansätze für Treibhausgasneutralität könnten weiterentwickelt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass es bereits Benchmarking-Ansätze für Industrieanlagen gibt. Es wird aber ebenso darauf hingewiesen, dass diese nicht ausreichen, weil eine Umstellung zu neuen Prozessen und neuen Anlagen zu bewirken sei, die per klassischem Benchmark nicht zu erfassen sei.

## **Der Transformationsprozess braucht den Dialog**

Die VCI-Dialoggruppe zur Dekarbonisierung hat trotz oder vielleicht gerade wegen ihrer heterogenen Zusammensetzung aus zivilgesellschaftlichen Gruppen, aus Unternehmen, Verbänden und Wissenschaft eine Fülle an Maßnahmenideen und konkreten Anregungen erarbeitet, die zentrale Schlüsselfragen aufgreifen und Lösungsansätze aufzeigen.

Es ist als grundsätzlicher Erfolg zu bewerten, dass diese heterogene Gruppe im intensiven Austausch kontrovers diskutiert und Verständnis für die jeweils andere Position zu entwickeln versucht hat.

Die Kernaussagen, Handlungsoptionen und Empfehlungen wurden gemeinsam identifiziert und diskutiert, sind aber bisher weder priorisiert worden, noch lässt sich an ihnen die Zustimmung aller oder einzelner Stakeholder-Gruppen ablesen. Für nahezu alle Anregungen und Empfehlungen gilt, dass sie konkretisiert werden müssen, wie genau, in welchem Zeitrahmen und unter welchen Bedingungen eine Umsetzung erfolgen könnte.

Der vorgelegte Bericht versteht sich deshalb bewusst nicht als Abschlussbericht, sondern als Zwischenbericht eines Dialogprozesses, der weitergeführt werden soll. Hierin waren sich alle am Dialog beteiligten Stakeholder einig.

Der Bericht stellt somit die Grundlage für die Weiterführung der Zusammenarbeit zwischen der chemischen Industrie und den Stakeholdern dar und soll einen Beitrag leisten, wie der notwendige Transformationsprozess der Dekarbonisierung, im Sinne der Zielsetzung einer Treibhausgasneutralität bis 2050, gelingen kann.

Alle Akteure äußerten sich positiv zur Dialog-Initiative des VCI zur Dekarbonisierung und begrüßten den konstruktiven Austausch in der Gruppe, der eine Differenzierung von Argumenten und Begründungszusammenhängen auf allen Seiten ermöglichte. Mit Vorlage dieses Zwischenberichtes sprachen sich die Beteiligten für eine Weiterführung des Dialogs aus.



# Teilnehmer

**Expertinnen und Experten aus den folgenden Organisationen**

## **A**

Agora Energiewende

## **B**

BASF SE

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland – BUND e. V.

Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI)

## **C**

Covestro Deutschland AG

## **D**

Dow Deutschland Inc.

DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V.

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e. V. (DIW)

## **E**

Evonik Industries AG

## **G**

Germanwatch e. V.

## **I**

IG BCE

Infraserv GmbH & Co. Höchst KG

## **K**

Kommissariat der deutschen Bischöfe – Katholisches Büro Berlin

KfW Bankengruppe

## **L**

LANXESS Deutschland GmbH

## **M**

Mainsite GmbH & Co. KG  
Industrie Center Obernburg

Mineralölwirtschaftsverband e. V.

Munich Re

## **N**

Naturschutzbund Deutschland – NABU e. V.  
(konnte aus Kapazitätsgründen nicht an allen Veranstaltungen teilnehmen)

## **V**

Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI)

Verbraucherzentrale NRW e. V.

Vinnolit GmbH & Co. KG

## **W**

Wacker Chemie AG

Worlée-Chemie GmbH

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

WWF Deutschland

# Glossar

## **Ambitionsmechanismus**

Zur Erreichung der Ziele des Paris Abkommens müssen die Unterzeichnerstaaten ihre nationalen Klimaschutzbeiträge (Nationally Determined Contributions, NDCs) selbst festlegen. Der vereinbarte „Ambitionsmechanismus“ besagt, dass diese nationalen Klimaschutzbeiträge ab 2025 alle fünf Jahre fortgeschrieben und gesteigert werden müssen.

## **Anthropogene Treibhausgasemissionen**

Durch den Menschen (menschliche Aktivität) verursachte Emissionen von Treibhausgasen.

## **Benchmarking, Benchmark-Ansatz**

Instrument der Wettbewerbsanalyse. Benchmarking ist der kontinuierliche Vergleich von Produkten, Dienstleistungen sowie Prozessen und Methoden mit (mehreren) Unternehmen, um die Leistungslücke zum sog. Klassenbesten (Unternehmen, die Prozesse, Methoden etc. hervorragend beherrschen) systematisch zu schließen.

## **Carbon Leakage**

Verlagerung der Produktion aufgrund von mit Klimamaßnahmen verbundenen Kosten (z. B. EU-Emissionshandel) in andere Länder mit weniger strengen Emissionsauflagen.

## **CCS**

CCS (Carbon Capture and Storage) sind Technologien zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Atmosphäre durch die technische Abspaltung von Kohlendioxid direkt am Entstehungsort (z. B. Kraftwerk) und die dauerhafte Einlagerung in unterirdischen Lagerstätten.

## **CCU**

CCU (Carbon Capture and Utilization) bezeichnet die Abscheidung von Kohlendioxid z. B. aus Verbrennungsabgasen sowie dessen angeschlossene stoffliche Nutzung als Rohstoff zur Herstellung von chemischen Produkten.

## **CO<sub>2</sub>-Preis, CO<sub>2</sub>-Bepreisung**

Der CO<sub>2</sub>-Preis, auch Kohlenstoffpreis genannt, ist ein Preis, der für Emissionen von Kohlendioxid gezahlt werden muss. Das politische Ziel einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung ist, externe Kosten der Kohlendioxidfreisetzung zu internalisieren und somit relevante Klimaschutzinvestitionen anzureizen. Eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung wird von vielen Experten als ein geeignetes Steuerinstrument angesehen, um die angestrebten Klimaschutzziele zu erreichen.

## **CO<sub>2</sub>-Mindestpreis**

In der aktuellen klimapolitischen Diskussion wird die rasche Einführung eines CO<sub>2</sub>-Mindestpreises gefordert mit dem erklärten Ziel, Investitionen in Technologien zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen schneller und wirksamer anzureizen.

## **Cracker**

Ein Cracker ist eine chemische Anlage zur Stoffumwandlung von mittel- und langkettigen Kohlenwasserstoffen (Naphtha) in kurzkettige Olefine (z. B. Ethylen und Propylen).

## **Differenzkontrakte**

Das Differenzkontrakt-Modell (Contracts for Differences, CFD) ist ein Marktprämienmodell auf der Basis privatrechtlicher Vertragsverhältnisse zwischen den Erzeugern von erneuerbaren Energien (EE) und einer staatlichen Kontrahierungsstelle. Es verschafft den begünstigten Anlagenbetreibern langfristige Preisstabilität. Dieses Modell wurde 2015 in GB zur EE-Finanzierung eingeführt. Differenzkontrakte sind allerdings keine Stromlieferverträge. Der Erzeuger muss seinen Strom also selbst am Markt verkaufen. Differenzkontrakte garantieren dem Erzeuger jedoch einen be-

stimmten Fixpreis, den Ausübungspreis („Strike Price“), für jede am Markt abgesetzte Megawattstunde Strom aus erneuerbaren Energieträgern. Hierdurch wird der Anlagenbetreiber gegen eine ungünstige Entwicklung der Großhandelspreise abgesichert. Liegt der Marktpreis für Strom unter dem „Strike Price“ erhält der Anlagenbetreiber die Differenz von der Kontrahierungsstelle. Liegt der Marktpreis hingegen über dem „Strike Price“, hat der Betreiber den überschießenden Betrag an die Kontrahierungsstelle weiterzugeben.

### **EEG-Umlage**

Die EEG-Umlage ist eine Umlage nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und ist für den Verbraucher Bestandteil des zu zahlenden Strompreises. Sie dient der Finanzierung des Ausbaus der erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland. Mit ihr wird die Differenz zwischen den Kosten ausgeglichen, die bei der Förderung von Strom aus EE entstehen und den Einnahmen, die bei der Vermarktung des so erzeugten Stroms entstehen.

### **Effort-Sharing**

Die sog. Lastenteilungsentscheidung (Effort-Sharing-Decision, ESD) ist neben dem Europäischen Emissionshandel (EU-ETS) ein wesentliches Klimaschutzinstrument der EU. Sie enthält ein Ziel für Sektoren, die nicht vom EU-ETS erfasst sind, insbesondere Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, kleinere Industrieanlagen und Abfall. Diese müssen ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um insgesamt 30% im Vergleich zu 2005 verringern. Das Reduktionsziel für Deutschland beträgt 38%.

### **Emissionshandel**

Der Europäische Emissionshandel (EU-ETS, EU Emissions Trading System) ist das zentrale klimapolitische Leitinstrument in Europa, um Treibhausgasemissionen von Energie- und Industrieanlagen sowie des inner-europäischen Luftverkehrs kosteneffizient zu reduzieren. Mit dem EU-ETS werden mehr als 45% der ge-

samten THG-Emissionen der EU erfasst. Mit Umsetzung der ETS-Novelle (2018) werden bis 2030 die THG-Emissionen um 43% gegenüber 2005 gesenkt werden.

Grants sind Zuschüsse bzw. Beihilfen.

Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung

### **Grants**

### **Green Public Procurement (GPP)**

### **Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)**

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer Energie, die in der Regel unmittelbar in elektrischen Strom umgewandelt wird, und nutzbarer Wärme für Heizzwecke (Fern- oder Nahwärme) oder für Produktionsprozesse (Prozesswärme) in einem gemeinsamen thermodynamischen Prozess, üblicherweise in einem Heiz- oder Industriekraftwerk. Vorteil von KWK-Anlagen ist der verringerte Brennstoffbedarf für die gleichzeitige Strom- und Wärmebereitstellung und eine damit einhergehende Primärenergieeinsparung von bis zu 30% je nach Versorgungssituation.

### **Labels / Labeling**

Labeling bezeichnet die Kennzeichnung von Produkten, die innerhalb einer Produktgruppe, bezüglich einzelner Merkmale, umweltfreundlicher, nachhaltiger oder klimafreundlicher sind als andere.

### **Lock-In-Effekt**

Als Lock-in-Effekt (von engl. „to lock in“: einschließen, einsperren) werden in den Wirtschaftswissenschaften Kosten bezeichnet, die eine Änderung der aktuellen Situation aufgrund hoher Wechselkosten unwirtschaftlich machen. Die Höhe der Wechselkosten bestimmen das Ausmaß des Lock-in-Effektes.

### **Methanpyrolyse**

Die Methanpyrolyse ist die Bezeichnung für einen innovativen Prozess zur Herstellung von Wasserstoff aus Methan unter Bildung von Kohlenstoff ohne direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen und mit einem geringeren Ener-

gieaufwand im Vergleich zur Wasserstoffherstellung durch Wasserelektrolyse. Das Verfahren befindet sich noch in der Entwicklung.

### ***Naphtha***

Naphtha, auch Rohbenzin genannt, ist das unbehandelte Erdöldestillat aus der Raffination von Erdöl oder Erdgas und ein wichtiger Rohstoff für die Petrochemie.

### ***Negative Emissionen / Negative Emissions-technologien***

Negative Emissionstechnologien sind Technologien zur Rückholung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre. Die durch diese Technologien bewirkte Reduktion von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre bezeichnet man auch als negative Emissionen.

### ***NGO***

Nichtregierungsorganisation (Non-Governmental Organization, NGO)

### ***Ökodesign-Richtlinie***

Ziel der EU-Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG ist, die Umweltauswirkungen von energieverbrauchsrelevanten Produkten unter Berücksichtigung des gesamten Lebensweges zu mindern. Dazu legt sie Anforderungen an das Produktdesign fest. Das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG) setzt die EU-Richtlinie in deutsches Recht um.

### ***Power-to-Gas (PtG)***

Bezeichnung für einen chemischen Prozess, in dem aus Wasser mittels Elektrolyse, unter Verwendung von erneuerbarem Strom, Wasserstoff hergestellt wird. Dieser Wasserstoff bzw. Methan aus einer nachgeschalteten Methanisierung kann gespeichert und später für verschiedene Zwecke verwendet werden.

### ***Power-to-Liquid (PtL)***

Unter Power-to-Liquid (PtL) versteht man unterschiedliche Prozesse, die alle die Herstellung flüssiger Kraftstoffe zum Ziel haben. Dabei wird brennbares Kohlenwasserstoffgas, welches aus dem Power-to-Gas-Prozess gewonnen wird, in einem nachfolgenden Prozessschritt verflüssigt.

### ***Power-to-X (PtX)***

Power-to-X (PtX) bezeichnet verschiedene Technologien zur Speicherung bzw. anderweitigen Nutzung von Stromüberschüssen in Zeiten eines Überangebots variabler Erneuerbarer Energien (EE). In Zeiten, in denen nicht genügend EE zur Verfügung stehen, kann bei manchen dieser Technologien eine Rückumwandlung in Elektrizität erfolgen.

### ***Prozesswärme***

Prozesswärme bezeichnet zum einen Wärme, die für technische Verfahren wie Trocknen, Schmelzen oder Schmieden benötigt wird, zum anderen auch Abwärme, die bei Prozessen frei wird.

### ***Public Procurement***

Öffentliche Auftragsvergabe (Beschaffung)

### ***Quotierung***

Festlegung von Mindestanteilen (Quotierung) als regulatorischer Markteingriff zur Förderung bzw. der beschleunigten Markteinführung von neuen (klimafreundlicheren) Produkten.

### ***Sektorkopplung***

Unter Sektorkopplung versteht man den mittelfristig anzustrebenden Ersatz fossiler Energieträger durch Erneuerbare Energien nicht nur im Strombereich, sondern auch in den Sektoren Wärme und Mobilität.

### ***Stage-Gate®-Prozess***

Der Begriff Stage-Gate® ist ein geschütztes Warenzeichen. Der von Robert G. Cooper entwickelte Prozess der Produktentwicklung wird in Bearbeitungsphasen mit klar definierten Zielen (den sogenannten Stages) unterteilt. Am Ende einer jeden „Stage“ steht eine Prüfung des Projektes („Gate“) durch ein interdisziplinäres Team mit Ressourcenzugriff, das über die Weiterführung oder auch den Stopp des Projektes entscheidet.

## Synfuel

Unter synthetischen Kraftstoffen (synthetic fuel, Synfuel) versteht man Kraftstoffe, die klimaneutral mittels Power-to-X (Erzeugung von Wasserstoff aus Wasser mit erneuerbaren Energien) und Power-to-Liquid (Herstellung von Methan aus Wasserstoff und CO<sub>2</sub>) produziert werden.

## Top-Runner-Ansatz

Produktbezogener umweltpolitischer Ansatz, der auf die Durchdringung des Marktes mit der umweltverträglichsten bzw. ressourceneffizientesten und/oder energieeffizientesten Technologie innerhalb einer bestimmten Produktgruppe abzielt.

## Top-Runner-Modell

Das beste am Markt befindliche Produkt wird zum Standard erhoben (z. B. Wasserverbrauch einer Waschmaschine oder Energieverbrauch eines TV-Geräts), der von den anderen Produkten der Produktgruppe innerhalb einer bestimmten Frist erreicht werden muss. Produkte, die dies nicht erreichen, dürfen nicht mehr auf den Markt gebracht werden.

## Zirkuläre Wirtschaft

Das Ziel einer anzustrebenden zukünftigen Zirkulären Wirtschaft definiert die EU-Kommission wie folgt: In einer Kreislaufwirtschaft wird der Wert von Produkten und Stoffen so lange wie möglich erhalten; Abfälle und Ressourcenverbrauch werden auf ein Mindestmaß beschränkt und die Ressourcen bleiben in der Wirtschaft, nachdem ein Produkt sein Lebensende erreicht hat, und werden immer wieder verwendet, um weiterhin Wertschöpfung zu generieren. Insbesondere für die chemische Industrie ist zirkuläre Wirtschaft mehr als nur Recycling.

# Studien

Agora Energiewende (2017): Energiewende 2030: The Big Picture. Megatrends, Ziele, Strategie und eine 10-Punkte-Agenda für die zweite Phase der Energiewende. [https://www.agora-energie-wende.de/fileadmin2/Projekte/2017/Big-Picture/Agora\\_Big-Picture\\_WEB.pdf](https://www.agora-energie-wende.de/fileadmin2/Projekte/2017/Big-Picture/Agora_Big-Picture_WEB.pdf)



Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. [https://www.agora-energie-wende.de/fileadmin2/Projekte/2017/SynKost\\_2050/Agora\\_SynCost-Studie\\_WEB.pdf](https://www.agora-energie-wende.de/fileadmin2/Projekte/2017/SynKost_2050/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf)



Ausfelder, F.; Seitz, A.; von Roon, S. (2018): Flexibilitätsoptionen in der Grundstoffindustrie. Methodik, Potenziale, Hemmnisse. Kopernikus-Projekt SynErgie. [https://dechema.de/de-](https://dechema.de/de-chema_media/Buch_FLEXIBILITAETSOPTIONEN-p-20003395.pdf)

chema\_media/Buch\_FLEXIBILITAETSOPTIONEN-p-20003395.pdf



Boston Consulting Group (BCG) und Prognos AG (2017): Klimapfade für Deutschland. <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/media-weitere-downloads/2018-01-18-bdi-studie-klimapfade-fuer-deutschland.pdf>



Boulamanti A.; Moya J.A. (2017) Energy efficiency and GHG emissions: Prospective scenarios for the Chemical and Petrochemical Industry. Joint Research Centre, European Commission. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC105767/kj-na-28471-enn.pdf>



DECHEMA e.V. (2017): Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry. [http://dechema.de/dechema\\_media/Technology\\_study\\_Low\\_carbon\\_energy\\_and\\_feedstock\\_for\\_the\\_European\\_chemical\\_industry-p-20002750.pdf](http://dechema.de/dechema_media/Technology_study_Low_carbon_energy_and_feedstock_for_the_European_chemical_industry-p-20002750.pdf)



Ecofys (2016): Flex-Efficiency. Ein Konzept zur Integration von Effizienz und Flexibilität bei industriellen Verbrauchern. Studie im Auftrag von Agora Energiewende. [https://www.agora-energie-wende.de/fileadmin2/Projekte/2015/Flex-Efficiency/Agora\\_Flex-Efficiency\\_WEB.pdf](https://www.agora-energie-wende.de/fileadmin2/Projekte/2015/Flex-Efficiency/Agora_Flex-Efficiency_WEB.pdf)



FNB Gas e.V., Frontier Economics, IAEW, 4 Management und EMCEL (2017): Der Wert der Gasinfrastruktur für Energiewende in Deutschland. [https://www.fnb-gas.de/files/fnb\\_gas-wert\\_von\\_gas-](https://www.fnb-gas.de/files/fnb_gas-wert_von_gas-)

infrastruktur-endbericht.pdf



Hillebrandt K.; Samadi S.; Fishedick M. et al. (2015): Wege zu einer weitgehenden Dekarbonisierung Deutschlands. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. [https://wupperinst.org/uploads/tx\\_wupperinst/DDPP\\_DE\\_summary\\_de.pdf](https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/DDPP_DE_summary_de.pdf)



Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018): Global Warming of 1.5°: An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5° above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for Policymakers. <http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/>

sr15\_spm\_final.pdf



Klima-Allianz Deutschland (2016): Klimaschutzplan 2050 der deutschen Zivilgesellschaft. [http://www.klima-allianz.de/fileadmin/user\\_upload/Dateien/Daten/Publikationen/Hintergrund/2016\\_04\\_Klimaschutzplan2050.pdf](http://www.klima-allianz.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Daten/Publikationen/Hintergrund/2016_04_Klimaschutzplan2050.pdf)



Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ (2019): Abschlussbericht. [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?__blob=publicationFile)



Quaschnig, V. (2016):  
Sektorkopplung durch  
die Energiewende.  
Anforderungen an  
den Ausbau erneuer-  
barer Energien zum  
Erreichen der Pariser  
Klimaschutzziele unter  
Berücksichtigung der  
Sektorkopplung. Hoch-  
schule für Technik  
und Wirtschaft Berlin.  
<https://pvspeicher.htw-berlin.de/wp-content/uploads/2016/05/HTW-2016-Sektorkopplungsstudie.pdf>



Samadi, S. et al. (2017):  
Decarbonization Pa-  
thways for the Industri-  
al Cluster of the Port of  
Rotterdam. Wuppertal  
Institut für Klima, Um-  
welt, Energie. <https://www.portofrotterdam.com/de/file/18544/download?token=4Ri-58reM>



Umweltbundesamt  
(2013): Treibhausgas-  
neutrales Deutsch-  
land im Jahr 2050.  
Dessau-Roßlau. [https://](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/treibhausgasneutrales_deutschland_im_jahr_2050_langfassung.pdf)

[www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/treibhausgasneutrales\\_deutschland\\_im\\_jahr\\_2050\\_langfassung.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/treibhausgasneutrales_deutschland_im_jahr_2050_langfassung.pdf)



von Gleich, A.;  
Petschow, U. (2017):  
Aktuelle Diskussion um  
die Einführung eines  
Innovationsprinzips  
und das Verhältnis zum  
Vorsorgeprinzip. Institut  
für ökologische Wirt-  
schaftsforschung (IÖW).  
[https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/umweltpolitik/171012-nabu-von-\\_gleich-petschow-\\_vorsorge-innovationsprinzip.pdf](https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/umweltpolitik/171012-nabu-von-_gleich-petschow-_vorsorge-innovationsprinzip.pdf)



