



Braunkohle als Chemierohstoff.

Auszug aus dem Bericht der Enquetekommission zur Zukunft der chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen im Hinblick auf nachhaltige Rohstoffbasen, Produkte und Produktionsverfahren

(aus: Landtags-Drucksache 16/8500)

III.2 Verfahren der Kohlechemie

III.2.1 Ist-Zustand

Im Rohstoffkapitel ist die stoffliche Nutzung der Kohle beschrieben, die heute in Deutschland fast ausschließlich energetisch verwendet wird. Für die stoffliche Nutzung sind zwei Verfahren bekannt: die direkte Kohleverflüssigung (Abbildung 62) und das indirekte Verfahren der Vergasung und der nachfolgenden Umwandlung in verschiedene Produkte (Abbildung 63).

Das Verfahren zur direkten Kohleverflüssigung ist das Bergius-Pier-Verfahren (Abbildung 62), bei dem unter Druck von 190-350 bar und Temperaturen von 400-500°C die Kohle hydriert wird. Die Struktur der Kohle wird durch den Wasserstoff dabei soweit aufgebrochen, dass „direkt“ flüssige und gasförmige Kohlenwasserstoffe entstehen. Es wird ein energetischer Wirkungsgrad von ca. 58% angenommen.⁶¹⁰

Das Verfahren wurde in Deutschland in großem Umfang in den 1930er und 1940er Jahren und in der DDR angewendet. Die gewonnenen Kohlenwasserstoffe mussten in Raffinerieprozessen zu Kraftstoffen aufbereitet werden. Später wurde die direkte Kohleverflüssigung in der BRD in den Jahren 1981-87 in der Kohle/Öl-Anlage Bottrop (RAG/VEBA) betrieben. Die Kapazität dieser Anlage betrug 73.000 t/a, der Betriebszweck bestand vorrangig im Erhalt des technologischen Wissens über diese ursprünglich in Deutschland entwickelte Technologie.

Aktuell wird die direkte Kohleverflüssigung in China eingesetzt. Dort ist eine Anlage mit einer Kapazität von 1,1 Mio. t/a in Shenhua in Betrieb.⁶¹¹

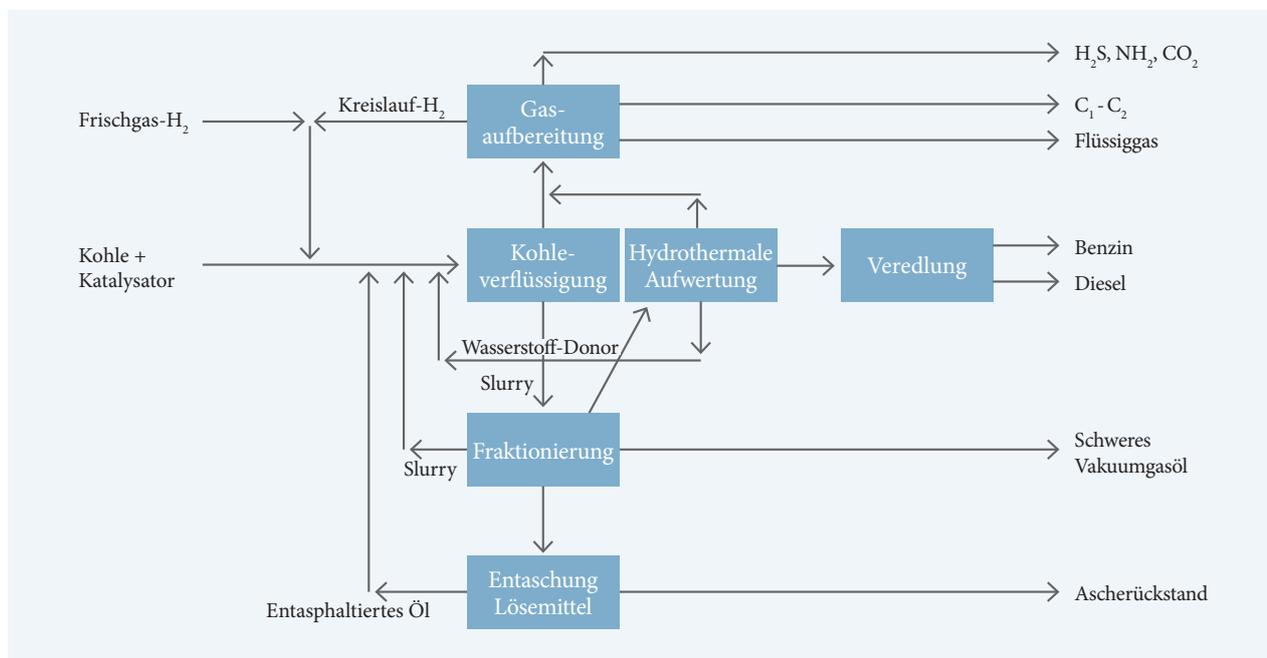


Abbildung 62: Verfahrensschema der direkten Kohleverflüssigung⁶¹²

610 Meyer, Bernd et al.: Landtag NRW (Hg.): Gutachten „Stoffliche Nutzung von Braunkohle“ für die Enquete-Kommission II des Landtags von Nordrhein-Westfalen. (2014), S. 17f.

611 Bai, Jim; Aizhu, Chen: China Shenhua coal-to-liquids project profitable -exec unter: <http://www.reuters.com/article/2011/09/08/shenhua-oil-coal-idUSL3E7K732020110908> (2011). Online am 27.01.2015.

612 Entnommen aus: Meyer, Bernd et al.: Landtag NRW (Hg.): Gutachten „Stoffliche Nutzung von Braunkohle“ für die Enquete-Kommission II des Landtags von Nordrhein-Westfalen. (2014), S. 43.

Bei indirekten Verfahren der Vergasung und nachfolgenden Umwandlung in Produkte existieren 2 Routen (Abbildung 63), die sich verschiedener Syntheseverfahren bedienen, um neben Kraftstoffen auch Basischemikalien zu liefern, welche wiederum zu vielen unterschiedlichen Endprodukten weiterverarbeitet werden (u.a. Farben, Lacke, Kunststoffe, Düngemittel). Nach der Erzeugung eines Roh-Synthesegases (v. a. Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid) erfolgt eine Konditionierung, das heißt eine Aufreinigung und eine Einstellung des Wasserstoff-Kohlenmonoxid-Verhältnisses im Synthesegas, nach den Anforderungen der Zielprodukte und deren Synthese.

Die erste Syntheseroute, nach der vorgelagerten Kohlevergasung, ist das Fischer-Tropsch-Verfahren. Beim Fischer-Tropsch-Verfahren werden aus dem Synthesegas unter Einsatz eines Eisen- oder Kobaltkatalysators Kohlenwasserstoffe unterschiedlicher Kettenlänge hergestellt. Beim Fischer-Tropsch-Verfahren entsteht immer eine Palette an Produkten z. B. Liquid Petroleum Gas (LPG), Naphtha (Rohbenzin), Benzin, Diesel, Kerosin und Hartparaffine (Wachse)⁶¹³. Über die Wahl der Reaktionsbedingungen und des eingesetzten Katalysators lässt sich dabei steuern, welches Produkt bei der Synthese als Hauptprodukt anfällt. Größere Erzeugungsanlagen existieren in Südafrika, China, Katar und Malaysia. In den USA ist eine Großanlage (SASOL) in der Planungsphase.

Eine zweite Syntheseroute führt über Methanol. Hierbei wird aus dem Synthesegas in einem ersten Schritt an einem Kupfer/Zinkkatalysator Methanol hergestellt, welches als Ausgangsstoff für die Synthese von Benzin über das MTG-Verfahren (Methanol to Gasoline) oder Olefinen (Ethylen/Propylen) über das MTO-Verfahren (Methanol to Olefins) dient. Die Verfahren sind ursprünglich von Exxon-Mobile und UOP (Universal Oil Products) entwickelt worden. In jüngster Zeit werden MTO/MTG-Prozesse auch von chinesischen Anbietern – teilweise in Entwicklungspartnerschaften mit westlichen Technologiefirmen angeboten (Sinopec, Lurgi, Total)⁶¹⁴.

Die Synthesegaschemie ist weltweit etabliert. Es wird ein energetischer Wirkungsgrad von 45 bis 50% angenommen⁶¹⁵. Weltweit sind eine Vielzahl von Vergasungsverfahren im Einsatz: Festbettvergasung, Wirbelschichtvergasung und Flugstromvergasung⁶¹⁶. In NRW wurden neben der Staubdruckvergasung nach dem Flugstromverfahren Erfahrungen mit der Wirbelschichtvergasung nach dem Hochtemperatur-Winkler-Verfahren (HTW) gesammelt⁶¹⁷. Die Kapazität der damaligen HTW-Anlage in Berrenrath, betrieben von RWE von 1986 bis 1997, lag bei 140 MW (thermische Leistung – im Folgenden als MWth). Heute gängige Vergaserkapazitäten bei Flugstromvergasern liegen bei 500 MWth, wobei Vergaserdesigns bis zu 1.200 MWth angeboten werden. Der Einsatz heute üblicher Vergaser wäre im Bereich der rheinischen Braunkohle noch zu demonstrieren, wobei ein technischer Realisierungszeitraum von fünf bis sieben Jahren einzukalkulieren wäre sowie 2 bis 3 weitere Jahre für standortbezogene Untersuchungen⁶¹⁸. „Die wichtigsten Produkte aus dem erzeugten Synthesegas

613 Steynberg, André; Dry, Mark: Fischer-Tropsch Technology. Elsevier Science (2004). ISBN 978-0-080472-79-9.

614 Cohen, Yann; Karev, Adi; South, Jeremy; Tuo, Lavi: Deloitte (Hg.): China Coal to olefin (CTO/MTO) – Exploring for the new El Dorado. (2012).

615 Meyer, Bernd et al.: Landtag NRW (Hg.): Gutachten „Stoffliche Nutzung von Braunkohle“ für die Enquete-Kommission II des Landtags von Nordrhein-Westfalen. (2014), S. 16f.

616 ebd., S. 47.

617 Landtag NRW (Hg.): Enquetekommission II Protokoll 20. Sitzung (nichtöffentlich). (2015).

618 Meyer, Bernd et al.: Landtag NRW (Hg.): Gutachten „Stoffliche Nutzung von Braunkohle“ für die Enquete-Kommission II des Landtags von Nordrhein-Westfalen. (2014), S. 88.

sind neben Chemikalien (Ammoniak, Harnstoff, Wasserstoff, Methanol und seine Folgeprodukte), Kraftstoffe und synthetisches Erdgas^{619,620}.

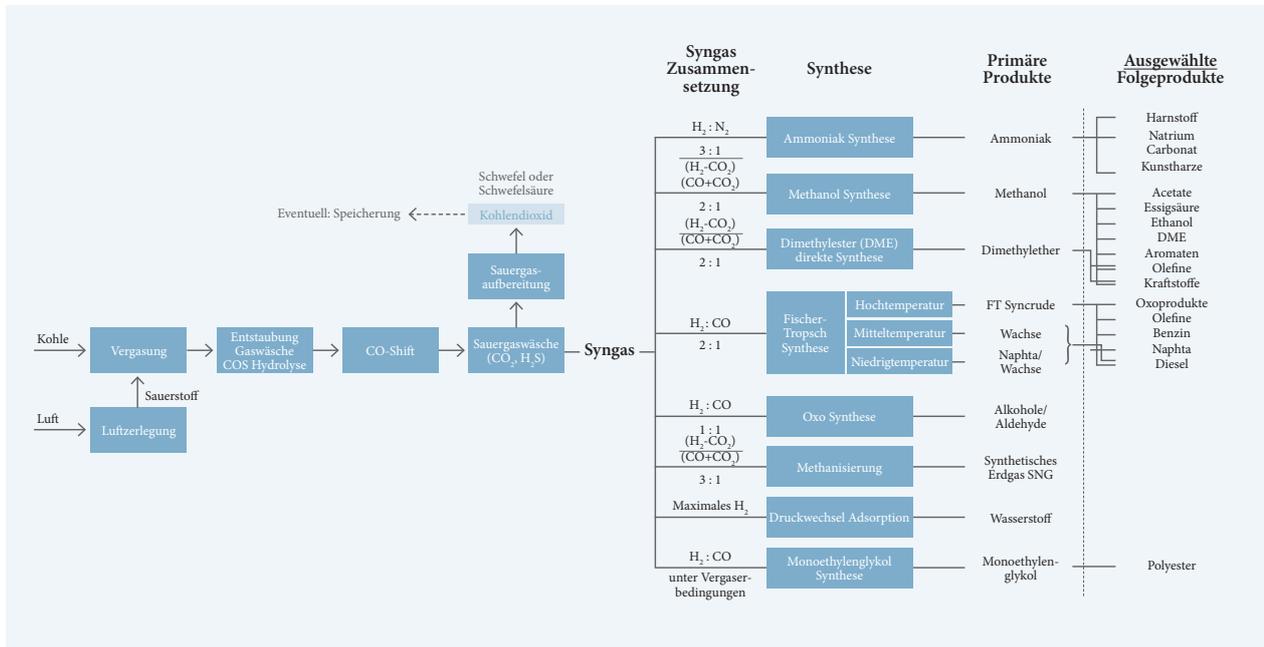


Abbildung 63: Verfahrensschema der indirekten Kohleverflüssigung über Vergasung⁶²¹

Geopolitisch ist zu beachten, dass China zum weltweiten Führer im Bereich der Kohlechemie geworden ist und diese offenbar bei einem Rohölpreis von etwa 70 Euro/bbl und einem Kohlepreis von ~50 Euro/t (Steinkohle China) wirtschaftlich betreibt.⁶²²

Die Rohstoffpreise im rheinischen Revier liegen aktuell bei 10-20 Euro/t Braunkohle. Berücksichtigt man den unterschiedlichen Kohlenstoffgehalt von Stein- und Braunkohle, so ergibt sich ein bereinigter Preis von 20-40 Euro/t Steinkohle. Unter diesen Voraussetzungen ist die heimische Braunkohle im Vergleich mit China auch hier konkurrenzfähig.⁶²³

Während die Vereinigten Staaten von Amerika eine Wiedergeburt ihrer chemischen Industrie mit Hilfe des Schiefergases erfahren, hat China Großanlagen auf der Basis von Kohle aufgebaut, die das Land reichlich hat⁶²⁴. Zu beachten ist, dass die Biomassemitnutzung bei Synthesegasproduktion prinzipiell offen ist. Der Vergasungspfad für eine Braunkohlenutzung ist letztlich technologisch die gleiche Option, die auch für die Biomasseperspektive gewählt werden kann. Es ist folglich auch in

619 Die chemische Nutzung von Synthesegas bietet mehrere Verfahrenswege hin zu Grundchemikalien. Dabei kann Braunkohle als Kohlenstofflieferant genutzt werden, aber auch zahlreiche Abfallstoffe aus der chemischen Produktion, Kunststoffabfälle u.ä.. Ein solches Verfahren wurde z.B. Ende der 90er Jahre in der Lausitz in der „Schwarzen Pumpe“ entwickelt und genutzt. Zielprodukt sollte Methanol sein. Aus wirtschaftlichen Gründen ist die Anlage stillgelegt worden.

620 ebd., S. 59.

621 Entnommen aus: ebd., S. 46.

622 Entnommen aus: ebd., S. 46.

623 Emele, Lukas: (Hg.): Entwicklung der Strompreise im Verhältnis zur Kaufkraft und Abhängigkeit der Strompreise von den Primärenergiekosten im Untersuchungszeitraum 1950 bis heute. (2009).

624 Tremblay, Jean-Francois: China's Feedstock Revolution. In: Chemical & Engineering News (2014), S. 18–19, S. 19.

der Betrachtung der Endlichkeit von Braunkohlelagerstätten keine Technologieeinbahnstraße⁶²⁵. Anzumerken ist, dass die Produktion von Treibstoffen aus Kohle einen höheren CO₂-Footprint aufweist, als die Erzeugung dieser Produkte aus Erdöl oder Erdgas. Treten bei der Treibstoffproduktion aus Erdöl und Erdgas die CO₂-Emissionen hauptsächlich bei der Förderung und bei der Weiterverarbeitung in der Raffinerie auf, so erfolgt die CO₂-Erzeugung bei Coal to Liquid-Verfahren (CtL) größtenteils innerhalb des Prozesses. Zwar fällt dabei mehr CO₂ an. Dieses lässt sich aber gut und hochkonzentriert abtrennen und steht dann als hochreiner CO₂-Strom zur Verfügung. Perspektivisch könnte der CO₂-Footprint der CTL-Routen über verschiedene weiter unten beschriebene Wege (Option D.1) weiter gesenkt werden.

III.2.2 Option D.1: Verfahren der Kohlechemie

Beschreibung

Bei der Etablierung von Verfahren zur stofflichen Nutzung der Braunkohle ist zu beachten, dass Synergien durch die gemeinsame Infrastrukturnutzung bestehender Kraftwerks- und Chemiestandorte möglich werden. Gegebenenfalls müssen hierfür Infrastrukturen zur Vernetzung der Anlagen ausgebaut werden. Eine gemeinsame Nutzung von Prozessabgasen und -abwässern, von Prozessmedien (Dampf, Wasser, Prozessgase etc.), von Hilfsmedien (Inertgase, Druckluft etc.), von Wärme und Kälte bietet sich an⁶²⁶. „Im Ergebnis wird eine Reduktion der Gesamtinvestitionskosten von bis zu 20% erwartet.“ Möglich ist zudem eine konstante Abnahme von Energien für den Vergasungsstrang und somit eine Vergleichmäßigung des Lastbetriebes des Kraftwerkes.⁶²⁷

Begründung

Weitere Perspektiven eröffnet die Mitverwertung von Biomasse und Abfallstoffen, da sie die CO₂-Emissionen mindern kann. Mithilfe der Einkoppelung von, aus erneuerbaren Energien hergestelltem Wasserstoff, könnte das Abtrennen von CO₂ im CtL-Prozess obsolet werden, bzw. das erzeugte (und ggf. abgetrennte) CO₂ zu Synthesegas umgesetzt werden. Hierbei würden die Produktausbeute pro eingesetzter Tonne Kohle und der Kohlenstoffeinbindungsgrad in die Produkte deutlich ansteigen. Vorbedingung hierfür ist eine deutliche Reduktion der Produktionskosten für Elektrolyseure sowie das Vorhandensein von Überschussstrom aus erneuerbaren Quellen. Der CtL-Prozess könnte den zusätzlich zur Verfügung stehenden Wasserstoff sehr flexibel aufnehmen und den Überschussstrom in chemischer Form im Produkt speichern.⁶²⁸

Neben der Produktsynthese ist auch die alternative Umwandlung des Synthesegases bzw. der -abgase für eine energetische Nutzung möglich. In NRW stand dabei ein Anlagenkonzept mit einer Brennstoffvergasung mit integrierter CO₂-Abtrennung und nachgeschaltetem Gas- und Dampf-Kombi-Verstromungs-Prozess als Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC-CCS) auf der Agenda. Das Bundeswirtschaftsministerium begleitete dies mit Studien und die EU setzte Investitionsanreize, die letztlich aber nicht abgerufen wurden. Ausschlaggebend scheint zu sein, dass neben den bei

625 Mit zu betrachten ist auch die Acetylenchemie (Karbidgechemie), bei der über die Herstellung von Calciumkarbid im Lichtbogenverfahren und Hydrolyse zu Acetylen in Schkopau (Buna-Werke) und in Marl (Chemische Werke Hüls AG) jahrzehntelang PVC und Butadien(kautschuk) hergestellt wurde. Diese Anlagen sind Anfang der 90er Jahre stillgelegt worden. Über die Acetylenroute sind zahlreiche Olefinprodukte zugänglich. Neben den damals hohen Umweltbelastungen war der enorme Stromverbrauch Grund für die Einstellung der Verfahren. Geht man davon aus, dass die Verfahren heute ohne größere Umweltbelastungen durchgeführt werden können und Strom künftig aus erneuerbaren Energien im Überschuss vorhanden ist, könnte dieses Verfahren wieder Sinn machen, insbesondere in örtlicher Nähe zu Lagerstätten, Chemieunternehmen und Kraftwerken.

626 Meyer, Bernd et al.: Landtag NRW (Hg.): Gutachten „Stoffliche Nutzung von Braunkohle“ für die Enquete-Kommission II des Landtags von Nordrhein-Westfalen. (2014), S. 19.

627 ebd., S. 58.

628 ebd., S. 30.

der Verstromung im Vergleich zur konventionellen Erzeugung signifikant höheren Erzeugungskosten die Möglichkeit der CO₂-Speicherung in Deutschland nicht gegeben war^{629,630}.

Auch die Kombination von stofflicher und energetischer Nutzung (Polygeneration), bei der bedarfsgerecht bzw. Marktanreizen folgend zwischen den Produkten gewechselt werden kann, scheint derzeit aufgrund hoher Kapitalkosten und sinkender Börsenstrompreise zunächst nicht wirtschaftlich.

Eine Reduzierung der Komplexität der Anlagenstruktur und damit auch eine Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten kann mit einem Annex-Polygenerationskonzept, das die gezielte Nutzung der im Umfeld bestehenden Kraftwerks-, Chemie- und Nebenanlageninfrastruktur zur zentralen Größe macht, verfolgt werden.⁶³¹ Zu prüfen wäre, wo der optimale Schnitt in der Prozesskette zwischen Kraftwerk- und Chemiestandort liegt. Hierbei wäre es vorteilhaft, die Prozesskette so zu schneiden, dass leicht zu transportierende Zwischenprodukte (Trockenbraunkohle oder Fischer-Tropsch-Flüssigprodukte) zwischen den Standorten ausgetauscht werden.

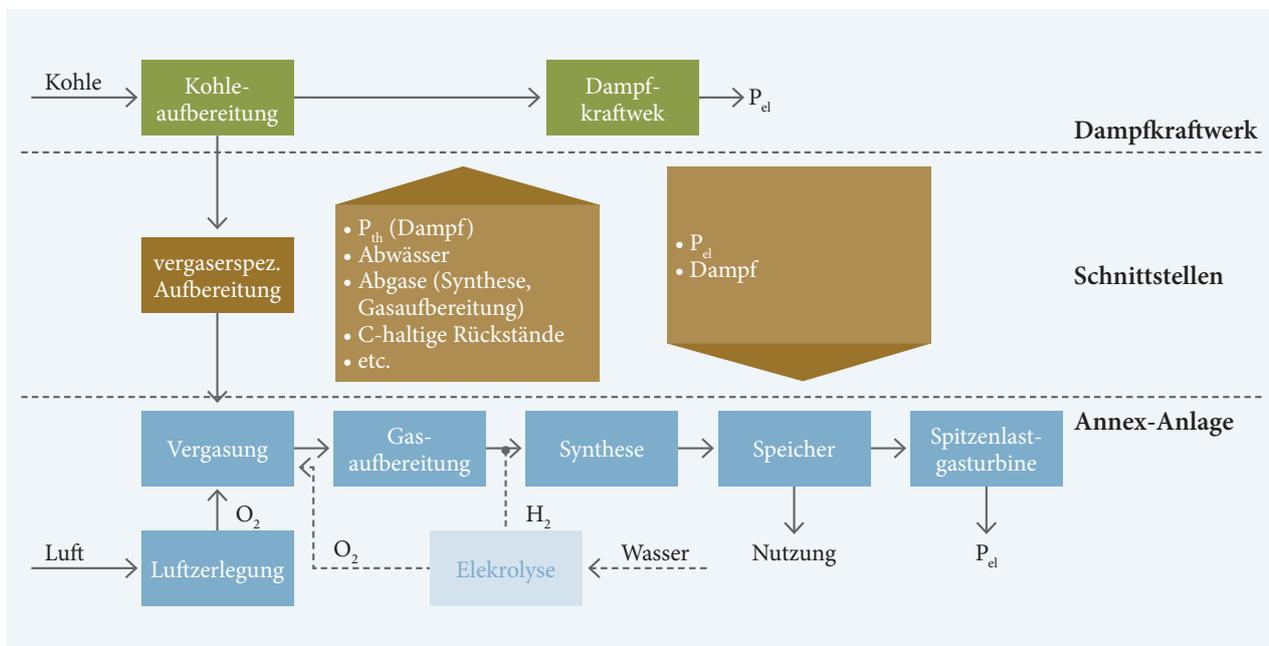


Abbildung 64: Annex-Polygenerationskonzept⁶³²

Der Einsetzungsantrag der Enquetekommission stellt die Frage: „Welche alternativen Rohstoffe jenseits der nachwachsenden sind noch von Relevanz, inwieweit kann überhaupt Rohstoffautarkie erreicht werden und inwiefern könnte eine „Rückkehr“ zur Kohle als (einheimische) Rohstoffbasis eine (übergangsweise) Teillösung in der Chemie bedeuten?“⁶³³ Hinsichtlich der betrachteten Möglichkeiten der Kohlechemie ist eine kombinierte energetisch-stoffliche Nutzung (Polygeneration) das für den Standort NRW vielversprechendste Verfahren, da sie die bestehende Stromerzeugungsinfrastruktur unterstützen und so dazu beitragen kann, die Bereithaltung energiewirtschaftlich notwendiger Kapazitäten zu sichern. Die beschriebenen Verfahren der Kombination von Kohlever-

629 ebd., S. 53ff.

630 Politisch ist zu beachten, dass bei den IGCC-Projekten auch die Speicherung von CO₂ in Lagerstätten Bestandteil der Konzeption war und insgesamt die Akzeptanz des Konzepts angegriffen hat.

631 ebd., 56ff.

632 Entnommen aus: ebd., S. 57.

633 Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN: Landtag NRW (Hg.): Antrag auf Einrichtung einer Enquete-Kommission zur Zukunft der chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen im Hinblick auf nachhaltige Rohstoffbasen, Produkte und Produktionsverfahren. (2012).

flüssigungs- bzw. Vergasungstechnologie und Elektrochemie könnten ein interessantes technisches Angebot schaffen, das einerseits Leistungen für die Energiewirtschaft andererseits auch Leistungen für die chemische Grundstoffversorgung liefert.

Auswirkungen auf Nachhaltigkeitsaspekte

Ökologie

Im Vergleich zu den aktuellen Rohstoffbasen Erdöl, Erdgas und nachwachsenden Stoffen sind die CO₂-Emissionen bei einer stofflichen Nutzung der Kohle mindestens doppelt so hoch. Über eine Einbindung von regenerativ gewonnenem H₂, können sie jedoch reduziert werden (vgl. IST-Zustand). Eine ökologisch nicht nachteilige und ökonomisch sinnvolle rohstoffliche Nutzung von Kohle würde zudem die Versorgungsbasis der chemischen Industrie, die im weltweiten Wettbewerb um günstige Rohstoffe steht, verbreitern. In Bezug auf die bisherige Nutzung der Kohle in der thermischen Energiegewinnung verbessert eine stoffliche Nutzung in der chemischen Industrie die Klimabilanz deutlich: „Bei der Erzeugung von Basischemikalien über Methanol oder die Erzeugung von Kraftstoffen werden etwa 40% des mit der Kohle eingebrachten Kohlenstoffs im Syntheseprodukt gebunden.“⁶³⁴ Langfristig ist auch die Nutzung nachwachsender Rohstoffe eröffnet. „Die Zumischung von Biomassen und kohlenstoffhaltigen Sekundärrohstoffen zur Einsatzkohle für die Co-Vergasung ist mit Anteilen bis 30% ohne größeren technischen Aufwand möglich.“⁶³⁵

Ökonomie

Verfahren der Kohlechemie können ein interessanter Pfad nicht nur zur Gewinnung von Chemierohstoffen, sondern auch ein Beitrag zum Gelingen der Energiewende sein. Wenn es durch den Ausbau der erneuerbaren Energie im Zuge der Energiewende zeitweise Stromüberangebote geben sollte, so könnten diese elektrochemisch genutzt werden. Reaktive Stoffe wie Wasserstoff können zur Herstellung von Rohstoffen auf Kohlebasis genutzt werden. In dem Moment, wo sich daraus Vorteile für die Kohlenutzung (gegenüber Öl oder Gas) ergeben, kann Kohle wieder zu einem Chemierohstoff werden.⁶³⁶ Elektrochemisch hergestellte flüssige Stoffe sind kostengünstig lagerfähig, stehen in Zeiten geringer Strommengen der chemischen Industrie als Energiereserve zur Verfügung und können damit auch zum Abfangen von Stromspitzen dienen (Lastmanagement/DSM). Zudem sind volkswirtschaftlich positive Effekte durch die Verringerung der Importnotwendigkeit von Rohöl und Erdgas festzustellen. Allerdings ist erst bei einem hohen EE-Ausbaugrad mit wesentlichen Überschussstrommengen zu rechnen, deren Nutzung dann mit anderen Verfahren im Wettbewerb stehen wird.

Soziales

Bei der Etablierung einer Anlage für synthese-gasbasierte Kohlechemie in der Produktionsdimension ab einer Mio. t pro Jahr sind mindestens 300 zusätzliche Arbeitsplätze direkt in der Anlage zu erwarten.⁶³⁷ Darüber hinaus werden zusätzliche vor- und nachgelagerte Arbeitsplätze mit dem Faktor

634 Meyer, Bernd et al.: Landtag NRW (Hg.): Gutachten „Stoffliche Nutzung von Braunkohle“ für die Enquete-Kommission II des Landtags von Nordrhein-Westfalen. (2014), S. 79.

635 ebd., S. 66.

636 Pflug, Kai: Renaissance einer alten Technologie – Pro und Kontra Kohlechemie – die Zukunft in China trotz zahlreicher Herausforderungen. In: CHEManager (2014), 17, S. 6: „Und wenn auch die genauen Angaben variieren, stimmen doch die meisten Quellen überein, dass Kohle-zu-Öl-Anlagen bei Ölpreisen über 100 USD pro Barrel profitabel sein sollten. Nach Angaben von Zhang Yuzhou, Vice President von Shenhua, ist die Kohleverflüssigung seines Unternehmens ab einem Ölpreis von 85 USD pro Barrel profitabel. Dies liegt deutlich unter dem durchschnittlichen Ölpreisniveau von etwa 110 USD pro Barrel in den Jahren 2012 und 2013.“

637 Pardemann, Robert: TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMIE FREIBERG (Hg.): Stoff-Kraft-Kopplung in kohle-basierten Polygenerationenkonzepten(bisher unveröffentlicht). (2013)

2,1 induziert und die bestehenden Wertschöpfungsketten neu gesichert.⁶³⁸ Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um die Anlagen zur Kohlevergasung/-umsetzung. Für die nachfolgenden Wertschöpfungsstufen wäre eine Kohlenutzung neutral, da diese weiter bestehen blieben. Gesellschaftlich ist zu beachten, dass es eine negative Voreinstellung zum Energieträger Kohle gibt, so dass eine Nutzung als Kohlenstoffträger intensive Wissensvermittlung und Kommunikation mit der Gesellschaft erfordert.

III.2.3 Bewertung Option D.1: Verfahren der Kohlechemie

Diese Option sieht eine Anwendung von Synthesegasrouten zur stofflichen Nutzung heimischer Braunkohle in den genehmigten Abbaufeldern vor⁶³⁹. Dies könnte in einem integrierten Chemie-Kraftwerksstandort erfolgen, dessen Produktportfolio Grundchemikalien wie Olefine, Wasserstoff, Methanol und Ammoniak sowie Energie in Form von Strom, Wärme und Dampf sein könnte. Reaktive Verbindungen wie Wasserstoff könnten dabei sowohl stofflich als auch energetisch z.B. als Langzeitspeicher genutzt werden. In dieser Option werden auch die Auswirkungen einer Mitverwertung von Biomasse und Abfallstoffen sowie die Einkopplung von Wasserstoff (aus mit EE-Strom betriebenen Wasserelektrolysen) auf die Nachhaltigkeit untersucht.

Ökologie

Losgelöst von der hier im Bericht zu behandelnden Frage verbessert die stoffliche Nutzung von Braunkohle gegenüber der aktuellen thermischen Energiegewinnung die Klimabilanz, da ca. 40% des Kohlenstoffs bei der Erzeugung von Basischemikalien oder Kraftstoffen im Produkt gebunden werden. Im Vergleich zu Erdöl als aktuellen Hauptrohstoff der chemischen Industrie weist die stoffliche Braunkohlenutzung allerdings mindestens zweimal höhere CO₂-Emissionen auf. Ökologisch eröffnet die Zumischung von Biomasse und Abfallstoffen im Rohstoffstrom neue Perspektiven, da sie die CO₂-Bilanz verbessern kann.

Ökonomie

Die heimischen Braunkohlevorkommen könnten rein mengenmäßig eine Substitution der heutigen Rohstoffe aller chemischen Wertschöpfungsketten ermöglichen. Damit ist die Braunkohle der einzige heimische Rohstoff, der den gesamten Rohstoffbedarf der chemischen Industrie (für die stoffliche Nutzung) decken könnte. Sie könnte damit die Versorgungsbasis der chemischen Industrie verbreitern und die Importabhängigkeit im Vergleich zur aktuellen Rohstoffbasis mit Naphtha und Erdgas verringern (vgl. Optionenbewertung „Rohstoffe“). Aktuelle Synthesegastechnologien, die in der Energiewirtschaft eingesetzt werden, müssten für eine stoffliche Nutzung weiterentwickelt werden.

Die stoffliche Braunkohlenutzung ist mit ökonomischen Hürden wie z.B. mangelnder technologischer Erfahrung in Deutschland, hohen Investitionskosten, derzeit niedrigen Erdgas- und Erdölpreisen, hohen Reinigungskosten, Akzeptanzproblemen und einem möglichen Kostenanstieg für CO₂-Zertifikate verbunden.

Ein integrierter Chemie/Energie-Standort bietet Synergien durch eine gemeinsame Infrastrukturnutzung, die wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt. Der Ausbau bestehender Kraftwerksstandorte ist jedoch mit hohen Investitionen verbunden. Ein integrierter Standort ermöglicht ein breites Produktportfolio aus Grundchemikalien und Energie. Im Hinblick auf die Herausforderungen der Energiewende kann dies interessante strategische Möglichkeiten bieten, da z.B. Wasserstoff oder

638 Buttermann, Hans Georg; Freund, Florian; Hillebrand, Elmar: EEFA – Energy Environment Forecast Analysis GmbH & Co. KG (Hg.): Bedeutung der rheinischen Braunkohle – sektorale und regionale Beschäftigungs- und Produktionseffekte. (2010).

639 Die Landesregierung hat am 09. April 2014 erklärt, dass sie im Abbaufeld Garzweiler II auf die Umsiedlung des Ortsteils Erkelenz-Holzweiler, des Hauerhofs und des Guts Dackweiler im Rahmen einer Leitentscheidung verzichten möchte.

Methanol in Zeiten geringer Strommengen der chemischen Industrie als Energiereserve sowie andererseits zum Abfangen von Stromspitzen dienen kann (Lastmanagement/DSM).

Eine in einer Anlage kombinierte stoffliche und energetische Produktnutzung (Integrated Gasification Combined Cycle-IGCC) erhöht die Anlagenkomplexität und die Kapitalkosten jedoch erheblich, so dass entsprechende Anlagenkonzepte aktuell nicht wirtschaftlich sind. Konzepte, die stärker die Anknüpfung an bestehende Prozessschritte nutzen wollen (Annex-Konzepte), könnten Investitionsbedarfe senken und die Bereithaltung energiewirtschaftlich notwendiger Kapazitäten (Must-Run) mittelfristig wirtschaftlicher machen. Die Einkopplung von regenerativ erzeugtem Wasserstoff würde die Produktausbeute pro eingesetzter Tonne Kohle deutlich steigern. Ökonomische Hürde hierfür ist die fehlende Wirtschaftlichkeit der entsprechenden Wasserelektrolyseure (vgl. Optionenbewertung „Energieumsätze“). Zudem ist erst bei einem hohen EE-Ausbaugrad mit wesentlichen Überschussstrommengen zu rechnen, deren Nutzung dann mit anderen Verfahren, wie z.B. Synthesegas, Mobilität und Speichertechnologie im Wettbewerb stehen wird.

Soziales

Eine Anwendung von Kohletechnologien zur stofflichen Nutzung heimischer Braunkohle an integrierten Chemie-Kraftwerksstandorten kann zum Erhalt von Arbeitsplätzen in der Rohstoffgewinnung beitragen. Für die chemische Industrie ist eher mit neutralen Auswirkungen auf die Beschäftigung zu rechnen.

Zusammenfassung

Verfahren der Kohlechemie sind zur Gewinnung von Grundchemikalien interessant. So bietet der Anlagen- und Prozessverbund für eine energetische und stoffliche Nutzung an einem integrierten Chemie-Energie-Standort Effizienzpotenziale und kann so helfen, intrinsische Nachteile der Kohleverfahren wie erhöhte Emissionen und eine fehlende Wirtschaftlichkeit teilweise zu kompensieren. Neben ganzheitlichen neuen Anlagekonzepten (IGCC) können an bestehende Prozessschritte anknüpfende Konzepte (Annex) verfolgt werden. Dafür sind allerdings ökologische und ökonomische Hürden zu überwinden. So verbessert die stoffliche Braunkohlenutzung zwar die Klimabilanz verglichen mit der energetischen Nutzung, jedoch ergeben sich für die stoffliche Nutzung im Vergleich mit der aktuellen Rohstoffbasis der chemischen Industrie höhere CO₂-Emissionen. Insofern kommt der Verbesserung der CO₂-Bilanz z.B. durch Zumischung von Biomasse und Abfallströmen in den Rohstoffstrom oder der Schließung des Stoffkreislaufs durch eine CO₂-Nutzung bei der Technologieentwicklung eine Bedeutung zu. Letztere hängt von der Wasserstoff-Verfügbarkeit ab.

Ökonomische Hürden stellen auch die Kosten durch CO₂-Zertifikate sowie die Komplexität der beschriebenen Anlagenkonzepte dar, die langfristig ökologische und ökonomische Vorteile bieten würden. Entsprechend werden integrierte Chemie/Energie-Standorte erst langfristig realisiert werden können.

Eine stoffliche Braunkohlenutzung verbreitert die Versorgungsbasis der chemischen Industrie und verringert die Importabhängigkeit. Zudem stützt sie einen für NRW wichtigen Industriesektor, der eine große (oftmals indirekte) Bedeutung für die chemische Industrie besitzt. Dies gilt insbesondere für eine sichere Energieversorgung zu wettbewerbsfähigen Preisen. Darüber hinaus sind viele Innovationskonzepte wie die stoffliche CO₂-Nutzung und Power to Gas direkt oder indirekt von der Energiewirtschaft abhängig.

V. Handlungsempfehlungen

Der chemischen Industrie kommt für die nachhaltige Entwicklung des Industriestandortes Nordrhein-Westfalen und gleichzeitig für Wachstum und Wohlstand unseres Bundeslandes eine besondere Rolle zu. Sie ist zudem ein zentraler Lieferant von Materialien für viele Industriebranchen. Gleichzeitig hat sie eine hohe Innovationsfähigkeit und ist dadurch in der Lage Lösungen für wichtige gesellschaftliche Herausforderungen zu entwickeln. Aus diesen Gründen sind die nachhaltige Zukunftssicherung und der Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit des Chemiestandorts Nordrhein-Westfalen und die Unterstützung einer nachhaltigen Entwicklung der chemischen Industrie eine wichtige Aufgabe für Wirtschaft, Politik und Gesellschaft.

In den vorstehenden Kapiteln hat die Enquetekommission Perspektiven für die Erforschung und Entwicklung nachhaltiger Rohstoffbasen, Werkstoffe und Produktionsverfahren sowie den nachhaltigen Einsatz erneuerbarer Energie in der chemischen Industrie untersucht und bewertet. Auf der Grundlage dieser Analyse und der darin eingeflossenen Sachverständigengutachten und Sachverständigenanhörungen, die von der Enquetekommission eingeholt bzw. durchgeführt wurden, werden der Politik nachfolgend in Bezug auf die untersuchten Themenfelder Handlungsempfehlungen unterbreitet. Die Handlungsempfehlungen sollen entsprechend des Einsetzungsbeschlusses des Landtages dem Ziel dienen, den Chemiestandort Nordrhein-Westfalen unter dem Gesichtspunkt einer nachhaltigen Chemiewirtschaft und im Hinblick auf seine zukünftige globale Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und auszubauen.

Die Enquetekommission hat in ihrer Untersuchung dabei den dreidimensionalen Begriff der Nachhaltigkeit zugrunde gelegt, der auf einem gleichgewichtigen Ausgleich zwischen den sozialen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen beruht (vgl. Einleitung).

Vor dem Hintergrund der bereits im Einleitungskapitel beschriebenen zukünftigen globalen Veränderungsprozesse wird die Zukunft nordrhein-westfälischer Chemiestandorte insbesondere davon abhängen, ob es gelingt, das politische und wirtschaftliche Umfeld des Chemiestandorts Nordrhein-Westfalen so attraktiv und stabil zu gestalten, dass hier in neue effizientere Anlagen (auch auf der Basis neuer Anlagenkonzepte) und innovative Produkte investiert wird. Dabei sind die Vergleichbarkeit der Energie- und Rohstoffkosten mit anderen globalen Chemieregionen, die Innovationsfähigkeit der Unternehmen und Wissenschaft, die Akzeptanz von Industrie und Innovationen in der Bevölkerung, die hohe Qualifikation und funktionierende Ausbildung sowie eine funktionierende Infrastruktur entscheidend. Eine zentrale Bedeutung kommt darüber hinaus einem leistungsstarken Industriennetzwerk zu. Denn vollständige Wertschöpfungsketten und die enge Vernetzung ihrer Akteure sind essentiell für das Heben notwendiger Effizienz- und Innovationspotenziale.

Die Enquetekommission hat sich auf Basis des Einsetzungsantrags auf einige für die Zukunftssicherung der chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen wichtige Aspekte einer nachhaltigen Chemiewirtschaft fokussiert, die sowohl ökologische Fragestellungen als auch für die Wettbewerbsfähigkeit der Branche bedeutende Faktoren und Möglichkeiten für gute und sichere Beschäftigung berücksichtigt.

Die hohen Energie- und Rohstoffkosten in Deutschland und somit auch in Nordrhein-Westfalen stellen einen Standortnachteil für die chemischen Produktionsstandorte dar. Der Verbesserung der Ressourceneffizienz kommt daher eine Schlüsselrolle bei der Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der nordrhein-westfälischen Chemie zu. Besondere Herausforderungen bestehen im Hinblick auf die Nutzung alternativer Rohstoffe sowie auf neue Werkstoff- und Abfallverwertungskonzepte. Damit

die Energiewende eine nachhaltige Energieversorgung zu wettbewerbsfähigen Preisen für Industrie und Bürger ermöglicht, bedarf es innovativer Speichertechnologien sowie neuer Betriebskonzepte. Hierzu ist die Material- und Prozessexpertise der chemischen Industrie gefragt, um Zukunftsherausforderungen, wie z.B. dem Klimawandel oder der zunehmenden Diversifizierung der Rohstoffbasis zu begegnen.

Eine Grundvoraussetzung für die Lösung der beschriebenen Herausforderungen ist die Innovationsfähigkeit der NRW-Chemie. Diese ist aktuell sehr hoch, allerdings holen andere Chemieregionen auf. Besondere Herausforderungen bestehen deshalb nicht zuletzt für den Erhalt und den Ausbau leistungsstarker Industrienetzwerke. Denn hier liegt ein einzigartiger Wettbewerbsvorteil der chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen. Sie ermöglichen eine effiziente Nutzung von Infrastruktur- sowie Stoff- und Energieströmen einerseits und bilden andererseits durch die räumliche Nähe von Kunden und Lieferanten eine wichtige Grundlage für eine hohe Innovationsfähigkeit in der Wertschöpfungskette.

Damit neue Technologien und Produkte einen größtmöglichen Nachhaltigkeitsbeitrag leisten können, sind neue Anforderungen an die Aus- und Weiterbildung zu stellen. Die nachhaltige Entwicklung der chemischen Industrie, die ressourceneffiziente und innovative Prozesse und Produkte zur Verfügung stellt, sichere und gut bezahlte Arbeitsplätze schafft sowie zum Wachstum und Wohlstand des Landes beiträgt, muss von einer breiten gesellschaftlichen Akzeptanz getragen werden.

Fazits und Handlungsempfehlungen

a. Rohstoffe

Fazit

Als Rohstoffe setzt die chemische Industrie heute überwiegend die Nebenprodukte anderer Branchen wie die Rohölfraktion Naphtha aus Raffinerien ein. Die Rohstoffbasis für die chemische Industrie in Nordrhein-Westfalen wird bis 2040 zwar weiterhin vom Erdöl dominiert sein, sie wird sich aber im Betrachtungszeitraum, insbesondere mittel- bis langfristig, verändern. Alternative Rohstoffe werden an Bedeutung gewinnen (vgl. Optionenbewertung „Rohstoffe“).

Erdgas¹²¹⁴, Kohlendioxid (CO₂) und Synthesegas¹²¹⁵, Braunkohle, Lignocellulose und Biomasseströme besitzen zukünftig für Nordrhein-Westfalen das größte Potenzial als alternative Rohstoffquellen. Durch eine Koppelung von Stoffströmen über Branchen- und Sektorengrenzen hinweg lassen sich Stoffkreisläufe schließen, neue Rohstoffquellen erschließen und so Ressourcen effizienter nutzen. Welche alternativen Kohlenstoffquellen in Nordrhein-Westfalen konkret in welchen Mengen ökologisch und ökonomisch nachhaltig nutzbar sind, ist nach aktueller Datenlage nicht hinreichend abschätzbar (vgl. Optionenbewertung „Rohstoffe“).

Die begrenzte Verfügbarkeit vieler alternativer Rohstoffe in einer ausreichenden Qualität (z.B. Agrarbiomasse) limitiert ihr Potenzial zur Substitution von Basischemikalien (vgl. Optionenbewertung „Rohstoffe“). So ist auch der Einsatz von CO₂ begrenzt durch die Verfügbarkeit von CO₂-frei hergestelltem Wasserstoff.

Handlungsempfehlungen

Handlungsempfehlungen für eine langfristige Sicherung von Rohstoffversorgung der rohstoffintensiven Basischemie in Nordrhein-Westfalen und damit zum Erhalt intakter geschlossener Wertschöpfungsketten in der chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen

- (1) Möglichkeiten der Erdgas-Verfügbarkeit
 - Ermittlung der Potenziale, die sich aus einer zunehmenden weltweiten Verfügbarkeit von LNG für eine günstigere Rohstoffversorgung der NRW-Chemie ergeben können,
 - Entwicklung von tragfähigen Geschäftsmodellen für den dafür notwendigen Ausbau der Erdgas-Infrastruktur (z.B. Bevorratung, Pipelines, LNG-Terminals in Seehäfen),
 - Abschätzung des Potenzials heimischer Gasreserven (z.B. Grubengas oder Biogas aus Abfällen u.a.) sowie Prüfung, ob die Nutzung der heimischen Erdgasressourcen ökologische und ökonomische Vorteile gegenüber dem importierten Gas haben kann
- (2) Ermittlung konkreter Mengenpotenziale und Qualitäten von unter Nachhaltigkeitsaspekten produzierter Agrarbiomasse, wie Holz und Stroh, von CO₂ sowie von Agrar- und Lebensmittelreststoffströmen in Nordrhein-Westfalen
- (3) Verbesserung der Verfügbarkeit kommunaler Abfallströme als Rohstoffbasis für die chemische Industrie im Sinne einer Kaskadennutzung

1214 vgl. Kapitel II.1.1.2 Erdgas.

1215 aus Erdöl-, Erdgas- und Kohlenutzung sowie aus Abgasströmen, Kuppelgase aus anderen Industriesektoren.

- (4) Gesetzliche Gleichstellung von stofflicher und energetischer Nutzung nachwachsender Rohstoffe durch Beendigung der Förderung einer energetischen Nutzung von Pflanzen
- (5) Unterstützung von Verfahrensentwicklungen zur Bereitstellung von heimischen Kohlenstoffquellen und CO₂ als Rohstoff für die chemische Industrie
- (6) Prüfung und ggf. Initiierung geeigneter gesetzlicher Maßnahmen, um im Zusammenhang mit dem europäischen Emissionshandelssystem die Attraktivität sowohl von alternativen Rohstoffen als auch einer stofflichen CO₂-Nutzung zu erhöhen
- (7) Forschungsförderung zur Entwicklung von Phosphat-Recycling aus Abwasser und Entwicklung von Rückgewinnungsstrategien von Rohstoffen aus Abfallströmen, z.B. seltenen Erden etc.

Handlungsempfehlungen, die die Innovationskraft der chemischen Wertschöpfungskette im Hinblick auf eine stärkere Diversifizierung der Rohstoffbasis fördern

- (8) **Stärkung von Forschung und Entwicklung zu Nutzungstechnologien für alternative Rohstoffe durch das Land Nordrhein-Westfalen**
 - für Erdgas
 - für nachwachsende Rohstoffe, insbesondere Lignocellulose sowie Reststoffströme
 - für angewandte CO₂-Forschung
 - durch Ergänzung der Forschungslandschaft Nordrhein-Westfalen um einen verfahrenstechnischen Lehrstuhl zur Kohlechemie, mit dem Schwerpunkt der Katalyse
 - durch Förderung von Pilotanlagen¹²¹⁶ für das Verfahren der hydrothermalen Carbonisierung (HTC) und zur stofflichen Umwandlung von organischen Reststoffen in Plattformchemikalien
 - **durch Förderung einer Pilotanlage zur stofflichen Umwandlung von Kohle in Plattformchemikalien**
 - durch Förderung einer Demonstrationsanlage zur stofflichen CO₂-Nutzung (z.B. auf Grundlage eines mikrobiellen Prozesses)
- (9) Ausweitung von Forschung und Entwicklung zur Schließung von Stoffkreisläufen (vgl. auch b. Werkstoffe)
- (10) Unterstützung und Förderung von Projekten zur Integration von Stoff- und Energieströmen der Chemie-, Energie- und Stahlindustrie.

¹²¹⁶ Bei der Anlagenentwicklung vom Labor- oder Technikumsmaßstab hin zu einer großtechnischen Lösung gibt es erfahrungsgemäß Zwischenschritte. Diese führen über Demonstrationsanlagen, die die Funktionsfähigkeit mit kleinskalierten Stoffströmen zeigen, zu Pilotanlagen, die dann schon Stoffströme mittlerer Größe verarbeiten und schließlich zu großtechnischen Anlagen führen können.

b. Werkstoffe

Fazit

Von der chemischen Industrie wird ein breites Werkstoffportfolio basierend auf petrochemischen, biologisch abbaubaren und biobasierten Kunststoffen zur Verfügung gestellt. Auf der Basis der entsprechenden Produkt- und Anwendungsanforderungen erfolgt die Werkstoffauswahl nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten in den jeweiligen Wertschöpfungsketten (vgl. Werkstoffkapitel). Biobasierte Werkstoffe bieten per se keine ökologischen Vorteile gegenüber petrochemisch basierten Werkstoffen. Biobasierte Werkstoffe werden im Rahmen des Rohstoffwandels langfristig an Bedeutung gewinnen. Die biologische Abbaubarkeit hängt nicht von der Rohstoffbasis ab, es gibt sowohl petrochemische als auch biobasierte biologisch abbaubare Werkstoffe (vgl. Optionenbewertung „Werkstoffe“).

Die Verwertung eines Werkstoffs am Ende des Produktlebens sollte sich an Nachhaltigkeitskriterien orientieren. Daher ist ein werkstoffliches Recycling dort anzuwenden, wo sortenreine Stoffströme in wirtschaftlich lohnenden Mengen verfügbar sind. Dort, wo es das Anwendungsprofil erlaubt, ist der Einsatz „sortenreiner“ Werkstoffe sinnvoll, da so eine vergleichsweise einfache Wiederverwertung auf gleichem Produktverwendungsniveau möglich ist. Ansonsten ist die thermische Verwertung in vielen Fällen die derzeit nachhaltigste Form der Nachnutzung (vgl. Optionenbewertung „Werkstoffe – Nachnutzungsoptionen“). Zukünftig können neue Verwertungswege, wie z.B. die Nutzung für Synthesegas an Bedeutung gewinnen.

Der Beitrag von Werkstoffen zur Nachhaltigkeit wird auch wesentlich vom Produktdesign und von der Anwendung bestimmt. Das gilt insbesondere in langlebigen Produkten, wo die Nutzungsphase einen großen Beitrag liefert.

Handlungsempfehlungen

Handlungsempfehlungen für eine Sicherung der Innovationskraft der chemischen Industrie durch den Erhalt geschlossener Wertschöpfungsketten in der chemischen Industrie Nordrhein-Westfalen

- (11) Förderung von Forschung und Entwicklung verbesserter petrochemischer und biobasierter Werkstoffkonzepte. Hierbei ist ein Schwerpunkt auf das Produkt-design zu legen, das die Nutzungsphase, z.B. für light weight-Anwendungen oder andere Beiträge zur besseren Ressourcennutzung im Blick hat
- (12) Ausweitung von Forschung und Entwicklung zu ökologisch und ökonomisch nachhaltigem Materialrecycling, insbesondere neuer Methoden der stofflichen Trennung und für ein vereinfachtes werkstoffliches Recycling mit dem Ziel, den Einsatz der Rezyklate auf gleichem Produktniveau und einen Ausbau der Synthesegasnutzung als Sekundärrohstoffe zu erreichen
- (13) Einsatz biologisch abbaubarer Werkstoffe dort sinnvoll, wo a) die Abbaubarkeit mit der jeweils beabsichtigten Nutzung vereinbar ist (z.B. für Agrarfolien), b) die biologische Zersetzung (Kompostierung) der jeweiligen Werkstoffe konkrete ökologische Vorteile gegenüber der aktuellen Nutzung bietet und c) der mit der Umsetzung eines Kompostierungssystems verbundene Aufwand in einem angemessenen Verhältnis zum ökologischen Nutzen steht. Maßnahmen zur stärkeren Förderung des Einsatzes biologisch abbaubarer Werkstoffe sollten diesen Anforderungen genügen.

Maßnahmen zur Müllvermeidung bzw. zur Verbesserung der Voraussetzungen für Recycling

- (14) Entwicklung von Konzepten zur Schließung von Stoffkreisläufen, die ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeitskriterien entsprechen und auf Life Cycle Analysen über den gesamten Lebenszyklus beruhen
- (15) Unterstützung von Produktionsdesigns, die gemäß des Cradle-to-Cradle-Ansatzes (von der Wiege zur Wiege), eine Nutzung von Rohstoffen in einem nächsten Nutzungszyklus von Anfang an mitberücksichtigt. Hier können auch Chemikalienleasing und Mietmodelle für Endprodukte eine befördernde Rolle spielen
- (16) Sensibilisierung von Entscheidungsträgern in den Wertschöpfungsketten für den Einsatz alternativer Werkstoffe
- (17) Analyse der Ursachen und der Auswirkungen der Meeresvermüllung, Entwicklung geeigneter Problemlösungsstrategien sowie Information und Sensibilisierung der Verbraucher zu Gründen und Ursachen der Meeresvermüllung
- (18) Normung des Begriffs „Bio-Kunststoff“.

c. Verfahren

Fazit

Den Verfahren kommt eine zentrale Bedeutung für einen effizienteren Umgang mit Rohstoffen und Energie und damit für die Wettbewerbsfähigkeit der chemischen Industrie zu. In diesem Zusammenhang stellen die Prozessintensivierung (insbesondere die Mikroreaktionstechnik), die Katalyse und die Biotechnologie wichtige Schlüsseltechnologien dar (vgl. Optionenbewertung „Verfahren“).

Intensivierte chemische Verfahren sind bezüglich der Produkte und Standorte flexibel einsetzbar und bieten ökologische und ökonomische Vorteile. Die Ausweitung dieser Technologie auf unterschiedliche Produkte und Prozesse sollte nachdrücklich unterstützt werden. Der Katalyse kommt bei der Erschließung von Effizienzpotenzialen innerhalb der Verfahrensentwicklung eine wichtige Rolle zu.

Braunkohle ist neben Biomasse und CO_2 aus Verbrennungs- und Industrieprozessen die einzige Kohlenstoffquelle, die in Nordrhein-Westfalen langfristig zur Verfügung steht. Um diese Ressource in Zukunft auch nutzen zu können, müssten die Verfahren zur stofflichen Nutzung von Braunkohle weiter entwickelt werden.

Die Biotechnologie ermöglicht durch maßgeschneiderte Biokatalysatoren die Erschließung alternativer Rohstoffe und besitzt das Potenzial für die nachhaltige Synthese von chemischen Produkten. Insbesondere bei der Nutzung ligninhaltiger Biomasse kann die Biotechnologie zur Realisierung nachhaltiger Verfahren verhelfen. Die biomimetische Chemie bietet (langfristig) Potenzial zur Entwicklung bioinspirierter Katalysatoren und Materialien (vgl. Optionenbewertung „Verfahren“).

Handlungsempfehlungen

Handlungsempfehlungen zur Stärkung der Prozessintensivierung, der Katalyse und der Biotechnologie als Schlüsseltechnologien für Nordrhein-Westfalen

- (19) Vernetzung der verschiedenen in Nordrhein-Westfalen vorhandenen wissenschaftlichen und industriellen Kompetenzen im Bereich (Bio)Katalyse, um die Technologieführerschaft in diesem Bereich zu erhalten
- (20) Unterstützung der Biotechnologie und der Prozessintensivierung/Mikroreaktionstechnik/Flow Chemistry als Schlüsseltechnologien für die chemische Industrie
- (21) Verfahrenskonzepte für großtechnische biotechnologisch basierte Produktionen, insbesondere mit gasförmigen Rohstoffen (z.B. CO_2 , CO / H_2)
- (22) Nutzung von Kohlenmonoxid (CO)/Kohlendioxid (CO_2)-Strömen für rohstoffflexible Bioraffineriekonzepte
- (23) Förderung von Forschungsprojekten, die eine Nutzung von Industrie- und Agrarabfallstoffen sowie Restwärme im Verbund untersuchen
- (24) Schaffung eines Lehrstuhls der Verfahrenstechnik zum Themengebiet stoffliche Nutzung von Braunkohle und organischen Reststoffen

- (25) Schaffung eines Lehrstuhls für biomimetische Chemie
- (26) Förderung von Demonstrationsanlagen zur modularen Produktion, insbesondere zur Förderung von Technologiekonzepten, die eine modulare, kompakte und flexible reaktionstechnische Stoffumwandlung, Stofftrennung und Aufarbeitung integrieren.

d. Energieumsätze

Fazit

Elektrochemische Prozesse können zur direkten Umwandlung von elektrischer Energie in chemische Produkte genutzt werden. Industriell werden diese z.B. zur Herstellung von Chlor und Aluminium sowie in geringerem Maße zur Synthese von organischen Zwischenprodukten angewandt. Durch elektrochemische Verfahren lassen sich vielfältige Produkte insbesondere für die Feinchemie erschließen. Das Potenzial zur Herstellung organischer Grundchemikalien wird noch als gering eingeschätzt, dieses könnte jedoch mit weiterem Ausbau der erneuerbaren Energien und bei Weiter- und Neuentwicklung der Verfahren zunehmen. Aktuell stellen die Energiekosten eine hohe ökonomische Hürde für die Wettbewerbsfähigkeit elektrochemischer Prozesse und deren Entwicklung dar (vgl. Optionenbewertung „Energieumsätze“). Die Chlor-Alkali-Elektrolyse ist das bedeutendste elektrochemische Verfahren der chemischen Industrie (vgl. Kapitel elektrochemische Prozesse). Chlor-Alkali-Elektrolysen können einen Beitrag zum Demand Side Management (DSM) leisten, wenn die regulatorischen und marktwirtschaftlichen Rahmenbedingungen diese Zusatzleistung honorieren (vgl. Optionenbewertung „Energieumsätze“).

Der Bedarf an Energiespeichern (z.B. Batterien, Wärmespeicher und chemische Energieträger) wird durch die Umsetzung der Energiewende zunehmen. Dies gilt insbesondere für effiziente Langzeitspeicher zum Ausgleich des volatilen Anfalls Erneuerbarer Energien (vgl. Kapitel „Energiespeicher“). Das Potenzial von Wärmespeichern wird allgemein und insbesondere für die chemische Industrie als groß eingeschätzt. Für Batteriespeicher besteht ebenfalls weiteres Marktpotenzial. Der chemischen Industrie kommt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung geeigneter Speichermaterialien zu (vgl. Optionenbewertung „Energieumsätze“). Die Power to Gas/Chemicals-Konzepten werden essentiell für die Bereitstellung von Langzeitspeichern mit einem weitgehenden Ausbau der EE-Kapazitäten. Durch den flexiblen Einsatz ihrer Produkte zur Strom- u. Wärmeerzeugung, Herstellung von Chemikalien und Kraftstoffen sowie deren direkter Einsatz für Mobilitätszwecke ist eine Kopplung der unterschiedlichen Energiesektoren möglich. Für einen erfolgreichen Einsatz muss die Wettbewerbsfähigkeit durch die Verfügbarkeit von kostengünstigem EE-Strom sowie die (Weiter)Entwicklung der Teiltechnologien und deren Systemintegration verbessert werden (vgl. Optionenbewertung „Energieumsätze“).

Handlungsempfehlungen

Handlungsempfehlungen für eine Gestaltung regulatorischer und marktwirtschaftlicher Rahmenbedingungen, damit sich Flexibilisierungs- und Netzstabilisierungsmaßnahmen wirtschaftlich rentieren und genutzt werden können

- (27) Unterstützung der Umsetzung der Energiewende auf Bundesebene unter Sicherung wettbewerbsfähiger Energiepreise für die in Nordrhein-Westfalen im internationalen Wettbewerb stehenden Unternehmen der chemischen Industrie durch die Landesregierung und Landespolitik
- (28) Abschätzung der nicht für die Gestaltung der Energiewende benötigten Mengen an Überschussstrom und deren Anfallprofil als Grundlage für die Entwicklung künftiger chemierelevanter Potenziale, die zum Teil in dem Bericht der Enquetekommission beschrieben sind
- (29) Einsatz Nordrhein-Westfalens im Rahmen der aktuellen Neugestaltung eines Strommarktdesigns dafür, dass die in Nordrhein-Westfalen vorhandenen industriellen Flexibilisierungsmöglichkeiten wie Demand Side Management und Power to Chemicals diskriminierungsfrei und wirtschaftlich genutzt werden können.

Handlungsempfehlungen für die technische Erschließung von DSM-Potenzialen in Nordrhein-Westfalen

- (30) Zur Erschließung des vorhandenen und möglichen DSM-Potenzials in Nordrhein-Westfalen bedarf es
- einer fundierten Erfassung des tatsächlich vorhandenen industriellen DSM-Potenzials in Nordrhein-Westfalen
 - einer gezielten DSM-Beratung insbesondere von KMUs (z.B. im Rahmen des betrieblichen Energiemanagements)
- (31) Unterstützung der Entwicklung volatiler Fahrweise von Chlor-Alkali-Elektrolysen, die je nach Stromangebot (mit und ohne Sauerstoffverzehrkathode) Wasserstoff erzeugen können.

Handlungsempfehlung für eine Stärkung der Elektrochemie als Schlüsseltechnologie für effiziente Produktionsverfahren und zur Entwicklung effizienter Energiespeicher

- (32) Ausbau und Stärkung von Lehrstühlen für Elektrochemie an nordrhein-westfälischen Hochschulen (z.B. durch Ausbau einer (langfristig ausgelegten) zentralen Kompetenzstelle, Ausweitung von elektrochemischen Lehrinhalten in den Curricula der Chemie- und Verfahrenstechnik Studiengängen, etc.).

Handlungsempfehlungen zu einer Weiterentwicklung notwendiger Energiespeichertechnologien, die eine für Nordrhein-Westfalen besondere Relevanz haben

- (33) Verstärkung der wissenschaftlichen Ressourcen zur Erforschung chemischer Energiespeicher und zur Weiterentwicklung von Power to Gas-Technologien im Hinblick auf notwendige Effizienzsteigerungen und eine verbesserte Wirtschaftlichkeit (z.B. Weiterentwicklung durch die zentrale Kompetenzstelle)
- (34) Ermittlung von für die chemische Industrie geeigneter, also in räumlicher Nähe befindlicher, Abwärmepotenziale sowie Entwicklung neuer Geschäftsmodelle zur Nutzung dieser Abwärmepotenziale
- (35) Erprobung der Nutzungspfade verschiedener Energiespeicher und der flexiblen Fahrweise elektrochemischer Prozesse.

e. Querschnittsthema: Stärkung Innovationsfähigkeit

Die Innovationsfähigkeit hat für die Stärkung des Industriestandorts Nordrhein-Westfalen essentielle Bedeutung, da hierdurch Wettbewerbsnachteile bei Energie-, Rohstoff-, Arbeits-, Umwelt- und Logistikkosten in gewissem Umfang kompensiert werden können (vgl. Einleitung Handlungsempfehlungen).

Umgekehrt ist die Sicherung der Produktionsstandorte in Nordrhein-Westfalen grundlegend für die Innovationsfähigkeit, weil gerade in der Chemie die räumliche Nähe zwischen Forschung und Entwicklung sowie Produktion zentrale Voraussetzung für die Entwicklung von Innovationen ist. Demonstrationsanlagen wiederum ermöglichen den Nachweis einer technologischen und wirtschaftlichen Machbarkeit neuer Prozesse und tragen damit wesentlich zum erfolgreichen Transfer von innovativen Ideen zur Marktreife bei. Der Betrieb von Demonstrationsanlagen in Nordrhein-Westfalen verhilft zur Implementierung neuer Verfahren in der hiesigen chemischen Industrie und sichert damit durch einen Technologievorsprung die Produktionsstandorte in Nordrhein-Westfalen (vgl. Gutachten „Innovationsleistungsfähigkeit der NRW-Chemie im Bereich Katalyse“).

Nordrhein-Westfalen verfügt über eine hohe Dichte der universitären sowie institutionellen Forschungslandschaft, die (traditionell) eng mit den Innovationsbereichen in der chemischen Industrie vernetzt ist. Zur Erschließung von Effizienzpotenzialen sind die Verbundstruktur innerhalb von Industriestandorten sowie die Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette wesentlich. Eine Ausrichtung von Innovationsnetzwerken über Sektoren und Wertschöpfungsketten hinweg bietet großes Potenzial für Innovationen (vgl. Optionenbewertungen „Energieumsätze“ und „Verfahren“ sowie Gutachten „Innovationsleistungsfähigkeit der NRW-Chemie im Bereich Katalyse“). Hochqualifizierte Arbeitskräfte bilden eine essentielle Grundlage für die Innovationsfähigkeit der Branche. Die chemische Industrie in Nordrhein-Westfalen profitiert aktuell von der hohen Qualität und fachlichen Breite der (universitären und nicht-universitären) Ausbildung in Nordrhein-Westfalen (vgl. Optionenbewertungen sowie Gutachten „Innovationsleistungsfähigkeit der NRW-Chemie im Bereich Katalyse“). Der Stellenwert einer qualifizierten beruflichen Aus- und Weiterbildung wird zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit zunehmen.

Die Stärkung der Innovationsfähigkeit in der nordrhein-westfälischen Chemie war Teilaspekt bei jedem der von der Enquetekommission behandelten Themen und insbesondere Gegenstand in den durchgeführten Anhörungen sowie Thema eines der Gutachten. Sie war jedoch nicht Gegenstand einer eigenständigen Untersuchung der Enquetekommission. Gleichwohl möchte die Enquetekommission die zahlreichen Hinweise der externen Sachverständigen aufgreifen und über einige Handlungsempfehlungen einen Prozess anstoßen, der diese aus Sicht der Kommission wichtigen Gedanken und Ansätze vertieft und konkretisiert.

Handlungsempfehlungen

Handlungsempfehlungen zu wissenschaftlichen Netzwerken sowie Aus- und Weiterbildung

Die großen Zukunftsherausforderungen sind durch eine hohe Komplexität der damit verbundenen Fragestellungen gekennzeichnet, die sich nur durch eine gezielte Vernetzung der verschiedenen Akteure (Akademia, Industrie etc.) und unter Einbeziehung aller beteiligten Disziplinen lösen lassen. Um das vorhandene Innovationspotenzial auszuschöpfen, ist zusätzlich eine Vernetzung unterschiedlicher Industriebranchen notwendig. Diesen Umständen müssen zukünftige Modelle sowohl für die Zusammenarbeit in der Forschung, als auch in der Aus- und Weiterbildung Rechnung tragen. Diese Modelle sollten die an den nordrhein-westfälischen Hochschulen vorhandenen Kompetenzen in den oben genannten Themenfeldern unter Einbeziehung von Wissenschaftlern aus der Industrie

vernetzen, die für die nordrhein-westfälische Chemie (und Industrie) eine herausragende Bedeutung haben. Ähnliche Ansätze gilt es in der Aus- und Weiterbildung mit dem Ziel zu entwickeln, eine breite interdisziplinäre und qualitativ hochwertige Ausbildung sicherzustellen.

Die Kommission empfiehlt daher:

- (36) Fortsetzung des in der Enquetekommission begonnenen Dialogs unter dem Dach des NRW-Clusters Chemie mit Vertreterinnen und Vertretern der Fraktionen des Landtags. Hierdurch soll der Austausch zwischen Industrie, Forschung, Wissenschaft und Politik intensiviert werden, der auch die Zusammenarbeit im Bereich Ausbildung und Forschung (wie z.B. Fortsetzung der Best Practice-Beispiele wie SusChemSys und CLIB2021, Modelle für die Weiterbildung innerhalb der Industrie) weiterentwickeln kann
- (37) die Stärkung der bestehenden Landescluster und deren branchenübergreifenden Zusammenarbeit, um Synergien durch die Entwicklung marktgetriebener Projektideen zu heben.

Handlungsempfehlungen zur Förderpolitik

Exzellenz lässt sich nicht in der Breite, sondern nur in der Fokussierung auf eine übersichtliche Zahl von zukunftsweisenden Technologien erreichen. Es gilt Kompetenzen, insbesondere solche, die für die Entwicklung der identifizierten Zukunftstechnologien essentiell sind, aufzubauen und/oder systematisch auszubauen. Hierfür bedarf es der langfristigen (politischen) Unterstützung, da die Entwicklungszeit für zukunftsweisende Technologien bis zum Markteintritt 20-30 Jahren betragen. Um einen möglichst großen ökonomischen und gesellschaftlichen Nutzen durch den Einsatz von Fördermitteln zu erzielen, bedarf es einer

- (38) Identifikation von Entwicklungsfeldern, die für Nordrhein-Westfalen eine strategische Bedeutung haben (z.B. in Form einer Roadmap: Biotechnologie, Kohlechemie, Prozessintensivierung, Power to Gas-Technologien, Elektrochemie, (Wärme-)Energiespeicher, stoffliche CO₂-Nutzung) und Integration dieser Entwicklungsfelder in die Leitmarktstrategie Nordrhein-Westfalen
- (39) Ausrichtung der Förderwettbewerbe innerhalb der Leitmarktstrategie Nordrhein-Westfalen in der Form, dass diese Förderschwerpunkte in den identifizierten Entwicklungsfeldern ermöglichen
- (40) Fortführung der Bemühungen den bürokratischen Aufwand bei NRW-Förderprojekten, insbesondere auch bei der Umsetzung der europäischen Förderinstrumenten, zu minimieren.

Die Sicherung und Stärkung der Forschungs- und Entwicklungsleistung der nordrhein-westfälischen Industrie und insbesondere der chemischen Industrie ist von zentraler Bedeutung für den Erhalt ihrer Wettbewerbsfähigkeit, für den Erhalt von Arbeitsplätzen und Wohlstand. Um den FuE-Einsatz der Industrie zu stärken und darüber die Innovationsfähigkeit der chemischen Industrie zu sichern, wird Folgendes vorgeschlagen

- (41) Einsatz der Landesregierung und Landespolitik auf Bundesebene für die Einführung einer steuerlichen Forschungsförderung.

Aktuell gelangen viele im Labor- und Technikumsmaßstab ausgereifte Technologien nicht zur Marktreife bzw. industriellen Anwendungen.

- (42) Förderung von Pilot- und Demonstrationsvorhaben (verstärkte Förderung nach TRL 5-7).

f. Querschnittsthema: Dialog für Industrie- und Technologieakzeptanz

Eine Offenheit gegenüber neuen Technologien, innovativen Prozesse und Produkte sowie die Akzeptanz von Nordrhein-Westfalen als Industriestandort sind essentiell, damit auch zukünftig durch die chemische Industrie in Nordrhein-Westfalen neue Lösungen entwickelt werden können. Hier kommt dem Dialog zwischen allen Stakeholdern sowie der Bereitstellung transparenter Informationen eine Schlüsselrolle zu.

Handlungsempfehlungen

Handlungsempfehlungen zum Dialog zwischen Politik, Industrie und Wissenschaft zur Weiterentwicklung der Ergebnisse der Enquetekommission

- (43) Fortführung des gemeinsamen Dialogs zwischen Politik (Landesregierung und Landtag), Industrie und Wissenschaft zur Weiterentwicklung des Industrie- und Chemiestandorts Nordrhein-Westfalen. Hierzu wird dem Landtag die Bildung einer Parlamentariergruppe Industrie-Nordrhein-Westfalen vorgeschlagen
- (44) Weiterentwicklung der Forschungs- und Industriestrategien zu einem Gesamtprojekt „Industriestandort Nordrhein-Westfalen 2030“.

Handlungsempfehlungen für einen verbesserten Stakeholder-Dialog zur Schaffung von Technologie- und Industrieakzeptanz

Die Umsetzung neuer Technologien in innovative Prozesse und Produkte sowie der Erhalt des Industriestandorts Nordrhein-Westfalen hängen letztlich von deren Akzeptanz in der Gesellschaft ab. Chancen und Risiken müssen daher ergebnisoffen und wissenschaftsbasiert anhand von Nachhaltigkeitskriterien abgewogen werden.

- (45) Intensivierung des fachlichen und gesellschaftlichen Dialogs unter Einbindung aller Stakeholder, idealerweise unter Leitung eines erfahrenen und fachkundigen Moderators
- (46) Stärkung des Themas LCA: wissenschaftlich fundierte Lebenszyklusanalysen schaffen eine vergleichbare Basis für die Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten, Prozessen u.ä., sie stellen damit einen wichtigen Beitrag zur Transparenz dar. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die öffentliche Debatte und zur Herstellung einer gesellschaftlichen Akzeptanz von essentieller Bedeutung
- (47) Stärkung und Wahrnehmung der Verantwortung von Politik, Industrie, Clustern/Netzwerken, Verbänden, Nichtregierungsorganisationen sowie Medien und Fachleuten für eine sachliche und verständliche Darstellung von Chancen und Risiken z.B. neuer Technologien
- (48) Einführung eines NRW-Innovationspreises für wegweisende chemische Erfindungen für nachhaltige Entwicklungen.

g. Querschnittsthema: Gesellschaftliche Herausforderungen – Qualifikation, demografische Entwicklung und gute Arbeitsverhältnisse

Die chemische Industrie ist wie kaum ein anderer Wirtschaftsbereich davon abhängig, über ausreichende Fachkräfte in Produktion, Forschung und Entwicklung zu verfügen. Angesichts der demografischen Entwicklung in Deutschland und Nordrhein-Westfalen steht die Gewinnung von Fachkräften für die Chemie in Konkurrenz zu anderen Bereichen der Wirtschaft, der Dienstleistungsbranche, der Verwaltung und dem Ausland. Daher ist es wichtig, in die Qualifizierung und Fachkräftegewinnung zu investieren, sowohl seitens der Unternehmen als auch der Landes- und Bundespolitik.

Attraktive Arbeitsplätze, gute Rahmenbedingungen für sichere Beschäftigung sind der beste Weg, Fachkräftepotenzial zu sichern und die Probleme der demografischen Entwicklung zu lösen. Sie sorgen gleichzeitig für hohe gesellschaftliche Akzeptanz der Branche.

Handlungsempfehlungen

a) Demografische Entwicklung

- (49) Stetige systematische Auswertung der demografischen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen, um das Fachkräftepotenzial zu ermitteln
- (50) Ermittlung der Qualifikationsprofile des vorhandenen Fachkräftepotenzials und der zukünftig benötigten Qualifikationen auf Grund sich ändernder Anforderungen in der chemischen Industrie
- (51) Entwicklung und Umsetzung von Konzepten für die schulische Bildung, die duale (Facharbeiter-)Ausbildung, die technische und naturwissenschaftliche Hochschulbildung für die Anforderungen einer innovativen, ökologischen und wirtschaftlich erfolgreichen Chemieindustrie (und der gesamten Wirtschaft in Wertschöpfungsketten gedacht).
- (52) Schaffung der Voraussetzungen, dass ältere Beschäftigte lange leistungsfähig im Arbeitsleben bleiben, dabei ihre Erfahrungen und ihr Wissen an die jüngeren weitergeben und gesund in den Ruhestand gehen können.

b) Qualifikation und Ausbildung

- (53) Verbesserung der Berufsorientierung an weiterführenden Schulen, insbesondere mit Blick auf die Möglichkeiten einer dualen Berufsausbildung
- (54) Entwicklung und Umsetzung von Modellen zur Integration von „bildungsfernen“ Jugendlichen in eine reguläre Ausbildung (wie Start in den Beruf in der chemischen Industrie), um auch bei sinkendem Potenzial an Schulabgängern einer möglichst großen Zahl von Jugendlichen eine qualitativ hochwertige Ausbildung zu sichern
- (55) Förderung der akademischen Aus-, Fort- und Weiterbildung durch erleichterten Zugang zu Universitäten und Hochschulen (Hochschulzugang z.B. für Facharbeiter und Meister)
- (56) Verstärkte Zusammenarbeit von Industrieforschung und Hochschulen in gemeinsamen Forschungsprojekten – Studenten frühzeitig an Industrie heranführen
- (57) Stärkung der Ausbildung in den MINT-Fächern durch:

- Unterstützung der MINT-Initiativen in Bund und Ländern, Unterstützung für Jugend forscht mit einem Schwerpunkt auf chemienahen Forschungsthemen
- eine breitere MINT-Wissensvermittlung im Schulunterricht als Grundlage für ein besseres Verständnis auch von komplexeren Technologie-Fragestellungen
- Einleitung einer Qualitätsoffensive naturwissenschaftlicher Unterrichtsfächer zur Verbesserung des breiteren Verständnisses naturwissenschaftlicher und technologischer Grundlagen und Kompetenzen.

c) Gesunde und gute Arbeitsverhältnisse fördern

Gesunde und gute Arbeitsverhältnisse sind eine Voraussetzung für erfolgreiche industrielle Produktion, für Innovation und Fortschritt. Sie ist Voraussetzung für die Akzeptanz industrieller und insbesondere chemischer Produktion.

- (58) Unterstützen von Maßnahmen zur Verbesserung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes in den Betrieben durch alle Beteiligten (Beschäftigte, Unternehmen, Krankenkassen, Rentenversicherungsträger, Berufsgenossenschaften usw.).

Die vorstehenden Handlungsempfehlungen können aus Sicht der Enquetekommission auch im Interesse der Wettbewerbsfähigkeit der chemischen Industrie in Nordrhein-Westfalen einen wichtigen Beitrag dafür leisten, um ...

Handlungsfelder	Relevante Handlungsempfehlungen
... die Energiewende und die zunehmende Diversifizierung der Rohstoffbasis in der Chemie zu stärken,	(1)-(6), (8)-(10), (21)+(22), (24), (27)-(35)
... Energie und Rohstoffe effizienter zu nutzen,	(3), (5), (7)-(10), (12), (20)-(23), (34)
... Stoffkreisläufe stärker zu schließen,	(3), (5), (7), (9)+(10), (12), (14)-(17), (22)+(23), (46)
... chemische Wertschöpfungskette und Verbundstrukturen zu stärken,	(10), (16), (19)-(20), (21)-(24), (26), (27), (43)-(48)
... die Innovationsfähigkeit der chemischen Industrie weiter auszubauen durch	allgemein: (45)-(48), (49)-(58)
• Verbesserung der Innovationsprozesse	(36)-(42)
• Technologische Innovationen und	(5), (7)+(8), (12), (19)-(26), (31)-(35), (47)
• Innovative Produkte.	(11), (13), (15), (16), (18)

