Fraunhofer

STOFFLICHE NUTZUNG VON KOHLENSTOFF FÜR DEN TRANSFORMATIONSPFAD ZUR CHEMIE 4.0

POSITIONSPAPIER

i2k Initiative Kohlenstoffketten

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE POLITIK

1. Wachstum, erfolgreicher Strukturwandel und zukunftsfähige Beschäftigung sind nur durch Innovation und neue Geschäftsmodelle möglich. Die Politik ist aufgefordert, beides durch geeignete Rahmensetzung und Förderinstrumente – insbesondere zur Zusammenarbeit von Unternehmen und Forschungseinrichtungen – zu ermöglichen. Strukturwandel ist ein europäisches Thema: Daher empfehlen wir die Kooperation mit europäischen Partnern (z.B. mit dem Ziel der Erhöhung der Beihilfeintensität auf europäischer Ebene und der Schaffung grenzübergreifender Synergien). Dafür sollten auch die Mittel des zu bildenden Fonds für den Strukturwandel genutzt werden.

2. Für einen gelungenen Strukturwandel und den Klimaschutz ist es am wirkungsvollsten, wenn dieser technologieoffen und weitgehend auf der Grundlage von marktwirtschaftlichen Prinzipien verfolgt wird. Alle technologischen Optionen und Prozesse sowie dazu passende Geschäftsmodelle sind nach ihrem Beitrag für Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

3. Um zukünftiges Wachstum, zukunftsfähige Beschäftigung und den sozialen Frieden in der Bundesrepublik zu sichern, gilt es, die industrielle Leistungsfähigkeit des Landes zu bewahren. Um den Strukturwandel zu einer nachhaltigen Industriegesellschaft ohne Systembrüche zu gestalten, bedarf es eines Transformationspfades, der möglichst selbsttragend die gesellschaftlichen, klima- und wirtschaftspolitischen Ziele erreichen kann und gleichzeitig an die etablierten industriellen Strukturen anschließt. Dabei gilt es, die vorhandenen Strukturen an die stetig wachsende Verfügbarkeit der erneuerbaren Energien anzupassen und zu flexibilisieren. Für die Stromerzeugung erfordert dies einen Innovationspfad, der die Faktoren Versorgungssicherheit, Bezahlbarkeit und Klimaschutz harmonisch miteinander vereint.

4. Der Einsatz nachhaltiger Rohstoffe wird die deutsche rohstoffintensive Industrie unabhängiger von Öl- und Gasimporten machen. Mit dem Rückgang der Importe fossiler Ressourcen und der zunehmenden Nutzung regional erzeugter Rohstoffe wird die Versorgungssicherheit gesteigert, zudem werden geschlossene regionale Wertschöpfungsketten vom Rohstoff bis zum Endprodukt möglich. Die Politik sollte Aktivitäten in Wissenschaft und Industrie zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit bei der Nutzung heimischer Rohstoffe mit dem Ziel nachhaltiger Verwendung unterstützen.

5. Für die chemische Industrie ermöglicht die Kohlenstoffkreislaufwirtschaft die klimafreundliche Nutzung regional verfügbarer Kohlenstoffträger, einschließlich Plastikmüll. Pilotanlagen sollen in einem ersten Schritt die Leistungsfähigkeit dieses Konzepts nachweisen und in einem zweiten Schritt um Markteinführungsinstrumente ergänzt werden. Eine diesem Potenzial angemessene Förderung ist entscheidend für den Erfolg dieses innovativen Vorhabens.

6. Die stoffliche Nutzung von Grünem Wasserstoff ist eine Schlüsseltechnologie für das Gelingen der Energiewende und für eine nachhaltige Chemieindustrie. Die Entwicklung effizienter Technologien für große Leistungen sollte dabei ebenso unterstützt werden wie Demonstrationsanlagen, die diese Technologie zu wettbewerbsfähigen Preisen in den industriellen Maßstab überführen. Mit Investitionen in diese Bereiche leistet die Politik einen erheblichen Beitrag zur Reduktion von CO_2-Emissionen und ermöglicht die Nutzung von CO_2 als Rohstoff. Die Versuchsanlagen und Innovationszentren können dabei als Reallabor fungieren und gemeinsam mit Investoren in einem branchenübergreifenden Ansatz (Sektorenkopplung) bis zum industriellen Maßstab weiterentwickelt werden. Ein solcher Versuchsanlagenverbund könnte Energiebranche, Entsorgungswirtschaft, Gaseindustrie sowie Chemieindustrie und Raffinerietechnik integrieren.

HERAUSFORDERUNG

Ziel der Kommission »Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung« ist es, Vorschläge für einen erfolgreichen Strukturwandel und den Beitrag der Kohleverstromung zur Reduktion von CO_2-Reduktion vorzulegen. Dies soll unter Einhaltung des Zieldreiecks aus Versorgungssicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit erfolgen. So sollen zugleich die Klimaschutzziele 2030/2050 erreicht und eine wirtschaftliche Perspektive für die deutschen Kohlereviere geschaffen werden. Die Wettbewerbsfähigkeit insbesondere der energieintensiven Branchen wie der chemischen Industrie und der Stahlindustrie ist dabei unbedingt zu wahren.

Die Bundesrepublik steht damit vor drei großen Herausforderungen:

1. Deutschland muss zeigen, wie der Klimaschutzplan 2050 zusammen mit der Industrie unter Aufrechterhaltung der industriellen Leistungsfähigkeit umgesetzt werden kann.
2. Deutschland muss Wege finden, die einseitige Rohstoffabhängigkeit von Öl und Gas in stark asymmetrischen Rohstoffmärkten für die chemische Industrie zu überwinden.
3. Deutschland muss das Potenzial nachhaltiger Rohstoffe und erneuerbarer Energien technologisch und wirtschaftlich als Wettbewerbsvorteil erschließen.

Der Prozess weg von der Braunkohleverstromung hin zu einer wissensbasierten Kohlenstoffindustrie erfordert ein konsolidiertes Wirken von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft, das akzeptiertes Wissen benötigt. Der anstehende Strukturwandel in den Braunkohlerevieren im Rheinland, in Mitteldeutschland und in der Lausitz generiert wichtige Beiträge zu einer zirkulären Kohlenstoffwirtschaft, wenn zukunftsfeste Nachfolgetechnologien für industrielle Arbeitsplätze kooperativ und auf Basis von Forschung und Entwicklung etabliert werden. Ein tragfähiges Transformationskonzept eröffnet nicht nur eine Perspektive für alle deutschen Kohlereviere, sondern sichert auch die Wettbewerbsfähigkeit z. B. der Chemie- und Stahlindustrie. Der Schlüssel dazu ist Chemie 4.0, d. h. der Einsatz erneuerbarer Ressourcen und Nutzung der Digitalisierung mit dem Ziel einer alle Wertschöpfungsstufen umfassenden Kreislaufwirtschaft. Dieses Schließen der Wertschöpfungsketten – einschließlich der Nutzung von CO_2 und Biogas als Kohlenstoffquellen – ist Basis für die Zukunftsfähigkeit der deutschen Chemieindustrie. Zugleich kann dadurch ein Markt für hochwertige CO_2-basierte Spezialprodukte geschaffen werden. Hierbei kann der modulare Anlagenbau einen wichtigen Beitrag leisten, für den sich dadurch zugleich große Potenziale durch neue Anwendungsfelder eröffnen.

DER WEG ZUR CHEMIE 4.0

In der energieintensiven Chemieindustrie und Raffinerietechnik sind die Themen Rohstoffe und Energie eng verknüpft, weil Kohlenstoff zur Herstellung von Kunststoffen und zur

Pilotanlagen CarbonDemonstration

CarbonDemonstration sieht Pilotanlagen in Leuna und NRW vor. Diese sollen einen wichtigen Beitrag zu einer emissionsarmen Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft leisten. Kohlenstoffträger wie Plastikmüll werden dabei nicht verfeuert, sondern zusammen mit Braunkohle oder Biomasse vergast und somit stofflich genutzt. Es entstehen Synthesegase, die – bisher aus Erdöl und Erdgas gewonnen – ein wertvoller Rohstoff für die chemische Industrie sind. Für die Synthesegaserzeugung können dabei Kunststoffabfälle und andere Kohlenstoffträger verarbeitet werden. Genutzt werden kann dabei auch Braunkohle als heimischer Rohstoff, dessen Preisstellung nicht von politischen Gegebenheiten abhängt. Die stoffliche Nutzung der Braunkohle wird bei Ölpreisen größer als 80 USD/Barrel wirtschaftlich. In Leuna erfolgt z.B. die für den Prozess notwendige Versorgung mit Wasserstoff und Sauerstoff durch die ebenfalls dort entstehende Elektrolyseplattform: Diese Elemente werden mittels Elektrolyse mit Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt. So wird eine CO_2-neutrale Nutzung von Kohlenstoffträgern möglich. Die Pilotanlage in Leuna soll nach einer Planungsphase ab 2021 errichtet werden und 2024 in Betrieb gehen.

Erzeugung besonders energiereicher Kraftstoffe unverzichtbar ist. Bisher wird Kohlenstoff aus fossilen Rohstoffquellen wie Erdöl und Erdgas gewonnen. Die damit über den Lebenszyklus entstehenden CO_2-Emissionen müssen zum Erreichen der Klimaziele reduziert werden. Chemie 4.0 setzt auf andere Rohstoffquellen, beispielsweise Kunststoffabfälle, und schließt am Ende des Lebenszyklus eines Produkts den Kohlenstoffkreislauf, indem Kohlenstoff nicht unter Freisetzung von Emissionen verbrannt, sondern stofflich genutzt wird. Mit der Pilotanlage CarbonTrans sowie zentralen und dezentralen Anlagen zur Gewinnung von Huminsäure und Treibstoffen möchte die Fraunhofer-Gesellschaft diesen Prozess im Pilotmaßstab umsetzen und so vielfältige Pilotprojekte der Chemie 4.0 etablieren. Die Vorteile:

- Statt Öl und Gas werden regional verfügbare Kohlenstoffquellen genutzt, etwa Plastikmüll oder Biomasse-Reststoffe.
- Der für den Vergasungsprozess benötigte Wasserstoff wird nicht aus fossilen Rohstoffen gewonnen, sondern ist Grüner Wasserstoff, der mittels Elektrolyse mit Strom aus erneuerbaren Energien entsteht. Auch CO_2 aus Biogas und Abgas kann zur Kohlenstoffquelle werden.
- Die produzierten Synthesegase sind wichtige Ausgangsstoffe für die chemische Industrie und können direkt von den Unternehmen vor Ort zu neuen Produkten weiterverarbeitet werden.

Voraussetzung für die klimafreundliche Nutzung regional verfügbarer Kohlenstoffquellen ist die strombasierte Wasserstofftechnik. Auch hierzu laufen unter im Rahmen des Fraunhofer-Leistungszentrums Chemie- und Biosystemtechnik bereits zahlreiche Projekte, eng verknüpft mit dem Zwanzig20-Projekt HYPOS. Viele Unternehmen aus dem mitteldeutschen Chemiedreieck unterstützen diese Aktivitäten.

NEUE WERTSCHÖPFUNG

Chemie 4.0 eröffnet einen Transformationspfad zu zirkulärer Kohlenstoffwirtschaft und geringen CO_2-Emissionen, bei dem die Primärressourcen Öl und Gas zunächst schrittweise durch alternative, regional verfügbare Rohstoffquellen ergänzt und später substituiert werden. Die chemische und metallurgische Industrie in Deutschland hat derzeit einen Bedarf von etwa 25 Millionen Tonnen Kohlenstoff pro Jahr. Alleine 13 Millionen Tonnen – mit steigender Tendenz – lassen sich aus sekundären Kohlenstoffquellen (nicht stofflich verwertbare Restabfälle) gewinnen. Aus der heimischen Braunkohle werden derzeit jährlich ca. 46 Millionen Tonnen Kohlenstoff genutzt. Sie bietet – bei stofflicher Nutzung statt Verstromung – somit ein signifikantes Reservoir als primäre Kohlenstoffquelle, die klimafreundlich genutzt werden kann.
Bei erfolgreicher Etablierung der Chemie 4.0 entstehen neue Wertschöpfungsketten:

Zwanzig20-Projekt HYPOS

HYPOS ist eines der zehn Innovationsprojekte der vom BMBF ins Leben gerufenen Förderinitiative »Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation«. Ziel des Vorhabens ist die Herstellung, Speicherung, Verteilung und breite Anwendung von Grünem Wasserstoff in den Bereichen Chemieindustrie, Raffinerie, Mobilität und Energieversorgung. Grüner Wasserstoff wird nicht aus fossilen Rohstoffen gewonnen, sondern mittels Elektrolyse, wobei Strom aus Erneuerbaren Energien zum Einsatz kommt. Der durch die Umsetzung der Energiewende steigende Anteil des Stroms aus Windkraft- und Solaranlagen lässt sich ideal zur wirtschaftlichen Wasserstoffproduktion und Anwendung in den verschiedenen Sektoren verwenden. So wird grüner Strom grundlastfähig und kann bedarfsgerecht genutzt werden. Im mitteldeutschen Chemiedreieck wird sowohl die Großelektrolyse in Dimensionen nahe am Industriebedarf und integriert ins Netz eines Chemieparks (Elektrolyseplattform Leuna) als auch die Speicherung von Wasserstoff in einer Großkaverne (Salzstöcke im Raum Teutschenthal/ Bad Lauchstädt) erprobt. Mehr als 100 Partner sind am HYPOS-Konsortium beteiligt.

- Bereitstellung von Strom aus Photovoltaik und Windkraft mit der Direkteinspeisung für Elektrolysen
- Herstellung von Grünem Wasserstoff mittels Elektrolyse und Speicherung in Gaskavernen
- Entwicklung von Kunststoffen (und deren Verarbeitungstechnologien), die am Ende ihres Lebenszyklus dem stofflichen Recycling zur Schließung des Kohlenstoffkreislaufes zugänglich sind
- Entwicklung von Technologien zur stofflichen Nutzung des Kohlenstoffes in Kunststoffabfällen und zur Gewinnung von Wertstoffen aus kohlenstoffhaltigen Reststoffen (z. B. Klärschlamm)
- Bereitstellen von Synthesegas, das aus nicht-fossilen Kohlenstoffträgern und Grünem Wasserstoff gewonnen wird, als CO_2-freier Rohstoff
- Bereitstellen von Produkten auf Basis von Biomasse und Braunkohle
- regionale Innovationsnetzwerke zur Verwertung und Vermarktung

DIE BRAUNKOHLEREVIERE ALS KOOPERATIVES ZUKUNFTSMODELL

Das Fraunhofer-Reviernetzwerk mit seinen regionalen Partnern ist ein starker Verbund, um den Strukturwandel in den Kohlerevieren mit zukunftsfähigen Nachfolgetechnologien und passenden Geschäftsmodellen zu gestalten. Langjährige Erfahrung in Technologieentwicklung und der gemeinsame Wille, neue Kompetenzen und Geschäftsfelder aufzubauen und dabei voneinander zu lernen, macht die Kooperation von Strukturwandelregionen so attraktiv.
Mit der gebündelten Kompetenz der beteiligten Fraunhofer-Einrichtungen inklusive ihrer Pilot- und Demoanlagen in Mitteldeutschland, der Lausitz und in Nordrhein-Westfalen, der regionalen Hochschulen und Universitäten sowie den kooperierenden Unternehmen werden Anforderungen an die anwendungsorientierte Entwicklung neuer Technologien abgeleitet und die beteiligten Partner bei deren Implementierung bis hin zur Marktreife unterstützt. Eine erfolgreiche Etablierung der Kohlenstoffkreislaufwirtschaft im Rahmen von Chemie 4.0 ermöglicht zukünftiges Wachstum, hochwertige Arbeitsplätze und die effiziente sowie klimafreundliche Nutzung regional verfügbarer Ressourcen. Kooperierende Braunkohlereviere werden so zu einer Blaupause für die nachhaltige Transformation der Prozessindustrie in Deutschland und Europa. Im Fraunhofer-Cluster of Excellence »Circular Plastics Economy« wird ab 2018 erstmals am Beispiel Kunststoff erforscht, wie eine gesamte Wertschöpfungskette unter Prinzipien der Circular Economy gestaltet werden muss. Die Entwicklung neuer zirkulärer Kunststoffe, Additive und Compounds mit optimaler Rezyklierbarkeit und schaltbarer Abbaubarkeit soll in 8 bis 15 Jahren zur Wettbewerbsfähigkeit der neuen Produkte führen. Im Projekt Carbon2Chem wird seit 2016 daran gearbeitet, CO_2 als Abfallprodukt aus der Stahlerzeugung mittels Erneuerbarer Energien als Rohstoffquelle für die Chemieindustrie zu erschließen.

Die Initiative »Kohlenstoffketten IK²« setzt beispielsweise folgende Projekte um:

Zirkuläre Kohlenstoffwirtschaft real – Das BMBF-Projekt Carbon2Chem®

Der Weg zu einer klimafreundlichen Industrie ist nur durch die Zusammenarbeit von Partnern aus verschiedenen Branchen zu meistern. Ein Beispiel für eine solche cross-industrielle Kooperation ist der bislang einzigartige Verbund aus Stahlindustrie, Energiewirtschaft und Chemischer Industrie im Projekt Carbon2Chem®. Unter gemeinsamer Koordination von Fraunhofer UMSICHT, der thyssenkrupp AG und dem Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion werden Lösungen entwickelt, um die Prozessgase aus der Stahlproduktion in chemische Grundstoffe umzuwandeln – insbesondere den darin enthaltenen Kohlenstoff, der heute noch in großen Mengen als Kohlendioxid freigesetzt wird. Diese Prozesskopplung soll auf andere emissionsreiche Industriezweige übertragbar sein und so den Energieeinsatz des produzierenden Gewerbes weiter spürbar reduzieren sowie den Ausstoß von klimaschädlichen Gasen signifikant senken. Das Gesamtvorhaben ist auf einen Zeitraum von 10 Jahren ausgelegt und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

- IK² Reviernetzwerk: Forschungsthemen zur qualitativen und quantitativen Erfassung einheimischer Kohlenstoffquellen und zur Gewinnung kohlenstoffhaltiger Produkte
- IK² CarbonTrans: Technologieentwicklung zur Umwandlung von Braunkohle und Restabfällen zu Synthesegas als Rohstoff für die Synthesechemie
- IK² CarbonDemonstration: technologische und logistische Lösungen, die an verschiedene Standorte angepasst werden können, mit Fokus auf die Demonstration einer innovativen Synthesegaserzeugung und -nutzung im Zusammenspiel der Einzelprozesse einschließlich des späteren Nachweises der vollständigen Emissionsfreiheit
- IK² CarbonConvert: Innovations- und Technologiedemonstrationszentrum NRW zur Erforschung und Entwicklung von zentralen und dezentralen Technologien für eine zirkuläre Kohlenstoffnutzung, die regional und international das Angebotsportfolio ergänzen und flexibilisieren.

Vorteile der Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft

Ökonomisch:
- sichert Wachstum und Beschäftigung der energieintensiven Chemie- und Stahlindustrie
- schafft hochwertige Arbeitsplätze durch technologische Innovation
- ermöglicht Wirtschaftlichkeit der Basischemie in einem schwierigen Umfeld des globalen Wettbewerbs
- vertieft Wertschöpfung branchenübergreifend und mit Spezialprodukten

Ökologisch:
- senkt CO_2-Emissionen bei der industriellen Chemieproduktion
- erschließt Kunststoffabfälle als Rohstoffquelle für die Chemieindustrie
- nutzt erneuerbare Energie und erneuerbare Biomasse mit hoher Wertschöpfung

Sozial:
- sichert regionale Beschäftigung
- ermöglicht Strukturwandel statt Strukturbruch

INITIATIVE »KOHLENSTOFFKETTEN IK²«

Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS
Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn
(Sprecher Fraunhofer-Reviernetzwerk IK²)
ralf.b.wehrspohn@imws.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer
bernd.meyer@imws.fraunhofer.de

Center for Economics of Materials CEM
PD Dr. Christian Growitsch
christian.growitsch@imws.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner
eckhard.weidner@umsicht.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Görge Deerberg
goerge.deerberg@umsicht.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP
Prof. Dr. Alexander Böker
alexander.boeker@iap.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
Prof. Dr.-Ing. Welf-Guntram Drossel
welf-guntram.drossel@iwu.fraunhofer.de

Fraunhofer-Forschungszentrum für textile Strukturen IWU-STEX
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Prof. Lothar Kroll
lothar.kroll@iwu.fraunhofer.de

Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
Prof. Dr. rer. nat Alexander Michaelis
alexander.michaelis@ikts.fraunhofer.de

WWW.CARBONDEMONSTRATION.DE

© Fraunhofer, August 2018

Fraunhofer IMWS | Fraunhofer IAP | Fraunhofer IWU | Fraunhofer IKTS | Fraunhofer UMSICHT