

# INITIATIVE KOHLENSTOFFKETTEN IK<sup>2</sup> FÜR EINE NACHHALTIGE ZUKUNFT DER BRAUNKOHLE





## Kohlenstoff

Kohlenstoff ist ein essentielles Element der Volkswirtschaft und unseres täglichen Lebens. Produkte der chemischen Industrie, der Werkstofftechnik und anderer Bereiche der verarbeitenden Wirtschaft basieren auf Kohlenstoff und seinen Verbindungen. Um die damit verbundene hohe Wertschöpfung im Land zu erhalten und das von Industrie 4.0 geforderte Innovationspotenzial kohlenstoffbasierter Produkte in der Chemie, im Leichtbau oder bei Funktionswerkstoffen durch entsprechende Entwicklungen ausschöpfen zu können, müssen die erforderlichen Kohlenstoffquellen auch zukünftig sicher, kostengünstig und in ausreichendem Umfang bereitgestellt werden. Gleichzeitig besteht das gesellschaftliche Ziel einer massiven Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dazu wird ein signifikanter Beitrag geleistet, wenn die kohlenstoffhaltigen Produkte am Ende ihres Lebenszyklus nicht verbrannt, sondern in den volkswirtschaftlichen Kohlenstoffkreislauf zurückgeführt werden.

### Heimische Kohlenstoffquellen

Die wichtigste heimische, primäre Kohlenstoffquelle ist die Braunkohle, von der zurzeit jährlich ca. 46 Mio. t Kohlenstoff genutzt werden. Für deren zukünftigen Einsatz ist ein Paradigmenwechsel von der emissionsbelasteten energetischen zur emissionsarmen stofflichen Nutzung erforderlich. Zusätzliche sekundäre Kohlenstoffquellen ergeben sich aus nicht stofflich verwertbaren Restabfällen wie Mischkunststoffabfällen, Siedlungsabfällen, Ersatzbrennstoffen, Shredderleichtfraktionen des Automobilrecyclings, Abfällen der Biomassennutzung und Klärschlamm mit jährlich bis zu 13 Mio. t Kohlenstoff – Tendenz steigend.

### Kohlenstoffbedarf

Dem gegenüber steht ein Bedarf von jährlich mehr als 25 Mio. t Kohlenstoff vor allem für die chemische und metallurgische Industrie, und zwar für Massenprodukte wie Kunststoffe (Polyethylen, Polypropylen u. a.), organische Chemikalien und Reduktionsmittel sowie für Spezialprodukte wie Schmiermittel, Klebstoffe, Kohlenstoff-Fasern bzw. Verbundwerkstoffe, Aktivkohlen für die Wasser- und Gasreinigung und andere. Der

Kohlenstoffbedarf wird heute in Deutschland hauptsächlich aus importiertem Erdöl und Erdgas für die chemische Industrie und aus Importsteinkohle für die Metallurgie gedeckt.

### CO<sub>2</sub>-reduzierte Kohlenstoffketten

Mit der Initiative Kohlenstoffketten IK<sup>2</sup> wird das Element Kohlenstoff erstmals durchgängig von der Kohlenstoffquelle bis zum chemischen Rohstoff für die CO<sub>2</sub>-reduzierte und im Zielsystem 2050 CO<sub>2</sub>-freie Basis- und Spezialchemie adressiert. Als Kohlenstoffquellen werden dazu alle primären und sekundären heimischen Kohlenstoffquellen einbezogen. In gemeinsamen Wertschöpfungsketten werden sie zur Deckung des Kohlenstoffbedarfs der chemischen bzw. der verarbeitenden Industrie zusammengeführt. Effiziente Konversionstechnologien der stofflichen Braunkohlennutzung können dabei neue Wege für die rohstoffliche Verwertung von kohlenstoffhaltigen Abfällen erschließen, die ohne Kohle als Basisstoff technisch nicht möglich wären. Die Integration der Braunkohlen zur Erzeugung von Kohlenstoff-Produkten ermöglicht die Schließung des technologischen Kohlenstoffkreislaufs für die bisher verbrannten sekundären, heimischen Kohlenstoffquellen. Damit wird erreicht, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Erzeugung von neuen Kunststoffen kurzfristig auf ein niedrigeres Niveau gesenkt werden als die der heutigen, überwiegend auf Erdöl basierenden, Synthesechemie in Kombination mit der Abfallverbrennung. Dies ist schon ab 2025+ durch Sektorkopplung





© iStock/Bernsmann

von Energiewirtschaft, chemischer Industrie und Abfallwirtschaft erreichbar.

### **Vorteilhafte Einkopplung erneuerbarer Energie**

Die weitere schrittweise Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis nahe Null durch Einkopplung von »grünem« Wasserstoff (e-H<sub>2</sub>), der aus erneuerbarem Strom in der Perspektive bis 2050 zur Verfügung stehen wird, ist immanenter Teil des Konzepts. Dadurch, dass der Kohlenstoff – ohne vorherige Verbrennung zu CO<sub>2</sub> – chemisch umgewandelt wird, liegt der Bedarf an e-H<sub>2</sub> bei nur ca. 30 % des Bedarfs für Produkte aus CO<sub>2</sub>-basierten Power-to-X-Prozessen, die Produktkosten dementsprechend bei nur ca. 1/2 bis 1/3. Die kohlenstoffbasierte Produktsynthese bietet darüber hinaus ein nahezu unbegrenztes Potenzial für die chemische Speicherung von erneuerbarer Energie. Die Kohlenstoffketten werden so zu einem idealen Partner der Energiewende.

### **IK<sup>2</sup> für den Strukturwandel in den Braunkohleregionen**

Die Initiative IK<sup>2</sup> schafft die Basis für einen nachhaltigen Strukturwandel in den Braunkohleregionen Lausitz, Mitteldeutschland und Rheinland, wobei Braunkohle als Träger und Grundlage geschlossener Kohlenstoffketten dient. Durch die neue Wertschöpfung der Kohlenstoffkreislaufwirtschaft (Circular Economy) werden technologische Innovationen, aber auch eine betriebswirtschaftliche Stabilisierung des insgesamt zurückgehenden Kohleabbaus erreicht. Volkswirtschaftlich positive Effekte ergeben sich durch die aktive Gestaltung des Strukturwandels, durch die Etablierung von stabilen neuen Clusterstrukturen und den Aufbau zukunftsfähiger Arbeitsplätze. Die Kohleregionen werden zu Pionierregionen auf dem Weg zur Circular Economy.

### **IK<sup>2</sup> für die Reduzierung der Importabhängigkeit**

Die Initiative IK<sup>2</sup> wird einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, dass importierte fossile Rohstoffe, insbesondere Erdöl, in nennenswerter Weise durch heimische Kohlenstoffquellen abgelöst werden können, wodurch eine Erweiterung der deut-

schen Rohstoffbasis ermöglicht wird. Durch Nutzung dieser Kohlenstoffquellen wird außerdem das »carbon leakage«, das heißt die CO<sub>2</sub>-Emissionen der gesamten Produktionskette bis zur Einfuhr nach Deutschland, vermieden.

### **IK<sup>2</sup> als Motor für den internationalen Technologietransfer und für die Lösung eines Weltproblems**

Die mit der Initiative IK<sup>2</sup> zu entwickelnden Prozesse und Technologien haben das Potenzial für den Einsatz in anderen europäischen Partnerländern wie Polen, Tschechien oder Griechenland, deren Stromerzeugung in großem Maße auf heimischen Kohlen basiert. Ein MoU zur Zusammenarbeit auf diesem Themengebiet wurde zwischen Deutschland und Polen anlässlich der Hannover Messe 2017 von den Ministern Gowin und Wanka unterzeichnet. Die Etablierung der entsprechenden Kohlenstoffketten in den deutschen Braunkohleregionen unter Einbeziehung der sekundären Kohlenstoffquellen kann darüber hinaus als Blaupause für verschiedene Regionen der Welt dienen. Ein riesiger Bedarf – und damit Technologieexportmarkt – zeichnet sich in aufsteigenden Ländern mit breiter Kohlenutzung wie China und Indien ab, die kaum über Abfallsammel- und Verwertungssysteme verfügen. Schließlich werden Lösungen entwickelt und demonstriert, die geeignet sind, der gigantischen Vermüllung von Land und Ozeanen durch Kunststoffabfälle entgegenzusteuern.



*Der Kohlenstoff bisher verbrannter Restabfälle wird bei IK<sup>2</sup> genutzt und in den volkswirtschaftlichen Kohlenstoffkreislauf zurückgeführt.*

# IK<sup>2</sup> INITIATIVE KOHLENSTOFFKETTEN FÜR DEN STRUKTURWANDEL BRAUNKOHLE

Die Initiative IK<sup>2</sup>, die unter der Führung der Fraunhofer-Gesellschaft koordiniert wird, führt Wissenschaft, Wirtschaft und Politik für die wissenschaftliche, technologische, betriebs- und volkswirtschaftliche Vorbereitung der Markteinführung neuer, CO<sub>2</sub>-emissionsarmer Kohlenstoffketten für eine energieeffiziente Kohlenstoffkreislaufwirtschaft zusammen. Durch angewandte Forschung bis zum Demonstrationsmaßstab sollen die dafür erforderlichen Prozessketten entwickelt und im Industriemaßstab nachgewiesen werden. Die Innovationen betreffen sowohl die Prozesse und Produkte als auch die Prozessketten. Eine wichtige Rolle spielen die entsprechenden Weichenstellungen durch unterstützende, regulatorische Rahmenbedingungen sowie die Erreichung einer breiten Akzeptanz in der Öffentlichkeit. IK<sup>2</sup> schafft die Basis für die aktive Gestaltung des Strukturwandels in den Braunkohleregionen im Sinne ökologisch und ökonomisch nachhaltiger, zukunftsfähiger Strukturen. Die Initiative IK<sup>2</sup> bündelt Wissen, Erfahrungen und Netzwerkstrukturen in vier tragenden Säulen:

## **IK<sup>2</sup> Fraunhofer-Initiative »Reviernetzwerk«**

Diese Säule bündelt Forschungsthemen zur qualitativen und quantitativen Erfassung einheimischer Kohlenstoffquellen und zur Gewinnung kohlenstoffhaltiger Produkte. Hierzu wurde 2017 das Fraunhofer-Reviernetzwerk Kohlenstoffketten für den Strukturwandel in den Braunkohlenrevieren Rheinland, Lausitz und Mitteldeutschland gebildet, das in ein breit angelegtes Fraunhofer-Forschungscluster münden soll. Im Forschungscluster sollen die Kooperationsstrukturen innerhalb und außerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft entwickelt und Realisierungsstrategien ausgearbeitet werden. Auf Basis von Braunkohle, biogenen und anderen Reststoffen werden Technologierouten unter Einbeziehung von Nieder- und Hochtemperaturprozessen und Einbindung von e-H<sub>2</sub> entwickelt. Zielprodukte sind Basischemikalien für die chemische Industrie wie Methanol oder Olefine, ebenso Spezialprodukte wie preiswerte C-Precursor-Materialien für Carbonfasern und darauf basierende Verbundwerkstoffe.

Die Braunkohleländer Brandenburg, Nordrhein-Westfalen,

Sachsen und Sachsen-Anhalt verfügen über die nötigen Kompetenzen und Netzwerke für die erfolgreiche Etablierung der Kohlenstoffkreislaufwirtschaft. Als Kerninstitute sind die Fraunhofer-Institute IMWS – unter Mitwirkung des Freiburger Universitätsinstituts IEC – sowie UMSICHT, IAP, IKTS und IWU beteiligt. Wissenschaftliches Zentrum und Mitinitiator für die nachhaltige, stoffliche Nutzung der Braunkohle ist das Institut IEC der TU Bergakademie Freiberg. Aus diesem Konsortium heraus kann der dringend erforderliche Markttransfer neuer Technologien unter dem Dach von IK<sup>2</sup> vorgebracht werden. Der Austausch von Wissenschaft und Wirtschaft erfolgt in nationalen und internationalen Netzwerken. Hierzu zählen das Energierohstoff-Netzwerk ERN, das mit BMBF-Unterstützung 2008 gegründete Netzwerk ibi (Innovative Braunkohlenintegration in Mitteldeutschland) – und in dessen Folge die Technologieplattform und das Technologienetzwerk CarbonTrans – sowie das im Aufbau begriffene europäische Netzwerk, beginnend mit den Nachbarländern Polen und Tschechien. Schließlich stehen die langjährigen internationalen Netzwerkstrukturen der International Freiberg Conference on IGCC & XtL Technologies zur Verfügung. Ein zweites wissenschaftliches Zentrum in Deutschland zur Erschließung, Konversion und Nutzung von Kohlenstoff existiert in Nordrhein-Westfalen. Hierzu zählen das interdisziplinäre Research Department »Closed Carbon Cycle Economy« an der Ruhr-Universität Bochum, die neue RWE-Stiftungsprofessur »Carbon Sources and Conversion« an der Ruhr-Universität Bochum, das RWE-Innovationszentrum Kohle am Standort Niederaußem und das Fraunhofer UMSICHT in Oberhausen. Die Landesregierung von Nordrhein-Westfalen unterstützt dieses Netzwerk.

## **IK<sup>2</sup> CarbonTrans**

CarbonTrans beinhaltet die Technologieentwicklung zur Transformation von Braunkohle und Restabfällen zu Synthesegas als Rohstoff für die Synthesechemie. Zielprodukte sind Methanol bzw. Olefine, Alkohole und andere Kohlenwasserstoffe, die z. B. zu Kunststoffen weiterverarbeitet werden können. Der erste Baustein dieser Säule ist die innovative Flexi-Gasification-

Technologie COORVED mit hoher Flexibilität bezüglich Einsatzstoff- und Synthesegasqualität, einschließlich Eintragssystem für Kohle und Abfälle. Federführend vom Institut IEC soll diese Technologie im Demonstrationsmaßstab beginnend ab 2018 vorbereitet und erprobt werden, sodass eine direkte Integration in eine technische Prozesskette ab 2022/23 möglich wird. Die Industriebeteiligung erfolgt durch RWE. Angestrebt wird eine Projektförderung durch das BMBF. Der zweite Baustein ist die Errichtung bzw. Integration der Technologieplattform für die Kohlenstoffkette einschließlich der Fraunhofer-Elektrolyseplattform im technisch relevanten Maßstab. Vorgesehen ist ein Chemiestandort in Sachsen-Anhalt (Leuna), sodass die bereits vorhandene Infrastruktur genutzt werden kann. Möglicher Planungsbeginn ist 2019. Das Fraunhofer IMWS wird die Einbindung der Industrieunternehmen MIBRAG, Linde, InfraLeuna und RWE sowie des Instituts IEC koordinieren. Die Staatsregierung von Sachsen-Anhalt hat beschlossen, den Bau der Technologie-Demonstrationsplattform mit 15 Mio. € zu unterstützen. Bei positiver Nachhaltigkeitsbewertung der gesamten Prozesskette stellt die Fraunhofer-Gesellschaft weitere 15 Mio. € in Aussicht. Die genannte Nachhaltigkeitsstudie wird durch das Institut für Technikfolgenabschätzung am Karlsruher Institut für Technologie KIT in Zusammenarbeit mit dem Institut IEC erstellt.

### **IK<sup>2</sup> CarbonDemonstration**

Für die Schließung von Kohlenstoffkreisläufen sind technologische und logistische Lösungen bereitzustellen, die an verschiedene Standorte angepasst werden können. Der Fokus der dritten Säule liegt auf der Demonstration einer innovativen Synthesegaserzeugung und -nutzung im Zusammenspiel der Einzelprozesse ab 2022/23 einschließlich des späteren Nachweises der vollständigen Emissionsfreiheit. Eine öffentliche Förderung wird im Rahmen des Fonds für den Strukturwandel angestrebt. Federführend ist das Fraunhofer IMWS. Es wird unterstützt durch das Netzwerk CarbonTrans. Zudem erfolgt die Evaluierung neuer Wertschöpfungsketten der Kohlenstoffkreislaufwirtschaft für die Implementierung von Geschäftsmodellen in den Braunkohleregionen. Dabei soll eine

gesamtwirtschaftliche, ökologische und die regulatorischen Rahmenbedingungen und die Akzeptanz erfassende, sektorübergreifende Bewertung von Kohlenstoffketten volks- und betriebswirtschaftlich sowie standortbezogen erfolgen. Beteiligt sind Vertreter aus Braunkohlenindustrie, Abfallwirtschaft, chemischer Industrie und Anlagenbau (RWE, MIBRAG, LEAG, INEOS, Pyral, Kronospan, DSD, REMONDIS, Linde, InfraLeuna). Zudem sind neben den Fraunhofer-Instituten die TU Bergakademie Freiberg und die Hochschule Merseburg eingebunden.

### **IK<sup>2</sup> CarbonConvert**

Die oben beschriebenen Aktivitäten werden durch die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Kohlenstoffnutzung nach zirkulären Prinzipien in einem neu zu errichtenden Technologiedemonstrationszentrum NRW »IK<sup>2</sup> CarbonConvert« komplettiert. Hier werden sowohl zentrale als auch dezentrale Ansätze verfolgt. Mit dezentralen Kohlenstoff-Nutzungstechnologien wird das Angebotsportfolio für den internationalen Markt ergänzt und flexibilisiert. So können unterschiedlich weit integrierte Industriestandorte von Produkten aus Kohlenstoff profitieren, die den Prinzipien einer Circular Economy folgen. Im Einzelnen werden folgende Entwicklungsschwerpunkte bearbeitet:

- Entwicklung und Demonstration dezentraler Lösungen für neue Konversionsverfahren für kohlenstoffhaltige Ausgangsprodukte sowie -mischungen
- Entwicklung von Grundlagen und Technologien für Logistik, Aktivierung und Umsetzung von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) in z. B. Treibstoffe
- Entwicklung und Herstellung nachhaltiger kohlenstoffbasierter Produkte aus kohlenstoffhaltigen Prozessgasen
- Entwicklung von neuen Methoden zur Systemanalyse, zum LifeCycleAssessment sowie zu Partizipations- und Dialogformaten, um Transformationspfade besser steuern zu können

Beteiligt sind Vertreter der Branchen Braunkohle, Energie, Chemie, Anlagenbau sowie Wissenschaftler von mehr als zehn Fakultäten aus dem Research Department Closed Carbon Cycle Economy der Ruhr-Universität Bochum.

## Ein starkes länderübergreifendes Netzwerk

Die wichtigsten deutschen Akteure aus Wirtschaft und Wissenschaft werden in die Initiative Kohlenstoffketten eingebunden und mit leistungsfähigen nationalen und internationalen Partnern vernetzt. Unter dem gemeinsamen Dach wird die Schlagkraft von IK<sup>2</sup> deutlich erhöht. Ein solches breites Fundament ist notwendig, um die anstehenden großen gesellschaftlichen Herausforderungen für eine erfolgreiche Zukunft der Braunkohlereviere zu meistern.

### Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn  
ralf.b.wehrspohn@imws.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Bernd Meyer  
bernd.meyer@iec.tu-freiberg.de

### Fraunhofer Center für Ökonomik der Werkstoffe 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. Göрге 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.MATERIALS-ECONOMICS.DE](http://WWW.MATERIALS-ECONOMICS.DE)

© Fraunhofer, Juni 2018



## Koordinierung und Steuerung

Die Koordinierung und Steuerung der IK<sup>2</sup>-Initiative erfolgt federführend durch die Fraunhofer-Gesellschaft. Unter dem IK<sup>2</sup>-Dach werden optimale Bedingungen für eine intensive Vernetzung und zahlreiche fachliche Verknüpfungen geschaffen. Durch die sektorübergreifende Kompetenzbündelung aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik wird eine tragfähige Plattform geschaffen, um den Strukturwandel in den drei deutschen Braunkohleregiere aktiv zu gestalten. Die Aktivitäten Reviernetzwerk, CarbonTrans und CarbonDemonstration werden federführend durch das Fraunhofer IMWS und das Institut IEC koordiniert. CarbonConvert wird vom Fraunhofer UMSICHT koordiniert.

## Finanzielle Förderung

Die Realisierung der IK<sup>2</sup>-Initiative zur Bereitstellung nachhaltiger Kohlenstoffketten für die Kohlenstoffkreislaufwirtschaft stellt eine nationale Zukunftsaufgabe für den Strukturwandel dar und benötigt eine der Größe der Aufgabe angemessene finanzielle Unterstützung des Bundes und der partizipierenden Länder.