



# **STRUKTURWANDEL: Kohlenstoffbasierte Industrien in Mitteldeutschland auf dem Weg in neue Märkte**

**– Wirtschaftliche Ausgangslage und  
Entwicklungspotentiale**





Basisstudie im Rahmen des STARK-Projekts unter dem Titel: „**Strukturwandel: Kohlenstoffbasierte Industrien in Mitteldeutschland auf dem Weg in neue Märkte - Wirtschaftliche Ausgangslage und Entwicklungspotentiale**“. Die Studie ist in Zusammenarbeit mit dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH und dem Unternehmensberater Arvid Friebe durchgeführt worden. Auftraggeber ist der Forum Rathenau e.V. Der Verein wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

Gefördert durch:



Arvid Friebe  
Projektmanagement – Interimsmanagement  
Betriebsorganisation



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

### **Bibliographische Angaben:**

Herausgeber: Forum Rathenau e.V.  
Veröffentlicht: Erstveröffentlichung (Version 1.0): 18.03.2025  
Überarbeitete Fassung (Version 2.0): 17.07. 2025  
Autor\*innen: Christoph Zeiss, Wuppertal Institut  
Projektteam: Dr. Kerstin Schmidt, Melanie Bitzer, Madita Flohe, Lilli Isabell Förster,  
Helena Tiare Herre, Ludmilla Martens, Thies Schröder  
Kontakt: info@forum-rathenau.de  
Webseite: www.forum-rathenau.de

### **Impressum:**

Forum Rathenau e.V. (Hrsg.)  
Andresenstraße 1A  
06766 Bitterfeld-Wolfen  
Tel.: 03494/6579210

## TEILBERICHT VII



# **Zentrale Aspekte einer aktorsbasierten Diskussion und Umsetzung einer klimaneutralen Kohlenstoffwirtschaft**

# Inhaltsverzeichnis

7.1 Einführung: Akteursbasierte Diskussionen auf dem Weg zu einer klimaneutralen Kohlenstoffwirtschaft .....	5
7.2 Studienauftrag für den Teilbericht VII.....	5
7.3 Methodik und Systemgrenzen .....	5
7.4 Meilensteine der Diskussion zur Kohlenstoffwirtschaft in NRW .....	6
7.4.2 Begleitforschung in der Industrietransformation - Das Projekt SCI4climate.NRW ...	7
7.4.3 Transformation der energieintensiven Grundstoffindustrie - Das Projekt IN4climate.NRW .....	8
7.4.4 Chancen und Hindernisse im Transformationsprozess zur Klimaneutralität - Das Projekt In4climate.RR .....	8
7.5 Das Zukunftslabor Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft.....	11
7.6 Ausblick.....	21
7.7 Literatur .....	24
Abbildungsverzeichnis .....	26
Tabellenverzeichnis.....	26

## **7.1 Einführung: Akteursbasierte Diskussionen auf dem Weg zu einer klimaneutralen Kohlenstoffwirtschaft**

Die Transformation der Industrie zur Klimaneutralität bedarf eines anderen Umgangs mit Kohlenstoff, um Treibhausgasemissionen zu vermeiden. In der Energieumwandlung ist diese Erkenntnis bereits seit Längerem handlungsleitend für eine Vielzahl von Politikfeldern, wie zum Beispiel dem Ausbau der erneuerbaren Energien oder dem Ausstieg aus der Kohlenutzung. Der Umgang mit unvermeidbar anfallenden CO<sub>2</sub>-Mengen aus der Industrie, zum Beispiel im Stahlsektor oder bei der Kalk- und Zementherstellung hat schon vor einigen Jahren zu Überlegungen geführt, wie mit diesen Mengen umgegangen werden soll. In den letzten Jahren ist auch die stoffliche Nutzung von Kohlenstoff zum Beispiel als Grundstoff der Chemieindustrie immer mehr in den Fokus der wissenschaftlichen und politischen Diskussion geraten. Dieses Papier zeichnet zentrale Stränge der Forschung und der Akteursdiskussion in diesen Bereich in den Jahren 2021 bis 2024 in NRW nach und gibt einen spezifischen Blick auf die Einrichtung, Durchführung und Erkenntnisse des Zukunftslabors Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft von IN4climate.NRW im Rheinischen Revier. Ziel ist es, die Erfahrungen zu dokumentieren und für andere Regionen und Akteure nutzbar zu machen.

## **7.2 Studienauftrag für den Teilbericht VII**

Das Wuppertal Institut hat mit dem Zukunftslabor Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft bereits wertvolle Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit regionalen Akteuren zur Transformation hin zu einer klimaneutralen Kohlenstoffwirtschaft im Rheinischen Revier gesammelt. Obwohl die nationalen und europäischen Rahmenbedingungen sowie die Fördergebietskulisse für beide Reviere identisch sind, bestehen dennoch erhebliche Unterschiede in historischer Entwicklung, Akteursstruktur und wirtschaftlicher Ausrichtung. Die Erkenntnisse aus der Arbeit im Rheinischen Revier können jedoch wertvolle Impulse für das Mitteldeutsche Revier liefern. In diesem Zusammenhang sollen zentrale Diskussionen und Entscheidungspunkte, die zur Gründung des Zukunftslabors Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft geführt haben, dargestellt werden. Zudem wird der bisherige Arbeitsprozess skizziert und Lessons Learned aus der Zusammenarbeit mit Unternehmen herausgearbeitet.

## **7.3 Methodik und Systemgrenzen**

Dieser Teilbericht beschreibt die zentralen Diskussions- und Entscheidungspunkte, die eine Rolle in der Auseinandersetzung mit dem Thema nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft in Nordrhein-Westfalen im Rahmen der industriellen Transformation zur Klimaneutralität gespielt haben. Darin enthalten sind die Skizzierung der Arbeitsprozesse der Gremien, insbesondere des Zukunftslabors Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft von In4climate.RR sowie Lessons Learned aus der gemeinsamen Diskussion mit den Unternehmen.

Dieser Teilbericht basiert auf den öffentlich verfügbaren Publikationen der unterschiedlichen Prozesse. Darüber hinaus wurden interne Papiere und Protokolle der einzelnen Prozesse genutzt und teilweise dargestellt, die dem Wuppertal Institut zur Verfügung stehen. Das Wuppertal Institut war und ist in allen in diesem Teilbericht beschriebenen Prozessen seit 2012 aktiv beteiligt. Die dargestellten Prozesse und Themen beziehen sich sowohl auf die nationale Ebene, auf Diskussionen auf Länderebene sowie auf Prozesse und Unternehmen im Rheinischen Revier, die als Anregungen für das Mitteldeutsche Revier dienen können. Der Teilbericht wurde im Zeitraum zwischen Mai 2024 und Februar 2025 erstellt.

## **7.4 Meilensteine der Diskussion zur Kohlenstoffwirtschaft in NRW**

### **7.4.1 Der Klimaschutzplan des Landes NRW**

Ein Blick zurück zeigt den Klimaschutzplan NRW als einen wichtigen Ausgangspunkt für die heutige Diskussionskultur und -struktur im Land NRW zwischen der Landesregierung, den Wirtschaftsakteuren und der Forschung. 2012 hatte das damalige Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen sechs Arbeitsgruppen gestartet, in denen zahlreiche Expertinnen und Experten aus Verbänden sowie Unternehmen, Kommunen, Wissenschaft, Kirchen, Gewerkschaften und weiteren gesellschaftlichen Gruppen Klimaschutzstrategien und -maßnahmen erarbeiten und diskutieren sollten. Diese Arbeitsgruppen wurden durch wissenschaftliche Studien und Szenarien vom Wuppertal Institut und der Prognos AG sowie von der Beteiligungsagentur IFOK unterstützt (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2015). In der Arbeitsgruppe 2 Produzierendes Gewerbe und Industrie wurden mit Industrievertreter\*innen mögliche Maßnahmen zum Klimaschutz, wenn auch damals noch unter dem Ziel der Treibhausgasminde rung von minus 80% bis 2050 ggü. 1990, diskutiert und entwickelt. Diese durchaus kontroverse Diskussion führte aber zur ersten Annäherung der damals noch als gegensätzlich erachteten Ziele Klimaschutz und Erhalt der Industrie in NRW. In dem 2015 erschienenen Klimaschutzplan NRW wurde dann beispielsweise mit der Maßnahme LR-KS2-S14 „Zukunftspfad Low Carbon Technologien in der Industrie“ festgehalten, dass zum Erreichen der Klimaschutzziele Technologiesprünge erforderlich seien und der Einsatz von Low Carbon Technologien beschleunigt werden muss (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2015, S. 97). Die langfristige Wirkung hatte allerdings die Maßnahme LR-KS2-M28 „Low-Carbon-Zentrum“. In dieser Maßnahme wurde ein gemeinsamer Ansatz von Wissenschaft und Wirtschaft zur Impulsgebung für innovative Prozess- und Produktentwicklungen von Low Carbon Technologien und damit zur Standortsicherung der Industrie in NRW beschrieben. Aus dieser gemeinsamen Sicht auf die Herausforderungen aus der Wirtschaft, der Wissenschaft und der Landesregierung hat sich eine Projekt- und Forschungsfamilie entwickelt, die seitdem intensiv an den Fragestellungen der Industrietransformation arbeitet. Dazu gehören die Initiative IN4climate.NRW und das Forschungsprojekt SCI4climate.NRW.

Tabelle 7.1: Maßnahme „Low-Carbon-Zentrum“ aus dem Klimaschutzplan NRW

**Maßnahme LR-KS2-M28 „Low-Carbon-Zentrum“ aus dem Klimaschutzplan NRW**

Um über einen gemeinschaftlichen Ansatz von Wissenschaft und Wirtschaft kontinuierlich Impulse für innovative Prozess- und Produktentwicklungen für Low-Carbon-Technologien zu geben, will die Landesregierung Aktivitäten im Bereich der Industrieforschung, Wissenschaft, Unternehmensorganisation, Kapitalmarkt und Wirtschaft unter dem Dach eines zu gründenden „Low-CarbonZentrums“ (Arbeitstitel) vernetzen. Dafür wird sie entsprechende Partner in der Industrie suchen, um die erforderlichen Voraussetzungen zu schaffen. Ziel ist das gemeinsame Erarbeiten von Lösungsvorschlägen für eine Entwicklung von Low-Carbon-Technologien sowie entsprechenden Organisationen, Business- und Finanzierungsmodellen. Über die intensive Wechselwirkung zwischen Wirtschaft, Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen des Landes kann ein Nukleus für eine virtuelle Ressourcenuniversität entstehen, die kontinuierlich zentrale Impulse für den Austausch untereinander sowie die Einbindung der Themen in Forschung und Lehre gibt. Innerhalb des Zentrums kann ein Exzellenznetzwerk für Unternehmen der Industrie und des Produzierenden Gewerbes etabliert werden, die eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung und Anwendung von Low-Carbon-Technologien befördern, um die Breitenwirkung derartiger Technologien zu erhöhen und gleichzeitig das Image des Landes Nordrhein-Westfalen als innovativer, zukunftsfähiger Industriestandort zu verbessern.

**7.4.2 Begleitforschung in der Industrietransformation - Das Projekt SCI4climate.NRW**

Das Forschungsprojekt SCI4climate.NRW (SCI4Climate.NRW, o. J.) beschäftigt sich mit der wissenschaftlichen Begleitung der Industrietransformation. In der ersten Förderphase 2018 - 2022 hat das Forschungsprojekt in enger Zusammenarbeit mit der Initiative IN4climate.NRW und der energieintensiven Grundstoffindustrie in NRW zu Themen wie Technologien und Infrastrukturen, Produkte und Wertschöpfungsketten, Szenarien und Transformationspfade sowie Rahmenbedingungen geforscht (SCI4climate.NRW, 2023a). Das Projekt wurde vom Wuppertal Institut geleitet, weitere Forschungspartner waren das Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, das Institut der deutschen Wirtschaft (IW Köln), die RWTH Aachen (Lehrstühle für Operations Management OM und Technische Thermodynamik LTT), die VDZ Technology gGmbH (VDZ) und die VDEhBetriebsforschungsinstitut GmbH (BFI). Das Ziel von SCI4climate.NRW 2018-2022 war die wissenschaftliche Betrachtung der Systemherausforderungen, die sich für das Land Nordrhein-Westfalen mit seinem hohen Anteil an Unternehmen der energieintensiven Grundstoffindustrie bei einer Transformation hin zu einer klimaneutralen und zukunftsfähigen Industrie ergeben. Die wissenschaftlichen Arbeiten und erstellten Studien sollten im Dialog mit der Industrie das Wissen um mögliche Pfade und deren Auswirkungen hin zu einer klimaneutralen Industrie erweitern und den Unternehmen und dem Land Informationen zu Handlungsmöglichkeiten liefern. Das Projekt leistete Beiträge für eine branchenübergreifende Forschung für technische, infrastrukturelle oder organisatorische Innovationen. Weitere Beiträge waren die enge Interaktion mit Expert:innen der Industrie, die Bereitstellung interdisziplinärer Kompetenzen und die Vernetzung und Verknüpfung verschiedener relevanter Forschungs- und Analysestränge sowie eine intensive Zusammenarbeit mit dem Innovationsteam und den Arbeitsgruppen aus IN4climate.NRW (SCI4climate.NRW, 2023a). Innerhalb dieser Förderphase wurden eine Reihe von Veröffentlichungen zum Thema

Kohlendioxidwirtschaft erarbeitet und in den Dialogprozess mit IN4climate.NRW eingespeist. Dazu gehört eine Veröffentlichung zu Fragen des Ferntransports von CO<sub>2</sub> (SCI4climate.NRW, 2021c), Themen wie der Einsatz von CCU (Carbon Capture and Utilization) in NRW (SCI4climate.NRW, 2020) und ein Entwurf für eine Infrastrukturgestaltung eines CO<sub>2</sub>-Netzes in NRW auf Basis einer klimaneutralen Industrie (SCI4climate.NRW, 2021a).

In einer zweiten Förderphase ab 2022 forscht SCI4climate mit einer leicht veränderten Partnerkonstellation: Das Wuppertal Institut, das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT), das Institut der deutschen Wirtschaft, die VDZ Technology gGmbH und das VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH (BFI).

### **7.4.3 Transformation der energieintensiven Grundstoffindustrie - Das Projekt IN4climate.NRW**

IN4climate.NRW wurde 2018 von der Landesregierung NRW gegründet, um die Transformation der energieintensiven Grundstoffindustrie in NRW zu unterstützen. IN4climate.NRW und das Forschungsprojekt SCI4climate.NRW wurden gemeinsam erdacht und so strukturiert, dass die zukunftsgerichtete Entwicklung der Grundstoffindustrie sowohl organisatorisch als auch inhaltlich bestmöglich unterstützt werden sollte. In4climate.NRW kann als Netzwerk und intermediärer Akteur aufgefasst werden und war als innovatives Format unter Einbeziehung von Wissenschaft, Politik und Unternehmen gegründet worden (SCI4climate.NRW, 2021b). In4climate.NRW, das inzwischen in die Landesgesellschaft NRW.Energy4Climate integriert wurde, hat sich inzwischen zu einem Thinktank weiterentwickelt. Sie ist weiterhin eine bundesweit einzigartige Plattform für Wissenschaft, Industrie und Politik und veröffentlicht regelmäßig gemeinsam mit Industrieakteuren und Wissenschaft wichtige Impulspapiere für die Landes- und Bundesebene (IN4climate.NRW, o. J.).

Wichtige Veröffentlichungen von In4climate.NRW zum Thema Kohlendioxidwirtschaft sind zum Beispiel ein Impuls für einen nationalen Planungsprozess für eine CO<sub>2</sub>-Transportinfrastruktur (IN4climate.NRW, 2022), ein Papier zu Infrastrukturanforderungen für CO<sub>2</sub> in NRW (IN4climate.NRW, 2021) oder auch einen frühen Diskussionsansatz zur Frage der Definition unvermeidbar anfallender CO<sub>2</sub>Mengen (IN4climate.NRW, 2020).

Die Diskussion zum Thema Kohlendioxidwirtschaft fand in 21 Sitzungen der Arbeitsgruppe Kohlendioxidwirtschaft zwischen 2019 und 2023 statt. Ab 2023 wird die Arbeit in der Fachgruppe Kohlenstoffwirtschaft weitergeführt.

### **7.4.4 Chancen und Hindernisse im Transformationsprozess zur Klimaneutralität - Das Projekt In4climate.RR**

In4climate.RR (IN4climate.RR, o. J.) ist die Weiterentwicklung der erfolgreichen Arbeit von IN4climate.NRW im Rheinischen Revier. Die integrierte Zusammenarbeit von Wissenschaft, Politik und Unternehmen hilft, im Transformationsprozess zur Klimaneutralität Hindernisse und Chancen zu erkennen und konkrete Lösungsvorschläge und Projektideen zu entwickeln. Im Gegensatz zu In4climate.NRW, die sich vor allem mit Unternehmen der Grundstoffindustrie beschäftigen, öffnet sich IN4climate.RR für alle Unternehmen der verschiedenen Wertschöpfungsketten und erarbeitet

Transformationsideen. Ziel von IN4climate.RR ist es, Unternehmen bei Investitionsentscheidungen zu unterstützen.

Heute sind schon bestimmte Entwicklungen hinsichtlich der Klimaneutralität absehbar, die bei Investitionsentscheidungen berücksichtigt werden müssen. Dazu benötigen Unternehmen aber verlässliche Informationen zu den aus heutiger Sicht absehbaren technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen und deren immer noch vorhandenen Unsicherheiten.

Um gemeinsam mit Unternehmen an diesen Fragestellungen zu arbeiten, wurde das Format der Zukunftslabore entwickelt. Zukunftslabore sind thematisch definierte Diskussionsformate, die sich regelmäßig (derzeit einmal pro Quartal) treffen und in denen Akteure aus dem Rheinischen Revier sich zu Themen der Nachhaltigen Kohlenstoffwirtschaft, der Zirkulären Wirtschaft und der industriellen Wasserstoffwirtschaft austauschen (IN4climate.RR, 2025).

Als wegweisendes Projekt der Industrietransformation ist die NRW-Initiative IN4climate.RR vom Bundeswirtschaftsministerium und der Service- und Beratungsstelle Regionale Industrieinitiativen 2023 mit dem Siegel „Ausgezeichnete regionale Industrieinitiative 2023“ ausgezeichnet worden.

Abbildung 7.1 zeigt eine Übersicht über die Formate der Kohlenstoffwirtschaft aus IN4climate.NRW, IN4climate.RR sowie die beiden Projektphasen von SCI4climate.NRW. Daraus ist deutlich ersichtlich, dass die Arbeitsgruppe Kohlendioxidwirtschaft von IN4climate.NRW in Verbindung mit den Forschungsarbeiten von SCI4climate.NRW schon seit 2018 aktiv ist. Wichtige Veröffentlichungen wie Studien zu möglichen und nötigen CO<sub>2</sub>-Infrastrukturen in NRW waren inhaltliche Vorarbeiten zu der ersten Carbon Management Strategie eines Bundeslandes (2021) und bildeten wichtige Vorarbeiten zur aktuellen Diskussion um die nationale Carbon Management Strategie. Deutlich wird auch, dass der Fokus der Diskussion, der zu Beginn vor allem auf der Frage der CO<sub>2</sub>-Abscheidung, Durchleitung und Speicherung lag, sich in den Formaten in Richtung Kohlenstoffwirtschaft weiterentwickelt hat und nun auch die stofflichen Bedarfe mit betrachtet. Ende 2022 wurden zusätzlich noch die Themen Carbon Capture and Utilization / Storage (CCU/CCS) im Transformationsbündnis 2 des Industriepaktes NRW behandelt (NRW.Energy4Climate, o. J.). Der Industriepakt war eine Plattform für die gemeinschaftliche Arbeit an der klimaneutralen Industrezukunft NRW, die als Teil von IN4climate.NRW im Dezember 2022 gegründet wurde und den Fokus über die Grundstoffindustrie hinaus erweiterte. Das Format ist inzwischen in die Fachgruppen von IN4climate.NRW übergegangen.

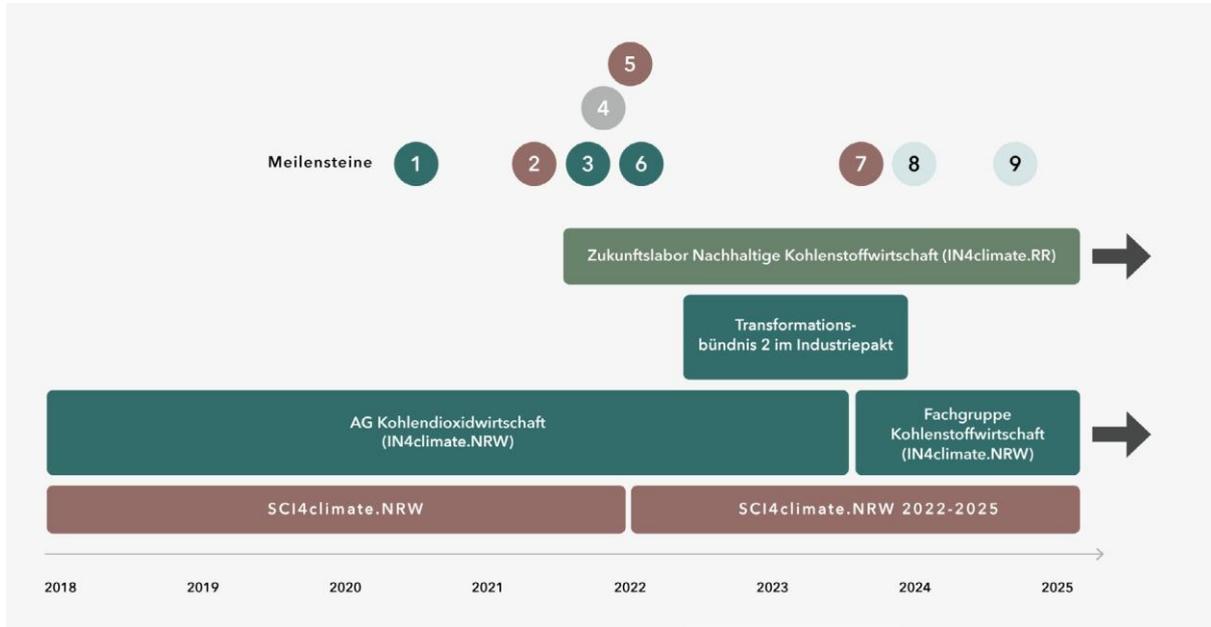


Abb. 7.1: Übersicht über Formate und wichtige Meilensteine der Diskussion zur Kohlenstoffwirtschaft in NRW

1	IN4climate.NRW 2020: Unvermeidbare CO <sub>2</sub> -Entstehung in einer klimaneutralen Grundstoffindustrie NRW: Definition und Kriterien. Ein Diskussionsbeitrag der AG Kohlendioxidwirtschaft von IN4climate.NRW. Gelsenkirchen.	09/2020
2	SCI4climate.NRW 2021: CO <sub>2</sub> -Entstehung der Industrie in einem klimaneutralen NRW, Impuls für eine Infrastrukturgestaltung, Wuppertal	06/2021
3	IN4climate.NRW (Hrsg.) 2021: CO <sub>2</sub> in einer klimaneutralen Grundstoffindustrie: Infrastrukturanforderungen für NRW. Ein Diskussionspapier der Arbeitsgruppe Kohlendioxidwirtschaft. Gelsenkirchen.	10/2021
4	Carbon Management Strategie NRW	10/2021
5	SCI4climate.NRW 2021: Planungs- und zulassungsrechtliche Aspekte für den Ferntransport von Wasserstoff und Kohlendioxid in Deutschland, Oberhausen	11/2021
6	IN4climate.NRW (Hrsg.) 2022: Impuls: Nationaler Planungsprozess für eine CO <sub>2</sub> -Transportinfrastruktur. Diskussionspapier der Initiative IN4climate.NRW. Düsseldorf.	11/2022
7	SCI4climate.NRW 2023: Treinhausgasneutralität bis 2045 - Ein Szenario aus dem Projekt SCI4climate.NRW. Wuppertal Institut & Institut der deutschen Wirtschaft	03/2023
8	Beginn des Stakeholderdialogs zur Carbon Management-Strategie	03/2023
9	Kabinettsbeschluss Carbon Management Strategie des Bundes	08/2024

Legende zur Abb. 7.1: Zuordnung der Meilensteine

## 7.5 Das Zukunftslabor Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft

### Ansatz und Gründung

Erste Überlegungen zur Einrichtung eines Diskussionsformates im Rheinischen Revier zum Thema Kohlenstoff gab es im Jahr 2020. In diesem Jahr wurde das Investitionsgesetz Kohleregionen (InvKG) beschlossen, in dem die Vergabe von Fördermitteln u. A. zur Förderung des wirtschaftlichen Wachstums in den Braunkohlerevieren verankert wurde (InvKG - Investitionsgesetz Kohleregionen, 2020). Dabei lag es nahe, die erfolgreiche Arbeit des Formats IN4climate.NRW in Verbindung mit der Forschung von SCI4climate.NRW in das Rheinische Revier zu übertragen und dort mit regionalen Akteuren konkrete Umsetzungsschritte zur klimaneutralen Transformation zu gehen. Über das damals noch praktizierte Sterneverfahren der ZRR (ZRR - Zukunftsagentur Rheinisches Revier (Hrsg.), o. J.) wurde das gemeinsame Projekt von NRW.Energy4climate und Wuppertal Institut zügig bewertet und schlussendlich im März 2021 bewilligt.

Im Antrag selber waren die Formate der Zukunftslabore definiert. Zum Thema Kohlenstoff wurde ein Zukunftslabor Industrielles CCU und CCS beantragt. In dem Zukunftslabor zum Stand des Antrags Anfang 2021 ging es vor allem noch um prozessbedingt anfallende CO<sub>2</sub>-Mengen und mögliche Nutzungsformen, zum Beispiel eine Kreislaufführung mittels CCU.

Im Laufe des Projektstartes wurde allerdings dieser Ansatz umfassend angepasst. Zum Projektstart führte IN4climate.RR eine interne Stakeholderanalyse im Rheinischen Revier durch, um ein aktuelles Bild zu der Zusammensetzung und der Struktur der Wirtschaftsakteure zu den Themen der Industrietransformation zu bekommen. Insgesamt wurden 408 Akteure identifiziert, die einen inhaltlichen Bezug zu den Themen der drei Zukunftslabore (Zirkuläre Wirtschaft, Industrielle Wasserstoffwirtschaft und Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft) hatten. Die Verteilung der Stakeholder auf die einzelnen Kreise ist in Abbildung 7.2 sichtbar. Es wurden deutlich mehr Unternehmen als andere Akteure identifiziert, die aus Sicht von IN4climate.RR Bedarf an Informationen zur Industrietransformation haben.

### Regionale Verteilung der Stakeholderkategorien, die Kreisen zugeordnet werden konnten

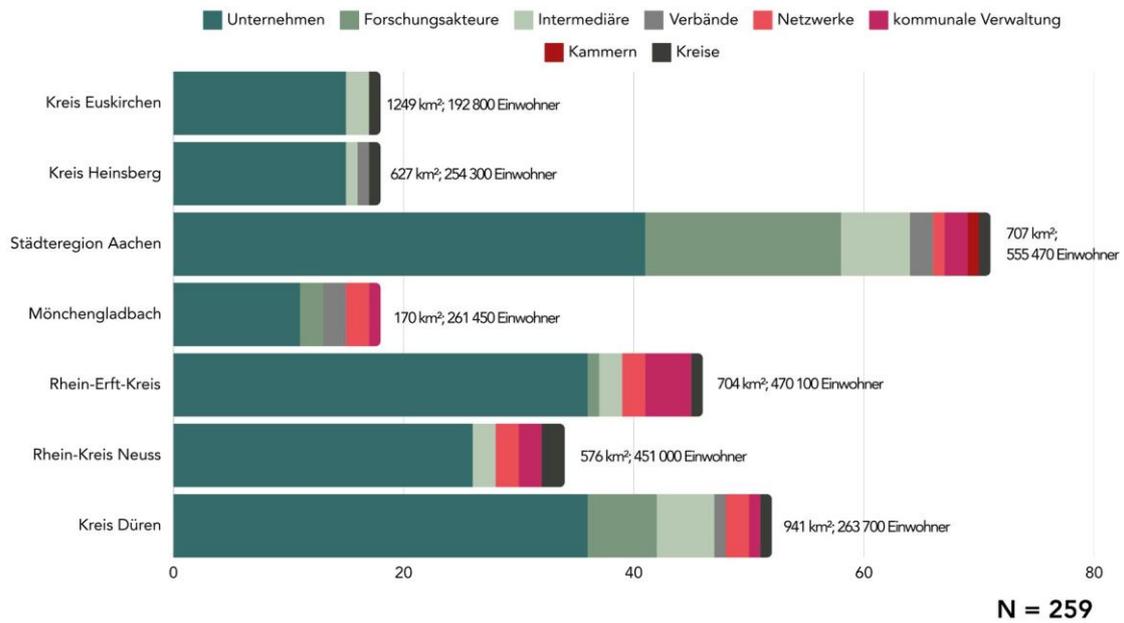


Abb. 7.2: Regionale Verteilung der für IN4climate.RR relevanten Stakeholderkategorien nach Kreisen

In Abbildung 7.3 wird deutlich, dass die Anzahl der identifizierten Unternehmen im Bereich Kohlenstoff höher war als im Bereich Wasserstoff, aber deutlich geringer als im Bereich zirkuläre Wertschöpfung.

### Regionale Verteilung der identifizierten Unternehmen, nach Zukunftslaboren

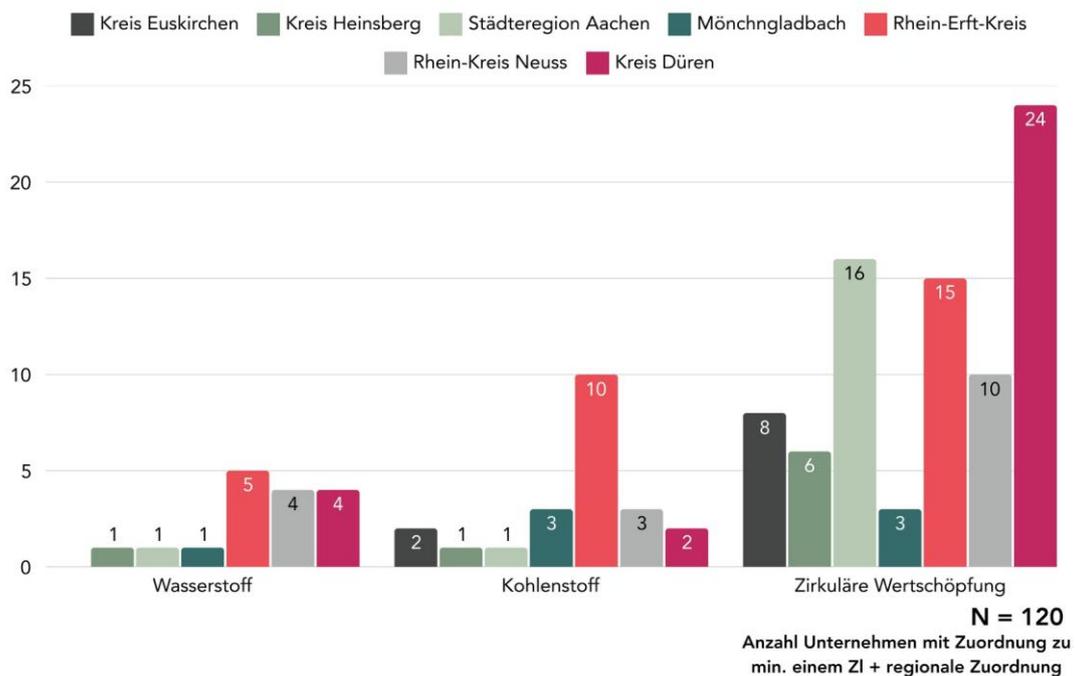


Abb. 7.3: Regionale Verteilung der relevanten Unternehmen aus der internen Stakeholderanalyse

Diese Stakeholderanalyse war für In4climate.RR ein erster Ansatz, um mit regionalen Akteuren ins Gespräch zu kommen. Die identifizierten Stakeholder wurden zu einer Auftaktveranstaltung im Juni 2022 nach Bergheim eingeladen.

## **Auftaktveranstaltung am 22.06.2022 in Bergheim**

In dieser Auftaktveranstaltung ging es darum, mit den anwesenden Akteur:innen eine Idee zu entwickeln, welche Themen zur Kohlenstoffwirtschaft einen konkreten Mehrwert für die Investition in klimaneutrale Wertschöpfung im Revier haben könnten.

Das Projektteam von IN4climate.RR ging mit folgenden Kernthesen in die Diskussion:

- In einer klimaneutralen Industrie 2045 wird es (im Gegensatz zu anderen Regionen in NRW) keine zentralen CO<sub>2</sub>-Punktquellen auf fossiler Basis mehr geben
- Es gibt keine Planungen zu CO<sub>2</sub>-Leitungen durch das Rheinische Revier (OGE, o. J.)<sup>1</sup>
- Es ist ein massiver Bedarf an nicht-fossilem Kohlenstoff für die stoffliche Nutzung und Verarbeitung im Revier absehbar

Dazu wurde die für das Zukunftslabor zentrale Frage gestellt:

- Welche Rolle wird das Rheinische Revier in einer klimaneutralen Kohlenstoffwirtschaft haben?
- Wird Biomasse aus der Landwirtschaft auch für stoffliche Nutzungspfade (z. B. in der Chemieindustrie) bereitgestellt?
- Wird es weitere Produktionsstandorte für Zwischenprodukte auf biogener Basis für die chemische Industrie im Revier geben?
- Ist der Anlagen- und Komponentenbau für die Bereitstellung und Verarbeitung von grünem Kohlenstoff eine Option für das Revier?
- Ist das Revier ein zukünftiger Forschungsstandort nachhaltiger Kohlenstoffverarbeitung und -anwendung?

Aus der Diskussion heraus wurden eine Vielzahl von Ideen und Fragen generiert, die zu ersten Ideen einer Arbeit im Zukunftslabor Kohlenstoffwirtschaft umgearbeitet wurden:

*Tabelle 7.2: Ergebnisse des Workshops vom 22.06.2022 zur Kreislaufführung von Kohlenstoff*

<b>Thema 1: Kreislaufführung von Kohlenstoff als Voraussetzung für die Nutzung von prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Mengen</b>
---

Die Nutzung von CO <sub>2</sub> aus fossilen Quellen (z. B. aus der Zementherstellung) ist nur klimaneutral, wenn der Kohlenstoff im Produkt am Ende des Lebenszyklus nicht in die Atmosphäre gelangen kann.
--

Welche Rolle dabei die Kreislaufführung von Kohlenstoff (neben anderen Optionen) spielen kann und welche Rolle das Rheinische Revier in einer solchen Kreislaufführung führen kann, wäre ein mögliches Themenfeld für ein Zukunftslabor Kohlenstoffwirtschaft.
--

<sup>1</sup> Inzwischen plant OGE mit dem North Sea CO<sub>2</sub> Korridor eine Belgienanbindung des CO<sub>2</sub>-Netzes durch das Rheinische Revier  
<https://oge.net/de/co2/co2-netz>

Am Ende steht eine Darstellung der möglichen Kreislaufwege und -technologien sowie eine Einschätzung von Potentialen für Investitionen im Rheinischen Revier.

Bei diesem Thema überschneiden sich die Bereiche der Zukunftslabore Zirkuläres Wirtschaften und Kohlenstoffwirtschaft, eine gemeinsame Bearbeitung wäre zu überlegen.

*Tabelle 7.3: Ergebnisse des Workshops vom 22.06.2022 zur Rolle und Potential der Biomassenutzung*

**Thema 2: Rolle und Potentiale der Biomassenutzung in einer Kohlenstoffwirtschaft im Rheinischen Revier**

Anbau- und Abfallbiomasse kann in vielen Bereichen der klimaneutralen Gesellschaft eine wichtige Rolle spielen.

Dazu gehört die Lebens- und Futtermittelproduktion, die Bioökonomie, die Strom- und Wärmeerzeugung oder die Realisierung von negativen Emissionen.

Es gibt derzeit keine systemübergreifende Abschätzung, welche Biomassen in welchen Mengen in welchen Pfaden einer klimaneutralen Industrie im Rheinischen Revier genutzt werden können.

In dem Zukunftslabor Kohlenstoffwirtschaft können verschiedene Nutzungsszenarien auf Basis einer Energiesystemmodellierung des Rheinischen Reviers miteinander verglichen und diskutiert werden.

Ergebnis wäre eine gemeinsame Sichtweise, welche Pfade die meisten Wertschöpfungspotentiale für das Rheinische Revier haben könnten und wo sich Investitionen in klimaneutrale Wertschöpfung besonders lohnt.

*Tabelle 7.4: Ergebnisse des Workshops vom 22.06.2022 zu zukünftigen Wertschöpfungsketten*

**Thema 3: Betrachtung zukünftiger Wertschöpfungsketten der Kohlenstoffwirtschaft**

Im Zukunftslabor werden mögliche zukünftige Wertschöpfungsketten einer zukünftigen Kohlenstoffwirtschaft identifiziert.

Diese zukünftigen Wertschöpfungsketten werden schon laufende oder geplante Pilotprojekte zugeordnet und im Rahmen der Forschung von IN4climate.RR genauer beschrieben und analysiert.

Zusätzlich können technologische Insellösungen identifiziert und mit komplexeren Wertschöpfungsketten in Verbindung gebracht werden.

Aus diesen Analysen sollen mögliche Investitionspotentiale und Ideen für Pilotprojekte in den Bereichen generiert werden, die in der Wertschöpfungskette nötig, heute im Revier aber noch nicht vorhanden sind.

*Tabelle 7.5: Ergebnisse des Workshops vom 22.06.2022 zur Analyse vielversprechender Technologien*

**Thema 4: Analyse vielversprechender Technologien und deren Komponenten einer klimaneutralen Industrie**

Aus Klimaschutzszenarien lässt sich ableiten, für welche Technologien in einer klimaneutralen Industrie aus heutiger Sicht ein großes wirtschaftliches Potential zu erwarten ist.

Diese Technologien (zum Beispiel Direct Air Capture) bestehen aus einzelnen Technologiekomponenten, die zum Teil auch schon heute von Unternehmen im Rheinischen Revier hergestellt werden (z. B. Pumpen, Ventilatoren etc.).

Auf Basis einer Technologiekomponentenanalyse können diese Komponenten identifiziert und entsprechende Unternehmen im Rheinischen Revier gesucht werden, die eventuell diesen Zukunftsmarkt noch nicht erkannt haben.

Tabelle 7.6: Ergebnisse des Workshops vom 22.06.2022 zum Matchmaking

<b>Thema 5: Matchmaking. Verbindung von Unternehmen und Organisationen</b>
Für mittelständische Unternehmen ist es personell schwierig, neue Partner oder Geschäftskontakte in dem aufstrebenden Bereich einer klimaneutralen Industrie kennenzulernen.
Die Zukunftslabore könnten anhand der Arbeiten zu den Wertschöpfungsketten mögliche Überschneidungen und potentielle Kooperationen identifizieren und Angebote für ein Matchmaking zwischen verschiedenen Akteuren vorschlagen.
Die Durchführung entsprechender Matchmaking-Angebote wäre aber besser in IN4climate.RR selber als in den Zukunftslaboren angesiedelt.
Zielgruppen wären KMU - KMU, KMU - Venture Capital, KMU - Politik.

## Sitzung am 08.11.2022 in Bergheim

In der ersten Sitzung des Zukunftslabors Kohlenstoff wurde den Teilnehmenden ein Prozessablauf vorgestellt (Abbildung 7.4). Dabei wurde illustriert, welche inhaltlichen Beiträge von IN4climate.RR beigesteuert werden können und an welchen Punkten eine gemeinsame Diskussion neue Ergebnisse bringen kann.

Teilnehmende Institutionen waren:

- Unternehmen: Pfeifer & Langen, Interzero Circular Solutions, Yncoris, Gebr. Eigelshoven, Carbon Service & Consulting, RWE Power
- Institutionen: AGIT, LANUV, Fachverband Biogas, Wald und Holz NRW, ChemCologne, Zweckverband West
- Forschung: Forschungszentrum Jülich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, nova-Institut

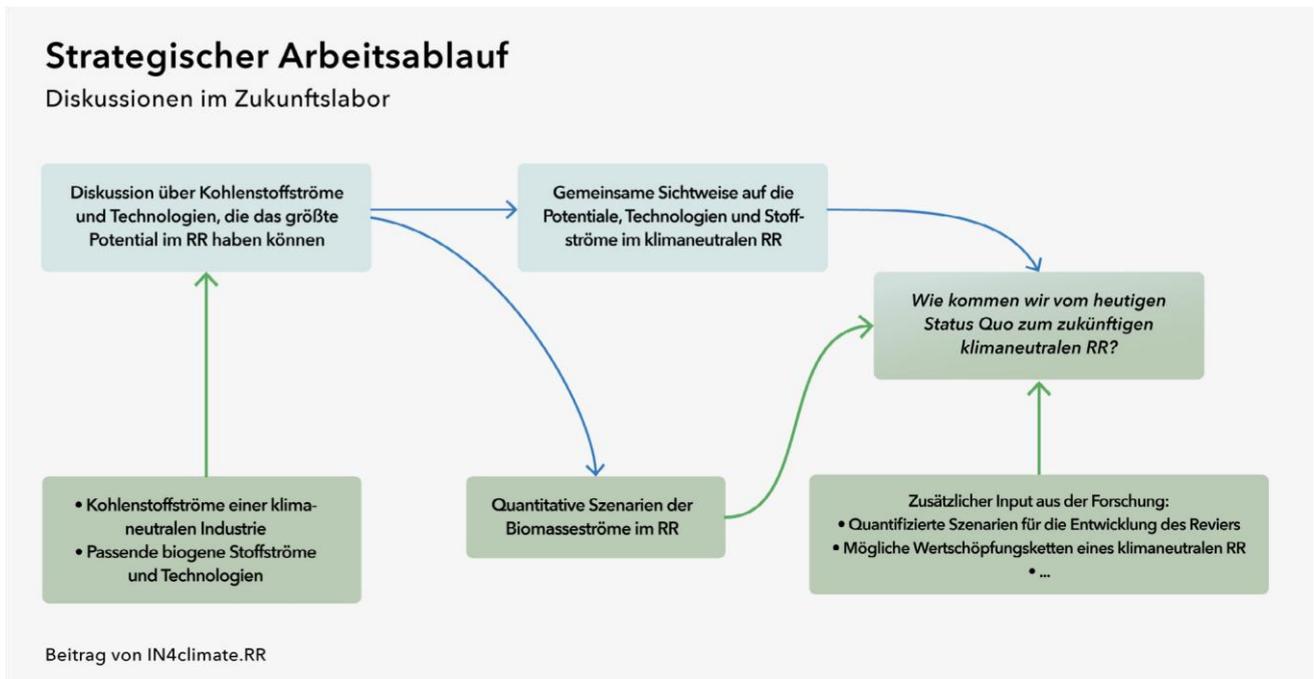


Abb. 7.4: Strategischer Arbeitsablauf des Zukunftslabors Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft vom 08.11.2022

Die Diskussion auf der Auftaktveranstaltung und der ersten Sitzung des Zukunftslabors macht deutlich, dass die Ebene einer Kohlenstoffwirtschaft mit ihren energetischen und stofflichen Komponenten von den Teilnehmenden nur teilweise und immer aus ihrem eigenen Blickwinkel verstanden wurde. Daher wurde beschlossen, die zentralen Pfade einer Kohlenstoffwirtschaft mit großen Veränderungspotentialen zu identifizieren (Abbildung 7.5), inhaltlich aufzubereiten und auf die Bedeutung im Rheinischen Revier hin zu untersuchen.

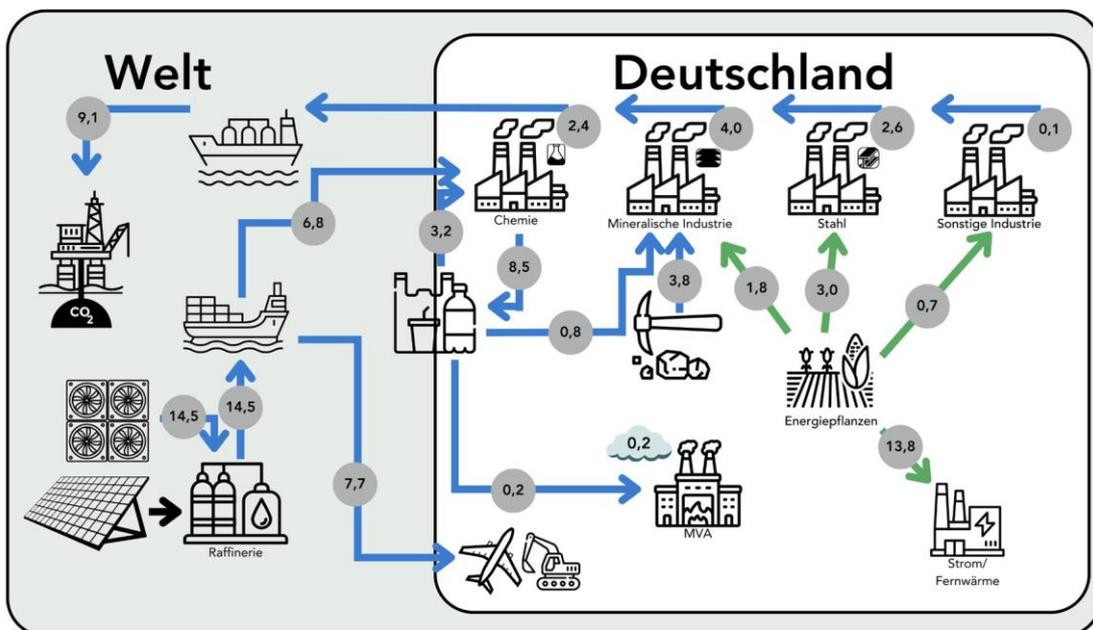


Abb. 7.5: Darstellung eines Kohlenstoffsystems einer klimaneutralen Industrie 2045 in Deutschland aus SCI4climate.NRW 2023a, modifiziert nach Ergebnissen der Sitzung des Zukunftslabors

## Phase 1: Sitzung 2 - 4

Die Arbeit des Zukunftslabors läuft in definierten Phasen ab (siehe Abbildung 7.6). In den Sitzungen der ersten Phase wurden strukturiert die wichtigsten Rohstoffpfade einer klimaneutralen Kohlenstoffwirtschaft durchgearbeitet. Ziel war es, mit den Akteure\*innen ein gemeinsames Verständnis für die systemischen Zusammenhänge zu erarbeiten und konkrete Umsetzungsoptionen im Revier zu identifizieren. In der zweiten Sitzung spielte das gerade erschienene Papier zur Biomassenutzung von NRW.Energy4climate (NRW.Energy4Climate (Hrsg.), 2023) eine zentrale Rolle und wurde hinsichtlich der Berührungspunkte zur Kohlenstoffwirtschaft diskutiert. Zusätzlich wurden ab der zweiten Sitzung Kurzvorträge zu aktuellen politischen Prozessen rund um die Kohlenstoffwirtschaft<sup>2</sup> angeboten, um den Akteuren einen zusätzlichen Anreiz zur Teilnahme zu geben. In der dritten Sitzung wurde das Thema Potentiale biobasierter Rohstoffe durch das nova-Institut und deren praktische Anwendung durch die Firma Pfeifer & Langen vorgestellt und diskutiert. In der vierten Sitzung wurde die Rolle von CCU/CCS im Kohlenstoffkreislauf vorgestellt und konkrete Projekte zur Kohlenstoffumwandlung bei RWE in Niederaußem betrachtet. Die Sitzungen fanden unter anderem bei RWE in Niederaußem und bei Pfeifer & Langen in Elsdorf statt. Dadurch wurde die Einbindung der Unternehmen in das Zukunftslabor gestärkt und es gab Gelegenheit zu Betriebsbesichtigungen.

## Zwischenphase: Akteursbefragung

Nach der vierten Sitzung des Zukunftslabors Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft war es notwendig, die einzelnen teilnehmenden Personen nach ihren Fragen, Wünschen und konkreten Umsetzungsprojekten zu befragen. Dies geschah durch strukturierte Einzelinterviews mit allen Akteur\*innen. Zentrale Fragestellungen waren:

- Welche Probleme und Hindernisse muss Ihre Organisation auf dem Weg der Transformation zur Klimaneutralität erreichen?
- Welche Strategien haben Sie für die Zukunft, um die Transformation im Bereich der Kohlenstoffwirtschaft voranzutreiben?
- Was brauchen Sie, um Ihre Hürden zu überwinden?
- Wie können wir als Koordinationsteam der IN4climate.RR Sie unterstützen? (z. B. Vernetzung zu anderen Akteuren)
- Was erwarten Sie vom ZL NKW? Welches Ziel/Welche Art von Produkt soll die nächste Phase des ZL NKWs haben (z. B. Veröffentlichungen etc.?)

Aus den Einzelgesprächen ergaben sich einige gemeinsame Sichtweisen der Akteure. Als gemeinsame Herausforderungen wurde der möglichst hochwertige Einsatz von Kohlenstoffströmen genannt, dabei wurde die rein thermische Verwertung als ein notwendiger, aber wenig wertschaffender Verwertungsweg gesehen. Zusätzlich wurden die fehlenden Erlösmöglichkeiten von Produkten ohne fossilen Kohlenstoffeinsatz als Hindernis genannt, das über veränderte politische Rahmenbedingungen und Förderungen überwunden werden sollte. Besonders wertvoll wurden Beiträge der anderen Teilnehmenden, die Vernetzung und die konkreten Blicke in Unternehmen durch Werksführungen innerhalb der Sitzungen des Zukunftslabors gesehen. Als weitere Zielprodukte für das Zukunftslabor wurde die Fragestellung,

---

<sup>2</sup> Z. B. ein Vortrag zum Evaluationsbericht des Kohlendioxid-speicherungsgesetzes des Bundeswirtschaftsministeriums

wer welche Biomasse zur Verfügung hat, und die weitere Unterstützung bei der systemübergreifenden Sicht auf eine klimaneutrale Kohlenstoffwirtschaft gesehen.

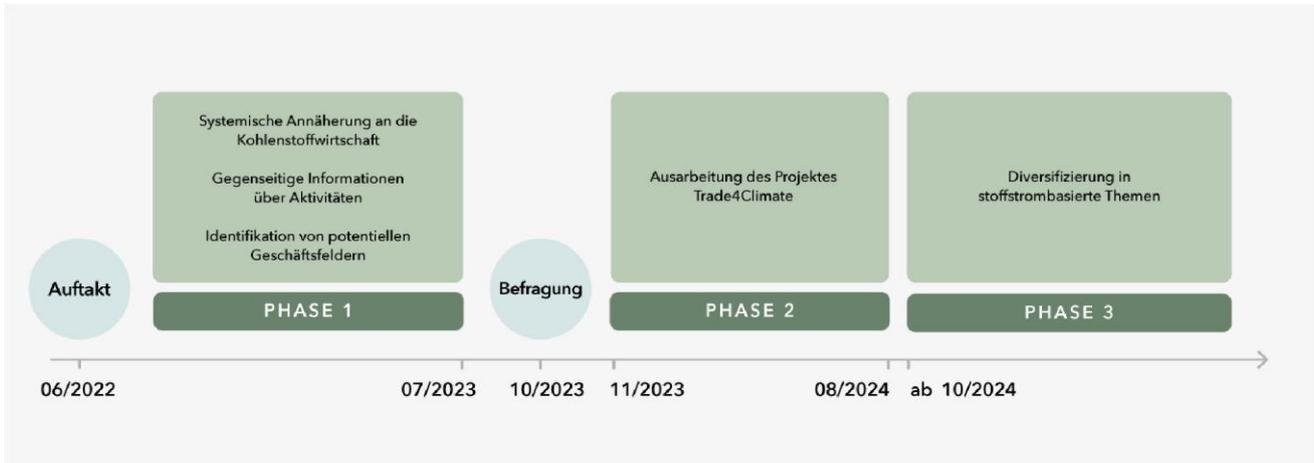


Abb. 7.6: Arbeitsphasen des Zukunftslabors Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft

## Zentrale Erkenntnisse aus der ersten Phase

In der ersten Phase wurde eine Akteursgruppe zusammengestellt, die zentrale Optionen und Herausforderungen einer klimaneutralen Kohlenstoffwirtschaft im Rheinischen Revier identifizieren sollte. Aus der gemeinsamen Arbeit wurden folgende zentrale Erkenntnisse gewonnen:

**Kohlenstoffwirtschaft ist branchenübergreifend und umfasst eine Vielzahl von Akteuren.** Das Element Kohlenstoff ist heute in so vielen Wirtschaftsaktivitäten und Rohstoffpfaden präsent, dass ein übergreifender Blick auf die Kohlenstoffwirtschaft eine sehr große und heterogene Gruppe von Akteuren benötigt, die alle ihre eigene spezielle Sicht auf Teile der Wertschöpfungskette haben.

**Es gibt Überschneidungen zu anderen Themen, die aber die Gesamtheit der Kohlenstoffwirtschaft nicht im Blick haben.** Teilbereiche der Kohlenstoffwirtschaft, wie die Bioökonomie, die Bereitstellung biogener Rohstoffe aus der Landwirtschaft oder die Papierherstellung, arbeiten mit Kohlenstoff und sind von der Transformation zur Klimaneutralität betroffen. Insbesondere im Rheinischen Revier sind diese Bereiche bereits fachlich gut erschlossen und werden von relevanten Akteuren aktiv bearbeitet. Die Zusammenhänge und Abhängigkeiten zukünftiger, klimaneutraler und nachhaltiger Kohlenstoffpfade sind den Akteuren derzeit aber noch nicht in notwendigem Umfang bewusst und spielen so vielfach noch keine Rolle in Investitionsentscheidungen von Unternehmen.

**Die Systemzusammenhänge einer klimaneutralen Kohlenstoffwirtschaft sind hochkomplex, es braucht Zeit und wissenschaftlichen Input, damit Akteure diese Zusammenhänge miteinander diskutieren können.** Akteure haben häufig ihren Blick nur auf ihren Ausschnitt der Kohlenstoffwertschöpfungskette. Dieser auf die eigene Wertschöpfungskette ausgerichtete Blick, ausgehend von der bisher linearen Nutzungsweise von Kohlenstoff, erschwert für einzelne Beteiligte die Erfassung von Potentialen und Hindernissen, die sich durch eine klimaneutrale

Nutzung von Kohlenstoff eröffnen. Um diese komplexen Zusammenhänge zu verstehen und aus der eigenen Sichtweise bewerten zu können, sind Zeit, Dialog und wissenschaftlicher Input notwendig.

**Die breite Aufstellung von Akteuren zur Diskussion des Kohlenstoffsystems erschwert die konkrete Projektumsetzung. Gespräche zu konkreten Projektumsetzungen brauchen Akteure, die gemeinsame Interessen haben und bestenfalls räumlich oder über gemeinsame Stoffströme miteinander verbunden sind.** Die Breite der Kohlenstoffwirtschaft führt dazu, dass viele Akteure so weit in der Wertschöpfungskette voneinander entfernt sind, dass gemeinsame Projekte nicht sinnvoll sind. Nach einer Identifikation der zukünftigen Wertschöpfungsketten ist es daher sinnvoll, Akteure aus der breiten Diskussion herauszuholen und auf Basis kürzerer Wertschöpfungskettenverknüpfungen oder gemeinsamer Stoffströme konkreter Projektideen zu diskutieren.

**Die Auswirkungen der zukünftigen klimaneutralen Kohlenstoffwertschöpfung unterscheidet sich stark für Akteure mit einer direkten und einer indirekten Stoffstrombeziehung.** Akteure mit einer direkten Stoffstrombeziehung sind zum Beispiel Chemieunternehmen, die bisher auf Basis von Rohöl chemische Vorprodukte bezogen haben. Diese Unternehmen müssen alternative Kohlenstoffquellen finden, die Umwandlung in ihre Produkte technisch umsetzen, sie logistisch bewältigen und für ihre Produkte auskömmliche Renditen erwirtschaften. Demgegenüber stehen Unternehmen, die mit diesen Vorprodukten arbeiten und, solange die Stoffeigenschaften sich nicht ändern, lediglich vor der Herausforderung stehen, steigende Vorproduktkosten auf ihre Endkunden umlegen zu können. Dadurch ist der Transformationsdruck auf die Unternehmen sehr unterschiedlich.

## Phase 2: Sitzung 5 - 8

In den Sitzungen 5 - 8 haben die Akteure des Zukunftslabors an einem konkreten Umsetzungsprojekt gearbeitet. Aus der Akteursbefragung ergab sich ein Bedarf nach Informationen zu dem Angebot und der Nachfrage nach Kohlenstoffströmen, da im Verlauf der Transformation in eine klimaneutrale Kohlenstoffwirtschaft dort große Potentiale, aber auch große Unsicherheiten gesehen wurden. Oft lässt sich ein fossiles Ausgangsprodukt nicht eins zu eins durch ein nicht-fossiles ersetzen. Daher stehen viele Unternehmen vor der großen Herausforderung, die eigene Prozesskette auf neue Rohstoffe umzustellen. Da diese neuartigen Rohstoffquellen sehr vielfältig sind und in etablierten Prozessen oft nicht ohne Umwandlungen direkt eingesetzt werden können, ist eine Verknüpfung von Anbieter und Abnehmer nicht trivial. Gleichzeitig ergibt sich auf Grund der absehbar steigenden Nachfrage von nicht-fossilem Kohlenstoff ein neuer Markt für Produkte und Reststoffe, die bisher einer geringeren Wertschöpfung zugeführt wurden.

Daher wurde das Projekt Trade4climate im Zukunftslabor entwickelt, um als Mittler zwischen den Kohlenstoffangeboten und -bedarfen der Industrie im Rheinischen Revier eingesetzt zu werden (IN4climate.RR, 2025). Trade4climate ermöglicht den Mitgliedern, ihre Gesuche und Angebote von Kohlenstoffströmen auf einer Plattform sichtbar zu machen. Gleichzeitig unterstützen die Betreibenden von Trade4climate bei der Vermittlung von passenden Kohlenstoffströmen durch ihr Know-How über Technologien und Prozesswege, um existierende kohlenstoffhaltige Rohstoffe

und Nebenprodukte eines Unternehmens in passende benötigte Ausgangsstoffe eines anderen Unternehmens umzuwandeln.

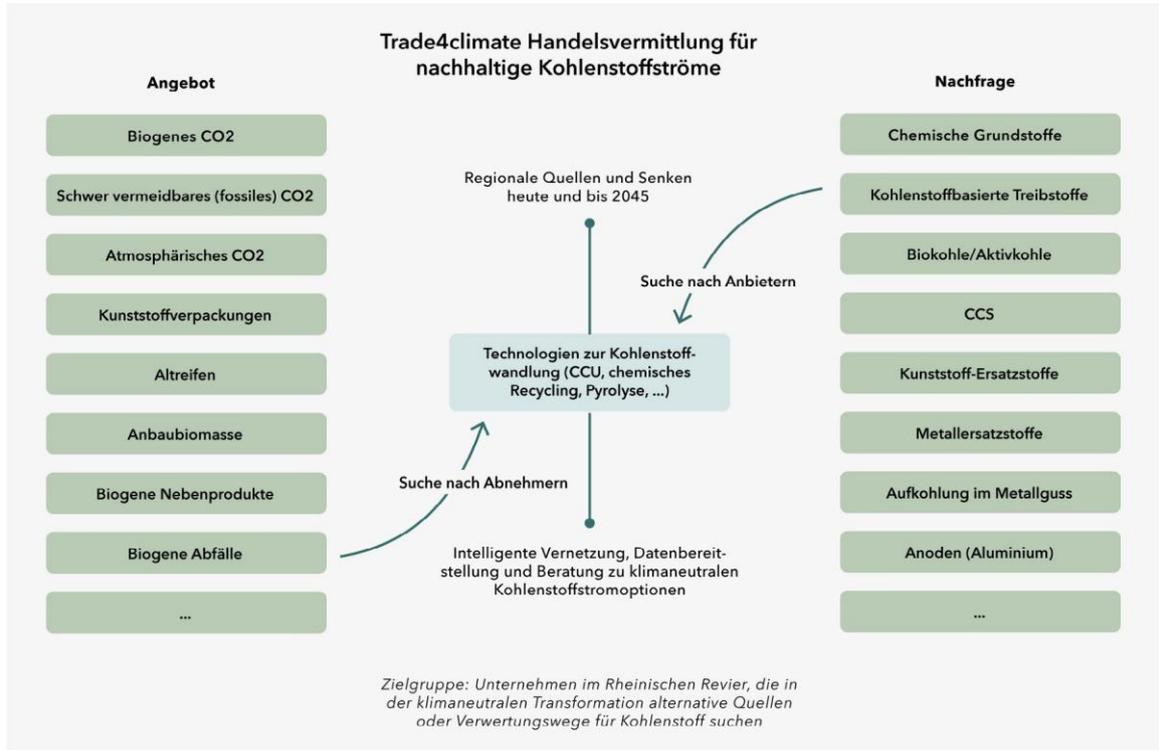


Abb. 7.7: Struktur des Projektvorschlages Trade4Climate

In Abbildung 7.7 wird die Struktur und die Betrachtungsweise von Trade4climate sichtbar (In4climate.RR, 2025). Es geht um die Verknüpfung von unterschiedlichen Kohlenstoffangeboten mit den Bedarfen der Kohlenstoffwirtschaft im Rheinischen Revier. Da sich der Einsatz von Kohlenstoff im Rahmen der Transformation zur Klimaneutralität sehr verändern wird, braucht es einen Vermittler, der diese Ströme verknüpft und auch zukünftig andere Verknüpfungen heute schon mitdenkt und aktiv unterstützt. Um die Attraktivität zur Teilnahme an Trade4climate zu erhöhen, soll eine umfassende Datenbank mit Kohlenstoffangeboten und Nachfragemengen, sowie eine beratende und unterstützende Funktion bei der ESG Berichterstattung Teil der Plattform sein (Abbildung 7.8). Dieser Projektvorschlag wird aktuell mit Akteuren in Nordrhein-Westfalen diskutiert und Möglichkeiten zu einer Umsetzung werden geprüft.



Abb. 7.8: Baukastenprinzip von Trade4Climate

## 7.6 Ausblick

Die Erkenntnisse der ersten Phase zeigen, dass eine weitere Konkretisierung der akteursbasierten Arbeit im Zukunftslabor nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft einen geänderten Ansatz und eine geänderte Zusammensetzung der Akteure erfordert. Die Herausforderung besteht darin, Akteurszusammensetzungen auf Basis von konkreten Stoffströmen oder Wertschöpfungsketten zu ermitteln und daraus Projekte und Allianzen mit direktem Umsetzungspotential zu identifizieren. Inzwischen ist dies auch möglich, da im Zukunftslabor ein umfassender Überblick über die Kohlenstoffwirtschaft erarbeitet wurde, der zur Identifikation solcher Allianzen und zum Start zukunftsweisender Projekte notwendig war. Einerseits wird die Herausforderung der klimaneutralen Kohlenstoffwirtschaft durch Formate wie In4climate.RR oder In4climate.NRW inzwischen besser verstanden. Andererseits hat auch die Politik eine deutliche Entwicklung durchlaufen, wobei die Diskussion zur nationalen Carbon-Management-Strategie ein sehr prominentes Beispiel darstellt. Zusätzlich werden durch die vielen Unternehmenskontakte und -gespräche im Rheinischen Revier die möglichen Ansatzpunkte und Chancen besser verstanden. Daher wurden im Rahmen der Forschungs- und Entwicklungsarbeit vier Themen identifiziert, die in einer veränderten Akteurszusammensetzung in Zukunft im Rahmen des Zukunftslabors weiter vertieft werden sollen:

**CO<sub>2</sub>-Abscheidung an Biogasanlagen:** Viele bestehende Biogasanlagen im Rheinischen Revier und bundesweit stehen vor der Herausforderung, dass die Förderung durch die EEG-Umlage in den kommenden Jahren ausläuft. Dadurch könnte das Geschäftsmodell gefährdet werden und eine für die Transformation wichtige Technologie aufgrund wirtschaftlicher Zwänge vom Markt verschwinden. Dennoch bieten diese Anlagen eine wertvolle Quelle für die Gewinnung von grünem Kohlenstoff, sofern ein neues Geschäftsmodell entwickelt wird. Bei der Aufbereitung von Biogas, das zu etwa gleichen Teilen aus Methan und CO<sub>2</sub> besteht, ist die CO<sub>2</sub>-Abscheidung ein

zentraler Prozessschritt zur Herstellung von Biomethan. Wenn es gelingt, das abgeschiedene CO<sub>2</sub> zu vermarkten und sinnvoll als Rohstoffquelle zu nutzen, können die heute in die Atmosphäre abgegebenen Emissionen reduziert und eine Quelle für grünen Kohlenstoff erschlossen werden. Da dieses CO<sub>2</sub> biogenen Ursprungs ist, besteht zudem die Möglichkeit, negative Emissionen zu erzeugen. Das durch die Abscheidung gereinigte Methan kann industriell genutzt oder als grüner Energieträger an schwer elektrifizierbaren Orten oder solchen mit eingeschränkter Wasserstoffversorgung eingesetzt werden. Somit könnten Biomethananlagen nicht nur wirtschaftlich attraktiver werden, sondern auch einen bedeutenderen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten, indem sie als CO<sub>2</sub>-Senken fungieren und zusätzlich grüne Energieträger bereitstellen. Um diese Ziele zu erreichen, sind neue Partnerschaften notwendig, da die räumliche Nähe von Erzeugung und Nutzung eine effiziente Infrastruktur und Kostenvorteile ermöglicht. Zudem müssen Unternehmen zusammengebracht werden, die heute noch nicht in gemeinsamen Wertschöpfungsketten verbunden sind. Gemeinsam mit relevanten Akteuren soll erörtert werden, welche Modifikationen an bestehenden Anlagen erforderlich sind und wie eine geeignete CO<sub>2</sub>-Infrastruktur gestaltet werden muss, damit grüner Kohlenstoff in Biogasanlagen effizient für die Industrie gewonnen werden kann. Das Zukunftslabor plant daraufhin, Empfehlungen zu erarbeiten, wie diese Infrastruktur optimal gestaltet werden kann, um die Nutzung von grünem Kohlenstoff zu maximieren und negative Emissionen zu erzeugen. Dazu sollen Wirtschaftlichkeitsanalysen für Anlagen unterschiedlicher Größen und Vergleiche verschiedener Abscheidetechnologien durchgeführt werden. Parallel dazu wird ein Pilotprojekt angestrebt, das diese Möglichkeiten in der Praxis untersucht.

**Geschlossene Kreislaufführung von Kohlenstoff aus der Technosphäre:** Die voraussichtlich verfügbaren Mengen an Kohlenstoff aus der Biosphäre und der Atmosphäre werden den Bedarf der heimischen Industrie nicht decken können. Ein Import, der auch in Zukunft notwendig bleibt, birgt Unsicherheiten und bringt keine lokale Wertschöpfung. Dagegen kann die Nutzung von Kohlenstoff, der bereits in der Technosphäre vorhanden ist, diese Abhängigkeit verringern, die Resilienz von Unternehmen und der Region stärken und gleichzeitig eine Grundlage für eine heimische Wertschöpfungskette schaffen. Dieser Kohlenstoff stammt überwiegend aus fossilen Quellen. In einer klimaneutralen Industrie muss dieser Kohlenstoff so genutzt werden, dass die Kreisläufe gegenüber der Atmosphäre geschlossen bleiben oder eventuelle Verluste durch klimaneutralen Kohlenstoff ersetzt werden. Auch im Rheinischen Revier gibt es bereits eine große, unzureichend genutzte Kohlenstoffquelle, die zur Reduzierung unserer fossilen Abhängigkeit beitragen könnte, wenn Produkte aus der Technosphäre im Kreislauf geführt werden. Es gibt bereits einige Beispiele für solche Produktkreisläufe, doch diese sind im Vergleich zu fossilen Wertschöpfungsketten noch nicht wettbewerbsfähig. Um ein Positivbeispiel für das Potential der Kreislaufführung von Kohlenstoff aus der Technosphäre zu schaffen, plant das Zukunftslabor die Bildung eines Konsortiums entlang einer konkreten Wertschöpfungskette, das diese auf eine Kreislaufführung umstellt. Ein Beispiel könnte eine Altreifenpyrolyse sein, die mit der Herstellung von Neureifen und einem Rücknahmesystem gekoppelt wird, um einen geschlossenen, im Revier verankerten Kohlenstoffkreislauf zu realisieren. Beteiligt sein könnten Altreifenverwerter, die chemische Industrie, Anbieter von chemischem Recycling und Startups mit Methoden zur digitalen Produktnachverfolgung. Zunächst soll dieser Kreislauf in Zusammenarbeit mit den Akteuren möglichst detailliert beschrieben und eine Machbarkeitsstudie initiiert werden. Schließlich wird angestrebt, diesen Kreislauf in einem gemeinsamen Projekt mit den Teilnehmenden zu schließen.

**Technischer Einsatz fester Kohlenstoffe:** Mit dem Wegfall der Kohle als Rohstoff verlieren zahlreiche Wirtschaftszweige wie die chemische Industrie, Metallurgie sowie die Elektro- und

Elektromobilitätsindustrie einen strategisch wichtigen, oft unersetzlichen Ausgangs- oder Prozessstoff.

Diese Herausforderung wird in den aktuellen Transformationsbemühungen, insbesondere angesichts der Tatsache, dass pyrolysierte Biomasse (auch Biokohle genannt) für viele Anwendungen noch ungeeignet ist, nicht ausreichend berücksichtigt. Reiner fester Kohlenstoff existiert in verschiedenen Formen, von denen einige als kritische Rohstoffe gelten und für viele Industriezweige und zukünftige Anwendungen nicht substituierbar sind. Ein Beispiel dafür ist Graphit, bei dem eine nahezu vollständige Importabhängigkeit besteht, verbunden mit einer extrem hohen Marktkonzentration. In einer klimaneutralen Industrie muss dieser Rohstoff durch nachhaltige Alternativen ersetzt werden. Biokohle oder Carbon Black aus einfachen Pyrolyseprozessen verfügen jedoch nicht über die erforderlichen Eigenschaften, um beispielsweise als Elektroden oder Reduktionskoks für die Stahlindustrie eingesetzt zu werden, was einen erheblichen Forschungsbedarf nach sich zieht. Um fundiertes Wissen über den technischen Einsatz fester Kohlenstoffe aufzubauen, soll ein Konsortium gegründet werden, das heutige und potenzielle zukünftige Produzenten sowie Abnehmer verschiedener fester Kohlenstoffe umfasst. Ein geeigneter Kommunikationskanal, beispielsweise ein Whitepaper, soll entwickelt werden, um die Relevanz des Themas zu vermitteln. Zudem sind Workshops geplant, um weiteres Wissen zu verbreiten. Dabei ist es unerlässlich, den wichtigen Unterschied zwischen einer Defossilisierung und einer Dekarbonisierung der Industrie hervorzuheben und öffentlich zu kommunizieren. Darüber hinaus sollen im Konsortium alternative Produktionsmethoden identifiziert und Anwendungsbeispiele präsentiert werden, bei denen fester Kohlenstoff in einem Produkt oder Prozess durch eine nachhaltige Quelle ersetzt wurde oder ein geeigneter Ersatzstoff gefunden wurde.

**Konkurrenzsituation biogener Rohstoffe:** Biogene Rohstoffe bieten vielfältige Nutzungsmöglichkeiten, wie es auch in der heutigen Landwirtschaft praktiziert wird. Dabei wird jedoch die Ackerfläche als vorgelagerte Ressource nicht immer optimal genutzt. Dies liegt zum einen an unterschiedlichem Wissen über Ressourcenverbrauch, Energieeffizienz und Wertschöpfungspotentiale entlang der Wertschöpfungskette, zum anderen an den variierenden ökonomischen Interessen der beteiligten Akteure. Das ZL NKW kann bei der Entwicklung einer systemischen Sichtweise mitwirken, die eine fundierte Beurteilung von Prozesspfaden und Projekten ermöglicht. Zwar wurden bereits Strategien zur Nutzung von Biomasse ausgearbeitet, zuletzt in der Nationalen Biomassestrategie (NaBiS) (BMUV, 2022), doch die Umsetzung gestaltet sich schwierig. Oftmals behindern die bestehenden ökonomischen Rahmenbedingungen eine effektivere Umwidmung der Biomasseströme. Die ökonomischen und regulatorischen Rahmenbedingungen, die die Nutzungspfade biogener Rohstoffe bestimmen, werden meist nicht im Rheinischen Revier, sondern häufig auf europäischer Ebene festgelegt. Dennoch kann das ZL NKW den Dialog mit Akteuren im Rheinischen Revier fördern und herausarbeiten, welche Rahmenbedingungen Verhaltensänderungen begünstigen oder behindern und welche Stellschrauben entsprechend angepasst werden sollten. Der Kreis der beteiligten Akteure könnte dabei vor allem die Landwirtschaft sowie potenziell erweiterte Nutzergruppen landwirtschaftlicher Produkte umfassen.

## 7.7 Literatur

BMUV. (2022). *Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS)*. [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Naturschutz/nabis\\_eckpunkte\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nabis_eckpunkte_bf.pdf)

IN4climate.NRW. (o. J.). *Webseite zum Thinktank IN4climate.NRW - NRW.Energy4Climate*. Abgerufen 18. September 2024, von <https://www.energy4climate.nrw/industrie-produktion/in4climatenrw/>

IN4climate.NRW. (2020). *Unvermeidbare CO<sub>2</sub>-Entstehung in einer klimaneutralen Grundstoffindustrie NRW - Definition und Kriterien. Diskussionspapier der Arbeitsgruppe Kohlendioxidwirtschaft*. Gelsenkirchen. [https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse\\_IN4climate.NRW/2020/in4climatenrw-diskussionspapier-unvermeidbare-co2-entstehung-web.pdf](https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_IN4climate.NRW/2020/in4climatenrw-diskussionspapier-unvermeidbare-co2-entstehung-web.pdf)

IN4climate.NRW. (2021). *CO<sub>2</sub> in einer klimaneutralen Grundstoffindustrie: Infrastrukturanforderungen für NRW - Diskussionspapier der Arbeitsgruppe Kohlenstoffdioxidwirtschaft*. Gelsenkirchen. [https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse\\_IN4climate.NRW/2021/in4climatenrw-diskussionspapier-co2-in-klimaneutraler-grundstoffindustrie.pdf](https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_IN4climate.NRW/2021/in4climatenrw-diskussionspapier-co2-in-klimaneutraler-grundstoffindustrie.pdf)

IN4climate.NRW. (2022). *Impuls: Nationaler Planungsprozess für eine CO<sub>2</sub>-Transportinfrastruktur. Diskussionspapier der Initiative IN4climate.NRW*. Düsseldorf. [https://sci4climate.nrw/wp-content/uploads/2023/12/Glasner-et-al.\\_IN4climate.nrw-2022\\_Nationaler-Planungsprozess-fuer-eine-CO2-Transportinfrastruktur.pdf](https://sci4climate.nrw/wp-content/uploads/2023/12/Glasner-et-al._IN4climate.nrw-2022_Nationaler-Planungsprozess-fuer-eine-CO2-Transportinfrastruktur.pdf)

IN4climate.RR. (o. J.). *Webseite Home-IN4climate.RR*. Abgerufen 8. Oktober 2024, von <https://www.rheinisches-revier.nrw/>

IN4climate.RR. (2024). *IN4climate.RR - Projektstand 12/2023*. [https://www.rheinisches-revier.nrw/fileadmin/user\\_upload/IN4climateRR\\_Projektstand122023\\_cr\\_IN4climateRR.pdf](https://www.rheinisches-revier.nrw/fileadmin/user_upload/IN4climateRR_Projektstand122023_cr_IN4climateRR.pdf)

IN4climate.RR. (2025). *Trade4climate: Ein Konzeptpapier des Zukunftslabors Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft des Projektes IN4climate.RR*. IN4climate.RR. [https://www.rheinisches-revier.nrw/fileadmin/user\\_upload/2025\\_Trade4Climate\\_cr-IN4climateRR.pdf](https://www.rheinisches-revier.nrw/fileadmin/user_upload/2025_Trade4Climate_cr-IN4climateRR.pdf)

InvKG - *Investitionsgesetz Kohleregionen* (2020). <https://www.gesetze-im-internet.de/invkg/BJNR179510020.html>

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NordrheinWestfalen. (2015). *Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen-Klimaschutz und Klimafolgenanpassung*. Düsseldorf. [https://www.klimaschutz.nrw.de/fileadmin/Dateien/Download-Dokumente/Broschueren/klimaschutzbericht\\_nrw\\_151201.pdf](https://www.klimaschutz.nrw.de/fileadmin/Dateien/Download-Dokumente/Broschueren/klimaschutzbericht_nrw_151201.pdf)

NRW.Energy4Climate. (o. J.). *Industriepakt-NRW.Energy4Climate*. Abgerufen 18. September 2024, von <https://www.energy4climate.nrw/industrie-produktion/in4climatenrw/industriepakt>

NRW.Energy4Climate (Hrsg.). (2023). *Nachhaltiger Einsatz von Biomasse-Die Rolle von Biomasse in der Energiewende und in einer klimaneutralen Industrie*. Düsseldorf. <https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Industrie-Produktion/Der-nachhaltige-Einsatz-von-Biomasse-cr-nrwenergy4climate.pdf>

OGE. (o. J.). *CO<sub>2</sub>-Transportnetz*. Abgerufen 18. September 2024, von <https://oge.net/de/co2/co2-netz>

SCI4climate.NRW. (o. J.). *Webseite des Projekts SCI4climate.NRW – NRW Science for Climate*. Abgerufen 18. September 2024, von <https://sci4climate.nrw/>

SCI4climate.NRW. (2020). *Einsatz von CCU-Technologien zur Reduktion von Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalens Chemieindustrie – Modellentwurf und Technologiealternativen*. Lehrstuhl für technische Thermodynamik, RWTH Aachen; Energy & Process Systems Engineering, ETH Zürich. [https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse\\_SCI4climate.NRW/Produkte\\_und\\_Wertschoepfungsketten/sci4climate-web-modellentwurf-und-technologiealternativen.pdf](https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_SCI4climate.NRW/Produkte_und_Wertschoepfungsketten/sci4climate-web-modellentwurf-und-technologiealternativen.pdf)

SCI4climate.NRW. (2021a). *CO<sub>2</sub>-Entstehung der Industrie in einem klimaneutralen NRW – Impuls für eine Infrastrukturgestaltung*. [https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse\\_SCI4climate.NRW/Szenarien/2020/co2-entstehung-der-industrie-in-einem-klimaneutralen-nrw-impuls-fu\\_\\_r-eineinfrastrukturgestaltung-cr-sci4climatenrw.pdf](https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_SCI4climate.NRW/Szenarien/2020/co2-entstehung-der-industrie-in-einem-klimaneutralen-nrw-impuls-fu__r-eineinfrastrukturgestaltung-cr-sci4climatenrw.pdf)

SCI4climate.NRW. (2021b). *IN4climate.NRW als „Intermediär“ – Eine empirische Betrachtung der Funktionen von IN4climate.NRW bei der Transformation zur Klimaneutralität der Industrie in Nordrhein-Westfalen*. Institut der deutschen Wirtschaft (IW); Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie. [https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse\\_SCI4climate.NRW/Rahmenbedingungen/sci4climate.nrw-2021-in4climate.nrw-als-intermediaer-cr-sci4climatenrw.pdf](https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_SCI4climate.NRW/Rahmenbedingungen/sci4climate.nrw-2021-in4climate.nrw-als-intermediaer-cr-sci4climatenrw.pdf)

SCI4climate.NRW. (2021c). *Planungs- und zulassungsrechtliche Aspekte für den Ferntransport von Wasserstoff und Kohlendioxid in Deutschland*. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT. [https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse\\_SCI4climate.NRW/Technologie\\_und\\_Infrastrukturen/planungs-und-zulassungsrechtliche-aspekte-fuer-den-ferntransport-von-wasserstoff-undkohlendioxid-in-deutschland-cr-sci4climatenrw.pdf](https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_SCI4climate.NRW/Technologie_und_Infrastrukturen/planungs-und-zulassungsrechtliche-aspekte-fuer-den-ferntransport-von-wasserstoff-undkohlendioxid-in-deutschland-cr-sci4climatenrw.pdf)

SCI4climate.NRW. (2023a). *SCI4climate.NRW 2018-2022: Forschung für eine klimaneutrale und zukunftsfähige Industrie. Abschlussbericht*. Aachen, Düsseldorf, Köln, Oberhausen, Wuppertal. <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/8498>

ZRR – Zukunftsagentur Rheinisches Revier (Hrsg.). (o. J.). *Bewerbungsprozess: Auswahl- und Qualifizierungsphase – Sterneverfahren zur Auswahl der Projektskizzen*. Zukunftsagentur Rheinisches Revier GmbH. Abgerufen 18. September 2024, von <https://www.rheinisches-revier.de/revier-gestalten/wie-bewerbe-ich-michmit-meiner-projektidee/>

## **Abbildungsverzeichnis**

S. 10: Abb. 7.1: Übersicht über Formate und wichtige Meilensteine der Diskussion zur Kohlenstoffwirtschaft in NRW

S. 10: Legende zur Abb. 7.1: Zuordnung der Meilensteine

S. 12: Abb. 7.2: Regionale Verteilung der für IN4climate.RR relevanten Stakeholderkategorien nach Kreisen

S. 12: Abb. 7.3: Regionale Verteilung der relevanten Unternehmen aus der internen Stakeholderanalyse

S. 16: Abb. 7.4: Strategischer Arbeitsablauf des Zukunftslabors Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft vom 08.11.2022

S. 16: Abb. 7.5: Darstellung eines Kohlenstoffsystems einer klimaneutralen Industrie 2045 in Deutschland aus SCI4climate.NRW 2023, modifiziert nach Ergebnissen der Sitzung des Zukunftslabors

S. 18: Abb. 7.6: Arbeitsphasen des Zukunftslabors Nachhaltige Kohlenstoffwirtschaft

S. 20: Abb. 7.7: Struktur des Projektvorschlages Trade4Climate

S. 21: Abb. 7.8: Baukastenprinzip von Trade4Climate

## **Tabellenverzeichnis**

S. 7: Tabelle 7.1: Maßnahme „Low-Carbon-Zentrum“ aus dem Klimaschutzplan NRW

S. 13: Tabelle 7.2: Ergebnisse des Workshops vom 22.06.2022 zur Kreislaufführung von Kohlenstoff

S. 14: Tabelle 7.3: Ergebnisse des Workshops vom 22.06.2022 zur Rolle und Potential der Biomassenutzung

S. 14: Tabelle 7.4: Ergebnisse des Workshops vom 22.06.2022 zu zukünftigen Wertschöpfungsketten

S. 14: Tabelle 7.5: Ergebnisse des Workshops vom 22.06.2022 zur Analyse vielversprechender Technologien

S. 15: Tabelle 7.6: Ergebnisse des Workshops vom 22.06.2022 zum Matchmaking