

Forschungsplan

für das 2. Forschungsintervall von SCI4climate.NRW

Ein Ergebnis der Themenfelder des Forschungsprojektes SCI4climate.NRW

SCI4climate.NRW ist ein vom Land Nordrhein-Westfalen unterstütztes Forschungsprojekt zur Entwicklung einer klimaneutralen und zukunftsfähigen Industrie im Jahr 2050. Das Projekt ist innerhalb der Initiative IN4climate.NRW verankert und repräsentiert die Seite der Wissenschaft. Das Projekt erforscht die technologischen, ökologischen, ökonomischen, institutionellen und (infra-)strukturellen Systemherausforderungen für produzierende Unternehmen in Nordrhein-Westfalen. Ein transdisziplinärer Prozess mit den Partnerinnen und Partnern aus der Industrie und Wissenschaft erarbeitet gemeinsam mögliche Pfade und deren Auswirkungen hin zu einer klimaneutralen Industrie.

Bibliographische Angaben

Herausgeber: SCI4climate.NRW
Veröffentlicht: 14.08.2020
Leitung: Prof. Dr. Stefan Lechtenböhmer, Wuppertal Institut
Koordination: Themenfeld 0 Christoph Zeiss, Wuppertal Institut
BearbeiterInnen: Themenfeld 1 Ulrich Seifert, Fraunhofer UMSICHT
Themenfeld 2 Dr. Balint Simon, RWTH Aachen
Themenfeld 3 Dr. Sascha Samadi, Wuppertal Institut
Themenfeld 4 Dr. Thilo Schaefer, IW Köln
Kontakt: christoph.zeiss@wupperinst.org

Bitte zitieren als: SCI4climate.NRW (Hrsg.) 2020: Forschungsplan für das 2. Forschungsintervall von SCI4climate.NRW, Wuppertal

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	3
1 Übersicht und Einordnung des Forschungsplans	4
2 Ziele von SCI4climate.NRW	5
3 Organisatorische Struktur von SCI4climate.NRW	6
4 Forschungsziele und -inhalte der Themenfelder im 2. Forschungsintervall	8
4.1 Themenfeld 1 Technologien und Infrastrukturen.....	10
4.1.1 Ziele des Themenfelds 1 im Verlauf aller drei Forschungsintervalle	10
4.1.2 Forschungsfragen in Themenfeld 1 und deren Bearbeitung im 2. Forschungsintervall.....	12
4.2 Themenfeld 2 Produkte und Wertschöpfungsketten	15
4.2.1 Ziele des Themenfeldes	15
4.2.2 Forschungsfragen im Themenfeld 2 und deren Bearbeitung im zweiten Forschungsintervall.....	17
4.2.3 Geplante Aktivität in Themenfeld 2 im zweiten Forschungsintervall.....	21
4.3 Themenfeld 3 Szenarien und Transformationspfade	28
4.3.1 Ziele des Themenfeldes im Verlauf aller drei Forschungsintervalle	28
4.3.2 Forschungsfragen in Themenfeld 3 und deren Bearbeitung im zweiten Forschungsintervall	30
4.4 Themenfeld 4 Rahmenbedingungen.....	33
4.4.1 Ziele des Themenfeldes	33
4.4.2 Geplante Aktivitäten in Themenfeld 4 und im zweiten Forschungsintervall.....	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Struktur der Forschungsintervalle von SCI4climate.NRW	4
Abbildung 2: Tätigkeitsschwerpunkte der Projektpartner von SCI4climate.NRW in den Themenfeldern	6
Abbildung 3: Arbeitsstruktur in Themenfeld 2.....	21
Abbildung 4: Zusammenhang zwischen den Forschungsfragen und Aktivitäten im Themenfeld 3 im 2. Forschungsintervall	32
Abbildung 5: Strukturierung der Forschungsaktivitäten des Themenfeldes 4 in zentralen Querschnittsfeldern	35

1 Übersicht und Einordnung des Forschungsplans

SCI4climate.NRW ist ein dialogorientiertes interaktives Forschungsprojekt, das in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen aus der energieintensiven Grundstoffindustrie in Nordrhein-Westfalen Wege hin zu einer treibhausgasneutralen Zukunft untersucht. Da es sich um anwendungsorientierte Forschung handelt die direkt auf eine Transformation der Industrie in Nordrhein-Westfalen einwirken soll ist es im Forschungsprojekt notwendig, auf inhaltliche Impulse von Innen und außen zu reagieren. Daher ist das Forschungsprojekt in drei Forschungsintervalle von jeweils 14 Monaten aufgeteilt, zwischen denen jeweils die Möglichkeit der Neujustierung der Forschungsziele vorgesehen ist (Abbildung 1: Struktur der Forschungsintervalle von SCI4climate.NRW). Das zentrale Instrument zur Neujustierung der Forschungsziele ist der Forschungsplan. Der Forschungsplan benennt die themenfeldspezifischen Forschungsziele für das nächste Forschungsintervall. Die im Rahmen von SCI4climate.NRW untersuchten Themenfelder sind:

- Themenfeld 1: Technologien und Infrastrukturen (federführend: Fraunhofer UMSICHT)
- Themenfeld 2: Produkte und Wertschöpfungsketten (federführend: RWTH Aachen, Lehrstuhl für Operations Management)
- Themenfeld 3: Szenarien und Transformationspfade (federführend: Wuppertal Institut)
- Themenfeld 4: Rahmenbedingungen und Geschäftsmodelle (federführend: IW Köln)

Die im Forschungsplan definierten Forschungsziele wurden im Rahmen einer Statuskonferenz am 13.05.2020 mit IndustrievertreterInnen aus IN4climate.NRW diskutiert. Die Ergebnisse der Diskussion auf der Statuskonferenz wurden von der Wissenschaftlichen Steuerung von SCI4climate.NRW zusammengefasst und bilden die inhaltliche Grundlage für die Feinsteuerung und Anpassung der Arbeiten im nachfolgenden Forschungsintervall.

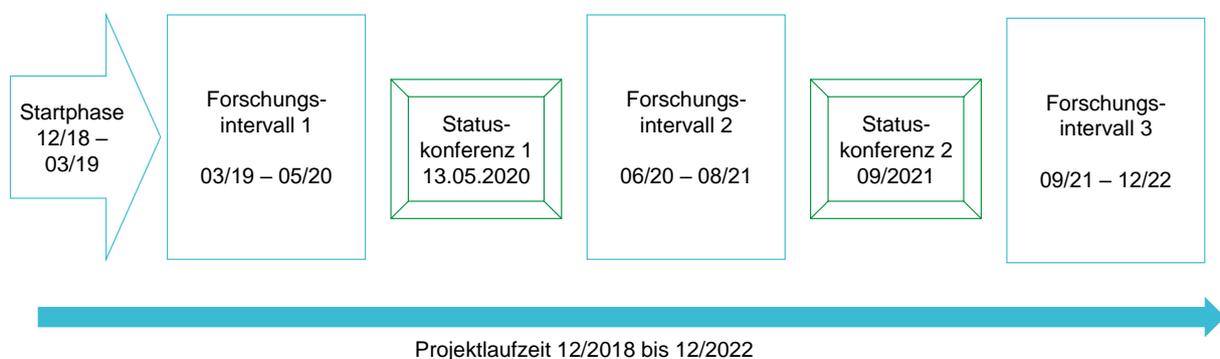


Abbildung 1: Struktur der Forschungsintervalle von SCI4climate.NRW

Kriterien für die Entscheidungsfindung über die strategische Ausrichtung und Feinplanung des nächsten Forschungsintervalls waren:

- Bedarf der Industrie
- Relevanz für (den Industriestandort) NRW
- Beantwortbarkeit der Fragestellung im Zeitraum eines Forschungsintervalls
- Passfähigkeit zu den Zielen des Projekts SCI4climate.NRW
- Wissenschaftlicher Mehrwert/Erkenntnisgewinn

2 Ziele von SCI4climate.NRW

Das Ziel von SCI4climate.NRW ist die wissenschaftliche Betrachtung der Systemherausforderungen, die sich für das Land Nordrhein-Westfalen und die in NRW produzierenden Unternehmen der energieintensiven Grundstoffindustrie bei einer Transformation hin zu einer klimaneutralen und zukunftsfähigen Industrie im Jahr 2050 stellen. Die wissenschaftlichen Arbeiten und die erstellten Studien sollen 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.

SCI4climate.NRW untersucht daher die Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsmöglichkeiten einer klimaneutralen und zukunftsfähigen Grundstoffindustrie in NRW unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit anderen Sektoren in Deutschland und auf internationaler Ebene (dies gilt insbesondere in Bezug auf die Berücksichtigung der Energiesystemtransformation) und der damit verbundenen Voraussetzungen, Herausforderungen, Chancen und Risiken sowie Handlungsoptionen für die verschiedenen Akteursgruppen. Zentral ist dabei neben der rein wissenschaftlichen Perspektive vor allem das Einbeziehen relevanter Forschungsfragen aus Industrie und gesellschaftlichen Gruppen in die Forschungsarbeiten und in den akteursübergreifenden Dialog. Ziele von SCI4climate.NRW sind:

- Das Anstoßen von branchenübergreifender Forschung für technische, infrastrukturelle oder organisatorische Innovationen und damit zusammenhängende Geschäftsideen.
- Die Bereitstellung interdisziplinärer Kompetenzen und die Vernetzung und Verknüpfung verschiedener relevanter Forschungs- und Analysestränge.
- Eine Impulsgebung für die inhaltliche und strategische Ausrichtung und Vernetzung der akademischen Aus- und Fortbildung sowie der Forschung zu den Themen einer klimaneutralen und zukunftsfähigen Grundstoffindustrie an Universitäten und Hochschulen in NRW.

3 Organisatorische Struktur von SCI4climate.NRW

SCI4climate.NRW ist ein Verbund aus insgesamt sechs formal unabhängigen Forschungsvorhaben, die zeitlich parallel laufen und inhaltlich eng aufeinander bezogen sind. Aus dieser förderrechtlichen Konstruktion ergibt sich die in der Abbildung 2 dargestellte Struktur. Horizontal sind die sechs Forschungsvorhaben gekennzeichnet, die jeweils an einen der sechs Forschungspartner vergeben wurden. Die Zusammenarbeit der sechs Vorhaben wird in einem organisatorisch und vier inhaltlich ausgerichteten Themenfeldern organisiert, die vertikal dargestellt sind. Diese sind alle interdisziplinär aufgestellt und zeichnen sich jeweils durch eine spezifische Herangehensweise an die Thematik der Industrietransformation aus. Aus der Kombination der Sichtweisen soll sich im Laufe des Vorhabens ein zunehmend konsistenteres Zukunftsbild einer klimaneutralen und wettbewerbsfähigen Industrie für NRW ergeben.

Das Themenfeld 0 wird vom Wuppertal Institut geleitet. Sein Gegenstand ist zum einen der aktive Dialog mit den Akteuren aus Industrie und Gesellschaft in IN4climate.NRW; hierzu gehört u.a. die Entsendung von zwei Mitarbeitenden in die Geschäftsstelle von IN4climate.NRW. Zum anderen dient dieses Themenfeld der Interaktion und Koordination der Forschungspartner und der Forschungsfelder. In dieses Themenfeld sind zudem die Forschungsbeiträge des BFI und des VDZ integriert.

	Themenfeld 0 Koordination und Steuerung	Themenfeld 1 Technologien und Infrastruktur	Themenfeld 2 Produkte und Wertschöpfungsketten	Themenfeld 3 Szenarien und Transformationspfade	Themenfeld 4 Rahmenbedingungen
Wuppertal Institut	X Federführung	X	X	X	X
Fraunhofer UMSICHT	X Mitarbeit	X			
RWTH Aachen		X	X		
IW Köln				X	X
VDZ	X				
BFI	X				

Abbildung 2: Tätigkeitsschwerpunkte der Projektpartner von SCI4climate.NRW in den Themenfeldern

- Themenfeld 1 wird von Fraunhofer UMSICHT geleitet, wobei insbesondere die RWTH Aachen und das Wuppertal Institut mitarbeiten. Es widmet sich vor allem Technologie- und Innovationsfragestellungen.
- Themenfeld 2 wird von der RWTH Aachen geleitet, das Wuppertal Institut arbeitet mit. Dieses Themenfeld widmet sich der Thematik von der Nachfrageseite und berücksichtigt hierbei insbesondere zirkuläre Wertschöpfungsketten.
- Themenfeld 3 wird vom Wuppertal Institut geleitet, das IW Köln arbeitet mit. Hier werden primär gesamtsystemische Aspekte und die Verbindung zum Energiesystem bearbeitet. Aufgrund seiner Perspektive nimmt das Themenfeld eine inhaltlich verbindende Stellung innerhalb der Forschungsfelder von SCI4climate.NRW ein.

- Themenfeld 4 wird vom IW Köln geleitet, das Wuppertal Institut arbeitet mit. Es beschäftigt sich mit den (politischen) Rahmenbedingungen für eine Transformation der Grundstoffindustrie in NRW.

4 Forschungsziele und -inhalte der Themenfelder im 2. Forschungsintervall

Inhaltlich werden die Arbeiten von SCI4climate.NRW durch das Gesamtziel geleitet, Grundlagen für die Entwicklung hin zu einer klimaneutralen und zukunftsfähigen Grundstoffindustrie in NRW im Sinne der Ziele des Übereinkommens von Paris zu schaffen. Dieses Ziel beschreibt im Grundsatz eine Transformation der heute bestehenden, zentral auf der Nutzung fossilen Kohlenstoffs beruhenden Industrien und Infrastrukturen hin zu solchen, die eine vollständige Klimaneutralität in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts ermöglichen.

Es erscheint zentral und für die Industrie in NRW potenziell überlebenswichtig, mögliche Transformationspfade zu antizipieren und die damit verbundenen Chancen, Nutzen und Risiken abzuwägen und besser handhaben zu können und somit besser auf die zentralen Zukunftsherausforderungen vorbereitet zu sein. Deshalb sollen sich Diskussionen und Analysen im Rahmen von SCI4climate.NRW an mit dem Pariser Klimaschutzziel kompatiblen Emissionsminderungsszenarien orientieren und eine Auseinandersetzung mit entsprechend weitreichenden Veränderungsszenarien ermöglichen. Hierzu gehört es auch, potentielle disruptive (und damit ggf. auch kontroverse) Entwicklungslinien früh zu erkennen und hinsichtlich der mit ihnen verbundenen Chancen und Risiken für das Land und die Unternehmen des Landes zu bewerten.

Die Forschungsziele und -inhalte von SCI4climate.NRW werden in vier interdisziplinären Themenfeldern organisiert, die sich jeweils durch eine spezifische Herangehensweise an die Thematik auszeichnen.

1. Im ersten Forschungsintervall wurden dazu in allen vier Themenfeldern wichtige inhaltliche und organisatorische Grundlagen gelegt und die fachlichen und organisatorischen Schnittstellen zwischen den Themenfeldern definiert und bearbeitet. Dazu gehörten die fachliche Vorbereitung und Einrichtung von Teams zur Zusammenarbeit mit den Akteuren und Formaten von IN4climate.NRW um konkrete Fragestellungen und Herausforderungen näher einzugrenzen und inhaltlich zu lernen.
2. Parallel dazu wurden zentrale methodische Grundlagenarbeiten durchgeführt: Erstellung und Kopplung von Modellen und daraus ableitend die Erarbeitung von Szenarien, Strukturierung von Steckbriefen von Low Carbon Technologien und -infrastrukturen sowie Roadmaps, Übersichten und Steckbriefe zu Politikmaßnahmen, Datenbasen und Ist-Analysen insbesondere im Bereich der Kunststoffe.
3. Außerdem hat es intensive fachliche Zusammenarbeit mit Unternehmen im Rahmen der Formate von IN4climate.NRW gegeben. Hierzu wurde umfangreicher fachlicher Input aufgearbeitet, in die Formate von IN4climate.NRW eingespeist und dort mit Unternehmen diskutiert. Themen waren u.a. Wasserstoff, Kunststoffe/Circular Economy, Kohlenstoffdioxidwirtschaft.
4. Schließlich wurde eine breite Netzwerkarbeit in und außerhalb von NRW betrieben um die fachliche Arbeit von SCI4climate.NRW mit anderen wissenschaftlichen Institutionen, Unternehmen und regionalen Akteuren zu vernetzen. VertreterInnen vom SCI4climate.NRW haben die gemeinsame Arbeit von IN4climate.NRW und SCI4climate.NRW breit vorgestellt, diskutiert und an zahlreichen Hintergrund- und Fachgesprächen teilgenommen und diese teilweise mitgestaltet.

Eine Übersicht über die Ergebnisse und Produkte des ersten Forschungsintervalls liefert der Ergebnisbericht (<https://www.in4climate.nrw/ergebnisse/sci4climatenrw/>).

Im 2. Forschungsintervall werden diese Arbeiten weiter fortgesetzt und insbesondere konkret anhand von möglichen Szenarien noch intensiver diskutiert und dabei die Arbeiten der Themenfelder miteinander vernetzt.

Aus heutiger Sicht ist schon absehbar, dass bestimmte übergreifende Fragestellungen in der politischen Diskussion sein werden, die die Arbeit von SCI4climate.NRW direkt betreffen. Das Forschungsprojekt SCI4climate.NRW ist im Rahmen seiner Themenfelder und seines Forschungsplan gut aufgestellt, zu diesen Fragestellungen Beiträge in die Diskussion zu geben. Solch übergreifende Fragestellungen sind:

Infrastrukturen / Wasserstoff. Welche Infrastrukturaktivitäten in NRW sind robust und welche Übergangstechnologien werden benötigt? Wie kann mit möglichen Lock-in Gefahren umgegangen werden? Welche Rolle können grauer Wasserstoff und blauer Wasserstoff im Hochfahren einer Wasserstoffwirtschaft spielen? Welche Anbindung von Infrastrukturen an angrenzende Regionen/Länder sind zentral und robust?

„Renewables Pull“. Wie hoch ist die Gefahr von Produktionsabwanderung aufgrund günstigerer Verfügbarkeit erneuerbarer Energien in anderen Ländern bzw. Regionen der Welt? Wie könnten diese Auswirkungen über geeignete Instrumente und/oder strategische Partnerschaften minimiert bzw. strategisch gestaltet werden?

Politikinstrumente auf nationaler und europäischer Ebene (European Green Deal). Grenzausgleichsregelung: Kann dieses Instrument in allen Branchen gleichermaßen eingesetzt werden? Wie sieht das nationale und europäische Regelwerk dazu aus (welche Rolle spielt die exklusive Kompetenz der EU in der Handelspolitik)? Welche konkreten Experimentierklauseln können helfen, Geschäftsmodelle für dekarbonisierte Wertschöpfungsketten zu entwickeln? Welche Instrumente können wettbewerbsfähige Energiekosten (vor allem grünen Strom und grünen Wasserstoff) garantieren? Wie kann ein integriertes Politikpaket aussehen und wie ordnet es sich in die Pläne zum Green Deal und die europäische Industriestrategie sowie die Kreislaufwirtschaftsstrategie ein? Wie müssen solche Maßnahmen gesellschaftspolitisch begleitet werden, um Akzeptanz bei Produzenten und Konsumenten für einschneidende Veränderungen zu schaffen?

Klimaneutralität als Konjunkturmotor infolge der erwarteten COVID-19-Rezession. Welche Investitionen in klimaneutrale Prozesse und/oder Infrastrukturen können sehr schnell umgesetzt werden? Welche Instrumente würden dafür benötigt, um diese Investitionen nun schnell umzusetzen? Wie könnten Konjunkturprogramme auf der Nachfrageseite (Abwrackprämie etc.) ausgestaltet sein, damit sie (rasch) klima- und ressourcenschonend wirken? Wie können Unternehmen “nachhaltig” gerettet werden, d. h. ggf. notwendige Unterstützungen beim Wiederaufstart der Wirtschaft so ausgestaltet werden, dass sie die Transformation zu Klimaneutralität und Ressourcenschutz stützen und nicht verlangsamen?

4.1 Themenfeld 1 Technologien und Infrastrukturen

4.1.1 Ziele des Themenfelds 1 im Verlauf aller drei Forschungsintervalle

Das Themenfeld 1 dient der Identifikation zentraler (Schlüssel-)Technologiebedarfe entlang der Transformationspfade der energieintensiven Grundstoffindustrie bis 2050 in NRW. Ergänzend zu den in Themenfeld 3 ermittelten Transformationspfaden für eine klimaneutrale und wettbewerbsstarke Grundstoffindustrie leitet Themenfeld 1 Entwicklungslinien für die identifizierten Technologien und Infrastrukturbedarfe ab. Das Themenfeld liefert somit einen Baustein für ein Gesamtbild der klimaneutralen Grundstoffindustrie zur Mitte des Jahrhunderts in NRW. Wesentliche Voraussetzung hierfür sind die geeigneten politischen sowie rechtlichen Randbedingungen, die maßgeblich auch die technischen Entwicklungslinien beeinflussen. Hierzu erfolgt der Austausch mit dem Themenfeld 4.

Besondere Betrachtung erfährt die Kooperation verschiedener Industrien (industrial symbiosis und branchenübergreifende Zusammenarbeit). Dies betrifft insbesondere die neue Verschaltung von Wertschöpfungsketten im Sinne der Circular Economy zur Defossilisierung von Prozessen. Zum Schließen der Kreisläufe tauschen sich Themenfeld 1 und 2 aus. Durch die Kopplung unterschiedlicher Technologien ergeben sich komplexere Strukturen, die auf neue Art und Weise zu planen und optimieren sind. Dies betrifft insbesondere die Einbindung erneuerbarer Energien an Industriestandorten, die zusammen mit dem Themenfeld 3 betrachtet wird. Für die branchenübergreifende Zusammenarbeit sind neben einem abgestimmten Vokabular auch erweiterte Kompetenzen erforderlich; ein entsprechender Weiterbildungsbedarf wird, wenn erkennbar, im Rahmen der Arbeiten erfasst.

Im Zuge der Arbeiten in Themenfeld 1 werden Infrastrukturbedarfe bzw. Entwicklungserfordernisse bestehender und zukünftiger technischer Strukturen (Strom, Wärme, [synthetisches] Erdgas, H₂, Produkte, CO₂ etc.) und organisatorischer bzw. betrieblicher Strukturen analysiert, woraus die Ableitung von Entwicklungslinien für zentrale Technologiefelder erfolgt, um eine klimaneutrale und zukunftsfähige Grundstoffindustrie in NRW zu ermöglichen. Folgende Teilziele werden verfolgt:

- Identifikation und multikriterielle Betrachtung von Schlüsseltechnologien in Wechselwirkung mit Themenfeld 3
- Identifikation potenzieller Schlüsseltechnologien und technischer Alternativen in Bezug auf die bestehenden Prozesse der Grundstoffindustrie in NRW – Prüfung hinsichtlich einer wirtschaftlichen und technologischen Attraktivität vor dem Hintergrund eines industriellen Einsatzes
- Analyse von Chancen und Grenzen der Flexibilisierung und der weitgehenden Umstellung von Industrieprozessen auf nicht fossil-basierte (dekarbonisierte) Prozesse sowie die notwendige Einbindung erneuerbarer Energien
- Potenzialanalyse sektorenübergreifender Möglichkeiten der Ressourceneffizienz (z. B. industrielle Abwärmenutzung, Kreislaufwirtschaft insbesondere unter dem Aspekt der effizientesten Nutzung des eingesetzten Kohlenstoffs) und Stärkung industrie-symbiotischer Ansätze
- Ableitung von Innovationsbedarfen und Entwicklungslinien für zentrale Technologiefelder sowie Schlüsseltechnologien einer klimaneutralen Grundstoffindustrie und der dafür benötigten Infrastrukturen

- Analyse von Schlüsseltechnologiefeldern (einschließlich Infrastrukturtechnologien) in Bezug auf Technologiekompetenz, Entwicklungslinien und die jeweilige Forschungslandschaft sowie die Positionierung von Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus NRW
- Identifikation von F&E-Bedarfen sowie Pilotanwendungen von Schlüsseltechnologien bzw. Technologieelementen
- Identifikation von Innovations- und Forschungspolitikerfordernissen in Bezug auf Technologiefelder, Schlüsseltechnologien bzw. Technologieelemente (in Wechselwirkung mit Themenfeld 4)

Die Ziele des Themenfeldes werden im Diskurs mit Akteuren aus der Wirtschaft in den Arbeitsgruppen im Zeitverlauf entsprechend des gemeinsamen Erkenntnisprozesses diskutiert und fortlaufend konkretisiert sowie angepasst. Übergreifende Schwerpunkte des Themenfelds 1 in Bezug auf die Forschungsintervalle sind wie folgt zu sehen:

Forschungsintervall 1: Im ersten Forschungsintervall ging es um die Identifikation und Festlegung zu betrachtender industrieller Schlüsseltechnologien. Dies erfolgte auf Basis des Austauschs mit den Stakeholdern in IN4climate.NRW im Rahmen der verschiedenen Veranstaltungen. Für die Beschreibung der Schlüsseltechnologien wurden Daten zusammengetragen und die Potenziale der Technologien analysiert. Die Analyse umfasste sowohl verfügbare als auch favorisierte Low-Carbon-Technologien. Im Rahmen der Arbeitsgruppen in IN4climate.NRW wurde im ersten Forschungsintervall in Verbindung mit den hinsichtlich der zu betrachtenden Schlüsseltechnologien und Infrastruktur gewonnenen Erkenntnissen erste F&E-Bedarfe ermittelt. Für die Deckung dieser Bedarfe wurde an der Entwicklung geeigneter Umsetzungsprojekte gearbeitet. Insgesamt wurden wichtige Grundlagen für die weitere Arbeit gelegt.

Forschungsintervall 2: Aufbauend auf den Erkenntnissen des ersten Forschungsintervalls fokussiert das Forschungsintervall 2 auf die Flexibilisierung und Umstellung von Prozessen in Abstimmung vor allem mit industriellen Stakeholdern hinsichtlich Kosten und Nutzen sowie die Ausprägung cross-industrieller und branchenübergreifender Netzwerke. Ein Schwerpunkt der Betrachtung bildet hierbei die notwendige Infrastruktur im Bereich erneuerbarer Energien, Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid. Hierzu sollen u. a. die folgenden Punkte betrachtet werden:

- *Standort und Flächenbedarf* – Sind Konzepte lokal umsetzbar und steht die benötigte Fläche zur Verfügung? Inwieweit können Strukturen in größerer Entfernung voneinander bereitgestellt werden, welchen Einfluss hat dies auf die Gesamtbilanz? Welche rechtlichen Anforderungen bestehen?
- *Technische Risiken* – Was passiert bei technischen Havarien? Welche neuen technischen Risiken entstehen?
- *Anpassbarkeit von Konzepten* – Wie flexibel sind Konzepte im Hinblick auf sich ändernde Rahmenbedingungen? Können Konzepte bzw. Produktionsanlagen und Prozesse leicht integriert werden und so auf veränderte Rahmenbedingungen vor allem in Bezug auf die angestrebte Veränderung des Energiesystems sowie industrieller Produktionsstrukturen in den kommenden Jahrzehnten reagieren?
- *Energiesituation* – Welche elektrische und thermische Energie kann an betrachteten Standorten maximal bereitgestellt werden? Wie erfolgt die optimale Bereitstellung? Wie sieht die

Rückkopplung mit der Netzstruktur aus? Welche Schlussfolgerungen ergeben sich hieraus für mögliche Infrastrukturbedarfe?

Forschungsintervall 3: Im Forschungsintervall 3 erfolgt die Applikation der Erkenntnisse aus den vorausgegangenen Forschungsintervallen dergestalt, dass Technologien, Infrastrukturen und Geschäftsmodelle vor dem Hintergrund (in Themenfeld 3) definierter Szenarien untersucht und bewertet werden. Erkennbare Grenzen und Chancen zukünftiger Low-Carbon-Technologien werden spezifiziert und dienen als Grundlage für weitergreifende Entscheidungsprozesse hinsichtlich des weiteren Entwicklungsbedarfs relevanter Schlüsseltechnologien. Aus der Diskussion mit den Akteuren werden Hinweise zu derart weitergehenden Prozessen und Technologien zum Beispiel für die Erstellung von Innovationsroadmaps für die Klimaneutralität der Grundstoffindustrien in Nordrhein-Westfalen aufgenommen und verfolgt. Aspekte hinsichtlich gesellschaftlicher Trends wie der Digitalisierung werden bei der Entwicklung solcher Roadmaps für zukünftige Technologieansätze, Infrastrukturen und Schlüsseltechnologien berücksichtigt.

4.1.2 Forschungsfragen in Themenfeld 1 und deren Bearbeitung im 2. Forschungsintervall

In Themenfeld 1 steht forschungsintervallübergreifend die folgende **übergeordnete Forschungsfrage** im Mittelpunkt:

Wie sehen Entwicklungslinien für zentrale Technologiefelder und Infrastrukturen aus, die geeignet sind, die angestrebte Treibhausgas-Neutralität der Grundstoffindustrie in NRW bis 2050 zu erreichen?

Für das Themenfeld 1 werden aus dieser übergeordneten Forschungsfrage für das 2. Forschungsintervall konkrete Forschungsfragen zu den folgenden Themen abgeleitet:

- **Technologiefelder und Infrastrukturen:** Wie sehen Entwicklungslinien für zentrale Technologiefelder und Infrastrukturen aus, die geeignet sind, im Rahmen der in Themenfeld 3 entwickelten Szenarien die angestrebte THG-Neutralität der Grundstoffindustrie in NRW zu erreichen?

Arbeitsschritte:

- Zeitliche Einordnung der technischen Entwicklungsschritte im Dialog mit den Arbeitsgruppen der Initiative IN4climate.NRW
- Entwicklung einer Storyline in enger Abstimmung mit dem Themenfeld 3

Produkt:

- Bericht zu den Entwicklungslinien (Juni 2021)

- **Wasserstoff-Bereitstellung:** Welche Schritte zur Bereitstellung von Wasserstoff als stoffliche Schlüsselkomponente zur Transformation der Grundstoffindustrie in Richtung Treibhausgasneutralität sind erforderlich?

Arbeitsschritte:

- Zusammenstellung der Quellen für Wasserstoff in der Übergangsphase, bis Wasserstoff vollständig auf Basis erneuerbarer Energien erzeugt werden kann

- Ermittlung des notwendigen Kapazitätsausbaus der Wasserstoffbereitstellung (insbesondere mittels Elektrolyse) und Abgleich mit den Annahmen des Themenfelds 3

Produkt:

- Bericht zur Entwicklungslinie der Wasserstoffbereitstellung (Juni 2021)

- **Transportinfrastrukturen:** Welche Schritte zum Aufbau hinreichend leistungsfähiger Transportinfrastrukturen für Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid sind erforderlich?

Arbeitsschritte:

- Identifizieren von Elementen der Transportinfrastruktur (z. B. Umschlagspunkte / „Hubs“, Gasaufbereitungspunkte) und Beschreibung der Transportmittel
- Ermittlung des zu erwartenden Kapazitätsbedarfs der Grundstoffindustrie (einschließlich mittelständischer Unternehmen an „Hotspots“) im Abgleich mit den Szenarien des Themenfelds 3
- Vertiefte Betrachtung von Flexibilitätsoptionen in der Transportinfrastruktur (Speicher-/Pufferwirkung); die Ergebnisse werden mit den Fachleuten in den Arbeitsgruppen von IN4climate.NRW diskutiert.

Produkt:

- Bericht zu Transportinfrastrukturen (Juni 2021)

- **Chemisches Kunststoffrecycling:** Wie sehen geeignete Entwicklungslinien für Technologien des chemischen Kunststoffrecyclings als Beispiel für das Schließen von Kohlenstoffkreisläufen aus?

Arbeitsschritte:

- Ermittlung und Beschreibung potenziell geeigneter Technologien zum Recycling für chemische Produktionsprozesse im Dialog mit den Arbeitsgruppen in IN4climate.NRW
- Ermittlung des zu erwartenden Kapazitätsbedarfs unter Berücksichtigung externer Erkenntnisse und Roadmaps (u. a. der DECHEMA) im Austausch mit den Themenfeldern 2 und 3

Produkt:

- Bericht über Entwicklungslinien des chemischen Kunststoffrecyclings (Juni 2021)

- **Energiesituation:** Welche elektrische und thermische Energie kann an betrachteten Standorten maximal bereitgestellt werden? Wie erfolgt die optimale Bereitstellung? Wie sieht die Rückkopplung mit der Netzstruktur aus? Welche Schlussfolgerungen ergeben sich hieraus für mögliche Infrastrukturbedarfe?

Arbeitsschritte:

- Weiterentwicklung des Tools zur Modellierung und Optimierung von Standorten der energieintensiven Industrie und Erstellung eines geeigneten Zeitreihen-Datensatzes

- Beispielhafte Anwendung des Tools zur Optimierung eines zeitlich aufgelösten Energieversorgungssystems mit Nutzung fossiler und regenerativer Energiewandler

Produkt:

- Tool für Industriestandorte zur ökologischen und ökonomischen Optimierung (August 2021)

- **Technik und Rahmenbedingungen:** Wie gestaltet sich das Wechselspiel zwischen technischen Entwicklungen einerseits und planungs-/zulassungsrechtlichen Rahmenbedingungen andererseits (Standortanforderungen, Beherrschung technischer Risiken)?

Arbeitsschritte:

- Darstellung der existierenden planungs- und zulassungsrechtlichen Verfahren für die zu betrachtenden technologischen Entwicklungslinien unter Rückgriff auf eigene Vorarbeiten
- Analyse der Lösungsansätze vergleichbarer technisch-rechtlicher Gebiete zur Beherrschung technischer Risiken einschließlich einer Havariebetachtung für Transportinfrastrukturen; die hierzu notwendigen Informationen liegen teilweise aus eigenen Vorarbeiten vor und werden im Austausch mit Industrievertretern und Know-How-Trägern aus dem Behördenbereich vervollständigt
- Ermittlung von Bedarfen an ergänzenden rechtlichen Instrumenten und Verfahren zur Umsetzung der Entwicklungslinien; die Ermittlung erfolgt im Austausch mit dem Themenfeld 4

Produkte:

- Kurzbericht, der die Erkenntnisse zu bestehenden planungs- und zulassungsrechtlichen Verfahren für die Entwicklungslinien darlegt (Dezember 2020)
- Bericht über Lösungsansätze zum Umgang mit technischen Risiken (März 2021)
- Bericht zu bestehenden Bedarfen und übertragbaren Lösungsansätzen im Hinblick auf die Überwindung zu erwartender planungs- und zulassungsrechtlicher Hemmnisse (Juni 2021)

4.2 Themenfeld 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

4.2.1 Ziele des Themenfeldes

Die Zielsetzung von Themenfeld 2 „Produkte und Wertschöpfungsketten“ (TF 2) besteht in der Analyse und Spezifizierung nachfrageseitiger Maßnahmen für eine klimaneutrale Industrie und in der Entwicklung ressourceneffizienter und zirkulärer Wertschöpfungs-systeme. Es erfolgt die Analyse und Quantifizierung von Effizienz-, Konsistenz- und Suffizienzpotenzialen für die aus den Grundstoffen hergestellten Güter und Güterbündel sowie für die diesen zugrunde liegenden Bedürfnisfelder. TF 2 setzt dabei am Grundstoff an und analysiert und optimiert den weiteren Lebenszyklus vom Produktdesign über die Produktion und Nutzung bis hin zur hochwertigen Kreislaufführung sowie die Umsetzung dieser Maßnahmen in den entsprechenden Wertschöpfungsketten.

Das übergreifende Ziel des TF 2 besteht in der Erstellung von Langfrist-Strategien, um die Nachfrage nach den in TF 1 betrachteten Grundstoffen im Hinblick auf Umwelt- und Klimaanforderungen, Ressourcenverbrauch und Wertschöpfung zu optimieren. Die Zielsetzung besteht in der konsequenten Umsetzung von Kreislaufstrategien auf allen Ebenen (Grundstoff, Werkstoff, Bauteil, Gut). Außerdem gilt es, die eingebrachte Wertschöpfung möglichst intensiv zu nutzen und lange zu erhalten (z. B. durch Nutzungsdauerverlängerung, Dienstleistungskonzepte), oder diese durch ressourceneffizientere Güter oder Dienstleistungen zu ersetzen.

Teilziele sind somit

- die quantitative Abbildung der Grundstoffflüsse entlang des Lebenszyklus der wesentlichen Güter bzw. Güterbündel in denen die Grundstoffe genutzt werden unter Berücksichtigung relevanter Qualitäten,
- die Identifikation von Potenzialen zur Emissionsreduktion und zur Steigerung der Ressourceneffizienz entlang des Lebenszyklus ausgewählter Güter bzw. Güterbündel,
- die techno-ökonomische Analyse und Gestaltung hochwertiger Kreislaufsysteme für ausgewählte Güter und Güterbündel unter Berücksichtigung alternativer Technologien,
- die Analyse der beteiligten Wertschöpfungsketten und die Ableitung von Konzepten und Impulsen für innovative klimaschonende Maßnahmen in diesen Wertschöpfungsketten,
- die Analyse von Kreislaufstrategien und der aus diesen resultierenden Handlungsoptionen,
- die Identifikation von neuen Ansätzen zum Produktdesign und von innovativen Geschäftsmodellen zur Befriedigung der der Güternachfrage zu Grunde liegenden Bedürfnisfelder,
- die nachfolgende Optimierung der untersuchten Strategien und die Entwicklung von Roadmaps zu ihrer Umsetzung.

Zur Erreichung dieser Ziele werden in TF2 kreislaforientierte Strategien zur Nutzungsdauerverlängerung (Repair, Redistribution, Remanufacturing, Refurbishing) und für einen hochwertigen Kreislaufschluss (Up-/Recycling) für ausgewählte Güter(-bündel) untersucht. Des Weiteren erfolgt die Analyse von Suffizienzmaßnahmen, wobei der Übergang von den materiellen Gütern(-bündel) zu dem zu Grunde liegenden Bedürfnisfeld (z. B. Mobilität, Wohnen) erfolgt. Für ausgewählten Güter und Güterbündel analysiert TF 2 somit die Möglichkeiten, die sich innerhalb des jeweiligen Lebenszyklus zur Reduktion von Material-, Ressourcen-, und Energienutzung ergeben, fragt nach den Implikationen für die Grundstoffherstellung und untersucht gleichzeitig die Auswirkungen auf die Wertschöpfung.

Dies kann z. B. geschehen durch

- Analyse und Quantifizierung der über den Lebenszyklus (Design – Produktion – Nutzung – Recycling) ausgewählter Güter bestehenden Optionen zur Steigerung von Energie- und Ressourceneffizienz unter Berücksichtigung eventueller Tradeoffs zwischen den Lebenszyklusphasen,
- Optimierung ausgewählter Wertschöpfungsketten in Hinblick auf Energie- und Ressourceneffizienz,
- Analyse und Implementierung hochwertiger Kreislaufoptionen (Reuse, Remanufacturing, Up-, Recycling) auf unterschiedlichen Verarbeitungsebenen bzw. am Ende des Lebenszyklus,
- Analyse und Konzeptionierung von Potenzialen durch eine aktiv veränderte Nachfrage der Konsumenten im Sinne von Suffizienz (verringerte Nachfrage, alternative Produkte, Nutzen statt Produkt, angebotene Dienstleistungen wie Sharing-Strategien),
- Identifizierung der damit jeweils zusammenhängenden Wertschöpfungspotenziale und Geschäftsmodelle,
- Analyse der sich hieraus ergebenden Trends in der Nachfrage nach Gütern und ihre Auswirkungen auf die Nachfrage nach Grundstoffen in enger Kopplung mit TF1.

Die Ziele des Themenfeldes 2 sind aufgrund der komplexen Beziehungen und Interdependenzen zwischen den Aktivitäten Lebenszyklus, Wertschöpfungskette, Produktdesign und Kreislaufstrategien forschungsintervallübergreifend. Die Auswahl der vertieft zu analysierenden Güter und Güterbündel sowie Bedürfnisfelder erfolgt in enger Abstimmung mit den Stakeholdern der Initiative In4Climate.NRW. Die Untersuchungsobjekte und Modelle werden in den folgenden Forschungsintervallen entsprechend des gemeinsamen Erkenntnisprozesses von Wissenschaft und Innovationsteams detailliert diskutiert, konkretisiert und ggf. angepasst. Daher sind die einzelnen Aktivitäten in allen Forschungsintervallen vertreten, sie ändern allerdings im Laufe des Forschungsprojektes ihre inhaltlichen Schwerpunkte. Übergreifend haben die Forschungsintervalle folgende Zielschwerpunkte:

Forschungsintervall 1: In dem ersten Forschungsintervall erfolgte die Schaffung von zentralen Grundlagen und die Entwicklung von Methoden für die Analyse von Lebenszyklen, Wertschöpfungsketten, Bedürfnisfeldern und Kreislaufstrategien. Es wurden zunächst (Verpackungs-)Kunststoffe als detailliert zu untersuchendes Güterbündel in enger Abstimmung mit den Industriepartnern konkretisiert und methodische Vorarbeiten zu diesem Stoffstrom durchgeführt. Darüber erfolgte die Definition von Schnittstellen zwischen den Arbeitspaketen. Diese Arbeiten bildeten die Grundlage für die inhaltliche Interaktion mit den Innovationsteams, insbesondere mit dem Innovationsteam Circular Economy. Am Ende dieses Forschungsintervalls werden die zentralen Erkenntnisse und möglichen Optionen für die weitere Forschung zusammengetragen und in der Statuskonferenz diskutiert.

Forschungsintervall 2: Das zweite Forschungsintervall baut auf den Erkenntnissen des ersten Forschungsintervalls auf. Die Methoden und Erkenntnisse aus dem ersten Forschungsintervall sind intensiv mit den Stakeholdern diskutiert und bilden eine zentrale Grundlage für das Forschungsprogramm des zweiten Forschungsintervalls. Es liegen prozessorientierte und techno-ökonomische Modelle vor, die die Bewertung und den Vergleich von Technologiealternativen sowie die Untersuchung der Umsetzung dieser Technologien in Wertschöpfungsketten erlauben. Auf dieser Basis können vertiefte Analysen und die Untersuchung von Szenarien erfolgen. Hierbei werden verstärkt die Szenarien aus TF3 herangezogen. Darüber hinaus liegen erste Wirkungsanalysen zu nachfrageorientierten Maßnahmen für Bedürfnisfelder sowie zu Kreislaufstrategien vor, die in Abstimmung mit TF3 und

TF4 weiterführende Analysen erlauben. Im zweiten Forschungsintervall erfolgt die wissenschaftliche Aufbereitung und Publikation der vorliegenden Erkenntnisse, um die Anbindung an die internationale wissenschaftliche Diskussion sicherzustellen.

Forschungsintervall 3: Hier gilt Ähnliches wie für Forschungsintervall 2. Es wird aber erwartet, dass nun aus den Innovationsteams ggf. Interesse an weitergehenden Analysen zum Beispiel bezüglich der Untersuchung vertiefter Detailstudien oder weiterer Güter und Güterbündel geäußert wird.

4.2.2 Forschungsfragen im Themenfeld 2 und deren Bearbeitung im zweiten Forschungsintervall

Im Themenfeld 2 steht forschungsintervallübergreifend die folgende **übergeordnete Forschungsfrage** im Mittelpunkt:

Welche Potenziale für Klimaneutralität und Ressourceneffizienz bestehen durch Suffizienz, Effizienz- und Konsistenzmaßnahmen entlang des Lebenszyklus von Stoffströmen vom Design von Produkt-/Dienstleistungssystemen über die Produktion und Nutzung bis hin zur hochwertigen Kreislaufführung? Wie können diese Maßnahmen umgesetzt werden und wie wirken sich diese Maßnahmen auf die Wertschöpfungsketten und Stoffströme der Grundstoffe aus?

Aufgrund der Vielfalt der Produkte und Wertschöpfungsketten hat sich TF2 in enger Abstimmung mit den anderen TF und den Industriepartnern darauf festgelegt, diese Frage exemplarisch für relevante Stoffströme mit hohem Minderungspotenzial zu beantworten. Die Zielsetzung bestand zunächst in der Entwicklung einer generischen Vorgehensweise, die in den Forschungsintervallen 2 und 3 weiterentwickelt und auf andere Stoffströme übertragen werden soll. Hierbei wird eine dreistufige Vorgehensweise (Stoffströme - Minderungsmaßnahmen - Wirkungsanalyse) wie folgt angewandt:

1. **Stoffströme:** Wie sehen für NRW aktuelle und potenzielle zukünftige Stoffstromqualitäten und -quantitäten aus den Grundstoffen in relevante Güter und Bedürfnisfelder und aus diesen wieder in Recyclingprozesse aus? Welche Abflüsse von Stoffströmen oder Qualitätsverluste in Stoffströmen treten auf und welche Potenziale und Limitationen ergeben sich hieraus in Hinblick auf die Gestaltung klimaneutraler Produktlebenszyklen und Wertschöpfungsketten?

Zur Beantwortung dieser Fragestellung erfolgen u.a. die Analyse und Quantifizierung der Ist-Situation und der Business-as-Usual-Stoffströme mittels Methoden der Stoffstromanalyse, Nachfrageprognose, Akteurs(netzwerk)analyse, Technologiebewertung, gekoppelten Industriemodellen und Input-/Output-Analysen.

2. **Minderungsmaßnahmen:** Welche konkreten Minderungsmaßnahmen ergeben sich für die analysierten Stoffströme und Güter im Lebenszyklus und entlang der Wertschöpfungsketten? Wie lassen sich diese quantifizieren und bewerten, und welche Implikationen resultieren für die Transformation der Wertschöpfungsketten?

Die Beantwortung dieser Fragestellung erfolgt u.a. durch Analyse hochwertiger Kreislaufoptionen für Mittelfrist- (2030) und Langfrist- (2050) Szenarien, die Identifikation von Gestaltungsoptionen für ressourcenleichte Produkt-/Dienstleistungssysteme mittels zirkulärem nutzerorientiertem Produktdesign oder mittels sich aktiv auf die Nachfrage auswirkender Designmaßnahmen, sowie durch Identifizierung von Wertschöpfungspotenzialen und neuen Geschäftsmodellen.

3. **Wirkungsanalyse:** Welche Auswirkungen und Implikationen auf die Nachfrage nach Gütern sowie die Nachfrage nach Grundstoffen können aus den Stoffstromanalysen und Minderungsmaßnahmen mittels einer quantifizierten Wirkungsanalyse abgeleitet werden? Welche Implikationen haben diese Veränderungen im Angebot der Grundstoffe (TF1) und wie wird dies durch Szenarien (TF3) und politische und wirtschaftliche Anreize und Regularien (TF4) beeinflusst?

Für die Beantwortung dieser Frage werden Energiesystemmodelle und sektorübergreifende Grundstoffmodelle sowie Methoden des Consequential Life Cycle Assessment und Designszenarien eingesetzt.

Im ersten Forschungsintervall wurden zunächst **Kunststoffe** als relevanter und gesellschaftlich kontrovers diskutierter Stoffstrom untersucht. Dieser Stoffstrom wird auch im zweiten Forschungsintervall beibehalten, da aufgrund der Heterogenität des Stoffströme und der Komplexität der Problemstellung weitere relevante Forschungsfragen offenbleiben. Darüber hinaus erfolgt ausgehend vom Grundstoff Zement eine Erweiterung der Betrachtungen auf das Bedürfnisfeld **Bauen/Wohnen**.

Im Folgenden werden die Ziele und Methoden für die drei o.g. Fragen für beide in FI 2 behandelten Stoffströme erläutert. Hierbei werden auch die Produkte aus FI1 für die Kunststoffverpackungen erläutert, da hier Analogien zu den Vorgehensweisen und den Methoden im betrachteten Themenbereich Bau/Wohnen liegen.

Ausgewählter Stoffstrom: Kunststoffe

Die weltweit steigende Kunststoffnachfrage und -produktion geht mit hohen Treibhausgasemissionen einher. Die hohe Kohlenstoffbindung im Material bzw. im Produkt verlangt nach Minderungsoptionen durch nachfrageseitige Maßnahmen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft. Allerdings weisen Kunststoffe sowohl international als auch in NRW immer noch sehr geringe Recycling- bzw. Substitutionsquoten auf. Die Arbeiten von TF2 im ersten Forschungsintervall fokussierten daher auf der Potenzialanalyse für kreislaufschließende Maßnahmen, insb. chemisches Recycling, sowie auf weitere Maßnahmen im Lebenszyklus, z.B. durch Verlängerung des Lebenszyklus und Kaskadennutzung oder zirkuläres Produktdesign. Im Zentrum der Untersuchungen standen insbesondere Verpackungen aufgrund des damit einhergehenden hohen Kunststoffverbrauchs, der kurzen Lebenszyklen und der daraus resultierenden hochfrequenten Abfallerzeugung.

1. **Stoffströme:** Nach dem ersten Forschungsintervall liegen konkret vor
 - eine Darstellung aktueller **Verwertungswege** von Kunststoffen in NRW zur Quantifizierung des Potentials kreislaufwirtschaftlicher Maßnahmen für die in NRW anfallenden Abfallströme (2017) (A 2.3) sowie **detaillierte Stoffstromanalysen** für einzelne Kunststoffe in Leichtverpackungen mit Abschätzung des Kreislaufpotentials bei maximaler Sortiereffizienz in NRW (2017) (A 2.2)
 - eine Darstellung der **Akteurslandschaft** für den Kunststoff-Lebenszyklus in NRW (A 2.3).
 - **regionalisierte I-/O-Tabellen** zur Unterstützung der Identifikation relevanter Minderungsmaßnahmen bzw. der Analyse der Implikationen einer erhöhten Nutzung der Sekundärrohstoffen aus dem Recycling (Strukturanalyse) (A 2.2)

- Basisanalyse der **Nachfrageentwicklung** in NRW bzw. Deutschland (hier keine signifikanten Unterschiede) mit Fokus auf Kunststoffe auf Grundlage einer Einkommens- und Verbraucherstichprobe (A 2.4)

2. **Minderungsmaßnahmen:** Folgende Analysen wurden bereits durchgeführt:

- Konzeptionierung von Entwicklungsperspektiven und Bewertung thermo-chemischer Verfahren zur Untersuchung des Potenzials **chemischen Recyclings** von Kunststoffabfällen in NRW im Rahmen der AG Circular Economy (A 2.3, A 2.2)
- Erarbeitung eines Kriterienkatalogs **zirkulärer Produkte** (A 2.4)
- Mapping von allgemeinen Ansatzpunkten eines nachhaltigen Produktdesigns bzw. Kriterien **zirkulärer Geschäftsmodelle** und Spezifikation dieser für Kunststoffverpackungen (A 2.4)
- Ausarbeitung von **Designszenarien** für ein ausgewähltes Gut (Verpackungen für viskose Lebensmittel) (A 2.4)

Folgende Analysen werden im zweiten Forschungsintervall weitergeführt:

- Konzeption eines **Closed Loop Supply Chain Modells** mit Anwendung auf Fragestellungen zur Erhöhung der Zirkularität für Verpackungskunststoffe (A 2.2)
- Analyse und grafische Visualisierung des **Akteursnetzwerks** für Kunststoffverpackungen in NRW (A2.2, A2.3)
- Analyse des Beitrags der **Digitalisierung in der Kreislaufwirtschaft** mit dem Fokus auf Closed-loop-Lösungen in der Kunststoffindustrie (A 2.3)
- Transaktionskostenanalyse mit der Fragestellung, wie der Einsatz von Kunststoffzyklat im Bereich Verpackung erhöht werden kann (A2.3)
- weitere Ausdifferenzierung der Analyse der **Nachfrageentwicklung** (A 2.4)
- Reflektion und weitere Spezifizierung der **Designszenarien** im erweiterten Kreis (A 2.4)

3. **Wirkungsanalyse:** Nach mehreren Workshops mit TF3 und TF4 wurde entschieden, dass der Schwerpunkt der Arbeiten im 2. Forschungsintervall in der Verknüpfung der verschiedenen Themenfelder am Beispiel von Kunststoffen liegen wird.

- In enger Kooperation mit TF 4 werden zum einen Impulse und Optionen für neue Business Cases und Geschäftsfelder diskutiert und zum anderen Wirkungen potenzieller Anreize und Regularien erarbeitet Hier wären z.B. eine Abschätzung von trade-offs von gesetzlich festgelegten Mindestzyklatanteilen denkbar (A 2.3 – A2.5).
- In enger Kooperation mit TF3 erfolgt die gemeinsame Überprüfung des aktuell im TF3 genutzten Kunststoffmodells. Des Weiteren wird gemeinsam eine Circular Economy Szenario erarbeitet, dass im TF 3 anschließend entsprechenden Nachfrageänderung (Energie- und Ressourceneinsatz sowie THG-Emissionen) im Energie- und Industriemodell bzw. in den Industrieszenarien des Wuppertal Instituts prognostiziert und abbildet (A2.2 – A2.5).
- Über ein gekoppeltes Grundstoff- und Industriemodell werden die Auswirkungen der Umsetzung verschiedener (Recycling-)Technologien auf Stoffströme und Technologien analysiert und quantifiziert und mit TF1 diskutiert (A 2.2).

Bauen und Wohnen

Die Zementproduktion geht mit hohen energie- als auch prozessbedingten CO₂-Emissionen einher und ist für ca. 4-8 % der globalen THG-Emissionen bzw. ca. 25% der industriellen Emissionen verantwortlich. Entsprechend steht die Zementherstellung in NRW mit 9,5-10 Mio. t CO₂/a auf Platz No. 3 der THG-intensiven Industriezweige. Für die nächsten 30 Jahre wird von einer deutlich steigenden Nachfrage nach Zement sowie einer hohen Menge an Bauabfällen ausgegangen. Die Bauphase eines Gebäudes trägt zu ca. 50% zum Gesamtenergieeinsatz über den Lebenszyklus bei (Graue Energie). Minderungspotenziale bestehen daher sowohl im Rahmen der Errichtung neuer Gebäude, der Nutzungsform bzw. -intensität, als auch der Renovierung bestehender Gebäude. TF2 wird daher im zweiten Forschungsintervall anbahnen, das **Bedürfnisfeld Bauen und Wohnen** mit dem Fokus auf dem Bauen von Wohngebäuden in Stadtgebieten und der Stadterneuerung zu behandeln. Entsprechend der vorgestellten generischen Vorgehensweise und der bereits entwickelten Methoden sind folgende Fragestellungen denkbar:

1. Stoffströme:

- Durchführung aggregierter Stoffstromanalysen für Zement/Beton in NRW (A2.2, A2.3),
- Darstellung aktueller Verwertungswege von Bauabfällen in NRW zur Quantifizierung des Potentials kreislaufwirtschaftlicher Maßnahmen aus den in NRW anfallenden Abfallströmen (A2.3, A2.2),

2. Minderungsmaßnahmen:

- Analyse und Bewertung der Minderungspotenziale stofflicher Minderungsmaßnahmen im Neubau, z.B. durch alternative Baumaterialien, Erhöhung des Faseranteils im Beton, Reduktion des Zementanteils, Veränderung der Zementzusammensetzung, Produktalternativen zu Portland-Zement, Verwendung von Flugasche, Schlacke oder anderer industrieller Nebenprodukte (A2.3, A2.4),
- Analyse und Bewertung der Minderungspotenziale veränderter Nutzungskonzepte bzw. von Maßnahmen zur Lebensdauererlängerung von Gebäuden und Bauteilen, z.B. durch innovative, modulare bzw. flexible Konzepte oder Umnutzungsoptionen (A 2.2, A 2.3, A 2.4),
- Analyse und Bewertung der Minderungspotenziale von Recyclingoptionen im Rückbau, wie Design for Recycling, Recyclinggerechtes Bauen, Einsatz von Recyclingmaterialien, R-Beton (A2.3, A 2.4),
- Modellierung alternativer Kreislaufwirtschaftsstrukturen bei erhöhtem Recyclinganteil (A2.3),
- Diskussion von Geschäftsmodellen bzw. Geschäftsfeldern, Anreizsystemen und regulatorischen Optionen durch Kooperation mit TF4 (A2.2. – A2.5)

3. Wirkungsanalyse:

- Analyse der Konsequenzen der Minderungsmaßnahmen und kreislaufwirtschaftlichen Maßnahmen durch eine auf Strukturanalysen gestützte consequential LCA (A2.5, A2.2),
- Zusammenführung der quantifizierten (soweit möglich) Minderungspotenziale (A2.5, A2.6),

- Analyse von Nachfrageszenarien und Analyse der Auswirkung der Szenarien aus TF3 (A2.5),
- Quantifizierte Wirkungsanalyse auf den Grundstoff Zement durch Kooperation mit TF1 (A2.2, A2.5, A2.6).

Abbildung 3 fasst den Zusammenhang zwischen den in TF2 im zweiten Forschungsintervall im Fokus stehenden Forschungsfragen und den geplanten Aktivitäten zusammen.



Abbildung 3: Arbeitsstruktur in Themenfeld 2

In Abstimmung der Projektpartner und der Projektleitung wurde besprochen, dass das TF2 sich im 2. Forschungsintervall vor allem auf eine stärkere Kopplung des TF2 mit den anderen TF des Projektes fokussieren wird und dies am Bsp. von Kunststoffen konkretisiert wird.

Im Bedürfnisfeld Bauen und Wohnen und den daran abzuleitenden Nachfrageimpulsen für die Grundstoffe Zement (und Stahl) wird es im 2. Forschungsintervall zunächst darum gehen, ein entsprechendes Stoffstrommodell für NRW zu entwickeln und so eine Datengrundlage für weitere Analysen im 3. Forschungsintervall zu schaffen. Weiterhin werden in A2.4 erste Ansatzpunkte für Minderungsmaßnahmen entwickelt. Die weiter oben genannten Fragestellungen werden daher zum Teil erst im 3. Forschungsintervall abschließend bearbeitet.

4.2.3 Geplante Aktivität in Themenfeld 2 im zweiten Forschungsintervall

Aktivität 2.0 Leitung, Abstimmung mit Partnern und Teilnahme an Sitzungen der Innovationsteams

Wie auch im 1. Forschungsintervall erfolgen im 2. Forschungsintervall in dieser Aktivität die Leitung des Themenfeldes, die notwendigen Abstimmungen mit internen Partnern (aus den anderen The-

menfeldern) und externen Partnern sowie die Beteiligung an den Innovationsteam-Treffen sowie deren Arbeitsgruppen.

Die Aufgaben aus diesem Themenfeld fallen kontinuierlich während des gesamten Forschungsintervalls an. Konkret lassen sich in dieser Aktivität die folgenden Arbeitsschritte und Unterarbeitsschritte unterscheiden:

- Leitung, Abstimmung mit Partnern und Supervision
 - Erarbeitung eines Arbeitsplans, Fortschrittskontrolle und ggf. Anpassung des Plans
 - Einladung, Durchführung und Protokollierung von Abstimmungsgesprächen zu den Arbeiten in Themenfeld 2, sowohl innerhalb der RWTH bzw. des WI als auch zwischen beiden Instituten
 - Teilnahme an Veranstaltungen mit den anderen Themenfeldern zu themenfeldübergreifenden Themen
- Teilnahme an den Innovationsteamsitzungen sowie – sofern geboten – an den Sitzungen der Arbeitsgruppen

Die Gesamtleitung und -koordination des Themenfeldes liegt bei der RWTH, während Abstimmungsaufwand und Teilnahme an den Innovationsteam- und AG-Treffen sowohl die RWTH als auch das Wuppertal Institut betreffen.

Aktivität 2.1 Gesamtkonzeption

In Aktivität 2.1 liegen die aggregierten Stoffstromanalysen aus Forschungsintervall 1 für die Grundstoffe Kunststoffe, Zement und Stahl vor. Hieraus wurden relevante Hot-Spots und Minderungsmaßnahmen abgeleitet, die in Forschungsintervall 2 tiefergehend zu untersuchen sind. Aktivität 2.1 wird in Forschungsintervall 2 daher durch die Detailanalysen der Aktivitäten A 2.2. – A2.5 ersetzt.

Aktivität 2.2 Lebenszyklen und Wertschöpfungsketten

In Aktivität 2.2 steht die Bewertung unterschiedlicher Minderungsmaßnahmen entlang des Lebenszyklus relevanter Güter(-bündel) und die Auswirkungen auf die Wertschöpfungskette im Fokus. In Forschungsintervall 1 erfolgte hierzu eine umfassende, materialspezifische Bestandsaufnahme der Stoffströme und Netzwerke von Kunststoffen in Verpackungen.

Zunächst werden für die bereits in Forschungsintervall 1 betrachteten **Kunststoffe im Anwendungsbereich Verpackungen** die vertieften ökonomischen und ökologischen Analysen von produktspezifischen Maßnahmen zur Schaffung hochwertiger Kreislaufsysteme zu Ende geführt und die Übertragbarkeit der Vorgehensweise auf weitere Stoffströme geprüft. Zudem werden die Umweltwirkungen ausgewählter Technologieänderungen und Maßnahmen entlang der Wertschöpfungskette im Rahmen einer consequential LCA, unterstützt durch eine Strukturanalyse unter Bezugnahme statistischer Aufkommens- und Verwendungstabellen, sektorenübergreifend analysiert. Durch die Untersuchung sektoraler Kopplungen können Fragen hinsichtlich der Intensivierung des Kunststoffrecyclings in NRW bzw. Die änderungsorientierte Analyse unterstützt die gesamtsystematische Bewertung verschiedener kreislaufwirtschaftsbezogener Lösungen.

Produkte/Meilensteine:

- Potenziale und Limitationen von Akteursnetzwerkanalysen für Kreislaufstrategien von Kunststoffverpackungen (Kurzbericht, zusammen mit A2.3)
- Recyclingtechnologien und Prozesspfade Grundstoffproduktion - Recyclingoptionen (Wissenschaftlicher Fachartikel, zusammen mit A2.3)
- Implementierung der Recyclingoptionen im industrie- bzw. grundstoffübergreifenden gekoppelten Modell (Kurzbericht)

Im Bereich **Bauen/Wohnen** werden in Forschungsintervall 2 aufbauend auf den aggregierten Stoffstromanalysen für die Grundstoffe Zement und Stahl weitergehende Betrachtungen der Stoffströme relevanter Bauteile und Materialien in Gebäuden durchgeführt, nachfrageseitig spezifiziert und erweitert. Zunächst erfolgt daher in Zusammenarbeit von A2.2 und A2.3 die Entwicklung einer Datenbasis, die sowohl die Entwicklung des Materialbedarfs für relevante Stoffströme im Zubau neuer oder sanierungsbedürftiger Wohngebäude als auch die Abfallströme aus Abbruch- und Renovierungsarbeiten über den Planungszeitraum modelliert und prognostiziert. Darauf aufbauend können simulativ die Potenziale unterschiedlicher Kreislaufstrategien, wie Wieder- und Wiederverwendung von Abbruchmaterialien oder Einsatz ressourceneffizienter Baustoffe im Neubau quantifiziert werden. Darauf aufbauend erfolgt eine grundlegende Analyse von Minderungsmaßnahmen für unterschiedliche Produkte und Lebenszyklusphasen (Neubau, Nutzungsphase, Gebäuderückbau). Mittels Szenarioanalyse können Einflussfaktoren abgebildet und die Auswirkung auf die Materialbedarfe abgeleitet werden. Die Implikationen dieser Minderungsmaßnahmen in Bausektor können quantifiziert werden.

Produkte/Meilensteine:

- Stoffstromanalyse für den Gebäudebestand in NRW unter Berücksichtigung von Zu- und Abbaumaßnahmen, Baumaterialien in relevanten Bauteilen im Außen- und Innenbau, Lebens- und Nutzungsdauern (Meilenstein, in Zusammenarbeit mit A2.3)
- Analyse, Bewertung und Quantifizierung von Minderungspotenzialen im Themenfeld Bauen (Kurzbericht)

Aktivität 2.3 Ressourceneffizienz und Digitalisierung in der Kreislaufwirtschaft

Im **Bereich Kunststoffe** werden die schon im 1. Forschungsintervall begonnenen Arbeiten fortgesetzt und thematisch erweitert. Aufbauend auf der im ersten Forschungsintervall erarbeiteten Akteurlandschaft für die Produktion von Kunststoffen und die Verwertung von Kunststoffabfällen soll in Zusammenarbeit mit A2.2 zum einen die Akteursnetzwerkanalyse fortgesetzt werden (siehe A2.2) und zum anderen mittels einer Transaktionskostenanalyse der Frage nachgegangen werden, wie der Einsatz von Rezyklat in der Kunststoffherstellung erhöht werden kann und welchen Hemmnisse dies bisher verhindern.

Zusätzlich wird sich A2.3 im 2. Forschungsintervall mit der Frage auseinandersetzen, wie durch Digitalisierung die Rückgewinnung von Kunststoffverpackungen verbessert werden kann und so z.B. die verbesserte Sortierung von Mischkunststoffabfälle die werkstoffliche Verwertung erhöht werden kann.

Ein weiterer sehr relevanten Arbeitsschritt in A2.3 wird die Überprüfung der Annahmen des Kunststoffmodells des TF 3 sein und die gemeinsame Erarbeitung von Einflussfaktoren und Zielgrößen für die Formulierung eines Circular Economy Szenarios für den Bereich der Kunststoffe.

Mit dem TF4 wird es im 2. Forschungsintervalls ebenfalls einen verstärkten Austausch geben und es ist angedacht, konkrete politische Maßnahmen im TF 4 zu definieren und deren Aus- und Wechselwirkungen innerhalb der Wertschöpfungs- und Verwertungsketten zu untersuchen. Welche politischen Maßnahmen konkret aus TF4 hinsichtlich ihrer Wirkungen und trade-offs im TF 2 (und vermutlich auch TF3) untersucht werden soll, muss noch erarbeitet werden. Denkbar wäre z.B. eine gesetzlich vorgeschrieben, sektoral differenzierte, Mindesteinsatzquote von Kunststoffzyklus.

Produkte/Meilensteine im Bereich Kunststoffe:

- Potenziale und Limitationen von Akteursnetzwerkanalysen für Kreislaufstrategien von Kunststoffverpackungen (Kurzbericht, zusammen mit A2.2)
- Recyclingtechnologien und Prozesspfade Grundstoffproduktion - Recyclingoptionen (Wissenschaftlicher Fachartikel, zusammen mit A2.2)
- Digitalisierung zur besseren Kreislaufführung im Bereich Kunststoffe (Kurzbericht)
- Transaktionskostenanalyse über Hemmnisse für höheren Rezyklateinsatz (Kurzbericht)
- Überarbeitung Kunststoff-Modell TF3 und Erarbeitung CE-Szenario (Meilenstein, in Zusammenarbeit mit den TF 3 und TF2, vor allem A2.5)
- Wirkungsanalyse konkreter möglicher politischer Maßnahmen (Kurzbericht/Maßnahmensteckbrief, in Zusammenarbeit mit TF4)

Im Bereich Bauen und Wohnen soll im 2. Forschungsintervall – wie in Aktivität 2.2 beschrieben eine konkrete Datenbasis für die relevanten Stoffströme für den Neubau, Sanierung und Abbruch von Wohngebäuden in NRW erstellt werden. Dazu sollen in A2.3 zum einen das Wohngebäudebestandsmodell der Abteilung CE auf den räumliche Ebene NRW angepasst werden. Damit wäre es möglich, sowohl den Materialbedarf des Neubaus und der Sanierung von Wohngebäude abzuschätzen als auch die Menge an Bau- und Abbruchabfällen aus dem Rückbau abzuschätzen. In Ergänzung sollen die entsprechenden Statistiken für Bau- und Abbruchabfälle für NRW ausgewertet und aufbereitet werden, um auch die Abfallströme aus Nichtwohngebäuden und Infrastrukturen zu erfassen. Sowohl die Ergebnisse des Wohngebäudebestandsmodells als auch der Auswertung der Statistik der Bau- und Abbruchabfälle sollen in Form eines Sankey-Diagramms graphisch aufbereitet werden.

Produkte/Meilensteine im Bereich Bauen/Wohnen:

- Stoffstromanalyse für den Gebäudebestand in NRW unter Berücksichtigung von Zu- und Abbaumaßnahmen, Baumaterialien in relevanten Bauteilen im Außen- und Innenbau, Lebens- und Nutzungsdauern (Meilenstein, in Zusammenarbeit mit A2.2)
- Graphische Aufarbeitung der Ergebnisse in Form eines Sankey-Diagramms (Meilenstein, in Zusammenarbeit mit A2.2)

Aktivität 2.4 Nachhaltiges Design vor dem Hintergrund veränderter Nachfrage

A 2.4 zielt darauf ab Gestaltungsoptionen in Produkt-/Dienstleistungssystemen zu identifizieren, die die Ressourceneffizienz steigern. Mit dem Fokus auf Kunststoffe, insbesondere Verpackungen, erfolgte hierzu in Forschungsintervall 1 ein Mapping von Ansatzpunkten für nachhaltiges Produktdesign sowie für zirkuläre Geschäftsmodelle. Weiterhin erfolgte eine empirische Analyse der Nachfrageentwicklung bzw. Struktur in NRW. Darüber hinaus wurden Designszenarien für Verpackungs- bzw. Lebensmittellogistiksysteme entworfen.

In Forschungsintervall 2 werden in Bezug auf die **Kunststoff- bzw. Verpackungsperspektive** die beiden letztgenannten Arbeiten weiter ausdifferenziert und finalisiert. Insbesondere werden die entwickelten Designsznarien weiter spezifiziert, so dass diese zum Teil in A 2.2 bewertet werden können und Impulse für neue Geschäftsfelder abgeleitet werden können. Einige der entstandenen Szenarien sind sehr progressiv und können daher ggf. nicht in aller Tiefe bewertet werden, da Ihnen gänzlich andere Wirtschafts- und Infrastrukturen zu Grunde liegen. Weitere Schritte bzw. Produkte in Forschungsintervall 2 sind daher:

Produkte/Meilensteine:

- Spezifizierung von bedürfnis- und nutzerorientierten Designsznarien bzw. -konzepte für Verpackungs- bzw. Lebensmittellogistiksysteme (Kurzbericht als Diskussionsvorlage)
- 2. Workshop zur Reflexion und Überarbeitung der Designkonzepte in größerem Akteurskreis (Workshop wird dokumentiert)
- Identifikation und Bewertung von Business Cases/Neuen Geschäftsfeldern und Ableitung von Impulsen für Startups (Kurzbericht)

In Bezug auf die Analyse der Nachfrageentwicklung wird in Forschungsintervall 2 die Analyse weiter ausdifferenziert. Dabei wird ein Fokus auf Kunststoffe im Haushalt gelegt. Die primäre Datenbasis ist wieder die Einkommens- und Verbraucherstichprobe.

- Bericht zur vertieften Analyse und wesentlicher Handlungsfelder einer zukünftigen Nachfrageentwicklung im Bereich Kunststoffe im Haushalt (Fokus Verpackungen)

Im Themenfeld **Bauen/Wohnen** wird im Forschungsintervall 2 eine ähnliche Herangehensweise verfolgt wie in Forschungsintervall 1 für Kunststoffe. Im ersten Schritt werden Ansatzpunkte für Ressourceneffizienz auf der Ebene des Produktdesigns identifiziert. Anschließend werden innovative Designsznarien für die Nutzungsphase entworfen, die soweit möglich in A 2.2. bewertet werden können. Auf dieser Basis können wiederum Impulse für neue Geschäftsfelder abgeleitet werden.

Produkte/Meilensteine:

- Mapping von Ansatzpunkten für ressourceneffizienten Einsatz von Baumaterialien bzw. für ressourceneffiziente Bauprodukte (Fact Sheet)
- Designsznarien für innovative, ressourceneffiziente Nutzungskonzepte von Gebäuden, u.a. mittels Co-Creation Workshops (Kurzbericht)
- Impulse für neue Business Cases/Geschäftsfelder (Kurzbericht)

Aktivität 2.5 Auswirkungen auf die Nachfrage und den Energie- und Ressourceneinsatz der Grundstoffe

Die in den vorherigen Aktivitäten analysierten Strategien werden sich in vielerlei Hinsicht auf die Nachfrage und den Energie- und Ressourceneinsatz der Grundstoffe sowie die THG-Emissionen auswirken. Um jene Effekte zu untersuchen, werden in dieser Aktivität die Schnittstellen aufbereitet und koordiniert, anhand derer in TF 3 die Auswirkungen der in A2.2, A2.3 und 2.4 entwickelten Ansätze auf die Nachfrage nach Grundstoffen und den Energie- und Ressourceneinsatz sowie die THG-Emissionen analysiert werden können. Dabei ist in Abstimmung mit den Aktivitäten A2.2., A2.3 und A2.4. zu entscheiden, ob diese Ansätze im Einzelnen mittels des Industriemodells von TF 3 durchgerechnet werden oder ob sie in die Szenarientwicklung von TF 3 einfließen und dort z. B. als Sensiti-

vitätsanalysen berücksichtigt werden können. Mögliche Ansatzpunkte ergeben sich z.B. in einer Diskussion der zukünftigen Rolle von chemischem Recycling von Kunststoffabfällen und des zukünftigen Potenzials von Maßnahmen zur Reduktion der Plastiknachfrage. Im späteren Projektverlauf kann die erarbeitete Vorgehensweise dann auf vergleichbare Diskussionen zu anderen Sektoren, wie der Bauindustrie, angewandt werden. Ferner geht es auch darum, ein Konzept zur Nutzbarmachung der Szenarien aus TF 3 als Hintergrundszenerien für die Arbeiten in TF 2 zu entwickeln und die notwendigen Austauschformate zu koordinieren.

Für diese Fragestellungen wurden im 1. FI zunächst die Schnittstellen zwischen den Themenfeldern aufbereitet. Bis M17 werden die modellseitigen Voraussetzungen und Möglichkeiten zur Modellierung der Strategien im Industriemodell von TF 3 geprüft, und es wird ein konkreter Verfahrensvorschlag für das 2. FI entwickelt. Das Konzept soll im 2. FI zunächst anhand der Strategien aus TF 2 umgesetzt und dann kontinuierlich weitergeführt und sukzessive an die neuen Forschungsthemen angepasst werden. Dafür ist bereits ein themenfeldübergreifender Workshop für den Beginn des 2. FI angesetzt.

Konkrete Fragestellungen:

- Welche Effekte haben ausgewählte Maßnahmen bzw. Strategien des TF 2 auf die Nachfrage, den Energie- und Ressourceneinsatz sowie die THG-Emissionen?
- An welchen Stellen können die Erkenntnisse aus TF 2 in die Arbeiten von TF 3 einfließen, insbesondere in die Szenarioerstellung?
- Wie können die Szenarien aus TF 3 für die Arbeiten von TF 2 nutzbar gemacht werden?

Produkte/Meilensteine:

- Koordination der Modellierung von Auswirkungen der ausgewählten Maßnahmen bzw. Strategien des TF 2 auf die Nachfrage, den Energie- und Ressourceneinsatz sowie die THG-Emissionen
- Anpassung und Weiterentwicklung des Schnittstellenkonzepts aus FI 1 auf die Forschungsthemen des FI 2 in engem Austausch mit den Aktivitäten des TF 2 und TF 3
- Erstellung eines Konzepts zur Nutzbarmachung der Szenarien aus TF 3 für TF 2

Aktivität 2.6 Anpassung und Synergien

Ein generelles Ziel des 2. Forschungsintervalls besteht in der Ableitung neuer interdisziplinärer Erkenntnisse durch Intensivierung des inhaltlichen Austauschs zwischen den vier Themenfeldern. Notwendige Voraussetzung hierfür ist zunächst die Zusammenführung und Verdichtung der inhaltlichen Ergebnisse innerhalb des Themenfeldes. Die in den einzelnen Themenfeldern im 1. Forschungsintervall entwickelten Methoden und Vorgehensweisen sollen für die Entwicklung themenfeldübergreifender Lösungen eingesetzt werden. TF2 bietet mit dem entwickelten Set an quantitativen Methoden die Basis für die Quantifizierung von Minderungspotenzialen, die Entwicklung von Szenarien und Ableitung von Erkenntnissen und Handlungsempfehlungen. Konkret sind in dieser Aktivität die folgenden Arbeitsschritte geplant:

- Die Modellierung knüpft an den vorgelagerten Modellen zur Grundstoffherstellung von **TF1** an. In enger Zusammenarbeit mit TF1 erfolgt die Entwicklung und Quantifizierung eines gekoppelten Modells der verschiedenen Grundstoffe über den Lebenszyklus grade-to-gate (TF1) inklusive Recycling (TF2). Die potentiellen Änderungen der Technologien in der Vorkette werden durch TF1 konkretisiert, diese finden in den Stoffstrom- und Wirkungsanalysen von TF2 Berücksichtigung.
- Mit **TF3** werden die Implikationen der Nachfrageänderung in Energie- und Industriemodell bzw. in Kontextszenarien abgebildet. Nach intensiver Vorbereitung wird eine vertiefte Diskussion über die Möglichkeiten und Grenzen einzelner Klimaschutzstrategien im Chemie-sektor in Rahmen eines gemeinsamen Workshops geführt. Hier werden die Möglichkeiten und Wirkungen der Einführung des chemischen Recyclings in der Wertschöpfungskette der Kunststoffe sowie die Potenziale der Minderungsmaßnahmen des Plastik- und Baumaterialbedarfs erörtert. Die Erkenntnisse fließen in die quantitative Modellierung der qualitativen Szenarien ein.
- In Zusammenarbeit mit **TF4** werden neue Geschäftsmodelle entlang zirkulärer Wertschöpfungsketten für Unternehmen in einer wettbewerbsfähigen Industrie diskutiert. Insbesondere digitalisierte Geschäftsmodelle spielen allgemein im Rahmen der Umsetzung einer effizienten Kreislaufwirtschaft sowie auch im Bausektor (bspw. digitalisierte Materialinformationssysteme) zukünftig eine wichtige Rolle. Im Austausch der Themenfelder werden daher Chancen und Potenziale, aber auch die Herausforderungen solcher Geschäftsmodelle evaluiert. Zudem findet die Analyse der Konsequenzen aus und Anforderungen an regulatorische Rahmenbedingung und Anreize hinsichtlich der Umsetzung der in TF 2 analysierten kreislaufwirtschaftlichen Maßnahmen in enger Kooperation mit TF4 statt.

Produkte/Meilensteine:

- Ergebnismatrix des Forschungsintervalls des Themenfeldes
- Entwurf eines Forschungsplanes für das nächste Forschungsintervall bzw. nach Abstimmung finaler Forschungsplan des Themenfeldes für das nächste Forschungsintervall.

4.3 Themenfeld 3 Szenarien und Transformationspfade

4.3.1 Ziele des Themenfeldes im Verlauf aller drei Forschungsintervalle

Das übergeordnete Ziel des Themenfeldes ist die interaktive Erarbeitung und Analyse von konsistenten Transformationspfaden zu einer (weitgehend) klimaneutralen und wettbewerbsstarken (Grundstoff-) Industrie in NRW bis Mitte des Jahrhunderts. Die Transformationspfade nehmen dabei die Erkenntnisse aus den übrigen Themenfeldern auf – z. B. aus den Bereichen Technologieentwicklung, Potenziale nachfrageseitiger Maßnahmen sowie Veränderungen der Rahmenbedingungen – und integrieren sie zu in sich konsistenten Gesamtbildern.

Gleichzeitig liefern sie einen wichtigen Analyserahmen und Hintergrund für die Beurteilung

- von Technologien, Infrastrukturen, Geschäftsstrategien und Geschäftsfeldern,
- von politischen Strategien, Instrumenten und Maßnahmen und
- von ökonomischen Aus- und Wechselwirkungen sowie der Entwicklung der Standortqualität NRWs und der Zukunftsfähigkeit der dortigen Grundstoffindustrien.

Die Transformationspfade dienen dazu, die möglichen Pfade zu einer Klimaneutralität der Grundstoffindustrien zu beschreiben und in Bezug auf ihre Auswirkungen sowie daraus resultierende Handlungserfordernisse zu analysieren. Dazu werden zentrale Rahmenbedingungen und interne wie externe Einflussfaktoren für die energieintensive Industrie identifiziert und verschiedene Strategien und Pfade entwickelt, detailliert beschrieben und analysiert, die der Zielstellung einer klimaneutralen und zukunftsfähigen Industrie in NRW gerecht werden.

Die Transformationspfade sollen unter Berücksichtigung von zu erwartenden Umsetzungshürden sowie von Aspekten der Innovations- und Investitionszyklen energieintensiver Industrie ausgearbeitet und dargestellt werden. Verzweigungspunkte, die verschiedene Pfade separieren (z. B. Aufbau bestimmter Infrastrukturen, langfristige Investitionen), werden identifiziert und Zeitfenster beschrieben, innerhalb derer entsprechende Entscheidungen getroffen werden können bzw. müssen.

Darüber hinaus sollen ausgewählte Klimaschutzpfade u. a. in Bezug auf ihre Robustheit, geopolitische Einordnung (u. a. Rolle von Energieimporten), volkswirtschaftlichen Effekte (u. a. Arbeitsplätze), THG-Emissionen, Ressourcenverbrauch und ggf. andere gesellschaftliche Ziele hinterfragt werden. Dabei wird eine Reihe zusammenhängender Aspekte untersucht, z. B.:

- die Weiterentwicklung zentraler Infrastrukturen und die Rolle von Energieimporten. Darunter die
 - Identifikation zentraler Infrastrukturbedarfe und Nutzungsmöglichkeiten bestehender Strukturen (assets)
 - Einbettung der infrastrukturellen Erfordernisse in NRW in den nationalen und europäischen Kontext (z. B. grenzüberschreitende Strukturen)
 - Umgang mit der Gefahr problematischer Pfadabhängigkeiten und Sicherung adäquater Anpassungsmöglichkeiten (Flexibilität, modulare Entwicklungsschritte)
 - Rolle des Imports von Wasserstoff oder synthetischen Brennstoffen auf der Zeitachse im Wechselspiel mit den Möglichkeiten der heimischen Erzeugung

- die Umsetzungsbedingungen technischer, ökonomischer, politischer und gesellschaftlicher Art und Hinweise auf Maßnahmengestaltung (in Kooperation mit Themenfeld 4) und dabei u. a. die Identifikation möglicher „No-Regret“-Maßnahmen, die der Entwicklung aller (bzw. möglichst vieler) ausgewählter Transformationspfade dienlich sind.

Die Ziele des Themenfeldes 3 sind aufgrund der integrativen Struktur der Szenarien und Transformationspfade forschungsintervallübergreifend. Sie werden allerdings nur durch einen intensiven und iterativ strukturierten Austausch mit Stakeholdern aus Industrie, Politik und Gesellschaft erreicht und werden daher im Zeitverlauf entsprechend des gemeinsamen Erkenntnisprozesses angepasst. Daher sind die zentralen Aktivitäten in allen Forschungsintervallen vertreten, sie ändern allerdings im Laufe des Forschungsprojektes ihre jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkte. Übergreifend haben die Forschungsintervalle folgende Zielschwerpunkte:

Forschungsintervall 1: Im 1. Forschungsintervall ging es um die Schaffung von zentralen Grundlagen für die Erstellung und Analyse von Szenarien und Transformationspfaden. Hier wurden die Strukturen angelegt, Methoden konkretisiert und methodische Vorarbeiten durchgeführt, die Schnittstellen definiert und Inhalte vorbereitend aufgearbeitet, die eine umfassende Bandbreite der denkbaren Entwicklungen in der Grundstoffindustrie bis 2050 skizzieren und konsistente Gesamtbilder ermöglichen. Diese Arbeiten, insbesondere das erste „Basis-Klimaschutzszenario“, bilden die Grundlage für die im 2. Forschungsintervall zu intensivierende inhaltliche Interaktion mit Stakeholdern aus Industrie und Gesellschaft. Hierzu erfolgte bereits im Laufe des ersten Forschungsintervalls im Rahmen der Initiative „IN4climate.NRW“ ein vielfältiger Austausch mit Stakeholdern aus Industrie, Politik und Gesellschaft. Nach Ende des 1. Forschungsintervalls wurden die in einer Entwurfsfassung des vorliegenden Dokumentes dargelegten Forschungsschwerpunkte (u. a.) von Themenfeld 3 für das 2. Forschungsintervall auf einer Statuskonferenz mit Vertreterinnen und Vertretern aus der Industrie diskutiert. Die dort erhaltenen Rückmeldungen flossen in die finale Fassung des vorliegenden Dokuments ein.

Forschungsintervall 2: Das 2. Forschungsintervall baut auf den Erkenntnissen des vorherigen Forschungsintervalls auf, vertieft diese und nutzt sie als Basis für weitergehende Analysen. Die Tools und Erkenntnisse aus dem 1. Forschungsintervall werden mit Stakeholdern aus Industrie, Politik und Gesellschaft intensiv diskutiert und bilden eine zentrale Grundlage für die weitere Forschung. Mit dem zu Beginn vom 2. Forschungsintervall fertiggestellten „Basis-Klimaschutzszenario“ liegt eine erste Vision für einen Transformationspfad der nordrheinwestfälischen Industrie vor, die im Laufe des 2. Forschungsintervalls in mehreren Workshops intensiv mit Stakeholdern aus Industrie und Politik diskutiert werden soll. Auf Basis der Rückmeldungen aus diesem Stakeholder-Prozess werden weitere plausible Klimaschutzpfade entwickelt. Zudem erfolgt im 2. Forschungsintervall die wissenschaftliche Aufbereitung und Publikation der erzielten Erkenntnisse, um die Anbindung an die internationale wissenschaftliche Diskussion sicherzustellen.

Forschungsintervall 3: Hier gilt Ähnliches wie für das zweite Forschungsintervall. Es wird aber erwartet, dass nun von Stakeholdern Interesse an weitergehenden Prozessen (z. B. die Erstellung von Roadmaps für die Klimaneutralität der Grundstoffindustrien in Nordrhein-Westfalen) geäußert wird. Im 3. Forschungsintervall wird auch die Frage eine Rolle spielen, wann welche Entscheidungen zum Ausbau von Infrastruktur oder zur Investition in technische Anlagen nötig sein werden, um die Ziele einer klimaneutralen Industrie in NRW zu erreichen und welche Infrastruktur- oder Technologiepfade sich gegenseitig ausschließen würden.

4.3.2 Forschungsfragen in Themenfeld 3 und deren Bearbeitung im zweiten Forschungsintervall

In Themenfeld 3 steht forschungsintervallübergreifend die folgende **übergeordnete Forschungsfrage** im Mittelpunkt:

Welche technologisch, infrastrukturell und gesellschaftlich unterschiedlichen Transformationspfade sind denkbar, um die industrielle Produktion in NRW bis zum Jahr 2050 auf (weitgehende) Klimaneutralität umzustellen? Wo liegen – bezogen auf verschiedene Kriterien – die jeweiligen Vor- und Nachteile dieser Pfade?

Aus dieser übergeordneten Forschungsfrage werden in Themenfeld 3 im kommenden 2. Forschungsintervall die folgenden drei Themenbereiche mit konkreten Forschungsfragen abgeleitet:

- **Infrastruktur:** Welche Infrastrukturaktivitäten in NRW sind hinsichtlich der Transformation des Industriesektors robust und welche Übergangstechnologien werden benötigt? Hierzu gehört unter anderem die Frage, welche Mindestmengen an Wasserstoff zukünftig über welche Infrastrukturen zu den industriellen Schwerpunkten NRWs transportiert werden müssen. In Zusammenhang mit Infrastrukturen spielt außerdem die Frage nach der Vermeidung unerwünschter Lock-in-Entwicklungen eine wichtige Rolle.

Arbeitsschritte:

- Die fortlaufende Identifikation und (Meta-) Analyse wichtiger Veröffentlichungen im Bereich der Transformation des Industriesektors liefert Hinweise hinsichtlich bestehender Vorstellungen des zukünftigen Transformationsprozesses, inklusive der Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Visionen.
- Die Erarbeitung zusätzlicher Szenarien und Varianten in Themenfeld 3 wird weitere Erkenntnisse hinsichtlich des zukünftigen Möglichkeitenraums beim Bedarf neuer Infrastrukturen liefern.

Produkte:

- Bericht, der alle bis zum Ende des 2. Forschungsintervalls entwickelten Szenarien dokumentiert und gegenüberstellt (August 2021)
 - Kurzbericht, der die bis Ende des 2. Forschungsintervalls ableitbaren Erkenntnisse zu robusten Infrastrukturmaßnahmen zusammenfasst und erläutert, wie im Laufe des 3. Forschungsintervalls diese Erkenntnisse weiter vertieft bzw. erhärtet werden sollen (August 2021)
- **Branchenstrategien:** Welche Erkenntnisse lassen sich aus den verschiedenen Pfaden für einzelne Industriebranchen NRWs hinsichtlich ihrer strategischen Ausrichtung ableiten? Welche Maßnahmen sind – unter der Annahme ambitionierter zukünftiger Klimapolitik – robust, welche sind aus heutiger Sicht noch mit besonders hohen Unsicherheiten bzw. Risiken verbunden?

Arbeitsschritte:

- Durch den Austausch mit Industrievertreterinnen und -vertretern sowie durch die Erstellung zusätzlicher Szenarien wird der Grundstein gelegt, um fundierte Aussagen zu robusten Strategien für einzelnen Branchen abzuleiten. Endgültige Ergeb-

nisse hinsichtlich sinnvoller Branchenstrategien sind aber erst im Laufe des 3. Forschungsintervalls zu erwarten, wenn mehrere Szenarien vorliegen und diese verglichen und mit Vertreterinnen und Vertretern der einzelnen Branchen diskutiert wurden.

Produkt:

- Bericht, der den breiten Dialogprozess zusammenfasst und Schlussfolgerungen hinsichtlich der Entwicklung weiterer Szenarien ableitet sowie vorläufige Erkenntnisse zu erfolgsversprechenden Branchenstrategien formuliert (Februar 2021)
- **„Renewables Pull“:** Wie hoch ist die Gefahr von Produktionsabwanderung aufgrund einer größeren und kostengünstigeren Verfügbarkeit erneuerbarer Energien in anderen Ländern bzw. Regionen der Welt? Wie könnten man diese Auswirkungen über geeignete Instrumente und/oder strategische Partnerschaften minimieren/strategisch gestalten?

Arbeitsschritte:

- Unter Rückgriff auf die Energie- und Industriesystemmodellierung am Wuppertal Institut sowie unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der vorliegenden Literatur wird für einzelne Branchen bzw. Produkte eine Abschätzung der zukünftigen Relevanz dieser Problematik für den Standort NRW bzw. Deutschland vorgenommen.
- In enger Zusammenarbeit mit Themenfeld 4 (Rahmenbedingungen) werden die Erkenntnisse aus diesen Analysen hinsichtlich der für eine Minderung der Problematik in Frage kommenden Politikinstrumente diskutiert.
- Auf einem Workshop mit Vertreterinnen und Vertretern der Industrie werden deren Sichtweisen zu diesem Thema eingeholt und vorläufige Erkenntnisse zur Diskussion gestellt.

Produkt:

- Kurzbericht, der die Erkenntnisse zur Gefahr von “Renewables Pull“ und mögliche Gegenmaßnahmen darlegt (Juli 2021)

Aufgrund der aktuellen Entwicklungen in Deutschland, Europa und weltweit infolge der SARS-CoV-2-Pandemie wurde entschieden, im 2. Forschungsintervall im Rahmen von Themenfeld 3 zusätzlich Zeit für die mögliche Bearbeitung eines vierten Themenbereichs vorzusehen:

- **Klima- und industriepolitisch sinnvolle Maßnahmen:** Welche Investitionen in klimaneutrale Prozesse und/oder Infrastrukturen können sehr schnell umgesetzt werden, um einen Beitrag dazu zu leisten, nach einer (weitgehenden) Normalisierung der ökonomischen Aktivität die erwartete Rezession möglichst schnell zu überwinden und zur Verwirklichung des europäischen „Green Deal“ beizutragen? Welche Instrumente würden benötigt, um diese Investitionen entsprechend schnell und zielgerichtet umzusetzen?

Arbeitsschritte:

- Auf Grundlage der berechneten Szenarien könnte geprüft werden, welche in den Szenarien v. a. bis zum Jahr 2030 vorgesehenen Neuinvestitionen prinzipiell vorgezogen wer-

den könnten (z. B. weil eine ausreichende technologische Reife vorliegt und ein Wertverlust bestehender Assets minimiert werden kann).

- Unter der Leitung von Themenfeld 4 könnte im Laufe des Forschungsintervalls diskutiert werden, welche politischen Maßnahmen ergriffen werden könnten, um ggf. notwendige konjunkturunterstützende Maßnahmen in Einklang mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität bis Mitte des Jahrhunderts umzusetzen.

Produkt:

- Kurzbericht, der die Erkenntnisse und Empfehlungen zu klima- und industriepolitisch sinnvollen Maßnahmen zusammenfasst (Hauptverantwortlichkeit bei Themenfeld 4, Produkt abhängig von der weiteren wirtschaftlichen und politischen Entwicklung der nächsten Monate)

Abbildung 4 fasst den Zusammenhang zwischen den Forschungsfragen, die in Themenfeld 3 im zweiten Forschungsintervall im Fokus stehen, und den geplanten Aktivitäten zusammen.

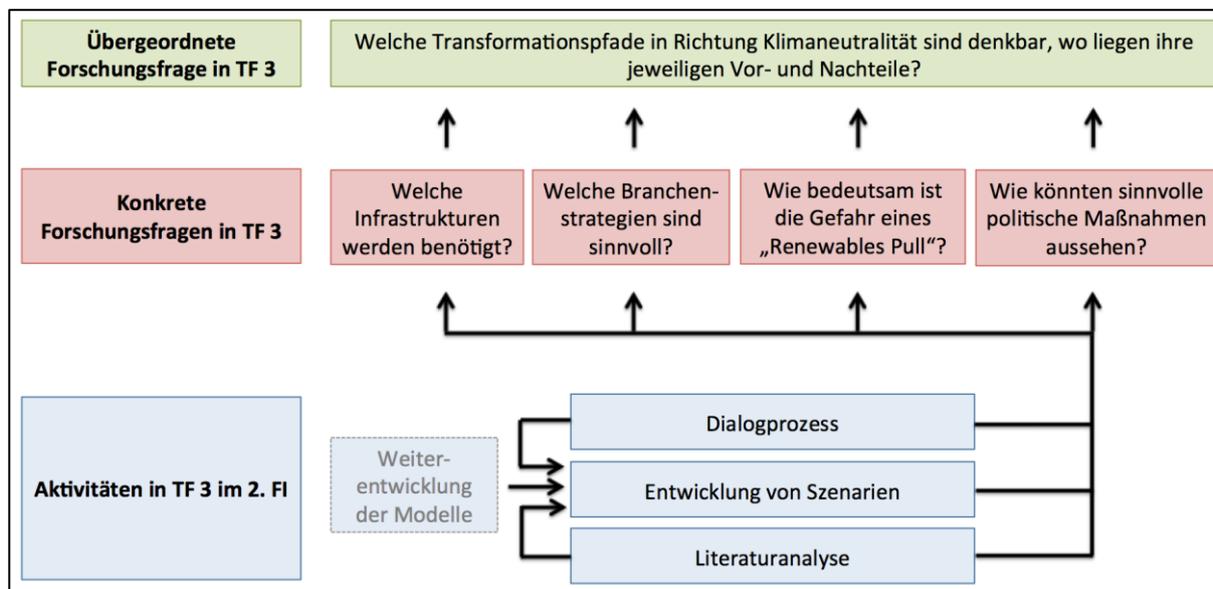


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen den Forschungsfragen und Aktivitäten im Themenfeld 3 im 2. Forschungsintervall

4.4 Themenfeld 4 Rahmenbedingungen

4.4.1 Ziele des Themenfeldes

Ziel des Themenfelds ist es, politische Maßnahmen und Handlungsstrategien sowie komplementäre Rahmenbedingungen kriteriengeleitet zu entwickeln und zu prüfen. Diese sollen zum einen darauf abzielen grundlegende Innovationen anzuregen und zum anderen deren Umsetzung am Standort NRW zu begünstigen.

Dabei umfasst der Begriff der Rahmenbedingungen nicht nur politische oder regulatorische Instrumente: Hier ebenso zu betrachten sind ökonomische Rahmenbedingungen, also die Zukunftsfähigkeit und das Aufzeigen neuer unternehmerischer Chancen und Möglichkeiten bzw. tragfähiger Geschäftsmodelle sowie gesellschaftliche Rahmenbedingungen (beispielsweise Akzeptanz). Hierzu gehören insbesondere auch die Berücksichtigung und Betrachtung der Investitions- und Innovationszyklen der Unternehmen in den verschiedenen Branchen.

Themenfeld 4 widmet sich demnach dem politischen und gesellschaftlichen Umfeld des Transformationsprozesses und dabei insbesondere

- Politikinstrumenten und -maßnahmen,
- regulatorischen Rahmenbedingungen,
- Erfolgsbedingungen für klimafreundliche Geschäftsmodelle und den
- Auswirkungen auf das gesellschaftliche Umfeld.

Der Transformationsprozess der Industrie startet weder bei null, noch verläuft er unabhängig vom Kontext der Entwicklungen auf nationaler und internationaler Ebene. Deshalb ist es in Themenfeld 4 wichtig, die aktuellen Rahmenbedingungen und deren Anpassungen im laufenden politischen Prozess zu erfassen und zu begleiten, denn Veränderungen der politischen Instrumente und Regeln müssen beim Status quo ansetzen. Ebenso gilt es Erfahrungen mit dem Einsatz klimapolitisch motivierter Politikmaßnahmen in anderen Kontexten zu berücksichtigen.

Parallel zum 2. Forschungsintervall erfolgen massive Anpassungen der europäischen Klimapolitik durch den von der neuen Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen ausgerufenen „European Green Deal“, der zudem unter den weitreichenden Herausforderungen der Bewältigung der Folgen der Corona-Pandemie umgesetzt werden soll. Diese aktuellen und hochrelevanten politischen Entwicklungen und die damit einhergehenden Veränderungen der Rahmenbedingungen sind gerade im 2. Forschungsintervall zu berücksichtigen und zu begleiten. Deshalb wird die Bearbeitung aktueller klima- und energiepolitischer Fragen einen höheren Stellenwert bekommen als bisher.

In Zusammenarbeit mit der Gesamtinitiative IN4climate.NRW und den anderen Themenfeldern im Projekt SCI4climate.NRW sollen übergreifende Fragestellungen stärker an Bedeutung gewinnen. So ist gemeinsam mit Themenfeld 1 für eine engere Zusammenarbeit im Bereich Wasserstoff eine interne Veranstaltung geplant, mit Hilfe derer die im Rahmen von TF1 behandelten technologischen Fragestellungen mit den regulatorischen Fragestellungen, Ergebnissen im Bereich Geschäftsmodelle und gesellschaftlicher Fragen, beispielsweise mit Blick auf die Infrastruktur, verknüpft werden können.

Zu den übergreifenden Fragestellungen gehören zudem neben den aktuellen klimapolitischen Entwicklungen und in diesem Zusammenhang der klimaorientierten Ausgestaltung von Maßnahmen, die aus der Corona-Krise führen können, auch die Frage nach der Bedeutung von lokaler Energieerzeugung.

gung für die Standortwahl von Unternehmen sowie die Ausgestaltung und Priorisierung des Infrastrukturausbaus.

In Themenfeld 4 haben sich darüber hinaus vier Querschnittsthemen herauskristallisiert, die in (nahezu) allen Aktivitäten adressiert werden:

- Erneuerbare Energien
- Circular Economy
- Wasserstoffwirtschaft
- CO₂-Wirtschaft

Diese Querschnittsthemen haben auch Anknüpfungspunkte zu den entsprechenden Arbeitsgruppen in IN4climate.NRW.

In **Forschungsintervall 1** wurden zu den zentralen Forschungsfragen grundlegende Analysen durchgeführt. Zur Entwicklung und kriteriengeleiteten Evaluation von klimapolitischen Maßnahmen wurde ein Bewertungsraster und ein entsprechendes Bewertungstool entwickelt. Wesentliche Politikinstrumente zur Reduktion von Treibhausgasemissionen wurden in ihrer Wirkungsweise aufgearbeitet und im Hinblick auf die zuvor erarbeiteten Kriterien bewertet. Dabei zeigte sich, dass es ganz entscheidend auf die Ausgestaltungsmerkmale des jeweiligen Instruments ankommt, ob eine im Sinne der Kriterien gewünschte Wirkung eintritt oder nicht. Darüber hinaus wurden die Ausgangsbedingungen der Grundstoffindustrie und der Wasserstoffinfrastruktur untersucht, sowie Erfolgsfaktoren für innovative Geschäftsmodelle und Transformationsprozesse, die relevante Rückschlüsse auf die Herausforderungen der nordrhein-westfälischen Grundstoffindustrie zulassen, ermittelt.

Im **2. Forschungsintervall** erfolgt eine Konkretisierung der bislang abstrakt analysierten Politikmaßnahmen und Prozessschritte. Deshalb orientiert sich die Evaluation von Maßnahmen zum einen verstärkt an der aktuellen politischen Entwicklung und begleitet zum anderen das in Themenfeld 3 entwickelte Klimaschutzszenario, das einen Transformationspfad in Richtung Treibhausgasneutralität für NRW beschreibt. Dazu passend soll die Ausgestaltung von adäquaten Politikmaßnahmen geprüft und mögliche Maßnahmenpakete entwickelt werden. In ähnlicher Weise wird sich auch die Analyse des Transformationsprozesses stärker an diesem Szenario orientieren und die im 1. Forschungsintervall gewonnenen Erkenntnisse in Anwendung bringen sowie hinterfragen, welchen Beitrag IN4climate.NRW dazu leisten kann. Ebenfalls konkreter sollen zentrale Einflussfaktoren für innovative Geschäftsmodelle analysiert werden. Dazu erfolgt eine Untersuchung der Forschungs- und Entwicklungslandschaft in NRW sowie der entsprechenden Aktivitäten auf Unternehmensseite. Weitere Themen sind Fachkräfte- und Qualifikationsbedarfe und das Thema Digitalisierung.

Forschungsintervall 3 schließlich soll den bereits begonnenen Interaktionsprozess zwischen den Themenfeldern und mit den Arbeitsgruppen insofern noch einmal verstärken, als die Ergebnisse aus dem 2. Forschungsintervall mit den Partnern in Initiative und Projekt evaluiert werden, um die Ergebnisse weiter zuzuspitzen und Handlungsbedarfe innerhalb und außerhalb der Initiative abzuleiten. Angesichts der politischen Entwicklungen in der nationalen und internationalen Klimapolitik muss im letzten Forschungsintervall zudem hinreichend Spielraum verbleiben, um Anpassungen der Rahmenbedingungen aufzuarbeiten und bei den Aktivitäten in Themenfeld 4 entsprechend zu berücksichtigen.

4.4.2 Geplante Aktivitäten in Themenfeld 4 und im zweiten Forschungsintervall

Themenfeld 4 widmet sich im 2. Forschungsintervall verstärkt den Themen Wasserstoff, Erneuerbare Energien, Circular Economy und Carbon Capture and Storage/Usage (CCS/CCU). Dabei handelt es sich um Querschnittsthemen (Abbildung 5), die in allen inhaltlichen Aktivitäten adressiert werden. Schnittstellen zu den anderen Themenfeldern werden eine größere Rolle spielen als im ersten Forschungsintervall.

-- Querschnittsthemen --

Themenfeld 4	Erneuerbare Energien	Circular Economy	Wasserstoff- wirtschaft	CCSU / CO ₂ - Wirtschaft
Bewertung von Politikinstrumenten und Handlungsoptionen				
Regulatorische und politische Voraussetzungen in NRW				
Innovationen und neue Geschäftsmodelle				
Gesellschaftliche Umfeldfaktoren und Strategien für den Strukturwandel				

Abbildung 5: Strukturierung der Forschungsaktivitäten des Themenfeldes 4 in zentralen Querschnittsfeldern

Kriteriengeleitete Konzeption und Bewertung von Politikinstrumenten und Handlungsoptionen

Im 1. Forschungsintervall wurden eine Reihe grundlegender Politikinstrumente identifiziert, die es ermöglichen den Klimaschutz in der Grundstoffindustrie voranzutreiben und gleichzeitig den betroffenen Branchen in NRW neue Perspektiven zu eröffnen. Dazu wurde ein Kriterienschema entwickelt, mit dem die Instrumente Grenzausgleich, Produktabgaben, Carbon Contracts for Difference, Bonusprogramme, Green Public Procurement und Standards/Quoten mit Hilfe der vier Perspektiven Gesellschaft, Umwelt, Wirtschaft sowie Politik & Institutionen bewertet und untereinander verglichen werden konnten. Auf dieser Basis kann die geeignete Ausgestaltung von Instrumenten und Zusammenstellung von Politikpaketen für ausgewählte Technologiepfade und Strategien erarbeitet und evaluiert werden. Im Fokus stehen dabei vorerst die Klimaschutzoptionen Wasserstoff und Kreislaufwirtschaft. Während zu Wasserstoff schon eine Instrumentenbewertung in Form eines Fachartikels in Arbeit ist und in der ersten Hälfte des 2. Forschungsintervalls abgeschlossen werden wird, soll ein zusätzlicher Fokus auf das Thema Kreislaufwirtschaft gerichtet werden.

Technologie- und strategieübergreifend soll zudem eine Begleitung des im Projekt entwickelten Szenarios ‚Klimaneutralität 2050‘ und dessen Umsetzung mithilfe eines Instrumentenmixes erfolgen. Hierzu soll ein Maßnahmenbündel entwickelt werden, welches sich an den Technologiepfaden der Szenariovarianten orientiert und einen Gesamtüberblick über die dafür notwendigen Politikinstrumente und deren Wechselwirkungen darstellt.

Darüber hinaus sollen die aktuellen Diskussionen zur Gestaltung von Klimaschutzinstrumenten verfolgt und mit entsprechenden Beiträgen wissenschaftlich begleitet werden. Folgende Themen zeichnen sich bereits ab und bieten sich für eine vertiefte Untersuchung an:

- Regulatorische und instrumentelle Weichenstellungen im Rahmen des European Green Deal
- Klimaorientierte Konjunkturprogramme auf dem Weg aus der Corona-Krise
- Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen vor Ort als Standortfaktor

Bestandsaufnahme regulatorischer und politischer Voraussetzungen in NRW

Aufbauend auf einer Bestandsaufnahme der ökonomischen und energiewirtschaftlichen Situation der nordrhein-westfälischen Grundstoffindustrien sowie der existierenden regulatorischen Rahmenbedingungen einer Wasserstoffwirtschaft, sollen die Arbeiten im 2. Forschungsintervall mit Blick auf die regulatorischen und politischen Voraussetzungen des Landes fortgeführt werden. Dies umfasst zum einen die Anfertigung von Übersichten über den bestehenden Regulierungsrahmen weiterer Handlungsstrategien, wie z.B. der Kreislaufwirtschaft.

Zum anderen soll im 2. Forschungsintervall ein Schwerpunkt auf der Forschungslandschaft und Innovationspolitik NRWs liegen. Diese soll aus regulatorischer Sicht untersucht und bewertet werden. Ggf. bietet sich hier zur besseren Einordnung auch ein Vergleich mit anderen Regionen (national oder international) an.

Darüber hinaus sollen aktuelle klima- und energiepolitisch relevante Anpassungen der regulatorischen Rahmenbedingungen auf Landes-, nationaler und europäischer Ebene in Factsheets aufgearbeitet werden. Auf EU-Ebene bietet sich hierbei z.B. die Aufarbeitung der regulatorischen Implikationen des European Green Deal und dessen Auswirkungen auf die nordrhein-westfälischen Industriebranchen an.

Innovationen und neue Geschäftsmodelle

Um das Zielszenario der Treibhausgasneutralität bis 2050 zu erreichen, sind erhebliche betriebliche Transformationsleistungen zu bewältigen. Für die Industrieproduktion beruhen die Chancen dabei insbesondere auf Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, technologischen Innovationen sowie dem damit verbundenen Bedarf an neuen Geschäftsmodellen. Im 2. Forschungsintervall fokussiert die Analyse neben der Untersuchung neuer Geschäftsmodelle deshalb auf das Thema unternehmerische Innovationen. Einerseits sollen dazu Veröffentlichungen und Daten zu F&E-Aktivitäten, wie z.B. der Expertenkommission Forschung und Entwicklung (EFI-Geschäftsstelle), ausgewertet sowie mithilfe der Patentdatenbank des IW Köln eine Patentanalyse durchgeführt werden. Letztere soll Aufschluss über den Entwicklungsstand und die regionale Konzentration klimafreundlicher Technologien geben.

Andererseits sollen über die Auswertung von Start-Up Datenbanken und ähnlichen Formaten neue klimafreundliche Geschäftsmodelle entlang von Wertschöpfungsketten identifiziert und deren Marktpotenzial abgeschätzt werden. Die bisherigen Erkenntnisse haben verdeutlicht, dass digitale Geschäftsmodelle für die smarte Energiewende eine wichtige Rolle spielen, aber auch Themen wie die industrielle Abwärmenutzung können hier vertieft untersucht werden. Die Ergebnisse sollen in Form eines Kurzberichts oder einzelner Fact Sheets aufbereitet werden.

Ein weiteres Thema in diesem Bereich ist die Analyse der Arbeitsmarkt- und Fachkräftesituation in NRW. Dazu sollen vorhandene Fachkräfteengpässe identifiziert sowie aktuell und absehbar verfügbare Qualifikationen in NRW ermittelt werden.

Gesellschaftliche Umfeldfaktoren und Strategien für den Strukturwandel

Auf Grundlage der im 1. Forschungsintervall durchgeführten Metaanalyse zur Identifikation von Erfolgsfaktoren in industriell geprägten Transformationsprozessen sowie den dadurch abgeleiteten Handlungsempfehlungen für NRW und IN4climate.NRW, sollen die Ergebnisse zu Beginn des 2. Forschungsintervall in einem Workshop mit Vertreterinnen und Vertretern der NRW-Industrie und der Politik vorgestellt werden (soweit die COVID-19-Situation dies zulässt). Ziel der Diskussion soll die Priorisierung der verschiedenen Erfolgsfaktoren bzw. den daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen für den Prozess in NRW sein. Dies soll dazu dienen, Schwerpunkte zu setzen und vertieft ausgewählte Aspekte des Transformationsprozesses wie Cluster/Netzwerke, Wertschöpfungsketten oder soziale Akzeptanz zu untersuchen. Die Analyse soll sich an den im Projekt entwickelten Szenarien und den entsprechenden Transformationspfaden ausrichten und sich mit den Ergebnissen in den anderen Themenfeldern sinnvoll verzahnen.