

## TRANSFORMATION DES ENERGIESYSTEMS IN MODELLREGIONEN MITHILFE VON GRÜNEM WASSERSTOFF

Kurzstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

## IMPRESSUM

### Herausgeber:

Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
52425 Jülich

### Verantwortlich:

Dr. Jochen Seier, Energiesystem: Integration (ESI 3), PtJ

### Autoren:

Dr. Jochen Seier, Energiesystem: Integration (ESI 3), PtJ  
Julia Streitz, Energiesystem: Integration (ESI 3), PtJ

### Druck:

Grafische Medien, Forschungszentrum Jülich GmbH

### Stand:

Dezember 2021

### Bildnachweis:

Titel: 3D-Montage: PtJ | Bildmotive v. l. n. r.: IvanMikhaylov/iStock/thinkstock, palau83/iStock/thinkstock, PN\_Photo/iStock/thinkstock

Innenseiten: siehe Literaturverzeichnis

## INHALT

<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>2. IDENTIFIKATION VON INDUSTRIELL GEPRÄGTEN MODELLREGIONEN MIT TRANSFORMATIONSBEDARF .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. ABGRENZUNG VERSCHIEDENER DEFINITIONEN .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. POTENZIELLE MODELLREGIONEN FÜR EINE INDUSTRIELLE TRANSFORMATION .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3. BESCHREIBUNG DES RUHRGEBIETS .....</b>	<b>9</b>
<b>2.4. BESCHREIBUNG NORDDEUTSCHLAND .....</b>	<b>13</b>
<b>2.5. BESCHREIBUNG OSTDEUTSCHE KOHLELÄNDER .....</b>	<b>13</b>
<b>2.6. WEITERE MÖGLICHE MODELLREGIONEN .....</b>	<b>14</b>
<b>3. FÖRDERLANDSCHAFT WASSERSTOFF .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1. FÖRDERBEKANNTMACHUNGEN UND -MECHANISMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2. FÖRDERUNG IN NRW UND IM RUHRGEBIET .....</b>	<b>17</b>
<b>4. AUSBLICK .....</b>	<b>20</b>
<b>5. LITERATUR .....</b>	<b>21</b>
<b>6. ANHANG .....</b>	<b>25</b>

## 1. EINLEITUNG

Die Notwendigkeit, effizient und schnell gegen den Klimawandel vorzugehen, erfordert eine Umstellung des Energiesystems in allen Skalen, von regionalen Strukturen bis zum Energieaustausch zwischen Kontinenten. In einem zukünftigen Energiesystem kann Wasserstoff eine bedeutende Rolle spielen, da er die Dekarbonisierung von Sektoren erlaubt, in denen andere Maßnahmen wie die Elektrifizierung nicht ausreichen oder gar nicht implementiert werden können. Daher wurde im Jahr 2020 die Nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung veröffentlicht. Sie umfasst einen Katalog an Maßnahmen, die von der Förderung der Entwicklung und Implementierung innovativer Technologien durch die Bundesministerien über die Überarbeitung des regulatorischen Rahmens für die Strom- und Gaswirtschaft sowie den Verkehr bis hin zu neuen Marktmechanismen reichen.

Beispiele für Sektoren und Branchen mit einem hohen Bedarf für Dekarbonisierung sind der Flugverkehr, der Schiffsverkehr, der Schwerlastverkehr, die Stahlindustrie und die Grundstoffindustrie. Aus technologischer Sicht können die Stahlindustrie, die Herstellung und Verarbeitung anderer Metalle, die Herstellung von Zement, Glas, Keramik und die chemische Industrie mit Wasserstoff auf einen umweltfreundlichen und klimaneutralen Betrieb umgerüstet werden. Vielfach sind die notwendigen Forschungsarbeiten zur Vorbereitung der Umstellung der technischen Prozesse schon im Gange. In vielen Prozessen der chemischen Industrie wird schon gegenwärtig Wasserstoff eingesetzt, jedoch wird dieser überwiegend aus fossilen Energieträgern, vornehmlich Erdgas oder Schweröl erzeugt. Hier ist die Petrochemie zu nennen, die Wasserstoff für unterschiedliche Prozesse in der Benzin- und Dieselherstellung und -entschwefelung braucht. Die Umstellung konventioneller Produktionsanlagen für Wasserstoff auf eine klimafreundliche Technologie ist schneller möglich als die Einführung von Wasserstoff in andere Branchen.

Die Umstellung einer Vielzahl industrieller Prozesse, des Verkehrssystems sowie der Wohnungswirtschaft auf ein zukunftsfähiges und klimaneutrales Energiesystem erfordert eine Synchronisierung der Maßnahmen im globalen wie im regionalen Maßstab. Ein Beispiel für eine Maßnahme mit globaler Dimension ist der Aufbau von Lieferketten für umweltfreundlich produzierten Wasserstoff aus Ländern mit hoher Verfügbarkeit günstiger erneuerbarer Energien. Regionale Maßnahmen sind zum Beispiel die Schaffung einer Infrastruktur zur Versorgung der lokalen Verbraucher und die Umstellung der dortigen Industrie. Die Handlungsfelder auf den verschiedenen Ebenen greifen ineinander, sobald die regionalen Infrastrukturen mit globalen Lieferketten oder mit ausgeprägten Erzeugungsschwerpunkten in Deutschland verknüpft werden.

Bei der Transformation einer Region auf eine neuartig strukturierte Energieversorgung ist auf die Verschiedenartigkeit der Bedürfnisse verschiedener Akteursgruppen zu achten. Beispielsweise ist die Umstellung von Industrieprozessen auf Wasserstoff oft die einzige Maßnahme zur Dekarbonisierung, während im Verkehrssektor die batteriebetriebene Elektromobilität deutliche Vorteile für bestimmte Fahrzeuge zumindest bezüglich der Energieeffizienz in der gesamten Prozesskette aufweist. Im Wohnungssektor stehen eine Umstellung der Gasversorgung auf Wasserstoff oder ein Gemisch mit Wasserstoff und Erdgas, ein Ausbau von Nahwärmekonzepten und Wärmepumpen im Wettbewerb. Für eine effiziente Dekarbonisierung von Regionen ist daher die Synchronisation des Aufbaus bzw. der Umstellung verschiedener Energieinfrastrukturen erforderlich. Bei der Pla-

nung einer umfassenden Multi-Energie-Infrastruktur ist entsprechend auf eine ganzheitliche Sichtweise zu achten, um Redundanzen, falsche Dimensionierungen und suboptimale Lösungen zu vermeiden.

An dieser Stelle setzen die Vorteile regionaler Ansätze unter Einbeziehung aller Akteure einer Region an. Regionale Ansätze weisen den besonderen Vorteil auf, dass die lokalen infrastrukturellen Voraussetzungen bekannt sind und die Akteure untereinander vernetzt sind. Darüber hinaus kann regional sehr gut abgeschätzt werden, wie sich der Bedarf und die Infrastruktur in Zukunft entwickeln werden. Die Vorbereitung vieler Regionen gehen aber viel weiter. Viele Regionen haben bereits regionale Innovationscluster aufgebaut, die gemeinsam an Produkten, Technologien oder Geschäftsmodellen arbeiten. Damit bereiten die relevanten Akteure einen Wandel der wirtschaftlichen Strukturen und der Innovationskultur vor, sodass die Transformation der Infrastruktur und der Wirtschaftsstruktur Hand in Hand gehen [1].

In vielen Regionen existieren erste Ansätze zur Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft. Viele derartige Ansätze erfordern die Einbeziehung der Forschung zur Entwicklung von wirtschaftlichen Umsetzungskonzepten. Daher ist auch die Verfügbarkeit von Forschungsinfrastrukturen in der Nähe zu den industriellen Akteuren ein günstiges Merkmal für die Innovationsfähigkeit einer Region und ein Gradmesser für die strukturelle Wandlungsfähigkeit.

Das Ruhrgebiet als größte Industrieregion in Deutschland und eine der größten Industrieregionen in Europa verfolgt mehrere Initiativen zur Transformation der Energieversorgung, die auf die Modellregion Ruhrgebiet bzw. Nordrhein-Westfalen als Ganzes abzielen. Einige sehr große Industrieunternehmen in NRW haben im Oktober 2020 eine Erklärung „Aufbruch in die Zukunft 2020“ verabschiedet und veröffentlicht. Im September 2021 hat ein Konsortium aus 8 Partnern aus dem Ruhrgebiet das Impulspapier „Transformation des Ruhrgebiets zur Wasserstoff-Wirtschaft: Klimaneutralität ohne Deindustrialisierung“ erstellt und den Bundesministerien für Bildung und Forschung sowie Wirtschaft und Energie vorgestellt [2]. Im Projekt „H2.Ruhr“ plant E.ON, gemeinsam mit Enel und Iberdrola eine Infrastruktur für Wasserstoff bzw. aus grünem Wasserstoff hergestelltes Ammoniak in den industriellen Maßstab zu heben [3]. Die IG Metall hat am 29.10.2021 und damit unmittelbar vor der Weltklimakonferenz in Glasgow unterschiedliche Demonstrationen am europaweit größten integrierten Stahlwerk in Duisburg organisiert, um ihre Forderung nach der Umstellung der Stahlproduktion auf grünen Wasserstoff zu platzieren.

Gleichzeitig werden auch in anderen Regionen Deutschlands Modellregionen ins Leben gerufen und Strategiepaper und Konzepte für regionale Transformationen veröffentlicht. Viele Konzeptpaper leiten aus einem Vergleich der zeitlichen und inhaltlichen Anforderungen an die Transformation und dem heute geltenden Regulierungsrahmen ab, dass ein Marktversagen vorliege und eine Förderung der Kosten der Transformation unvermeidlich sei. Darüber hinaus fordern sie Anpassungen des Rechtsrahmens, die Entwicklung und Implementierung neuer Förderformate für regionale Transformationen oder nach dem Carbon-Contract-for-Difference-Mechanismus, die Setzung von Normen und Standards und die Forderung nach der Beschleunigung von Genehmigungsverfahren. Die Ausgestaltung der Transformation kann darüber hinaus erhebliche arbeitsmarktpolitische Effekte in den Regionen hervorrufen und die vorliegende Wirtschaftsstruktur verbessern.

Die Vielzahl der regionalen Initiativen und die Nachdrücklichkeit ihrer Forderungen legen eine Analyse nahe, ob bisherige Förderformate eine ausreichende Möglichkeit zur Stärkung von Regionen bieten, die eine Transformation ihrer Energieversorgung anstreben. Die Analyse der Förderformate  
offen

auf mögliches strategisches Verbesserungspotenzial und eine darauf aufbauende Verbesserung der Handlungsoptionen der öffentlichen Hand ist ein wichtiges Element zur Umsetzung des Transformationsbedarfs.

### **Zielsetzung der Kurzanalyse**

Die hier vorliegende Kurzanalyse und erstes Fact-Finding greift die besonderen Herausforderungen einer Transformation von Modellregionen durch grünen Wasserstoff auf. Die Transformation einer ganzen Region erfordert einen breiten Ansatz, der Fragen der Infrastruktur, Fragen des regulatorischen Rahmens sowie politische Schwerpunktsetzungen beinhaltet. Diese Aspekte werden hier nicht im Einzelnen betrachtet. Im Mittelpunkt der Kurzstudie stehen die Forschungsförderung sowie Demonstrationsprojekte von Bund und Ländern und ihr Beitrag zur Transformation von Modellregionen.

## **2. IDENTIFIKATION VON INDUSTRIELL GEPRÄGTEN MODELLREGIONEN MIT TRANSFORMATIONSBEDARF**

### **2.1. ABGRENZUNG VERSCHIEDENER DEFINITIONEN**

In Deutschland sind bereits zahlreiche Fördermaßnahmen zur Stärkung regionaler Strukturen veröffentlicht worden. In vielen Fällen wird für die ausgewählten Regionen der Begriff „Modellregion“ verwendet, in anderen Fördermaßnahmen wird explizit von Strukturwandelmaßnahmen oder Strukturwandelregionen gesprochen. Diese Begriffe können allerdings nicht synonym verwendet werden und werden im Folgenden voneinander abgegrenzt.

Um die Anforderungen und notwendigen Charakteristika einer Modellregion zur breitflächigen Implementierung von Wasserstofftechnologien zu verstehen, wurde die unterschiedlichen Verwendung des Begriffs Modellregion in verschiedenen Förderbekanntmachungen verglichen.

- › „räumlich begrenztes Gebiet mit gemeinsamen ökonomischen Strukturen und Perspektiven, in dem eine lokale Wasserstoffwirtschaft unter Nutzung von Synergien entstehen soll. Eine Region kann sich grundsätzlich auch über die Grenzen der Bundesländer und auch auf Gebiete benachbarter EU-Mitgliedstaaten erstrecken“ [4]
- › „[...] eine Modellkommune/Modellregion, die zeigen kann, wie wasserstoffbasierte Mobilität erfolgreich in der Praxis umgesetzt wird und damit zum Vorbild für andere Gemeinden, Kreise und Regionen werden kann.“ [5]
- › „[...] regionale Verbindung der Wertschöpfungskette von grünem Wasserstoff in einer Modellregion in BW zu demonstrieren, wo Wasserstoff-Erzeugung, Speicherung, Transport sowie verschiedene Wasserstoff-Anwendungen kombiniert und in eine lokale Wasserstoffwirtschaft unter Nutzung von Synergien integriert werden. [...] die Potenziale der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien sichtbar gemacht und eine wachsende Nachfrage sowie ein erhöhtes Interesse am Energieträger Wasserstoff ausgelöst werden. Gleichzeitig soll das Demonstrationsprojekt als Blaupause für andere Städte und Regionen in BW dienen.“ [6]

- › „Eine möglichst große Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen beim Einsatz von innovativen und wirtschaftlichen Techniken durch die Umsetzung der Modellregion hat Priorität. Darüber hinaus soll mit der Modellregion Grüner Wasserstoff ein aktiver Beitrag zur gesellschaftlichen Akzeptanz von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien geleistet werden.“ [6]

In diesen Veröffentlichungen bezieht sich der Begriff Modellregion auf das zu erreichende Ziel. Eine Region kann zur Modellregion werden, wenn sie ein überzeugendes Konzept erstellt, sich damit für eine Förderung qualifiziert und gefördert wird. Damit ist kein Votum über eine durch die Struktur der Region gegebene günstige Voraussetzung gegeben. In der Konsequenz besteht ein hohes Risiko, dass eine Region nur während der Laufzeit der Fördermaßnahme einen Modellcharakter hat.

Der Begriff Strukturwandelregion bezeichnet Regionen mit strukturellem Nachholbedarf. Zum Beispiel sind viele Regionen durch eine einseitige Industriestruktur geprägt, die Wohlstand generiert, aber in den kommenden Jahren voraussichtlich an Bedeutung im internationalen Wettbewerb verlieren wird oder bereits Wertschöpfung und Arbeitsplätze verliert [1]. Ein regionales Konzept zur Beibehaltung der Wirtschaftsstruktur durch Transformation der Energieversorgung kann daher nicht als Strukturwandelkonzept, die Region nicht als Strukturwandelregion bezeichnet werden. Allerdings kann sich eine Transformation der Infrastruktur wie die Umstellung auf grünen Wasserstoff begünstigend auf die Transformation der Wirtschaftsstruktur und der Erhöhung der Innovationsfähigkeit der Region auswirken.

Zur Förderung von Modellregionen (häufig bezogen auf die Elektromobilität), von Strukturwandelregionen und Wasserstofftechnologien sind eine Reihe vielbeachteter Förderprogramme veröffentlicht worden. Diese werden in Kapitel 3 analysiert. Dort kommt auch zum Ausdruck, dass Fördermaßnahmen zur zielgerichteten Unterstützung einer **industriellen** Modellregion bei der Umstellung ihrer Energieversorgung mit dem Ziel der Beibehaltung der Wirtschafts- und Produktionsstruktur bzw. zur Weiterentwicklung dieser Strukturen durch Innovationen noch nicht existieren.

In der Konsequenz sollten daher Modellregionen für eine Transformation der Industrieprozesse und der Energieversorgung begrifflich streng getrennt werden von Modellregionen mit anderer Zielsetzung und Strukturwandelregionen. Wir empfehlen die Entwicklung einer einheitlichen volkswirtschaftlichen Indikatorik. Diese sollte Mindeststandards von Regionen festlegen, die sich durch Transformation ihrer Energieversorgung und, darauf aufbauend, ihrer Industrieprozesse zu industriellen Modellregionen entwickeln möchten.

Als besonders relevante Charakteristika der Regionen, die sich positiv auf den Erfolg einer industriellen Wasserstoff-Modellregion auswirken könnten, sehen wir folgende:

- › Industriedichte: Eine hohe Industriedichte und -vielfalt kann sich positiv auf den wirtschaftlichen Erfolg einer Modellregion auch nach einer möglichen Förderung auswirken, da der lokale Markt von potenziellen Kunden bzw. Abnehmern von Wasserstoff, Neben- und Endprodukten steigt. Auch kann dies einen positiven Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Einsparungen haben, da Skalierungseffekte mehr zum Tragen kommen.
- › Energiebedarf: Mit der Industriedichte steigt im Regelfall auch der Energiebedarf einer Region. Grüner Wasserstoff bietet die Option, die Energieversorgung der Industriebetriebe klimaneutral zu gestalten. Der daraus resultierende Wasserstoffbedarf sollte eine relevante

Größenordnung haben, um hohe Anfangsinvestitionen in große Elektrolyseure und ein Leitungsnetz zu rechtfertigen.

- › Vorhandene Wasserstoffinfrastruktur: Je mehr Infrastruktur bereits vorhanden ist, desto geringer ist der weitere Ausbaubedarf. Zudem bestehen bereits Erfahrungen im Umgang. Die Akzeptanz des Netzes in der Bevölkerung ist schon gegeben.
- › Beteiligung an Fördermaßnahmen: Eingereichte und erfolgreiche Anträge zu Fördermaßnahmen sind ein Indiz für das Engagement und die Kompetenz der Stakeholder in einer Region sowie die Stärke und Professionalität der regionalen Innovationscluster. Hierzu zählen z.B. Erfolge im Interessensbekundungsverfahren zum Wasserstoff-IPCEI, „Reallabore der Energiewende“, die Technologieoffensive Wasserstoff, die Leitprojekte des BMBF etc.
- › Regionale und überregionale Vernetzung und Kooperation: Die Beteiligung an Fördermaßnahmen kann eine Häufung von engagierten Unternehmen in einer Region aufzeigen. Allerdings geht damit nicht zwingend einher, dass dort regionale strategische Konzepte oder Netzwerke erarbeitet wurden. Sind diese jedoch vorhanden, können sie ein wichtiger Grundpfeiler für den Aufbau oder eine weitere Aufwertung einer Modellregion sein. Dabei können Kooperationen mit folgenden Akteuren relevant sein:
  - Forschungsinfrastruktur: Die Anzahl vorhandener Hochschulen und Forschungseinrichtungen in einer Region sind sowohl für die Ausbildung des Nachwuchses als auch für den Technologietransfer relevant. Zudem ist die Kooperation der regionalen Wirtschaft mit der regionalen Wissenschaft ein wichtiger Indikator für lokale Wissenswertschöpfung.
  - Start-ups: Disruptive Innovationen entstehen häufig in Start-ups. Die Nutzung und Einbindung dieser Innovationstreiber kann ein Indiz für den Erfolg von Modellregionen sein.
  - Benachbarte Modellregionen: Eine überregionale Vernetzung mit anderen relevanten Wasserstoffregionen ist wichtig für den Aufbau einer deutschland- bzw. europa-weiten Wasserstoffinfrastruktur.

**Empfehlung:** Da diese Aufzählung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, sollte eine tiefergehende wissenschaftliche Untersuchung von Kriterien, die sich positiv (und negativ) auf den Erfolg von Wasserstoff-Modellregionen auswirken können, erfolgen. Als weiterführende Literatur sind [7–9] geeignet.

## 2.2. POTENZIELLE MODELLREGIONEN FÜR EINE INDUSTRIELLE TRANSFORMATION

Insgesamt konnten aus der Analyse vorliegender Studien und Daten eine Reihe von Regionen identifiziert werden, die grundsätzlich für den Aufbau einer industriellen Wasserstoff-Modellregion in Frage kommen könnten (vgl. Abbildung 1) und die bereits eigene Initiativen gestartet haben.



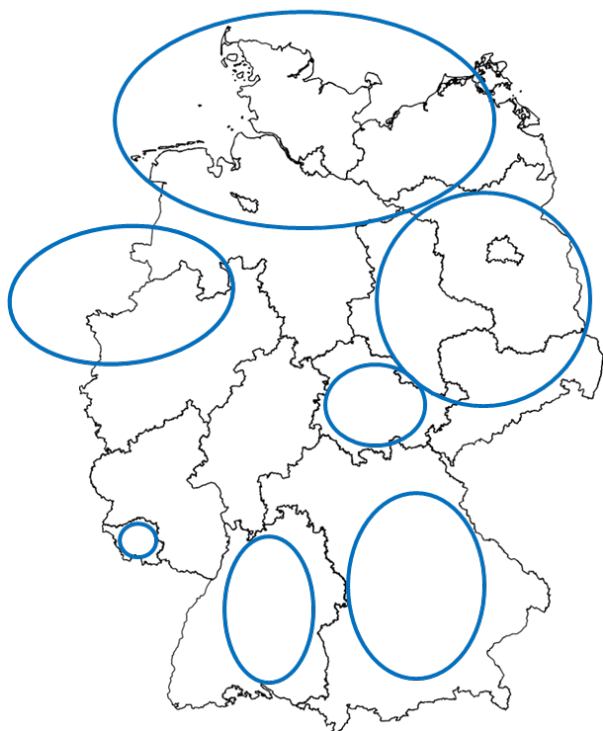


Abbildung 1: Mögliche Regionen mit Modellcharakter für die Transformation des Energiesystems

Eine erste Einschätzung des Potenzials der Regionen wird in Abschnitt 2.3 bis 2.5 vorgenommen. Eine strenge und vergleichende Bewertung des Potenzials anhand von volkswirtschaftlichen Kriterien ist hingegen nicht Aufgabe dieser Kurzstudie, sondern dieser Schritt wird im Kapitel 0 für eine weiterführende Arbeit empfohlen. Darüber hinaus arbeiten zurzeit verschiedene Regionen in Deutschland und europaweit daran, Konzepte und Strategien für eine Wasserstoffwirtschaft in der Region zu erstellen. Die folgende Zusammenstellung kann daher nicht abschließend sein:

- › Norddeutschland
- › Ruhrgebiet/NRW
- › Saarland
- › Baden-Württemberg
- › Bayern
- › Thüringen
- › Ostdeutsche Kohleländer

### 2.3. BESCHREIBUNG DES RUHRGEBIETS

Das Ruhrgebiet weist einige regionale Besonderheiten auf, die eine wichtige Rolle bei der Transformation einer Industrieregion zu einer Wasserstoffregion spielen können. Für diese Kurzstudie wird die Definition des Regionalverbands Ruhr RVR verwendet. Danach besteht das Ruhrgebiet aus den kreisfreien Städten Duisburg, Essen, Mülheim an der Ruhr, Oberhausen, Bottrop, Gelsenkirchen, Bochum, Dortmund, Hagen, Hamm, Herne sowie den Kreisen Wesel, Recklinghausen, Unna und Ennepe-Ruhr.

Allerdings kann das Ruhrgebiet nicht isoliert als industrielle Modellregion betrachtet werden, sondern viele besondere und hervorstechende Merkmale treffen auch auf Nordrhein-Westfalen als Ganzes oder mindestens die benachbarten Regionen Ruhrgebiet und Rheinland zu.

- › Die Dichte der Industriebetriebe ist weitaus höher als in anderen Regionen. Ein besonderer Schwerpunkt ist die Stahlindustrie (s. [10], vgl. Anhang Abbildung 4). Ein weiterer Schwerpunkt ist die Grundstoffindustrie. Daneben produzieren viele weitere Unternehmen mit hohem Energiebedarf im Ruhrgebiet. In [11] wurden 220 patentaktive energieintensive Industrieunternehmen aus den Bereichen Grundstoffindustrie, Energieunternehmen und Netzbetreiber in den Jahren 2010 bis 2018 in NRW identifiziert. Durch die dichte Besiedlung in unmittelbarer Nähe zu den Produktionsstandorten sind auch die Wohnungswirtschaft und der Verkehr bedeutende Energieverbraucher, die transformiert werden müssen. Die Region ist in hohem Maße von einer sicheren und zuverlässigen Stromversorgung abhängig, die die Fluktuationen des Angebots Erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung ausgleichen muss.
- › Der hieraus abzuleitende hohe Wasserstoffbedarf für das Jahr 2050 in NRW wird in [12] (Abbildung 13, S. 41) deutlich. Einige der Kreise mit dem höchsten Verbrauch liegen im Ruhrgebiet, andere im Rheinland südlich des Ruhrgebiets.
- › Hieraus lässt sich ebenfalls der hohe industriebedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Ruhrgebiet ableiten. Wie in Abbildung 2 ersichtlich, bestehen im Ruhrgebiet insbesondere in der Industrie relevante CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale. Im Ruhrgebiet entstehen 36,8 Prozent aller industriellen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Landes NRW. Eine detaillierte Auflistung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, z.B. auch für die einzelnen Branchen oder Städte sowie CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale finden sich in [13]. Abbildung 3 zeigt im Ländervergleich, dass insbesondere in NRW das höchste CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial besteht.

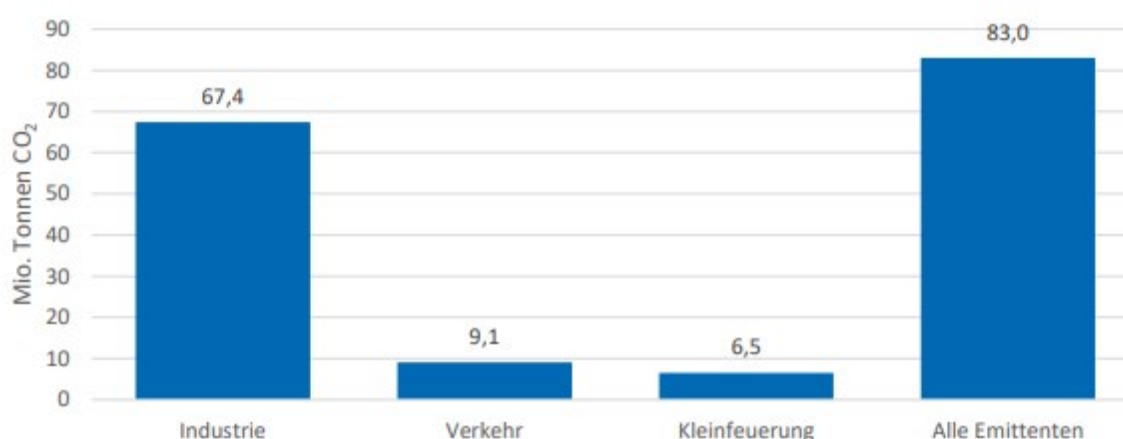


Abbildung 2: CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Ruhrgebiet 2018 in Mio. Tonnen [13]

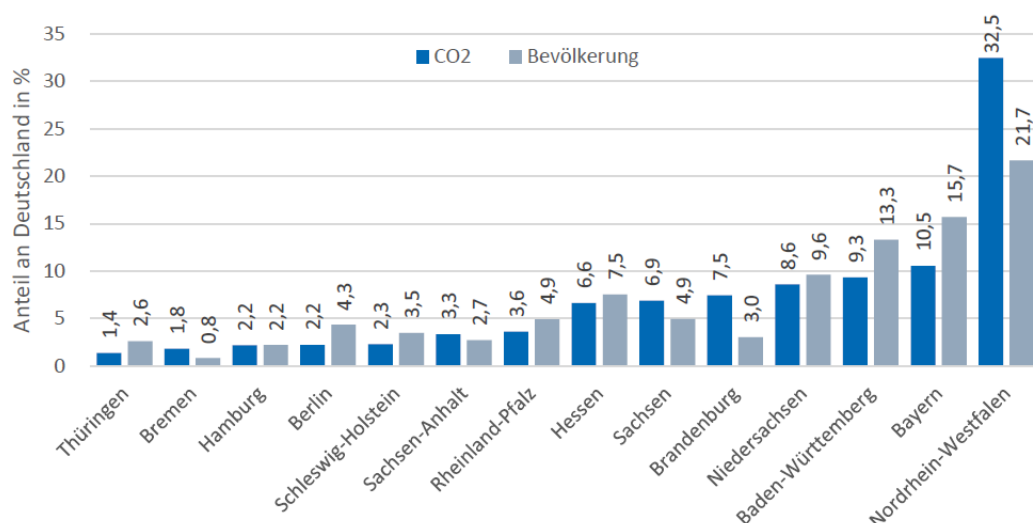


Abbildung 3: Anteile der Länder am CO<sub>2</sub>-Ausstoß 2017 in Deutschland [13]

- › Die Industrie im Ruhrgebiet ist ein Pfeiler der Volkswirtschaft in Deutschland. In der Metropolregion Rhein-Ruhr wurden 2018 ca. 15 Prozent des deutschen und mehr als 70 Prozent des nordrhein-westfälischen BIP erwirtschaftet [14] – auf nur ca. 4 Prozent der Gesamtfläche Deutschlands [15].
- › Hier werden Produkte erzeugt, die in anderen Regionen in Deutschland weiterverarbeitet werden. Eine Deindustrialisierung der Region infolge zu spät oder nicht eingeleiteter Maßnahmen zum Umbau des Energiesystems oder eine verspätete Transformation würden zu unabsehbaren Folgen für ganz Deutschland führen. Die weiterverarbeitende Industrie müsste andere Lieferanten finden, die Knappheit hoch technisierter Einsatzmittel für die weiterverarbeitende Industrie würde zunehmen. Durch die Verlagerung der Produktion in Länder mit geringeren Umweltstandards würde es zu einem ausgeprägten Carbon Leakage kommen [16].
- › Eine Reihe sehr großer Energieverbraucher der Grundstoffindustrie planen jeweils individuell eine Umstellung ihrer Prozesse auf und die Versorgung ihrer Standorte mit Wasserstoff. Dies wird teilweise schon in laufenden Forschungsprojekten (z.B. Carbon2Chem) untersucht und belegt beispielsweise die überdurchschnittliche Beteiligung an den Fördermaßnahmen „Reallabore der Energiewende“, dem Interessenbekundungsverfahren für das Wasserstoff-IPCEI sowie die H<sub>2</sub>.Ruhr-Initiative (<https://www.eon.com/de/c/h2-ruhr.html>).
- › Die Demonstrationen der IG Metall am 29.10.2021 im Vorfeld der 26. Weltklimakonferenz in Glasgow belegen, dass Wasserstoff als zukunftsfähiger Energieträger auch in breiten Teilen der Bevölkerung angekommen ist und mitgetragen wird.
- › Einige sehr große Energieverbraucher haben sich im Rahmen dieser Fördermaßnahmen qualifiziert und setzen groß angelegte Projekte um. Weitere sehr große Projekte, die über den Rahmen von Forschung und Entwicklung hinausgehen, wurden für das Wasserstoff-IPCEI ausgewählt. Diese Projekte sind teilweise auf die Umstellung der Produktionsprozesse und teilweise auf die Schaffung neuer Infrastrukturen ausgelegt.
- › Mit der Perspektive auf eine in naher Zukunft zu errichtende Wasserstoffinfrastruktur kann der ohnehin erforderliche Modernisierungsbedarf für Hochöfen und Chemieanlagen conse-

quent auf Wasserstoff ausgerichtet werden. Dadurch werden Lock-in-Effekte und Sackgasen wie eine Modernisierung oder Substitution ohne Berücksichtigung der Option Wasserstoff vermieden [10].

- › Die Umstellung der Produktionsverfahren auf Wasserstoff und der Aufbau und die Nutzung einer Infrastruktur, die die Durchdringung der Region mit Wasserstoffanwendungen erlaubt, führt zu einer technologischen Vorreiterrolle der Unternehmen der Region.
- › Das Ruhrgebiet verfügt über eine gut ausgebaute Forschungsinfrastruktur, die die Themenfelder Wasserstoff und regionalen Wandel seit langem untersucht. Durch die Mitwirkung im Netzwerk Brennstoffzelle, Wasserstoff, Elektromobilität sind die Vertreter der Forschungseinrichtung sehr gut mit innovativen Unternehmen vernetzt. Ein Innovations-Cluster im hier relevanten Themenfeld entsteht derzeit.
- › Erste Erfahrungen mit einer Wasserstoffinfrastruktur liegen vor. Im Ruhrgebiet werden ein 240 km langes Wasserstoffnetz von Castrop-Rauxel bis Leverkusen und zurzeit 5 Wasserstofftankstellen betrieben. Die Anbindung des Ruhrgebiets an das Erdgasnetz ist hervorragend. Unternehmen wie Air Liquide besitzen Produktionsstandorte für Wasserstoff im Ruhrgebiet. Die Anbindung an bedeutende Umschlagpunkte für Energieprodukte wie den Hafen Rotterdam ist hervorragend [12].
- › Mit den Niederlanden besteht eine Kooperation, die den Aufbau einer gemeinsamen Infrastruktur zur Versorgung des Ruhrgebiets mit Wasserstoff vorantreiben soll. Es ist abzusehen, dass die Kooperation in Zukunft enger werden wird. Besonders relevant ist hier für den Wasserstoffimport der Überseehafen Rotterdam.
- › Für den Import von Wasserstoff in das Ruhrgebiet bieten der Duisburger Hafen als weltweit größter Binnenhafen (z.B. RH2INE) und der Klimahafen Gelsenkirchen (Pilotprojekt „Klimafreundliche Prozesswärme“ [17]) Potenzial.
- › Die Nähe zur GET H2-Initiative im Emsland [18], die mit GET H2 Nukleus einen ersten Baustein für eine deutschlandweite H<sub>2</sub>-Infrastruktur legt, bietet Anknüpfungspunkte an bereits bestehende Infrastrukturen.
- › Im Ruhrgebiet befindet sich das größte Fernwärmenetz Europas [19]. Dadurch könnte die Abwärme beim Aufbau von Elektrolyseuren effizient für den Wärmemarkt genutzt werden.
- › Planungen für konkrete Projekte zur Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff sowie zum Infrastrukturaufbau in NRW wurden bereits 2020 in [20] durch ein Unternehmerkonsortium verabschiedet und der Politik vorgelegt.
- › Zudem wurde die Region Metropole Ruhr im Wasserstoff-Ranking [7, 8] als Region mit dem größten Wasserstoffpotenzial identifiziert.

Diese besonderen Voraussetzungen des Ruhrgebiets bzw. Nordrhein-Westfalens müssen bei der Planung der nächsten Schritte zur Transformation der Region berücksichtigt werden.

Die Wasserstoff-Roadmap des Landes Nordrhein-Westfalen [21] misst Power-to-Gas-Technologien eine sehr hohe Bedeutung für die industrielle Entwicklung in Nordrhein-Westfalen bei. Die wirtschaftlichen Chancen durch diese Technologien seien größer als im Bundesdurchschnitt. Daher empfiehlt die Roadmap eine umfassende Forschungsförderung für diese Technologieklasse.

## 2.4. BESCHREIBUNG NORDDEUTSCHLAND

Die Region Norddeutschland hat in der Norddeutschen Wasserstoffstrategie im Jahr 2019 die Transformation zu einer Wasserstoff-Region dargestellt [22]. Darin werden die Bundesländer Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein einbezogen. Auch diese Region weist einige Besonderheiten auf:

- › Durch die klimatischen Verhältnisse sind die Erzeugungskapazitäten von erneuerbaren Energien sehr hoch, womit die Übertragungswege hin zu Wasserstoffherstellungsanlagen bzw. Wasserstoffnutzern sehr kurz sein können.
- › Die norddeutschen Häfen und insbesondere der Hamburger Hafen als großer Überseehafen bieten gute Voraussetzungen für den Wasserstoffimport. Zudem könnten hier mit einer Umstellung auf Wasserstoff oder wasserstoffbasierte umweltfreundliche Kraftstoffe Reduktionen der hafenbedingten Emissionen an NO<sub>x</sub>, Ruß und anderen Schadstoffen erreicht werden.
- › Erfahrungen mit einer (Wasserstoff-)Infrastruktur bestehen mit der vorhandenen Wasserstoffpipeline und der Erdgasnetzinfrastuktur.
- › Eine Reihe von Unternehmen planen jeweils individuell eine Umstellung ihrer Prozesse auf Wasserstoff. Dies belegt beispielsweise die überdurchschnittliche Beteiligung an den Fördermaßnahmen „Reallabore der Energiewende“, innerhalb derer aktuell 6 Hubs eines norddeutschen Reallabors gefördert werden.
- › Die Chemische Industrie und die Stahlindustrie haben individuelle Planungen für eine Umstellung auf einen Betrieb mit Wasserstoff entwickelt. Diese beiden Branchen haben einen hohen Anteil an der Wertschöpfung in der Region.
- › Das Potenzial der Region zur Speicherung von Wasserstoff in Salzkavernen ist in Norddeutschland sehr hoch. Die Kavernen bieten die Option zur saisonalen Speicherung von Erneuerbaren Energien und damit zur Überbrückung von Dunkelflauten. Die Bedeutung der Speicheroption geht weit über den Rahmen Norddeutschlands hinaus, hierdurch könnten Geschäftsfelder mit nationaler Bedeutung entstehen.
- › Das hohe Engagement der Wirtschaft in der Region spiegelt sich u.a. in der Anzahl der H<sub>2</sub>-Projekte wider [23]. Die bundesländerübergreifenden Kooperationen können einen wichtigen Beitrag zum Erfolg einer Modellregion leisten. Diese verschiedenen Elemente können als Indikation für das Entstehen eines regionalen Innovations-Clusters in diesem Themenbereich gesehen werden.

## 2.5. BESCHREIBUNG OSTDEUTSCHE KOHLELÄNDER

Im Jahr 2020 veröffentlichten die östlichen Kohleländer (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg) ein Strategiepapier zur Entwicklung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft [24]. Die Besonderheiten dieser Region sind:

- › In der Region konzentrieren sich Akteure v.a. in und um die Zentren Dresden, Chemnitz und Berlin sowie im Mitteldeutschen Chemiedreieck mit der Metropolregion Leipzig/Halle [25].
- › Hoher Anteil an erneuerbarer Energie (über 56 Prozent) am Stromverbrauch [24]. Insbesondere die Ostseeküste bietet großes Potenzial für die erneuerbare Stromerzeugung.

- › In den drei Ländern bestehen zahlreiche Erfahrungen mit Wasserstoff mit verschiedenen Pilot- und Demonstrationsanlagen im Bereich Power-to-X. Zudem befindet sich Deutschlands zweitlängste Wasserstoff-Pipeline (150km) in Sachsen-Anhalt [24].
- › Eine wichtige Grundlage für eine erfolgreiche Modellregion kann die jahrelange Förderung von Großprojekten, wie z.B. dem Reallabor Bad Lauchstädt sein, die essenziell zum Erfahrungs- und Wissensaufbau beitragen.
- › Bestehende Wasserstoff-Netzwerke wie HYPOS und das Innovationscluster HZwo bieten gute Voraussetzungen für den weiteren Aufbau einer industriellen Modellregion.
- › Die räumliche Nähe zum Überseehafen Rostock bietet gute Voraussetzungen für den Wasserstoffimport.
- › Das Potenzial der Region zur Speicherung von Wasserstoff in Salzkavernen ist sehr hoch.
- › Durch die räumliche Nähe zu Berlin mit ca. 3,6 Mio. Einwohnern besteht das Potenzial eines sehr großen Abnehmers für Raumwärme.
- › Die vielfältigen universitären und außeruniversitären wissenschaftlichen Einrichtungen können einen wichtigen Beitrag zu einer industriellen Modellregion leisten.
- › Ergänzend zu den aufgezählten Besonderheiten werden in [25] Stärken der Region detailliert beschrieben.
- › Sachsen-Anhalt veröffentlichte 2020 ein Grünbuch zur Entwicklung einer Wasserstoffstrategie [26] und anschließend 2021 eine Wasserstoffstrategie für das Land [27]. Das Reiner-Lemoine-Institut erstellt aktuell im Auftrag des Landes Brandenburg eine Roadmap für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft [28]. Sachsen hat eine Wasserstoffstrategie entwickelt, die im ersten Halbjahr 2021 veröffentlicht werden sollte [29]. Eine Internetrecherche zu dieser ausgearbeiteten Strategie blieb erfolglos. Zudem veröffentlichte die Region Lausitz eine Studie zum Potenzial einer Wasserstoffwirtschaft in der Region [30].
- › Das hohe Engagement der Wirtschaft in der Region spiegelt sich u.a. in der Anzahl der H<sub>2</sub>-Projekte [25] wider. Auch hier können diese verschiedenen Elemente als Indikation für das Entstehen eines regionalen Innovations-Clusters in diesem Themenbereich gesehen werden.

## 2.6. WEITERE MÖGLICHE MODELLREGIONEN

Im September dieses Jahres legte das Saarland eine Wasserstoffstrategie vor [31, 32], deren Grundlage das BMVI-HyExperts Projekt „H<sub>2</sub>-Modellregion\_Saar“ ist. Insbesondere die bereits bestehende grenzüberschreitende Zusammenarbeit könnte ein relevanter Faktor für eine erfolgreiche industriell geprägte Modellregion sein, wie z.B. in der Initiative Grande Region Hydrogen mit Frankreich und Luxemburg [33].

Thüringen hat dieses Jahr ebenfalls eine Wasserstoffstrategie veröffentlicht [34]. Hier könnte insbesondere die KMU-Landschaft eine wichtige Rolle einnehmen.

Im Jahr 2020 veröffentlichte Bayern eine Bayerische Wasserstoffstrategie [35] und Baden-Württemberg eine Wasserstoff-Roadmap [36]. In diesen beiden Bundesländern bestehen hohe Potenziale zum Aufbau von Standorten für eine industrielle Fertigung von Brennstoffzellen [7, 8]. Damit sind diese Bundesländer ebenfalls Beispiele für eine Transformation mit und durch grünen Wasserstoff, allerdings mit einem anderen Fokus als die weiter oben betrachteten Regionen.



## 3. FÖRDERLANDSCHAFT WASSERSTOFF

### 3.1. FÖRDERBEKANNTMACHUNGEN UND -MECHANISMEN

Die Förderung von Forschung und Entwicklung von Wasserstofftechnologien ist in den Energieforschungsprogrammen der Bundesregierung und vieler Länderprogramme sowie der Programme der Europäischen Union seit Jahrzehnten verankert.

Mit der Umsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie des BMVI seit 2006 werden auch marktnahe Projekte wie die Errichtung von Wasserstofftankstellen, die Errichtung hiermit verbundener Elektrolyseure, die Anschaffung von Pkw, Bussen, Entsorgungsfahrzeugen und Zügen mit Wasserstoffantrieb unterstützt. Im Rahmen der Fördermaßnahme „Reallabore der Energiewende“ als neues Format im 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung werden Anlagen zur Wasserstoffproduktion und -nutzung in industriellem Maßstab gefördert. Mit der Veröffentlichung des Interessenbekundungsverfahrens zum Wasserstoff-IPCEI (Important Project of Common European Interest) durch BMWi und BMVI im Februar 2021 wurden Projekte qualifiziert, in denen die industrielle Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff sowie der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur geplant ist.

Beim Vergleich dieser Fördermaßnahmen lässt sich festhalten, dass sie technologisch breit aufgestellt sind und keine regionalen Schwerpunkte setzen. Antragsberechtigt sind Unternehmen und Forschungseinrichtungen bundes- und landesweit. Es gibt keine Anforderungen bezüglich der regionalen Situation.

Bei der Auswahl der Projektvorschläge wird das Exzellenz-Prinzip umgesetzt, nach dem nur Projektideen mit der besten individuellen Bewertung gefördert werden können. Die Anwendung des Exzellenzprinzips ist in der Förderung der Technologieentwicklung unbedingt zu empfehlen, da Deutschland bzw. die gesamte Europäische Union hier mit den technologisch führenden Industrienationen weltweit konkurrieren.

Von einer Förderung nach dem Exzellenzprinzip können Regionen mit hoher Dichte innovativer Unternehmen oder Forschungsinstitute überdurchschnittlich profitieren; doch kann dies ein zufälliger Effekt sein, der nur begrenzt mit regional geschaffenen Strukturen oder regionalen Besonderheiten begründet werden kann. Der besondere Erfolg einiger Akteure in einigen räumlich begrenzten Gebieten bei den Fördermaßnahmen „Reallabore der Energiewende“ und dem Interessenbekundungsverfahren zum Wasserstoff-IPCEI kann mit dieser jeweils individuellen und nicht gemeinschaftlichen Qualifizierung für die Fördermaßnahmen begründet werden.

Instrumente zur Förderung regionaler Strukturen werden in [1] diskutiert. Es wurden verschiedene Förderinstrumente zur Unterstützung des innovationsbasierten Strukturwandels entwickelt, die den Regionen Freiraum lassen, überzeugende Innovationskonzepte zur Überwindung ihrer strukturellen Defizite auszuarbeiten. Regionale Innovationscluster bieten viele Vorteile. In [21] (S. 34) wird angegeben, dass sich für die transformative Forschung und Wissenschaft für eine nachhaltige Entwicklung regionale Experimentierfelder etabliert haben. Für die Industrie spielen regionale Wertschöpfungspotenziale trotz Zunahme der Globalisierung eine wichtige Rolle (S. 26). Von Vorteil ist hier insbesondere die räumliche Nähe der Akteure, wodurch ein regelmäßiger Austausch (und gemeinsames Arbeiten an z.B. Produktionsanlagen) erleichtert wird – in der Ökonomie und Theorie

der Innovations-Cluster als sogenannte Wissens- und Technologie-Spillover-Effekte bezeichnet. Dies unterstützt den Aufbau von gegenseitigem Vertrauen und damit langfristigen Kooperationen, was maßgeblich zum Erfolg von Innovationen beitragen kann [37] (S. 37f). Zudem kann die Industrie von regionalen Forschungseinrichtungen profitieren, die regional hochqualifizierten Nachwuchs ausbilden [37] (S. 37f). Ein weiterer Vorteil von regionalen Kooperationen besteht in dem vereinfachten Bilden und Erhalten von Netzwerken [37] (S. 37f).

Bei der Konzeption von Fördermaßnahmen für Regionen werden im Allgemeinen besondere Anforderungen gestellt wie z.B., dass in den Regionen ein Strukturwandel zu erwarten ist und Branchen vom Verlust ihrer Wettbewerbsfähigkeit betroffen sind. Es werden dagegen keine bestimmten Technologieentwicklungen in den Fokus gerückt. Für diese Kurzstudie ist die „Richtlinie zur Fördermaßnahme von „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ des BMBF aus dem Jahr 2012 besonders hervorzuheben. Einer der Gewinner ist die Region Mitteldeutschland mit dem Projekt HY-POS – Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany. Im Rahmen dieses Projekts, das einem regional basierten Förderansatz entspringt, werden unterschiedliche innovative Wasserstofftechnologien entwickelt und die Vernetzung der Akteure in der Region mit anderen Akteuren in Deutschland und weltweit unterstützt. Dadurch hat sich diese Region ebenfalls sehr gut für spätere Fördermaßnahmen wie die „Reallabore der Energiewende“ und das Interessenbekundungsverfahren zum Wasserstoff-IPCEI qualifiziert.

Der Begriff „Modellregion“ hat durch einige vielbeachtete Fördermaßnahmen des BMVI und anderer Fördermittelgeber Bedeutung erlangt. Die Förderbekanntmachungen „HyLand“ des BMVI [4] und „Modellregionen Elektromobilität NRW“ [38] umfassen Möglichkeiten zur Schaffung und Demonstration von Infrastrukturen für Elektromobilität mit Wasserstoff in Modellregionen. Die Festlegung der Modellregionen liegt beim Konsortium, das sich um eine Förderung bewirbt. In den Förderbekanntmachungen werden nur sehr geringe Anforderungen an die Eignung einer Region als Modellregion gestellt. Damit wird das förderpolitisch wichtige Ziel verfolgt, einen Wettbewerb um die besten regionalen Konzepte auszuloten. Vorfestlegungen werden ausgeschlossen. In der Konsequenz aus dieser rechtlichen Konstruktion bezieht sich der Begriff „Modellregion“ nur auf den direkten Kontext der Fördermaßnahme. Beispielsweise ist eine Modellregion für Elektromobilität kein hervorgehobener Kandidat für eine Förderung der Transformation einer Industrieregion.

Ansätze zur Unterstützung von Regionen, die solche mit besonders hohem **industriellem** Potenzial adressieren und die klimapolitisch notwendige und technisch mögliche Transformation der dortigen Energieversorgung ganzheitlich aufgreifen, sind im Rahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie bisher nicht veröffentlicht worden.

Ein Grund könnte sein, dass verschiedene Fördermittelgeber jeweils für unterschiedliche Sektoren bzw. Akteursgruppen wie Verkehr, Industrie, Wohnungswirtschaft, Forschung zuständig sind. Ein zweiter Grund ist, dass die Technologieentwicklung und -implementierung Aufgaben sind, für die das oben beschriebene Exzellenzprinzip vorteilhaft ist. Die Technologieentwicklung ist nach wie vor ein wichtiger Baustein der Nationalen Wasserstoffstrategie. Ein dritter Grund ist, dass regional fokussierte Ansätze oft den Ersatz wegfallender Wertschöpfung durch den Aufbau neuer Wertschöpfungsketten intendieren, während bei der Transformation der Energieversorgung das produzierende Gewerbe in seiner Struktur als Nutzer der Energie erhalten bleiben soll. Ein vierter Grund ist der Finanzierungsbedarf: die Investitionen für die ganzheitliche Umstellung einer industriell geprägten Modellregion auf eine Energieinfrastruktur mit Wasserstoff liegen im Bereich vieler -zig bis



hundert Mrd. Euro. Fünftens ist die Transformation der Energieversorgung alleine mit Fördermitteln nicht möglich; die erforderlichen regulatorischen und sonstigen Maßnahmen müssen zeitgleich umgesetzt werden.

**Empfehlung:** eine Fördermaßnahme für die ganzheitliche Transformation der Energieversorgung in industriell geprägten Regionen müsste daher grundlegend neu konzipiert werden. Zwar können Erfahrungen aus Fördermaßnahmen zur Technologieentwicklung und zur Stärkung von Innovationskeimen in Regionen genutzt werden, jedoch sind die bisherigen Maßnahmen in ihrem Umfang und in ihrer notwendigen Verknüpfung mit legislativen und ordnungspolitischen Maßnahmen nicht damit vergleichbar.

Da sich, wie in Kapitel 2 ausgeführt, mehrere Regionen in Deutschland als industrielle Modellregionen für Wasserstoff bezeichnen, müsste die Auswahl einer bestimmten Region für eine Förderung bei Vernachlässigung der anderen Regionen mittels einer strengen Bewertung entlang volkswirtschaftlicher Indikatoren erfolgen. Diese müssten sämtliche Standortfaktoren umfassen, die eine belastbare Entscheidung über die beste Eignung einer Region erlauben. Die Entwicklung dieser Indikatorik ist eine wesentliche Vorarbeit zur Entwicklung einer Fördermaßnahme. Die im Teilkapitel 2.3 beschriebenen günstigen Voraussetzungen im Ruhrgebiet zur Transformation der Industrie und der Energieversorgung zeigen nur auf, dass das Ruhrgebiet prinzipiell für eine Fördermaßnahme in Frage kommt. Ein Auswahlprozess muss hingegen nach quantifizierten Indikatoren geführt werden, die für alle Kandidaten einer Fördermaßnahme angegeben werden.

### 3.2. FÖRDERUNG IN NRW UND IM RUHRGEBIET

Eine hohe Qualifikation im Bereich der Forschung und Entwicklung stellt ein erhebliches Qualifikationsmerkmal einer Region für eine Weiterentwicklung der regionalen Strukturen dar. Daher wurden die Fördermittel, die von den Bundesministerien für Wirtschaft und Energie, für Bildung und Forschung und für Verkehr und Digitale Infrastruktur sowie vom Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen im Bereich der Wasserstofftechnologien investiert wurden, analysiert. Die Förderung des Ruhrgebiets wurde ins Verhältnis zur Förderung für das Land Nordrhein-Westfalen gesetzt (vgl. Tabelle 1). Die untersuchten Förderprogramme sind zu einem großen Teil technologiebezogen wie die Energieforschungsprogramme der Bundesregierung. Zusätzlich wurde das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie II einbezogen, mit dem sowohl technologiebezogene Entwicklungen als auch Modellregionen für eine wasserstoffbezogene Mobilität unterstützt werden.

Die Auswertung der Fördermittel in den Jahren 2015 bis 2019 zeigt erhebliche Schwankungen in der Fördermittelvergabe an Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Ruhrgebiet (vgl. Tabelle 1). Diese Schwankungen belegen, dass mit einer technologieorientierten Förderung allein keine systematische und kontinuierliche Transformation einer Region unterstützt werden kann.

Seit 2020 ist ein sehr hoher Mittelaufwuchs zu erkennen. Diese Trendwende lässt sich mit dem Start der BMBF-Leitprojekte H2Mare, H2Giga und TransHyDe – eine der größten Forschungsinitiativen des BMBF zum Thema Energiewende – und dem Reallabor H2Stahl des BMWi erklären. Im Jahr 2021 übersteigt die Förderung von im Ruhrgebiet ansässigen Unternehmen und Forschungseinrichtungen die Förderhöhe des restlichen Landes NRW (ca. 135 Mio. Euro zu 102 Mio. Euro) deutlich. Die Erfolge bei der Einwerbung von Mitteln aus der überwiegend technologieorientierten

Förderung können als Beleg für die hohe Kompetenz der Forschungseinrichtungen und Unternehmen im Bereich Wasserstofftechnologien gedeutet werden.

Einschränkend ist bei der Bewertung der Auswirkung der technologieorientierten FE-Förderung auf eine regionale Transformation zu beachten, dass eine Förderung z.B. des in Duisburg ansässigen Zentrums für Brennstoffzellentechnik (ZBT) zwar die Forschung im Ruhrgebiet vorantreibt; eine wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse allerdings nicht zwingend und nicht ausschließlich in der Region erfolgt. Die Darstellung der Fördermittel kann also ein Indiz für regionale Wertschöpfung sein, jedoch spielen noch andere Faktoren wie z.B. der Ort der wirtschaftlichen Umsetzung der Forschungsergebnisse eine wichtige Rolle. Dieser (üblicherweise erwünschte Spillover-) Effekt wurde in der vorliegenden Kurzstudie nicht detaillierter analysiert.

Die überdurchschnittlich hohe Sensibilisierung der Unternehmen im Ruhrgebiet und der dort ansässigen Forschungseinrichtungen für die Entwicklung von Wasserstofftechnologien wird deutlich, wenn man die zeitliche Entwicklung der Fördermitteleinwerbung für das Ruhrgebiet und das restliche Nordrhein-Westfalen für andere Themen der Energieforschung betrachtet. Im Jahr 2021 entfallen von insgesamt 134 Mio. Euro Fördermitteln für NRW nur 19,2 Prozent oder 25,8 Mio. Euro auf das Ruhrgebiet (vgl. Tabelle 2).

Die Verteilung der Fördermittel auf Regionen und Themen gibt den Hinweis, dass die Antragsteller aus dem Ruhrgebiet sich für Wasserstofftechnologien und -themen besonders qualifiziert haben und hierzu mehr Beiträge als zu anderen Themenfeldern aus der Energieforschung leisten können. Ein strenger Beweis ist dies allerdings nicht. Die hohen Fördermitteleinwerbungen seit 2020 deuten darauf hin, dass die Akteure im Ruhrgebiet und Nordrhein-Westfalen den hohen Transformationsbedarf ihrer Industrieprozesse und ihrer Energieinfrastruktur aufgegriffen haben.

**Tabelle 1: Fördersummen Wasserstoffforschung in NRW im Zeitraum 2015-2021 (gerundet, Stand: 10.11.2021)**

H <sub>2</sub> -Projekte	[T€]	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Gesamt
<b>Rest-NRW</b>		<b>13.832</b>	<b>19.328</b>	<b>9.594</b>	<b>7.328</b>	<b>24.376</b>	<b>7.446</b>	<b>102.532</b>	<b>184.437</b>
BMBF		0	16.695	0	0	11.275	5.443	53.257	86.670
BMVI		10.435	0	6.840	5.237	4.186	0	1.046	27.743
BMWi		3.397	2.633	2.754	694	6.944	1.975	23.520	41.917
Land NRW		-	-	-	1.397	1.972	29	24.709	28.107
<b>Ruhrgebiet</b>		<b>2.705</b>	<b>54.312</b>	<b>5.839</b>	<b>4.278</b>	<b>18.505</b>	<b>80.021</b>	<b>135.092</b>	<b>300.752</b>
BMBF		0	52.702	277	1.754	4.834	72.092	80.898	212.545
BMVI		609	0	2.277	127	5.682	1.009	358	10.063
BMWi		2.096	1.610	3.285	1.646	1.695	6.654	44.171	61.157
Land NRW		-	-	-	751	6.294	277	9.665	16.987
<b>Gesamt</b>		<b>16.537</b>	<b>73.640</b>	<b>15.433</b>	<b>11.606</b>	<b>42.881</b>	<b>87.467</b>	<b>237.624</b>	<b>485.189</b>

**Tabelle 2: Fördersummen Energieforschung ohne Wasserstoff in NRW im Zeitraum 2015-2021 (gerundet, Stand: 10.11.2021)**

	[T€]	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Gesamt
<b>Rest-NRW</b>		<b>70.342</b>	<b>77.569</b>	<b>58.652</b>	<b>95.419</b>	<b>113.060</b>	<b>76.648</b>	<b>108.449</b>	<b>600.140</b>
BMBF		20.937	21.594	7.523	13.966	47.899	24.842	58.042	194.803
BMVI		189	496	545	2.645	0	0	0	3.875
BMWi		49.216	55.479	50.584	78.808	65.161	51.806	50.407	401.461
<b>Ruhrgebiet</b>		<b>41.106</b>	<b>36.734</b>	<b>25.884</b>	<b>20.980</b>	<b>51.400</b>	<b>49.724</b>	<b>25.813</b>	<b>251.642</b>
BMBF		15.628	3.351	1.072	1.699	4.375	3.392	3.385	32.903
BMVI		669	0	0	388	1.932	1.662	0	4.651
BMWi		24.809	33.383	24.812	18.894	45.093	44.670	22.428	214.088
<b>Gesamt</b>		<b>111.449</b>	<b>114.303</b>	<b>84.536</b>	<b>116.399</b>	<b>164.460</b>	<b>126.373</b>	<b>134.262</b>	<b>851.781</b>

## 4. AUSBLICK

- › Wissenschaftliche Erarbeitung einer volkswirtschaftlichen Indikatorik für die Definition und Qualifikation von Modellregionen für eine Transformation der energieintensiven Industrie und der Energieinfrastruktur. Hierzu sollten Mindeststandards definiert werden, die eine Region erfüllen muss, um zu einer industriellen Modellregion aufgebaut werden zu können.
- › Entwicklung einer Fördermaßnahme für Regionen mit hoher Industriedichte mit hohem Potenzial für die sektorale Kopplung, die zu Modellregionen transformiert werden sollen. Industriell geprägte Regionen können so zeigen, dass sie auf Wasserstoff umgestellt werden können und die Sektorkopplung wirtschaftlich umsetzen können. Hierzu laufen bereits erste Überlegungen [39].
- › Da neben der Förderung konkreter Projekte die Transformation der Produktionsprozesse und der Energieversorgung in einer Region auch legislative Maßnahmen, ein neues Marktdesign und beschleunigte Genehmigungsverfahren erfordern, muss der Handlungsbedarf in diesen Feldern analysiert und herausgearbeitet werden.
- › Die Rollen von Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Staat und Gesellschaft müssen vor der Konzeption einer Unterstützungsmaßnahme durch die öffentliche Hand klar herausgearbeitet werden. Dazu ist umfangreiche Vorarbeit erforderlich, um die Vertreter und Akteure der Regionen einzubeziehen. Eine (mit Fördermitteln unterstützte) Koordinierungsstelle für die Akteure ist hierzu hilfreich.
- › In diversen Studien (z.B. [10, 40]) wurde gezeigt, dass Wasserstoff eine entscheidende Schlüsseltechnologie für eine klimaneutrale Industrie sein kann, um fossile Energieträger durch einen Energieträger mit entsprechend hoher Energiedichte und sehr ähnlicher Nutzbarkeit zu ersetzen. Da in industriellen Modellregionen möglichst viele Industriezweige mittels einer Wasserstoffinfrastruktur verknüpft werden sollen, ist in sämtlichen potenziellen Regionen mit einem erheblichen CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial zu rechnen. Konkrete Berechnungen für einzelne Regionen übersteigen allerdings den Rahmen dieser Kurzstudie.
- › Wasserstoff ist ein wichtiger Energieträger. Die Nutzung von Wasserstoff ist jedoch kein Selbstzweck. Das übergeordnete Ziel ist vielmehr, alle Sektoren auf klimaneutrale Technologien umzustellen. Technologien zur direkten und indirekten Elektrifizierung konkurrieren dabei teilweise. U.a. wird die Eignung von Wasserstoff für eine klimaneutrale Raumwärmeversorgung und für den Straßenverkehr zum Teil sehr kritisch gesehen. Daher muss eine Transformationsstrategie für die Energieversorgung einer Region technologieoffen und umfassend diskutiert werden. In jedem Fall ist dabei der weitere Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen bzw. der Bezug von ausreichenden Mengen grüner Energie (ggf. über entsprechende Wasserstoff-Importstrategien) zu berücksichtigen.

## 5. LITERATUR

### Literatur

- [1] K. Koschatzky, H. Kroll, M. Meyborg, E. Schnabl und T. Stahlecker, „Politische Maßnahmen zur Unterstützung von innovationsbasiertem regionalen Strukturwandel: Arbeitspapiere Unternehmen und Region Nr. R2/2018“, Karlsruhe, 2018.
- [2] RWE AG, *Schulterschluss für das Ruhrgebiet als Wasserstoff-Pionierregion*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.rwe.com/presse/rwe-ag/2021-09-02-schulterschluss-fuer-das-ruhrgebiet-als-wasserstoff-pionierregion> (Zugriff am: 26.10.21).
- [3] D. Spohn, „Eon will Wasserstoff als "neues Grubengold" etablieren“ in *E&M daily - Die Tageszeitung für den Energiemarkt*.
- [4] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, *HyLand - Regionenförderung des NIP: Auslobungsunterlagen zur Wettbewerbsrunde Frühjahr 2021*.
- [5] Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, Hg., „Wettbewerbsaufruf Modellkommune/-region Wasserstoff-Mobilität NRW“, 2018.
- [6] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, „Förderaufruf Modellregion Grüner Wasserstoff: Demonstrationsprojekt zur Abbildung einer regionalen Wertschöpfungskette und Begleitforschung“, 2021.
- [7] IW Consult GmbH, „Wasserstofffranking: Studienzusammenfassung: Bundesweit erster Vergleich der Wasserstofflandschaften in den Metropolregionen“, Dez. 2020.
- [8] H. Kempermann, J. Ewald und V. Hünнемeyer, „Wasserstofffranking 2020: Wo steht das Ruhrgebiet im Metropolenvergleich?: Studie für den Regionalverband Ruhr“, 14. Dez. 2020.
- [9] Virtuelles Institut "Transformation - Energiewende NRW", „Die Transformation des Industriestandortes Nordrhein-Westfalen im Zeichen der Energiewende: Herausforderungen, Erfolgsfaktoren, Gestaltungsmöglichkeiten“, 2017.
- [10] Agora Energiewende und Wuppertal Institut, „Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement“, Berlin, Nov. 2019.
- [11] M. Küper, O. Koppel und E. Kohlisch, „IW-Report 40/2021 - Grüne Innovationen der Grundstoffindustrie in NRW: Eine Analyse der Patentanmeldungen aus den Jahren 2010 bis 2018 unter Berücksichtigung von branchen- und technologiespezifischen Schwerpunkten“, Köln, 27.10.21.

- [12] Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, „Wasserstoff Roadmap Nordrhein-Westfalen“, Okt. 2020.
- [13] T. Lang und H. Kempermann, „CO2-Kompass Metropole Ruhr - Wasserstoff als Lösung auf dem Weg zur Klimaneutralität: Studie für den Regionalverband Ruhr“, 24. März 2021.
- [14] Initiativkreis Europäische Metropolregionen in Deutschland, *Statistik-Viewer der Metropolregionen in Deutschland*. [Online]. Verfügbar unter: <https://service.region-frankfurt.de/ia/m/wirtschaftsleistung/atlas.html>.
- [15] Statista, *Gesamtfläche der Metropolregionen in Deutschland im Jahr 2018*. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/789135/umfrage/flaeche-der-metropolregionen-in-deutschland/>.
- [16] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, *Energiewende direkt 16. Nov. 2021: Was ist eigentlich Carbon Leakage?* [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2021/11/Meldung/direkt-erklaert.html> (Zugriff am: 02.12.21).
- [17] Klimahafen Gelsenkirchen, *Klimahafen Gelsenkirchen*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.klimahafen-gelsenkirchen.de/>.
- [18] GET H2, „Mit Wasserstoff bringen wir gemeinsam die Energiewende voran: GET H2 – Initiative für den Aufbau einer bundesweiten H2--Infrastruktur“. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.get-h2.de/wp-content/uploads/geth2\\_infobroschuere\\_4seiten\\_200311.pdf](https://www.get-h2.de/wp-content/uploads/geth2_infobroschuere_4seiten_200311.pdf). Zugriff am: 27.10.21.
- [19] R. Schüle *et al.*, „Die Energiewende regional gestalten : auf dem Weg zu einer Energiewende-Roadmap im Ruhrgebiet“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal, 2017.
- [20] W. Baumann *et al.*, „Aufbruch in die Zukunft: Transformationspfade für nachhaltige industrielle Projekte in Nordrhein-Westfalen“, Düsseldorf, Okt. 2020.
- [21] Wuppertal Institut, „Forschungsbedarf für Energiewende-Technologien in NRW - eine erste Analyse und Bewertung: Forschungsprojekt gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie (MWIDE) des Landes NRW (Förderkennzeichen EFO 0005)“, Wuppertal, Sep. 2020.
- [22] Wirtschafts- und Verkehrsministerien der norddeutschen Küstenländer, „Norddeutsche Wasserstoffstrategie“, 7. Nov. 2019.
- [23] IHK Nord, „Wasserstoffprojekte im Norden Deutschlands (IHK Nord-Region)“, Feb. 2021.

- [24] Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Landes Brandenburg und Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt, „Eckpunktepapier der ostdeutschen Kohleländer zur Entwicklung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft“, Juni 2020.
- [25] M. Ragwitz *et al.*, „H2-Masterplan für Ostdeutschland: Bericht“, Mai 2021.
- [26] Ministerium für Umwelt Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt, Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt und Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt, Hg., „Grünbuch zur Entwicklung einer Wasserstoffstrategie für Sachsen-Anhalt“, Aug. 2020.
- [27] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt, Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt und Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt, Hg., „Wasserstoffstrategie für Sachsen-Anhalt: H2ST.ST“, Mai 2021.
- [28] Reiner Lemoine Institut, *Wasserstoff-Roadmap für Brandenburg und die Hauptstadtregion*. [Online]. Verfügbar unter: <https://reiner-lemoine-institut.de/wasserstoff-roadmap-berlin-brandenburg/> (Zugriff am: 03.11.21).
- [29] N. Geißler, „Die sächsische Wasserstoffstrategie: Sächsische Klimagespräche am 05.02.2021“, Feb. 2021.
- [30] A. Kratzsch *et al.*, „Wasserstoffwirtschaft in der Lausitz: Perspektiven und Potentiale einer sektorenübergreifenden Wasserstoffwirtschaft in der Wirtschaftsregion Lausitz“, März 2020.
- [31] L. Rottmann, *Wirtschaftsministerium legt Wasserstoffstrategie vor*. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.sr.de/sr/home/nachrichten/politik\\_wirtschaft/wirtschaftsministerium\\_legt\\_wasserstoffstrategie\\_vor\\_100.html](https://www.sr.de/sr/home/nachrichten/politik_wirtschaft/wirtschaftsministerium_legt_wasserstoffstrategie_vor_100.html) (Zugriff am: 29.10.21).
- [32] R. Karnbach, „Eine Wasserstoff-Strategie für das Saarland: „Saarland 2030 – auf dem Weg zum Wasserstoffland““. Strategie im Rahmen der HyExpert-Modellregion Saarland. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.saarland.de/mwaev/DE/downloads/wasserstoff/dld\\_presentation\\_wasserstoff.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.saarland.de/mwaev/DE/downloads/wasserstoff/dld_presentation_wasserstoff.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- [33] Grande Region Hydrogen E.E.I.G., *Grande Region Hydrogen: An Initiative that Aims to Develop a Hydrogen Ecosystem*. [Online]. Verfügbar unter: <https://grande-region-hydrogen.eu/en/initiative-and-vision/> (Zugriff am: 29.10.21).

- [34] Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz, „Thüringer Landesstrategie Wasserstoff“, Apr. 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://umwelt.thueringen.de/fileadmin/001\\_TMUEN/Aktuelles/2021/0906\\_Thueringer\\_Wasserstoffstrategie\\_mit\\_Deckblatt.pdf](https://umwelt.thueringen.de/fileadmin/001_TMUEN/Aktuelles/2021/0906_Thueringer_Wasserstoffstrategie_mit_Deckblatt.pdf). Zugriff am: 29.10.21.
- [35] Bayerische Staatsregierung, „Bayerische Wasserstoffstrategie“, Mai 2020. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user\\_upload/stmwi/Publikationen/2020/2020-07-20\\_Wasserstoffstrategie\\_Broschuere-BF.pdf](https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/Publikationen/2020/2020-07-20_Wasserstoffstrategie_Broschuere-BF.pdf). Zugriff am: 29.10.21.
- [36] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, „Wasserstoff-Roadmap Baden-Württemberg: Klimaschutz und Wertschöpfung kombinieren“, Dez. 2020. [Online]. Verfügbar unter: [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Wirtschaft/Wasserstoff-Roadmap-Baden-Wuerttemberg-bf.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Wirtschaft/Wasserstoff-Roadmap-Baden-Wuerttemberg-bf.pdf). Zugriff am: 29.10.21.
- [37] T. Wehnert, H. Mölter, D. Vallentin und B. Best, „Klimaschutz-Innovationen in der Industrie: Abschlussbericht“, Wuppertal, 2019.
- [38] EnergieAgentur.NRW GmbH, „Modellregion Elektromobilität NRW: Eine Übersicht über die Projekte und Aktivitäten“, Juni 2018.
- [39] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, „Wissenschaftliche Unterstützung zur Weiterentwicklung von Instrumenten zum Markthochlauf Wasserstoff und seiner Folgeprodukte: Leistungsbeschreibung“, Okt. 2021.
- [40] M. Jensterle *et al.*, „The role of clean hydrogen in the future energy systems of Japan and Germany“, Berlin, 2019.



## 6. ANHANG

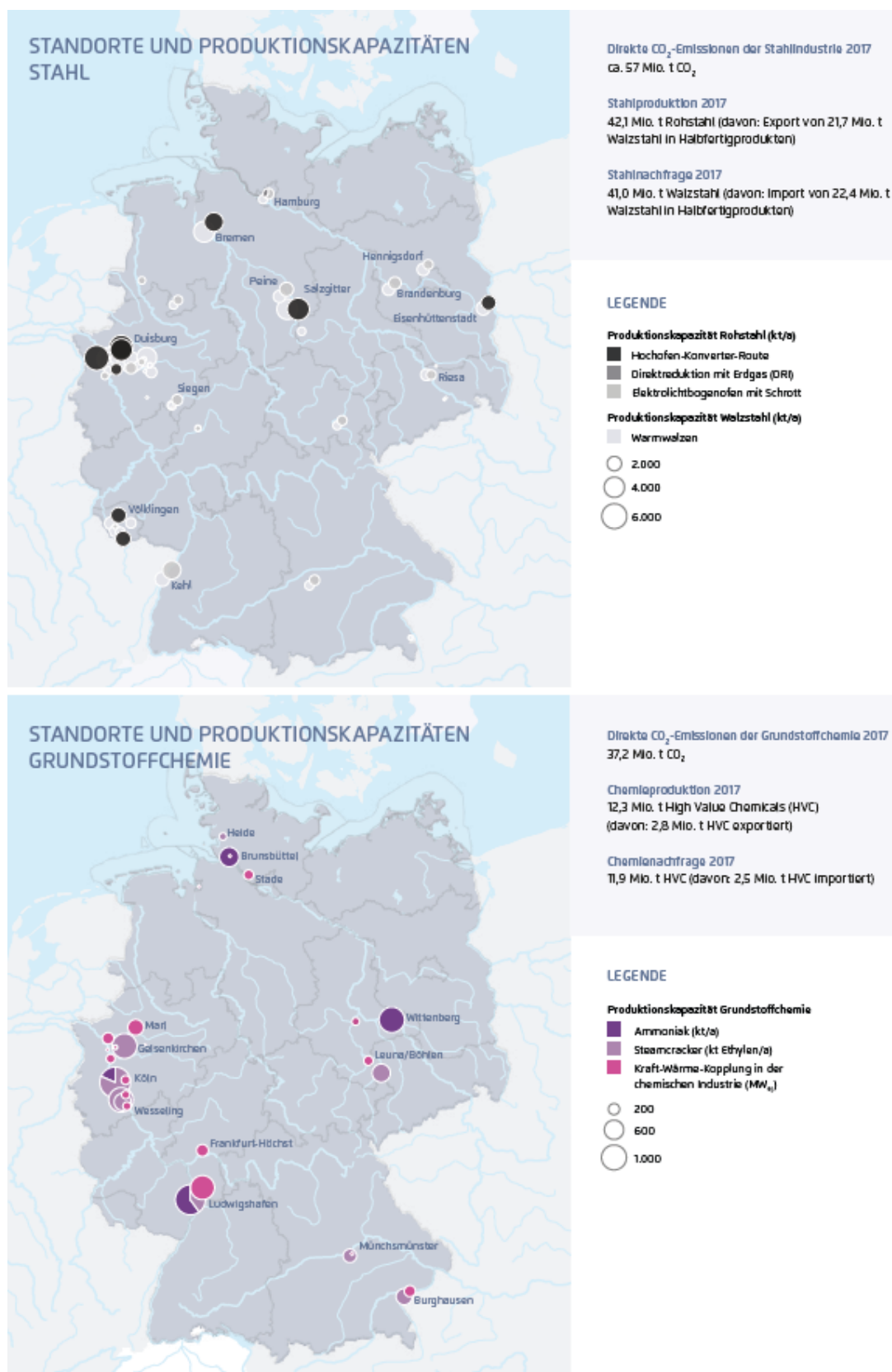


Abbildung 4: Standorte und Produktionskapazitäten Stahl und Grundstoffchemie [10]