

Wasserstofffranking 2020: Wo steht das Ruhrgebiet im Metropolenvergleich?

Studie für den Regionalverband Ruhr

14. Dezember 2020

Studie



Impressum

© 2020

Verantwortlich:

IW Consult GmbH
Konrad-Adenauer-Ufer 21
50668 Köln
Tel.: +49 221 49 81-758
www.iwconsult.de

Autoren

Hanno Kempermann

Johannes Ewald

Vanessa R. Hünнемeyer

Bildnachweise

Titelseite: [shutterstock.com](https://www.shutterstock.com)

Inhalt

1	Executive Summary	5
2	Auftrag und Fragestellung.....	8
3	Ergebnisse	10
3.1	Wasserstoffaffine Unternehmen	12
3.2	Hochschulen und Forschungseinrichtungen	13
3.3	FuE-Projekte im Bereich Wasserstoff.....	15
3.3.1	Fördersummen	15
3.3.2	Verflechtungen	17
3.3.3	Unternehmen in Kooperationsprojekten	18
3.4	Netzwerke regionaler Akteure	20
3.5	Wasserstofforientierte Gründungen	21
3.6	Qualitative Beurteilung des Wasserstoffökosystems	23
3.6.1	Unternehmenslandschaft	23
3.6.2	Forschungslandschaft	24
3.6.3	Wasserstoffinfrastruktur	25
3.6.4	Wasserstoff-Cluster und -Initiativen.....	26
3.7	Gesamtindex	27
4	Ableitungen	30
4.1	Metropole Ruhr: Spezialistin für industrielle Anwendungen von Wasserstoff	30
4.2	Metropole Ruhr: Nationale Koordinierungsstelle	31
5	Methodische Vorgehensweise	34
5.1	Webcrawling	34
5.2	Analyse internationaler FuE-Projekte	34
5.3	Befragung des Nationalen Wasserstoffrats.....	35
5.4	Indexberechnung	36
6	Literaturverzeichnis	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Gesamtindex des Wasserstoffrankings	6
Abbildung 3-1: Wasserstoffranking	11
Abbildung 3-2: Wasserstoffaffine Unternehmen	13
Abbildung 3-3: Hochschulen und Forschungseinrichtungen	14
Abbildung 3-4: Förderung von Wasserstoffprojekten	16
Abbildung 3-5: Verflechtungsindikator	17
Abbildung 3-6: Unternehmensbeteiligung an wasserstoffaffinen FuE-Projekten	19
Abbildung 3-7: Wasserstoffnetzwerke	20
Abbildung 3-8: Wasserstofforientierte Gründungen	22
Abbildung 3-9: Qualitative Einschätzung der Unternehmenslandschaft.....	24
Abbildung 3-10: Qualitative Einschätzung der Forschungslandschaft.....	25
Abbildung 3-11: Qualitative Einschätzung der Wasserstoffinfrastruktur	26
Abbildung 3-12: Qualitative Einschätzung der Wasserstoffinitiativen	27
Abbildung 3-13: Gesamtindex des Wasserstoffrankings	28
Abbildung 4-1: Zentrale Ableitungen der Studie	30
Abbildung 4-2: Entwurf einer nationalen Wasserstoff-Koordinierungsstelle für die Metropole Ruhr .	32

1 Executive Summary

Mit der im Sommer 2020 vorgestellten Nationalen Wasserstoffstrategie (Bundesregierung, 2020) hat die Bundesregierung einen Handlungsrahmen für die zukünftige Entwicklung der Wasserstofftechnologie, für die Erzeugung und den Einsatz von Wasserstoff geschaffen. Damit sich Wasserstoff als alternativer Energieträger etabliert und in der Industrie, im Verkehr und auf dem Wärmemarkt die fossilen Brennstoffe ablöst, muss nach Jahren der Investitionen in die Grundlagenforschung nun die Marktreife dieser Technologien erreicht werden. Die Grundlagen sind so ausgereift, dass jetzt über die Realisierung von Skaleneffekten und Kostendegression die Dekarbonisierung der Energieerzeugung, der industriellen Produktion und des Verkehrs durch klimaneutral produzierten („grünen“) Wasserstoff erreicht werden kann. Schon heute besteht ein globaler Wettlauf im Wasserstoffsektor. Unternehmen aus Kanada, Schweden oder Norwegen und anderen Wettbewerbern bauen aktuell große Kapazitäten auf und gehen Kooperationen mit Deutschlands Industrieunternehmen ein.

Deutschland hat das Potenzial hier aufzuschließen und die noch bestehenden Vorsprünge in der Grundlagenforschung praxisorientiert zu verwerten. Dabei kommt es auf die Geschwindigkeit an. Nur wenn zügig ein dynamisches Wasserstoff-Ökosystem in Deutschland etabliert wird, kann Deutschland eine Vorreiterrolle entwickeln. Eine wesentliche Schlüsselrolle spielt dabei in unserem föderalen Staat, wie eine effiziente Arbeitsteilung zwischen den Bundesländern gefunden werden kann, um die spezifischen Voraussetzungen bestmöglich nutzen zu können.

Die vorliegende Studie soll hierauf Antworten geben, indem die wesentlichen Elemente eines Wasserstoff-Ökosystems analysiert werden und eine räumliche Einordnung vorgenommen wird, wo in Deutschland bereits wichtige Grundlagen existieren.

Regionale Pfadabhängigkeiten sollten beim Hochlauf der Wasserstoffindustrie Berücksichtigung finden. Der Norden Deutschlands punktet mit hohen Energiekapazitäten aus On- und Off-Shore-Windanlagen. Die Seehäfen sind zentrale Umschlagplätze für den weltweiten Handel und Transport von Wasserstoff. Im Ruhrgebiet ist industrielles Know-How verortet. Zudem verfügen die Unternehmen vor Ort über langjährige Erfahrung mit wirtschaftsstrukturellem Wandel. Die Braunkohleregionen im Osten und Westen zeichnen sich aus durch ein hohes Maß an Offenheit und Neugier, den klimapolitischen Strukturwandel zu gestalten und neuen Wohlstand durch die Wasserstofftechnologie zu genießen. Den automobilaffinen Süden charakterisiert eine hohe Anpassungsfähigkeit. Die Anwendung der Wasserstofftechnologie in der für Deutschland wichtigen Automobilwirtschaft entwickelt sich rasant.

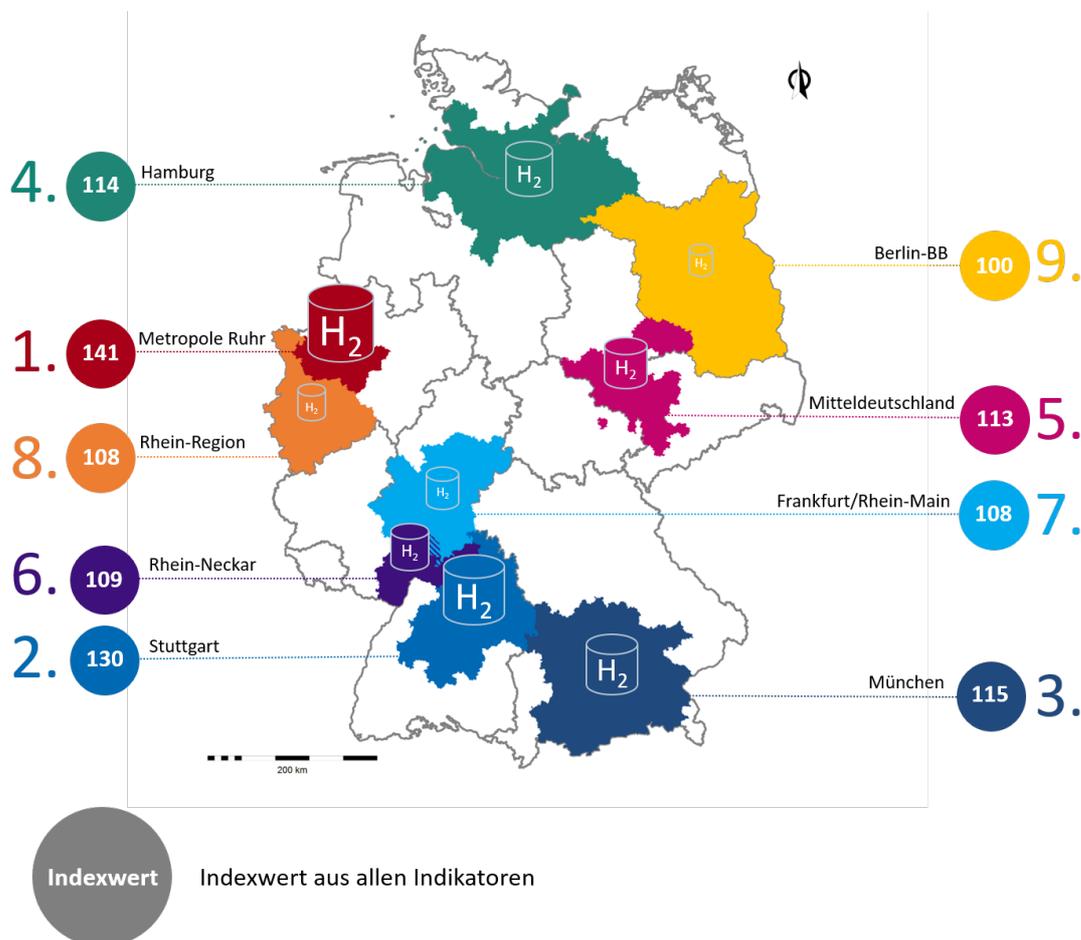
Zum ersten Mal wurden diese regional unterschiedlichen Ausgangsbedingungen und Entwicklungen in einem Ranking zusammengefasst. Der Tatsache, dass sich diese junge Wirtschaftsbranche noch im

Entstehen befindet und daher amtliche Daten nicht verfügbar sind, tragen originär generierte Daten über Webcrawling-Verfahren, umfassende Internetrecherchen, der Nutzung großer Datenbanken sowie Expertenwissen der Mitglieder des Nationalen Wasserstoffrats Rechnung.

In der zusammenfassenden Betrachtung der elf Einzelindikatoren, die die Unternehmens- und Forschungslandschaft, die Kooperationsneigung und Vernetzung sowie Expertenwissen umfassen, führt die Metropolregion Ruhr das Gesamtranking an. Auf den weiteren Plätzen landen die Metropolregionen Stuttgart, München und Hamburg. Das Mittelfeld belegen die Metropolregionen Mitteldeutschland, Rhein-Neckar sowie Frankfurt/Rhein-Main. Auf den letzten beiden Plätzen landet die Rhein-Region sowie der Großraum Berlin-Brandenburg.

Abbildung 1-1: Gesamtindex des Wasserstoffrankings

Indexwerte und Ränge der Metropolregionen



Quelle: IW Consult (2020)

Damit wasserstoffaffine Wertschöpfung im großen Maßstab zur Wirtschaftsleistung in Deutschland beitragen kann, müssen die Alleinstellungsmerkmale der Regionen in der weiteren Entwicklung der Wasserstoffindustrie gewürdigt werden. Gemäß den Prämissen „Stärken stärken“ und „Synergien nutzen“ müssen regionale Kompetenzen hervorgehoben werden und die überregionale Zusammenarbeit weiter ausgebaut werden.

Dies bedarf einer nationalen Koordinierungsstelle im Sinne einer Bundesgeschäftsstelle oder eines Kompetenzzentrums, das sich bspw. eng mit dem Kompetenzzentrum H2Safety@BAM in Berlin und dem Zentrum Wasserstoff.Bayern (H2.B) abstimmt. Während das am Bundesamt für Materialforschung und -prüfung (BAM) angesiedelte Kompetenzzentrum inhaltliche Aspekte erarbeitet und das H2.B auf Aktivitäten in Bayern fokussiert ist, sollte ein weiterer Akteur bundesweit Informationen und Wissen zur Wasserstofftechnologie bündeln und die Entwicklung regionaler Wasserstoff-Roadmaps und wasserstoffbasierter Fachkonzepte begleiten und damit zu einem effizienten Wasserstoff-Ökosystem mit möglichst wenig Dopplungen und sinnvoll verteilten Kompetenzen beitragen. Durch die Verknüpfung technologischer und systemischer Expertise können Landes- und Kommunalpolitiker, unternehmerische Entscheidungsträger, Wissenschaftler und andere betroffene Akteure in der Bewältigung der wasserstoffbasierten Energiewende umfassend unterstützt werden. Die Koordinierungsstelle könnte zum „Lead-Hub“ innerhalb eines virtuellen Verbunds mit anderen wasserstoffaffinen Metropolregionen werden, die jeweils ihre Stärken im Bereich Wasserstoff so weiter gezielt ausbauen können.

Die Metropole Ruhr eignet sich im besonderen Maße für die Ansiedlung einer solchen Koordinierungsstelle aufgrund der aktuellen Voraussetzungen. Zu nennen ist beispielsweise das hohe Maß internationaler Zusammenarbeit, Vernetzung regionaler Akteure oder die Ausstattung mit wasserstoffaffinen Unternehmen.

Um dem Konzept einer regional arbeitsteiligen Industrieentwicklung mit gutem Beispiel voranzugehen und sich als Best Practice zu etablieren, sollte das Ruhrgebiet in Anlehnung an die Wasserstoff-Roadmap NRW ein eigenes Strategiekonzept entwickeln, das die Ziele der Nationalen Wasserstoffstrategie und die Landesziele operationalisiert. Unter Berücksichtigung der regionalen Ausgangsbedingungen sollten die für den Markthochlauf der Wasserstoffindustrie besonders relevanten Handlungsfelder und etwaige Synergiepotenziale in der Metropole Ruhr identifiziert werden. Das „Strategiepapier Ruhr“ sollte kurz-, mittel- und langfristige Meilensteine formulieren und konkrete Projekte zur Erreichung dieser benennen. Damit die Umsetzung des Strategiekonzepts gelingt, sollten auch Landes- und Bundesfördermittel gezielt bereitgestellt und eingesetzt werden. Mit einem solchen Strategiepapier würde das Land Nordrhein-Westfalen einen markt- und regionalkonformen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft gewährleisten und die bisherigen Anstrengungen innerhalb der Metropole Ruhr erfolgversprechend weiterführen.

2 Auftrag und Fragestellung

Das Bundesland Nordrhein-Westfalen hat sich bereits im Jahr 2013, kurz nach der Verlängerung der Laufzeit des Kyoto-Protokolls aus dem Jahr 1997 bis zum Jahr 2020, zu mehr Klimaschutz verpflichtet (Landtag Nordrhein-Westfalen, 2013). Um die anvisierte Emissionsminderung in Höhe von 80 Prozent im Vergleich zum Emissionsausstoß im Jahr 1990 zu erreichen, setzt die Landesregierung auf Innovation und Forschung im Energie- und Industriesektor. Oberste Priorität hat dabei die Vereinbarkeit von Klimaschutz und industriellen Wertschöpfungsprozessen (Landesregierung Nordrhein-Westfalen, 2016, 2020). Das Land Nordrhein-Westfalen im Allgemeinen und das Ruhrgebiet im Besonderen weisen eine lange Tradition als Industriestandort auf, dessen Bedeutung für regionalen Wohlstand und gesellschaftliche Partizipation auch in Zeiten des industriellen Strukturwandels ungebrochen ist. Das Produzierende Gewerbe (ohne Bauwirtschaft) ist im Ruhrgebiet immer noch ein wertschöpfungsstarker Wirtschaftszweig. Gleichwohl ist die Industrie auch der größte Verursacher von CO₂-Emissionen.

Vor dem Hintergrund, dass

- ▶ im Ruhrgebiet mehr als ein Drittel der nordrhein-westfälischen CO₂-Emissionen erzeugt werden und somit der regionale Transformationsdruck besonders hoch ist,
- ▶ die Metropole Ruhr eine lange Industriegeschichte aufweist und noch heute sowohl industrielle Standorte bzw. Industrieflächen als auch Know-How im Industriesektor lokal vorhanden sind,
- ▶ ein regionales Innovationssystem, bestehend aus innovativen Unternehmen, Hochschul- und Forschungseinrichtungen, sowie lokalen Akteuren, Netzwerken und günstigen Rahmenbedingungen, existiert,
- ▶ die Bevölkerungsdichte hoch und das Transportwegenetz (Schiene, Straße, Wasser) engmaschig und flächendeckend ausgebaut ist, sowie
- ▶ bestimmte naturräumliche Bedingungen, insbesondere Fließgewässer, vorherrschen,

stellt sich die Frage, wie gut das Ruhrgebiet heute positioniert ist, um an der industriellen Inwertsetzung der Wasserstofftechnologie zu partizipieren. Die regionalen Bedingungen für den Hochlauf der Wasserstofftechnologie erscheinen aus Landesperspektive vielversprechend:

- ▶ Mit der Initiative in4climate.NRW setzt die Landesregierung wichtige Impulse für eine innovationsgeleitete Energie- und Industriegewende und vertritt auch die Belange der nordrhein-westfälischen Unternehmen in nationalen Gremien.
- ▶ Im Mai 2019 veröffentlichte das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie eine Studie zu den klimarelevanten und ökonomischen Wirkungspotenzialen von Wasserstoff (MWIDE NRW, 2019).
- ▶ Kürzlich startete die Förderung eines Wasserstoff-Hubs für Startups, Forschung und Industrie in Europa, um das regionale Innovationssystem im Bereich Wasserstoff weiter zu stärken und die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Startups auszubauen (MWIDE NRW, 2020c). Dieser Hub soll zukünftig sowohl eine physische als auch digitale Anlaufstelle für Wasserstoff-Startups im Land Nordrhein-Westfalen bereithalten.
- ▶ Ebenfalls im Oktober 2020 kürte das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie den regionalen Zusammenschluss „DüsselRheinWupper“ zum Sieger im Wettbewerb „Modellkommune/-region Wasserstoffmobilität“ (MWIDE NRW, 2020b). Das Modellgebiet reicht bis in das Ruhrgebiet hinein. Die Region um Duisburg zählt zu dessen Profiteuren (Kompetenzregion Wasserstoff, 2020).

- ▶ In der Stadt Essen und im Kreis Recklinghausen werden vom Bund finanzielle Unterstützungen bereitgestellt, um wasserstoffbasierte Mobilitätskonzepte auszuarbeiten (Wasserstoff Roadmap NRW).

Die Entwicklung der Wasserstoffindustrie verläuft in Nordrhein-Westfalen in großen Schritten. Hiervon zeugt auch die im November 2020 vorgestellte Wasserstoff Roadmap NRW. In den kommenden zehn Jahren soll der Einsatz der Wasserstofftechnologie im Verkehr, in der Industrie und im Energie- bzw. Wärmesektor gesteigert werden und von einem entsprechenden Infrastrukturausbau flankiert werden. Insgesamt knapp 15.000 Brennstoffzellen-Fahrzeuge sollen so auf die Straße gebracht werden. Großindustrielle Anlagen in der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie sollen die industrielle Wertschöpfung auf Wasserstoffbasis regional erhalten. Ein internationales Verbundnetz unter Berücksichtigung des bereits heute 240 Kilometer umfassenden Pipelinesystems in Nordrhein-Westfalen soll den Transport sicherstellen.

Gleichwohl weisen auch andere Regionen günstige Bedingungen auf, um eine Schlüsselrolle in der nationalen Wasserstoffindustrie einzunehmen. Sachsen verfügt ebenfalls über eine lange Tradition als Energiestandort. Die dort ansässigen technischen Universitäten (Dresden, Freiberg, Chemnitz) engagieren sich in der wasserstoffbezogenen Forschung und Entwicklung (MDR, 2020). Der gesamte Norden Deutschlands punktet mit hohen Erzeugungskapazitäten im Bereich Erneuerbarer Energie, die für die Elektrolyse des Wasserstoffs notwendig werden (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung Niedersachsen). Die Seehäfen spielen eine zentrale Rolle im internationalen Wasserstoffhandel. Im Süden sind zusätzlich große Teile des Know-Hows für die Anwendung der Wasserstofftechnologie in Fahrzeugen verortet. Deutlich wird, dass jede Region Deutschlands über bestimmte Alleinstellungsmerkmale verfügt, die erkannt und bei der weiteren – regionalen und nationalen – Branchenentwicklung berücksichtigt werden sollten. Vor dem Hintergrund, dass zahlreiche Branchen und Regionen überall in Deutschland vom klimapolitischen Strukturwandel betroffen sind, stellt eine weitere Industrieentwicklung, die auf „Stärken stärken“ und „Synergien nutzen“ setzt, eine gute Möglichkeit dar, dass möglichst viele Regionen, Unternehmen und Arbeitnehmer am neu entstehenden industriellen Wohlstand partizipieren.

Daher erfolgt eine Positionsbestimmung des Ruhrgebiets im Vergleich zu den Wasserstoff-Ökosystemen in neun deutschen Metropolregionen, die zu den wirtschaftsstärksten Regionen Deutschlands zählen:

- Metropole Ruhr
- Metropolregion Hamburg
- Metropolregion München
- Metropolregion Rheinland
- Metropolregion Stuttgart
- Metropolregion Berlin-Brandenburg
- Metropolregion Rhein-Neckar
- Metropolregion Rhein-Main
- Metropolregion Mitteldeutschland

Um Handlungsempfehlungen für die weitere Entwicklung der Wasserstoffindustrie im Ruhrgebiet zu formulieren, werden Standortbedingungen und die wasserstoffbezogene Wirtschaftsdynamik in den Metropolregionen mittels eines Indexverfahrens vergleichbar gemacht. Dies erlaubt eine Charakterisierung der Wasserstoffindustrie aus regional-vergleichender Sichtweise vorzunehmen, Stärken und Alleinstellungsmerkmale herauszuarbeiten sowie überregionale Synergiepotenziale zu identifizieren.

3 Ergebnisse

Das Wasserstoffranking nimmt Indikatoren entlang verschiedener Dimensionen auf, um eine möglichst umfassende Einordnung der regionalen Wasserstoff-Landschaften ermöglichen zu können.

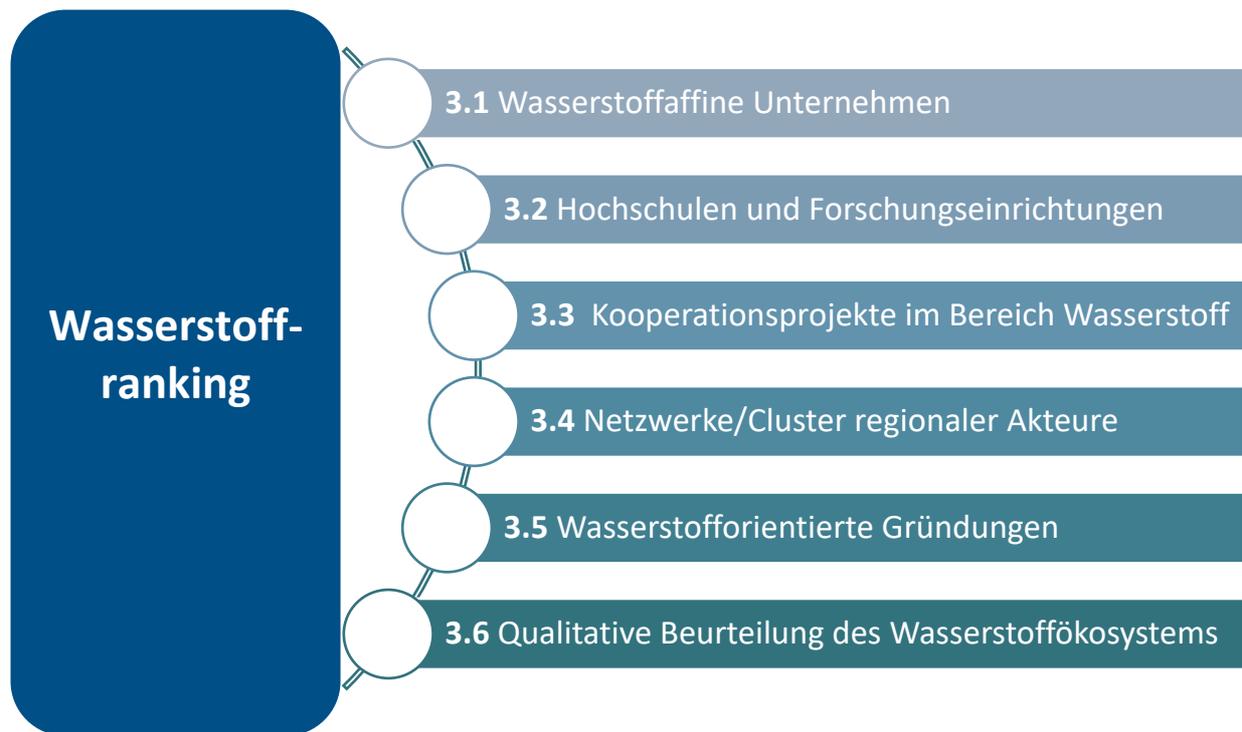
Die ersten zwei Indikatoren (Abbildung 3-1) orientieren sich am Aufbau eines regionalen Innovationssystems im eigentlichen Sinne. Ein solches beschreibt die Gesamtheit aller Organisationen und Einrichtungen, die an der „Erschaffung, Verbreitung und Anwendung wissenschaftlichen oder technologischen Wissens beteiligt sind“ (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, 2020). Den Kern eines regionalen Innovationssystems bilden Unternehmen auf der einen sowie Hochschulen und Forschungseinrichtungen auf der anderen Seite. Besteht zwischen den Geschäftsfeldern der Unternehmen sowie den Forschungsthemen der FuE-Einrichtungen eine hohe inhaltliche verwandte Vielfalt, erfolgt der Transfer von Wissen und die Unternehmen sind in der Lage, innovative Produktlösungen zu entwickeln und so zu Wohlstand und Beschäftigung beizutragen. Dieser Wissenstransfer erfolgt in der Regel in Form von Humankapital, etwa weil regionale Absolventen und Fachkräfte wiederum eine Beschäftigung bei regionalen Unternehmen erhalten. Darüber hinaus spielen Forschungsk Kooperationen zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen eine zentrale Rolle. In gemeinsamen FuE-Projekten befruchten sich Unternehmen und Forschungseinrichtungen gegenseitig und sind essenziell für einen leistungsfähigen Wissens- und Technologietransfer. Obgleich ein jedes Innovationssystem sich weitgehend selbst organisiert, werden Branchennetzwerke und -initiativen als verbindendes bzw. moderierendes Element immer wichtiger. Durch Netzwerkaktivitäten, etwa in digitalen oder analogen Vortragsreihen, Workshops oder digitalen Unternehmensplattformen, tragen regionale und branchenspezifische Netzwerke und Initiativen zu einem intensiven Austausch von Ideen bei, legen Synergiepotenziale offen und erleichtern organisationsübergreifende Zusammenarbeit. Sie vertreten aber auch Interessen der wasserstoffaffinen Industrie und fördern ihre Sichtbarkeit. Trifft ein reger Austausch von Ideen auf ein gründungsfreundliches Umfeld, so kann sich das Wirtschaftsgeschehen durch Startups positiv entwickeln und erneuern.

Die Studie greift die oben beschriebene Logik regionaler Innovationssysteme bei der Untersuchung der Wasserstoffindustrie in neun deutschen Metropolregionen auf (vgl. Abbildung 3-1). Nachdem die beiden Kernelemente – wasserstoffaffine Unternehmen (Kapitel 3.1) sowie Hochschulen und Forschungseinrichtungen mit Wasserstoffbezug (Kapitel 3.2) – vorgestellt werden, erfolgt eine weitergehende Analyse der Forschungs- (Kapitel 3.3) und Unternehmenslandschaft (Kapitel 3.4 und 3.5).

Die Ergebnisse werden abschließend mit einer qualitativen Einschätzung der Mitglieder des Nationalen Wasserstoffrats gespiegelt (Kapitel 3.6). In Kapitel 3.7 erfolgt eine zusammenfassende Betrachtung des Indexergebnisses.

Abbildung 3-1: Wasserstoffranking

Die Bestandteile des Wasserstoffrankings



Quelle: IW Consult (2020)

3.1 Wasserstoffaffine Unternehmen

Unternehmen sind der erste wichtige Teil eines regionalen Innovationssystems im eigentlichen Sinne. Unternehmen wenden neu generiertes Wissen in der Praxis an. Sie können Nutzer von Wasserstoff oder Produzent von Wasserstofftechnologien sein. Auch anwendungsorientierte Forschung und beratenden Tätigkeiten sind Teil der Unternehmenslandschaft. Gleichzeitig sind Unternehmen Arbeitgeber und sorgen mit zunehmender Beschäftigung in einer Zukunftsbranche für regionalen Wohlstand.

Die Bundesregierung möchte Projekte zur Erzeugung von "grünem" Wasserstoff im Rahmen des Klimaschutzplans fördern, sodass er langfristig marktfähig wird (Bundesregierung, 2019). Das erfordert unternehmerische Tätigkeiten und bietet so ein hohes Potenzial für zukünftiges Beschäftigungswachstum der Branche. Die Wasserstoffstudie des Wirtschaftsministeriums Nordrhein-Westfalens kommt in einer Szenariorechnung zu dem Schluss, dass der inländischen Arbeitsplatzeffekt durch Wasserstoff im optimistischsten Szenario bei einer Treibhausgasreduzierung um 95% bis 2050 zirka 130.000 Arbeitsplätze in Nordrhein-Westfalen betragen könnte (MWIDE NRW, 2019). Der größte Anteil entfiel auf die Speicherung von Wasserstoff. Das Szenario geht davon aus, dass Elektrifizierung weiter an Bedeutung gewinnt und in NRW Wasserstoff-Speicher entstehen.

Um den Ist-Zustand der Ausstattung mit wasserstoffaffinen Unternehmen zu erfassen, kann nicht auf Statistiken der öffentlichen Hand zurückgegriffen werden, da die Wasserstoffwirtschaft nicht als eigenständige Branche erfasst wird. Mittels eines innovativen Webcrawling-Verfahrens ist es jedoch möglich, die Wasserstoffbranche über die Websites der Unternehmen abzugrenzen (Methodik siehe Kapitel 5.1). Aufgrund der unterschiedlichen Größe der relevanten Metropolregionen in verschiedenen Dimensionen (z.B. Fläche, Einwohnerzahl, Anzahl der Unternehmen), ist es nötig, die Anzahl der ermittelten wasserstoffaffinen Unternehmen einzuordnen. Zurückgegriffen wird dabei auf die Gesamtzahl der Unternehmen, die der gewerblichen Wirtschaft zugeordnet werden.

Die höchste Unternehmensdichte mit 6,5 wasserstoffaffinen Unternehmen je 1.000 Unternehmen weist die Metropolregion Stuttgart auf. Der Anteil ist 30 Prozent höher als der Anteil der letztplatzierten Metropolregion Mitteldeutschland. Die Metropole Ruhr kann sich auf dem zweiten Rang platzieren (6,3). Im Mittelfeld befinden sich in relativ engem Abstand die Rhein-Region, Berlin-Brandenburg und die Regionen Rhein-Neckar und München. Die Abschätzung des Unternehmensanteils der Wasserstoff-Branche über Webcrawling kann auch als eine Einschätzung interpretiert werden, wie viele Unternehmen sich bereits mit dem Thema Wasserstoff auseinandersetzen. Dieser Interpretation folgend liegen die höchsten unternehmerischen Potenziale in den Metropolregionen Stuttgart, Ruhr und Rhein-Main.

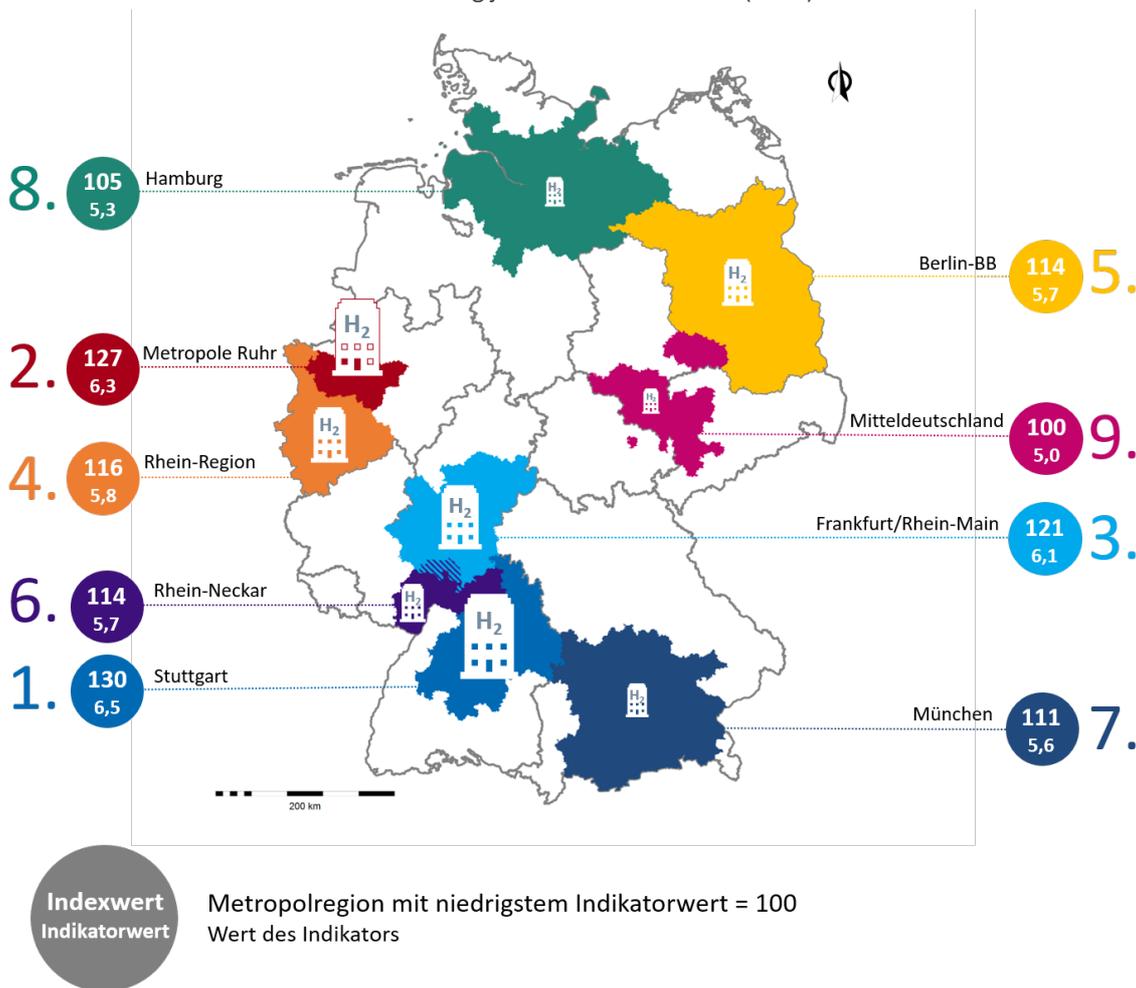
In der Metropole Ruhr und der Rhein-Region ist Air Liquide Deutschland als Betreiber eines der wenigen Wasserstoffnetze in Deutschland tätig. Das Wasserstoffnetz ist mit rund 240 km schon heute das größte in Deutschland.¹ Die Air Liquide Deutschland GmbH hat ihren Sitz in Düsseldorf. In Marl im Landkreis Recklinghausen hingegen befindet sich Europas größtes Abfüll-Center für Wasserstoff.² In Herten kommen im H₂-Anwenderzentrum diverse Unternehmen zusammen, um sich über Technologien zum Transport und der Speicherung von Wasserstoff auszutauschen. Dienstleister wie Steag Energy Services unterstützen die Unternehmen des Anwenderzentrums beispielsweise in der Konzeption und Optimierung von Anlagen zu Elektrolyse, mit denen Wasserstoff produziert werden kann.

¹ Angabe der Air Liquide Deutschland GmbH

² Angabe der Air Liquide Deutschland GmbH

Abbildung 3-2: Wasserstoffaffine Unternehmen

Anzahl der Unternehmen mit Wasserstoffbezug je 1.000 Unternehmen (2020)



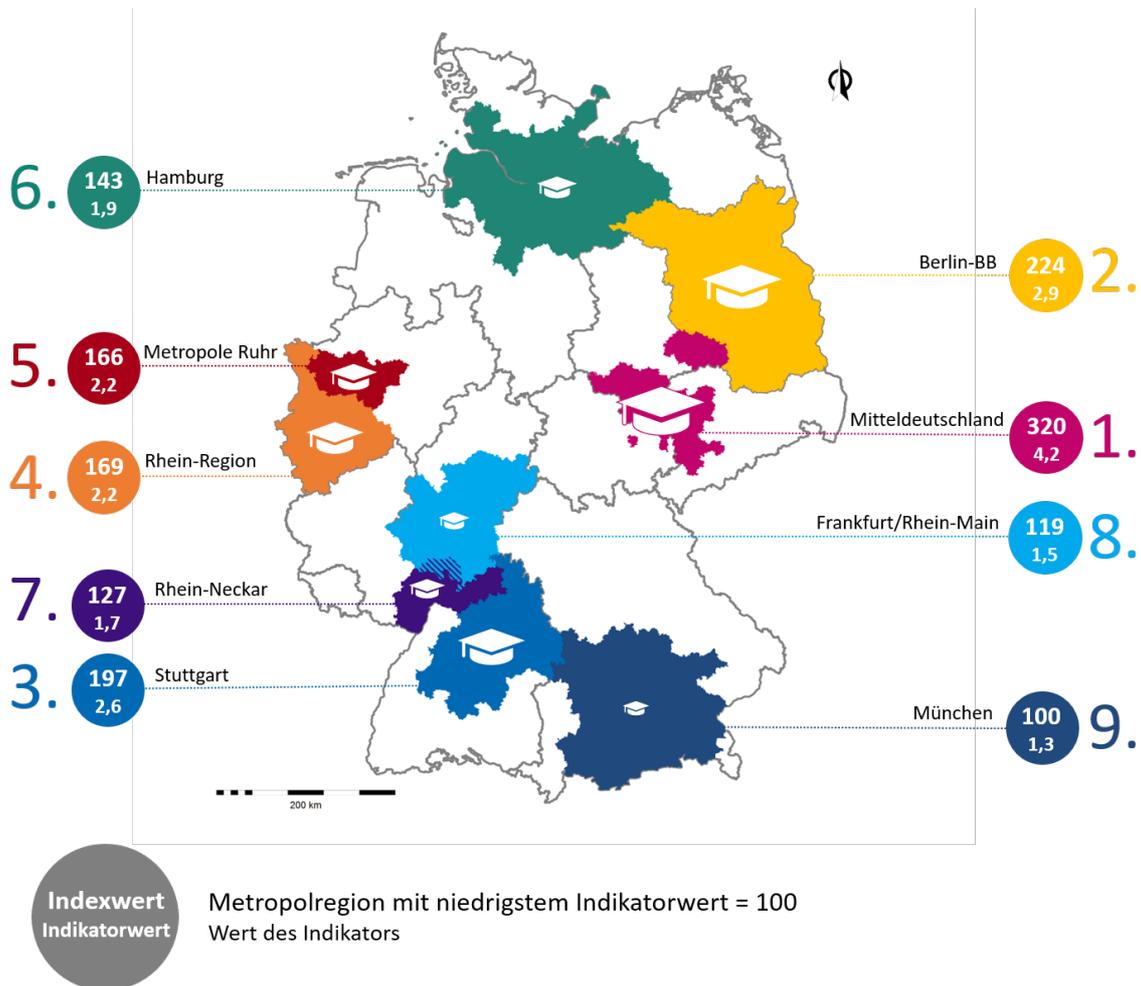
Quelle: Webcrawling, IW Consult (2020)

3.2 Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Innovationen haben hohe Bedeutung in einer Volkswirtschaft. Sie generieren Wachstum und garantieren die Wettbewerbsfähigkeit eines Standortes. Neue Informationen müssen jedoch nicht nur generiert werden und vorhanden sein, sondern auch interpretiert werden können (Fritsch et al., 2008). Aus diesem Grund kommt öffentlichen und privaten Forschungseinrichtungen und Hochschulen im Innovationsprozess eine zentrale Rolle zu. Sie fungieren als Ausbildungsstätte für junge Fachkräfte und haben eine Transferfunktion zur Unternehmenslandschaft. Gerade bei einer Zukunftstechnologie wie Wasserstoff ist es wichtig, sowohl Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung zu betreiben als auch die theoretischen Grundlagen zu vermitteln, damit genügend Fachkräfte für ihre Anwendung in der Region zur Verfügung stehen.

Abbildung 3-3: Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Anzahl der Einrichtungen je 1 Millionen Einwohner (2020)



Quelle: STASA, IW Consult, DFG (2020)

Um festzustellen, wie hoch die Innovationsfähigkeit der Metropolregionen im Bereich Wasserstoff ist, werden wissenschaftliche Einrichtungen identifiziert, die sich mit der Thematik beschäftigen. Bezogen auf die Einwohnerzahl gibt es die höchste Dichte an Einrichtungen in der Metropolregion Mitteldeutschland (4,2 Einrichtungen je eine Millionen Einwohner). Dahinter folgen Berlin-Brandenburg (2,9) und Stuttgart (2,6). Die Rhein-Region und die Metropole Ruhr erzielen jeweils einen Wert von 2,2 (Plätze 4 und 5). Insgesamt wurden 102 Einrichtungen in den neun Metropolregionen identifiziert.

In Halle (Saale) beschäftigt sich bspw. das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen (IMWS) damit, wie man Wasserstofferzeugung und -speicherung effizienter gestalten kann. Ziel ist es unter anderem verschiedene Systeme zur Elektrolyse marktreif zu machen. In der Metropole Ruhr liegt mit dem Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion eine renommierte Einrichtung, die einen starken Forschungsfokus auf die Herstellung und Nutzung von Wasserstoff legt. Die einzelnen Arbeitsschritte umfassen dabei Herausforderungen wie die chemische Bindung von Wasserstoff oder das Auffinden geeigneter Speichermaterialien, die das flüchtige Gas speichern können.

3.3 FuE-Projekte im Bereich Wasserstoff

Wissen über die Wasserstofftechnologie ist sowohl in funktionaler als auch in räumlicher Hinsicht heterogen verteilt. Dies liegt zum einen an den spezifischen Wissensbeständen, die für Unternehmen als Anwender auf der einen und für Forschungseinrichtungen als eher grundlagenschaffende Erkenntnis-sucher auf der anderen Seite von Belang sind. Um eine Technologie zur Marktreife zu führen, ist Grundlagenforschung über chemische und physikalische Zusammenhänge und Mechanismen unverzichtbar. Gleichzeitig erhebt Wissenschaft den Anspruch, gesellschaftsrelevante Themen zu erarbeiten, sodass sich Forschung auch in einem grundsätzlich freiheitlichen Wissenschaftssystem an ihrem gesellschaftlichen Nutzen messen lassen muss (Hünne Meyer und Henn, 2018). In gemeinsamen Kooperationsprojekten zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen befruchten sich beide Interessen gegenseitig. Es erfolgt der für Innovation und Entwicklung notwendige Wissens- und Technologietransfer. Zum anderen ist die räumliche Verteilung des Wissens über die Wasserstofftechnologie auf Pfadabhängigkeiten der regionalen Wirtschaftsentwicklung zurückzuführen. Unternehmen in Regionen mit einer langjährigen industriellen Prägung werden eher nach Anwendungsbereichen der Wasserstofftechnologie in ihren Kompetenzbereichen suchen, als sich komplett neue Industrie- und Produktionsfelder zu erschließen. Da selten eine trennscharfe inhaltliche Abgrenzung möglich ist, ergeben sich komplementäre Wissensbestände. Diese Synergiepotenziale sind ebenfalls Bestandteil von organisations- und regionsübergreifenden Forschungs- und Entwicklungsprojekten.

Kooperationsprojekte nehmen also einen besonderen Stellenwert für die (Weiter)Entwicklung der Wasserstoffindustrie ein. Zum einen steuern und moderieren gemeinsame Entwicklungsprojekte den Wissens- und Technologietransfer. Dies sichert die notwendigen Skaleneffekte. Zum anderen vernetzen sie Wissensbestände aus unterschiedlichen Regionen. Dies ist aus makroökonomischer Sicht günstig, denn Synergien beschleunigen die technologische Entwicklung. Der Standort Deutschland kann sich strategische Wettbewerbsvorteile auf dem globalen Parkett sichern, wenn sich die heimischen Branchen und Regionen frühzeitig im globalen Handel mit Wasserstoff sowie im Export der notwendigen Technologien positionieren können.

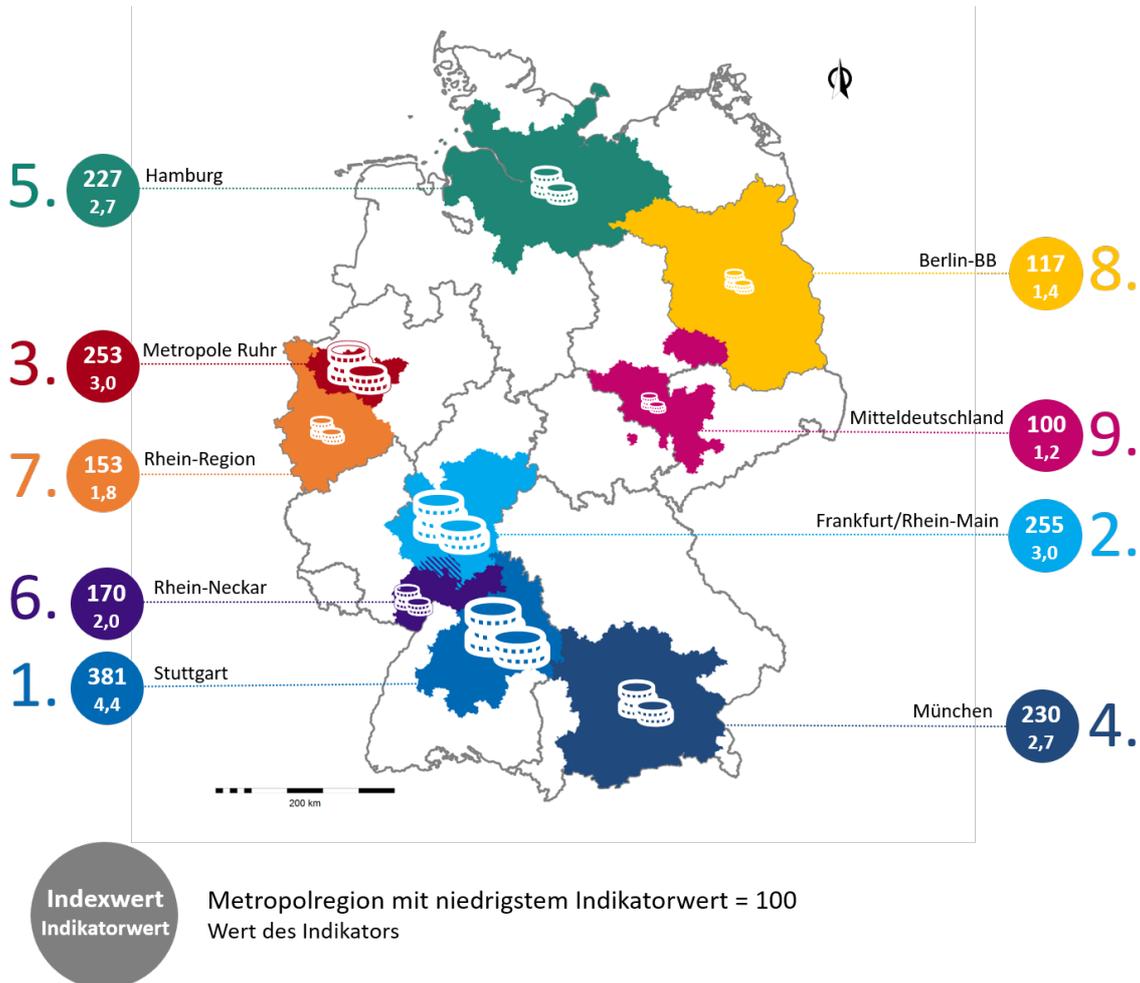
3.3.1 Fördersummen

Projekte zur Erforschung von Wasserstoff und Entwicklung von industriellen Anwendungsmöglichkeiten sind abhängig von den zur Verfügung stehenden Finanzmitteln. Über Fördermittel werden Personalstellen sowie technische Infrastrukturen wie Labormittel, Prototypen oder Testzentren finanziert. Aber auch Formate des Austausches und Wissenstransfers wie Forschungsnetzwerke, Graduiertenschulen oder Vortragsreihen können grundsätzlich finanziell unterstützt werden. Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Unternehmen sind unterschiedlich erfolgreich bei der Akquirierung von Mitteln zur Förderung wasserstoffaffiner FuE-Projekte (vgl. Abbildung 3-4).

In der Metropolregion Stuttgart entfallen 4,4 Prozent aller Fördermittel auf FuE-Projekte mit Wasserstoffbezug. Gemessen an den Fördermittelverteilung erscheint die Wasserstoffforschung in der Metropolregion demnach besonders stark. Die Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main sowie die Metropole Ruhr unterscheiden sich nur im Nachkomma-Bereich und erreichen mit je 3,0 Prozent den zweiten bzw. dritten Rang. Der Süden und der Norden belegen mit 2,7 Prozent Rang vier und fünf. Schlusslicht bildet die Metropolregion Mitteldeutschland. Nur 1,2 Prozent aller Fördermittel werden für wasserstoffaffine Projekte eingesetzt.

Abbildung 3-4: Förderung von Wasserstoffprojekten

Anteil der Fördersummen in Projekten mit Wasserstoffbezug an der Gesamtförderung in der Region in % (2020)



Quelle: STASA Steinbeis, IW Consult (2020)

Wie bereits oben erwähnt, weisen auch Forschungs- und Entwicklungsprojekte eine gewisse Pfadabhängigkeit auf. Daher ist es wenig verwunderlich, dass in der Region Stuttgart Unternehmen aus dem Automotivesektor mit Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten. Im Forschungsprojekt InnoROBE werden Fahrzeug-Energiekonzepte weiterentwickelt, um auf Brennstoffzellenbasis durch ein On-Board-Ladesystem (sog. On-Board-Energiewandler-Systeme) die Reichweite von Elektrofahrzeugen zu erhöhen. Das internationale Projekt Giantleap unter Federführung der Bosch Engineering widmet sich der Realisierung von Skaleneffekten durch Verbesserung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses, um Brennstoffzellenbusse zur Marktreife zu führen.

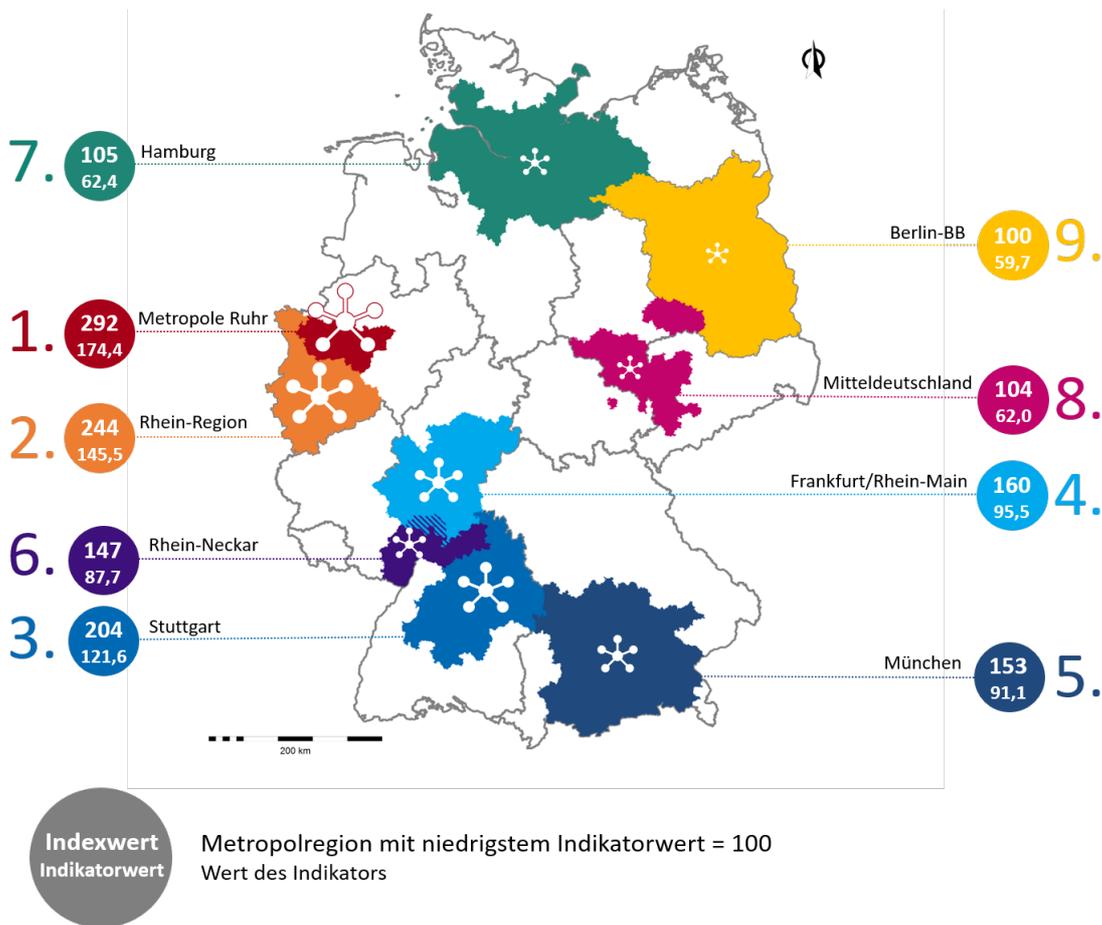
In der Metropole Ruhr hingegen widmen sich die Forschungsprojekte eher der Infrastrukturentwicklung, beispielsweise bei der Betankung von Automobilen mit Wasserstoff (z.B. Projekt NewBusFuel, NIP-SFHH) oder den Einsatz von Wasserstoff für Heizanlagen bei der Versorgung von Privathaushalten (z.B. Projekt ZIP-ENBA). Gleichsam wird auch die Tradition als Industriestandort deutlich, denn Projekte entwickeln industrielle Anwendungsmöglichkeiten der Wasserstoff- und Brennzellentechnologie (z.B. Projekt CaorboPlate, MACBETH) oder verbessern Elektrolyseure und Elektrolysesysteme (z.B. Projekt NIP-1 MW-PEM).

3.3.2 Verflechtungen

Aufgrund des hohen Komplexitätsgrades der Wasserstofftechnologie sowie der Tatsache, dass Wissensbestände ungleich verteilt sind, kann Innovation und Fortschritt nur im gemeinsamen Austausch und in Zusammenarbeit vieler Akteure realisiert werden. Der in Abbildung 3-5 abgebildete Verflechtungsindikator gibt Auskunft über die internationale Zusammenarbeit. Der internationale Vernetzungsgrad basiert auf den Anteilen der Förderbeträge innerhalb einer Region, die an Partner im Ausland fließen.

Abbildung 3-5: Verflechtungsindikator

Vernetzungsstärke der Regionen mit jeweils anderen Regionen in Europa (NUTS-3-Ebene) über die in Forschungsprojekten beteiligten Akteure gemessen an den Förderbeträgen der einzelnen Partner (2020)



Quelle: STASA Steinbeis, IW Consult (2020)

Gemäß diesem Verständnis unterhält die Metropole Ruhr die stärksten Kooperationsbeziehungen ins Ausland, gefolgt von der Rhein-Region und der Metropolregion Stuttgart. Ein hohes Maß an internationaler Zusammenarbeit birgt für die beteiligten Forschungseinrichtungen, aber auch für das regionale Wirtschaftsgeschehen, besondere Vorteile. Im Rahmen institutioneller Partnerschaften erhalten die Forschungseinrichtungen im Ruhrgebiet Zugang zu Wissen und Kompetenzen, die in Deutschland und der Region nicht in dieser Form vorhanden sind. Durch die Einbettung und Vernetzung der Partner in ihr jeweiliges Unternehmensumfeld wird eben solches Wissen aus dem Ausland in die Region getragen. Dies mindert Lock-in-Risiken und fördert den globalen Blick auf die Entwicklung von

Wasserstofftechnologien. Für die regionale Zirkulation von Wissen birgt räumliche Nähe zwischen den beteiligten Wissensträgern, unternehmerischen Entscheidungsträgern und sonstigen Akteuren gewisse Vorteile. Räumliche Nähe ist Voraussetzung, damit der Wissensaustausch im Sinne eines regionalen *buzz*, d.h. im Rahmen informeller Begegnungen durch das tägliche Miteinander, stattfinden kann (Bathelt et al., 2004). Für die beteiligten Akteure ist ein solcher Wissenstransfer mit weniger Ressourcen, Investitionen und Kosten verbunden als in strategischen Projekten, die angebahnt und mit zusätzlichen Mitteln aufrechterhalten werden müssen. Damit ein Innovationssystem von Wissen, das nicht in seinem unmittelbaren Aktionsradius vorhanden ist, profitieren kann, ist eine enge Partnerschaft zwischen den Beteiligten notwendig. Der Verflechtungsindikator gibt Hinweise darauf, denn die Höhe der Fördersummen steht in direktem Zusammenhang mit dem verbundenen Arbeitsaufwand.

Um eine zusätzliche Einschätzung der internationalen Zusammenarbeit zu erhalten, ist es hilfreich, die die ausländischen Partnerschaften näher zu beleuchten. In der Metropole Ruhr werden in 82 Projekten mit Wasserstoffbezug 660 Partnerschaften (Inland und Ausland) gepflegt. Damit zählt die Metropole Ruhr zu einer Forschungs- und Wissenschaftslandschaft mittlerer Größe. Die Hälfte aller Metropolregionen hat weniger als 82 Projekte und weniger als 660 Partner. Allerdings ist der Anteil der ausländischen Partner im Ruhrgebiet überdurchschnittlich. Im Mittel der Metropolregionen machen diese rund 35,5 Prozent aller Partnerschaften aus. In der Metropole Ruhr haben mehr als 37 Prozent der Partner ihren Sitz im Ausland. Nur in der Rhein-Region (40,8 Prozent) und in der Metropolregion München (47,1 Prozent) ist dieser Anteil höher. Auf jede nationale Partnerschaft entfallen 0,6 ausländische Partner im Ruhrgebiet. Dies unterstreicht die hohe Bedeutung ausländischer Partner für die Forschungseinrichtungen im Ruhrgebiet. Über alle Metropolregionen hinweg kommen auf einen nationalen Partner nur 0,4 ausländische Partner. In der Rhein-Region und in der Metropolregion München haben ausländische Partner mit einem Verhältnis von 0,7 und 0,9 eine noch höhere Bedeutung. In der Metropolregion Stuttgart, die im Verflechtungsindikator auf dem dritten Rang landet, werden ebenfalls 0,6 Auslandspartnerschaften je Inlandspartnerschaft verzeichnet.

Während der Westen und der Süden über eine leistungsfähige Anbindung an den internationalen Wissens- und Forschungsstand aufweisen und in internationale Wissens- und Technologietransfers eingebunden sind, so ergeben sich insbesondere für den Osten strategische Wettbewerbsnachteile. Die Metropolregionen Mitteldeutschland und Berlin-Brandenburg weisen im Vergleich die geringste Vernetzung mit internationalen Partnern auf. Dies betrifft den Verflechtungsindikator ebenso wie das Verhältnis von ausländischen und nationalen Partnerschaften in FuE-Projekten. Nur jeder fünfte bzw. jeder vierte Partner stammt aus dem Ausland. Darüber hinaus ist die wasserstofforientierte Forschungslandschaft in Mitteldeutschland mit 40 Einzelprojekten die kleinste im interregionalen Vergleich.

3.3.3 Unternehmen in Kooperationsprojekten

Während die Untersuchung der Fördermittelanteile Auskunft darüber gibt, welchen Stellenwert wasserstoffaffine Entwicklungsprojekte in der Forschungslandschaft einnehmen (vgl. Kapitel 3.3.1) und die Analyse der Partner im Ausland Aufschluss über die Einbindung in internationale Wissensströme gibt (vgl. Kapitel 3.3.2), so gibt die Auswertung der Forschungs- und Entwicklungsprojekte nach Kooperationspartnern Hinweise darauf, ob die Forschungslandschaft eher anwendungs- oder grundlagenorientiert ist. Ein hoher Indexwert deutet auf eine stärkere Anwendungsorientierung der FuE-Projekte hin, denn der Anteil der Unternehmen in FuE-Projekten ist höher. Ein niedriger Indexwert infolge geringerer Unternehmensbeteiligung spricht im Gegensatz dazu eher für grundlagenorientierte Forschungsvorhaben.

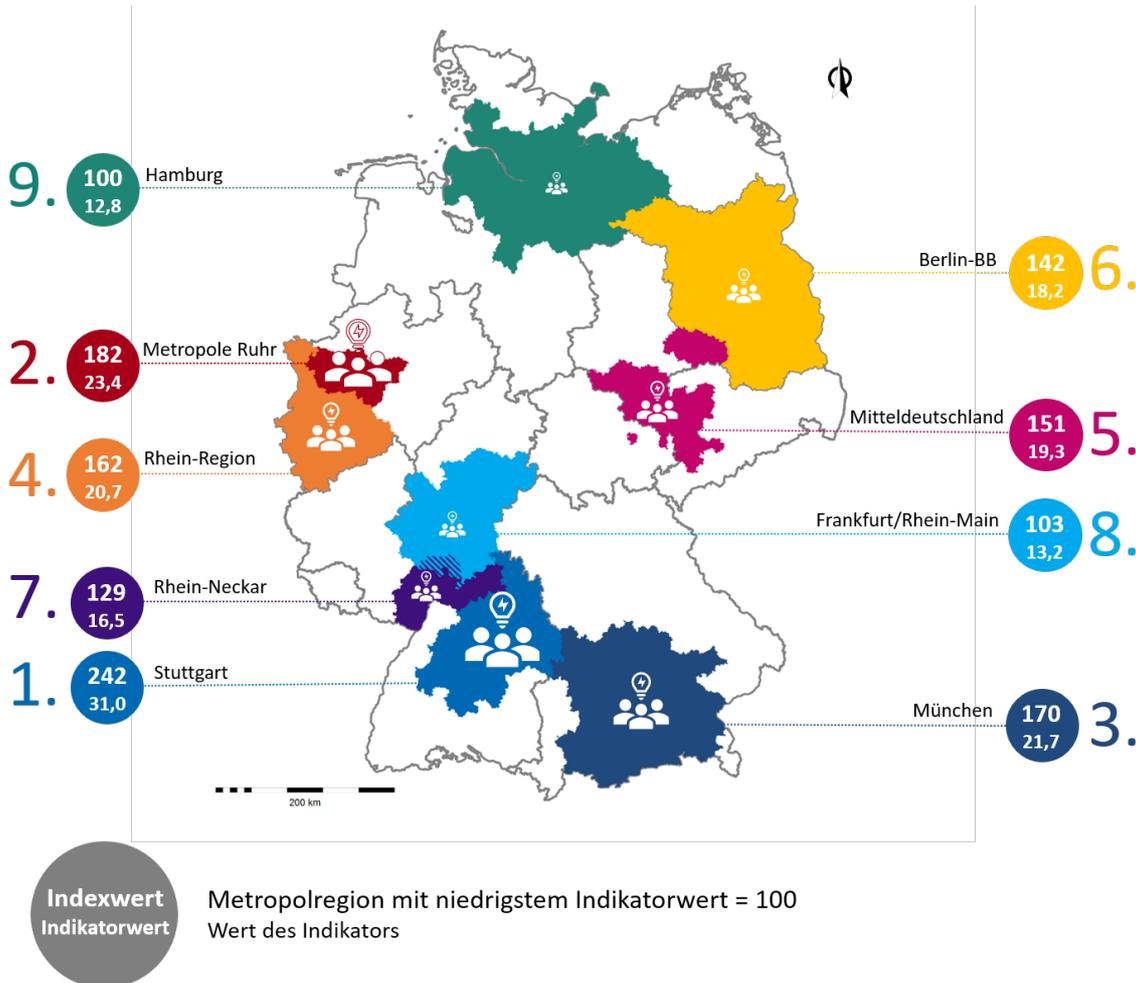
In der Region Stuttgart partizipieren mit deutlichem Abstand die meisten Unternehmen an FuE-Kooperationen. Je 10.000 Unternehmen sind 31 Unternehmen im Bereich der wasserstoffaffinen Forschung

und Entwicklung in Wasserstoff-Projekte eingebunden. Gründe hierfür mögen in dem hohen regionalen Transformationsdruck liegen, der sich aus der starken automobilwirtschaftlichen Industrieprägung ergibt.

Weitere Standorte mit einer stärkeren Anwendungsorientierung sind die Metropole Ruhr mit 23,4 Unternehmen je 10.000 Unternehmen, die Metropolregion München mit 21,7 Unternehmen und die Metropolregion Rhein-Region (20,7 Unternehmen). Eher in der Grundlagenforschung engagieren sich dagegen die Metropolregionen Hamburg und Frankfurt/Rhein-Main. Hier bewegt sich der Anteil der Unternehmen, die Teil von Kooperationsprojekten sind, zwischen 12,8 und 13,2 Unternehmen je 10.000 Unternehmen. Gerade in Hamburg mag der vergleichsweise geringe Unternehmensanteil an der noch relativ jungen Forschung zum Einsatz der Wasserstofftechnologie in der Luftfahrt liegen. Im Vergleich zur Automobilwirtschaft steckt die emissionsfreie Fortbewegung zur Luft noch in den Kinderschuhen und ist mit noch weitaus stärkeren technischen Anforderungen verbunden, die sich aufgrund stärker begrenzter Platz- und Gewichtskapazitäten, noch ungelöster Fragen zur Aerodynamik und ihrer Vereinbarkeit mit einem Wasserstoffantrieb und umfangreicher Zertifizierungserfordernisse ergeben. Zudem fehlen in der Luftfahrt Vernetzungs- und Unterstützungsangebote (Koenen, 2020).

Abbildung 3-6: Unternehmensbeteiligung an wasserstoffaffinen FuE-Projekten

Anzahl der Unternehmen in Kooperationsprojekten je 10.000 Unternehmen (2020)



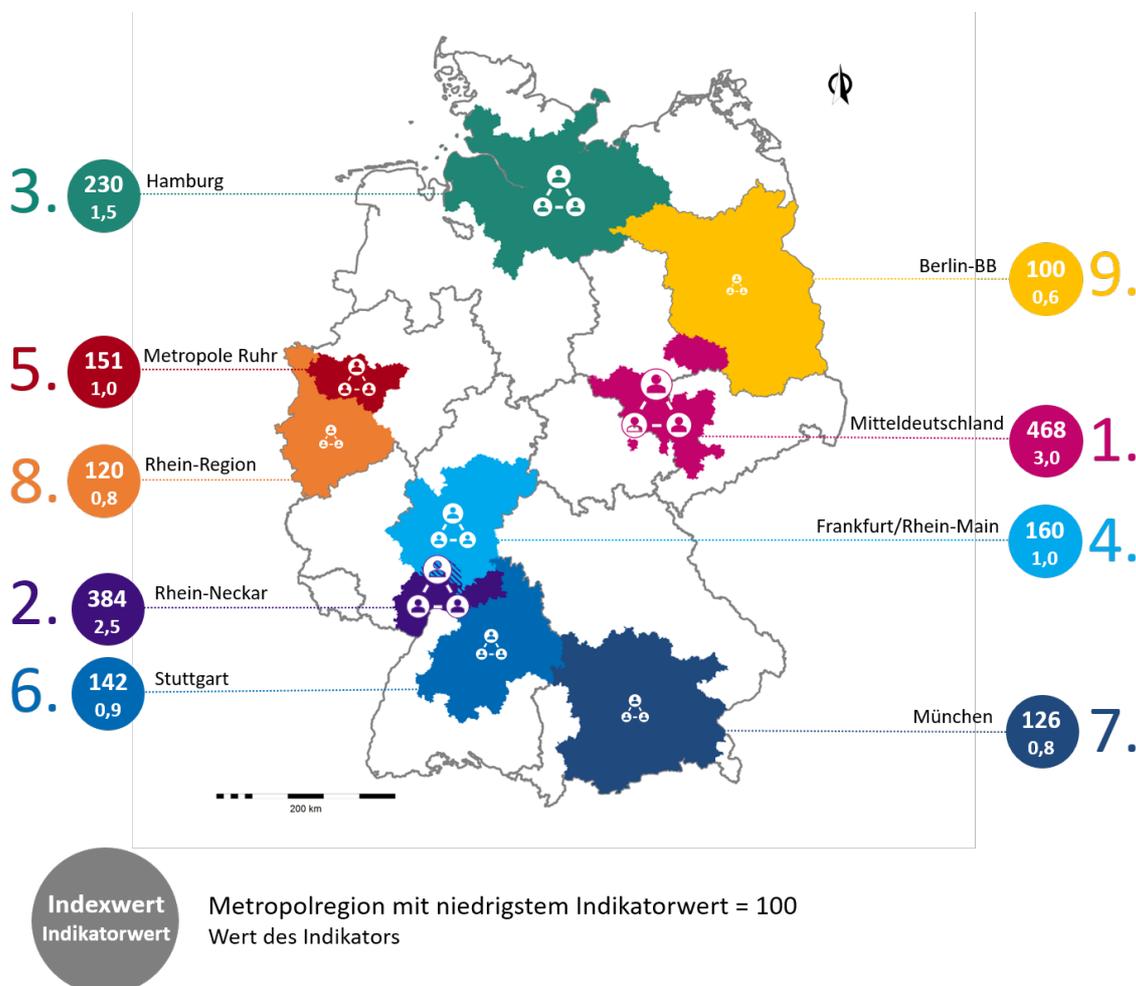
Quelle: STASA Steinbeis, IW Consult (2020)

3.4 Netzwerke regionaler Akteure

Um Ergebnisse aus der Grundlagenforschung auf dem Markt anwenden zu können, sind Netzwerke bzw. Cluster von elementarer Bedeutung. Sie ermöglichen einen gezielten Austausch zwischen Wissenschaft, Unternehmenslandschaft sowie weiteren regionalen Akteuren. Die räumliche und inhaltliche Nähe von Wirtschaftssubjekten führt zu positiven Externalitäten, die einen Wettbewerbsvorteil ergeben können. Cluster ermöglichen eine effizientere Arbeitsteilung. Einzelne Unternehmen können sich auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren. Das Wissen, das die einzelnen Mitglieder in das Netzwerk mitbringen, wird gebündelt. Die Innovationskraft der Unternehmen wird dadurch zum Teil erheblich gesteigert. Die Kommunikation innerhalb eines Clusters ist oftmals gesondert organisiert. Die Akteure des Clusters können dadurch schneller auf veränderte Situationen reagieren und sich abstimmen. Von staatlicher Seite besteht ein Anreiz, die Clusterbildung zu unterstützen, da eine erhöhte Innovationskraft zur Sicherung von Arbeitsplätzen eines Standorts beiträgt.

Abbildung 3-7: Wasserstoffnetzwerke

Netzwerke je 1 Millionen Einwohner (2020)



Quelle: IW Consult (2020)

In Relation zur Bevölkerung weist die Metropolregion Mitteldeutschland die meisten Netzwerke auf (3,0 Netzwerke je eine Millionen Einwohner). Dahinter platzieren sich die Regionen Rhein-Neckar (2,5) und Hamburg (1,5). Nah beieinander folgen Frankfurt/Rhein-Main und die Metropole Ruhr (jeweils

1,0). Weniger dicht ausgeprägt sind Netzwerke in Berlin-Brandenburg (0,6). Insgesamt wurden 24 Netzwerke in den neun Metropolregionen recherchiert.

In Mitteldeutschland arbeiten die Mitglieder des sächsischen Innovationsclusters Hzwo an Brennstoffzellenfahrzeugen. Beteiligt sind neben diversen Unternehmen auch die TU Chemnitz und verschiedene Fraunhofer-Institute. Ein weiteres Netzwerk, mit dem enge Kooperationen bestehen, ist das ebenfalls in Sachsen lokalisierte energy saxony. Der Fokus des Clusters liegt auf "grünem" Wasserstoff. Das Ziel ist es, möglichst viele Anwendungsfälle zu identifizieren, die auch wirtschaftlich rentabel sind. Zusätzlich soll die Versorgungsinfrastruktur gefördert werden. Die beiden Cluster überschneiden und ergänzen sich. Dadurch entstehen zusätzlich Synergieeffekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktion bis zur Nutzung von Wasserstoff. Im Rahmen der Strukturpolitik des Bundes wird zudem das Netzwerk H2-Well gefördert, das dem Strukturwandel in Mitteldeutschland mit neuen Möglichkeiten zur Generierung von Wertschöpfung durch Wasserstofftechnologien begegnen möchte. In der Metropole Ruhr erweitert beispielsweise das h2-netzwerk-ruhr das regionale Innovationssystem. Zu den 47 Mitgliedern zählen neben wissenschaftlichen Einrichtungen wie der Universität Duisburg-Essen, der Ruhr-Universität Bochum und dem Fraunhofer-Institut UMSICHT auch diverse Städte des Ruhrgebiets sowie Unternehmen wie die Air Liquide Deutschland GmbH.

3.5 Wasserstofforientierte Gründungen

Unternehmensgründungen spielen eine wichtige Rolle für die Erneuerung des regionalen Wirtschaftsgeschehens. Eintritte in den Markt erhöhen den Wettbewerbsdruck auf Bestandsunternehmen, etwa weil sie innovative Produktlösungen anbieten oder mit agilen Managementsystemen effektiver auf sich stetig verändernde Marktanforderungen reagieren können. Gleichwohl birgt ein gesunder Mix aus innovativen Startups und erfahrenen Bestandsunternehmen ein hohes Potenzial für gewinnbringende Kooperationen und gemeinsame Entwicklungen. Neben den für die Bewältigung des Strukturwandels wichtigen Implikationen eines regen Gründungsgeschehens deuten Markteintritte junger Unternehmen, insbesondere von jenen mit Bezug zur Wasserstofftechnologie, auf einen gut funktionierenden Wissens- und Technologietransfer der dort ansässigen Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen sowie auf eine leistungsfähiges Startup-Ökosystem mit den notwendigen finanziellen und organisatorischen Unterstützungsangeboten hin.

Die meisten wasserstoffaffinen Markteintritte werden in der Metropolregion Stuttgart getätigt. Je 10.000 Unternehmen gewinnt die Region 1,3 neue Unternehmen in der Wasserstoffindustrie hinzu. In München werden mit 1,2 Unternehmen ähnlich viele Markteintritte verzeichnet, in der Region Berlin-Brandenburg sind es 1,1 Unternehmen. Die Metropole Ruhr belegt mit 0,7 Unternehmen das Mittelfeld.

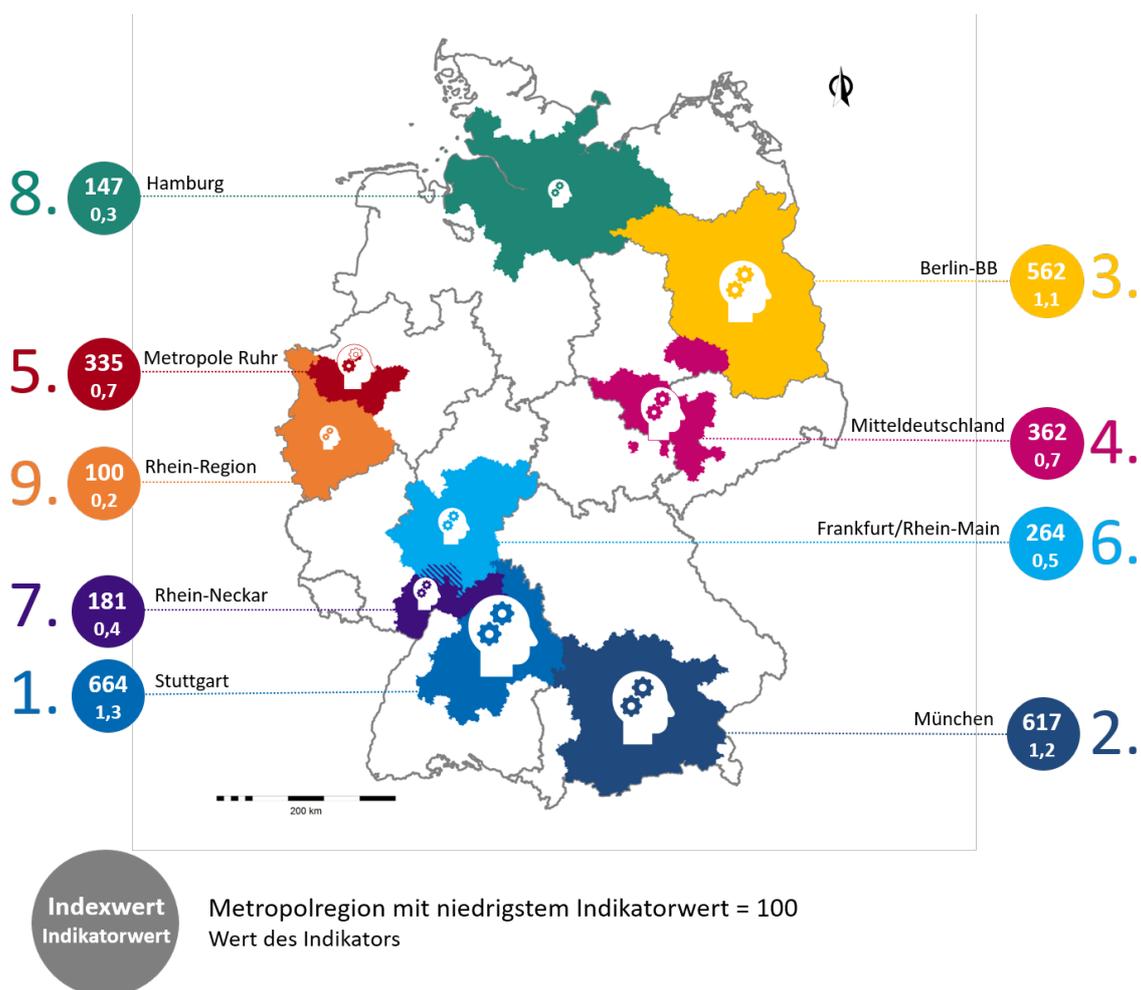
Dass neben den leistungs- und forschungsstarken Großunternehmen auch innovative, junge Startups eine Schlüsselrolle für die Energiewende im Allgemeinen und für die Massentauglichkeit der Wasserstofftechnologie im Speziellen spielen, verdeutlicht das Startup-Unternehmen Enapter. Kompakte Mini-Elektrolyseure, die im Kreis Steinfurt (NRW) entwickelt und in Norditalien in Massenfertigung und zu erschwinglichen Kosten produziert werden, eignen sich für Dekarbonisierungsvorhaben in unterschiedlichen Anwendungsfeldern. Aufgrund ihrer Größe und ihrer Möglichkeit, mehrere Mini-Elektrolyseure zu koppeln, eignen sich diese allen voran für die Herstellung von Wasserstoff in der privathäuslichen Versorgung. Der Immobilienkonzern Vonovia in Bochum etwa setzt die Mini-Elektrolyseure in einem Pilotprojekt zur Beheizung von 81 Wohnungen ein. Ab 2022 soll die Produktion der Wasserstoffelektrolyseure in Saerbeck bei Münster erfolgen und so 300 neue, wasserstoffaffine Arbeitsplätze schaffen (Wetzel, 2020; Schmidt, 2020). In Unterschleißheim bei München entwickelt das

Unternehmen Keyou eine technische Lösung für den Umbau von klassischen Diesel- zu Wasserstoffantrieben (Borst, 2020).

Entwickelt und getüftelt wird allerdings nicht nur in eher kleinen und jungen Unternehmen, sondern auch etablierte Unternehmen bündeln ihre Ressourcen und fassen diese in neuen Unternehmen zusammen. Dies trifft zum Beispiel auf den französischen Energieversorger und die deutsch-französische Ariane Group zu. Der Raketenhersteller und das Energieunternehmen möchten die Hochseeschiffferei mit Wasserstoff versorgen (Roussel, 2020). Das von OGE, TÜV Süd und Horváth & Partners neu gegründete Unternehmen evety hingegen möchten den Nutzern und Anwendern die emissionsfreie Technologie durch wasserstoffbezogenes Consulting näherbringen. Von ihrem Unternehmenssitz in Essen sollen Wasserstoffkonzepte entwickelt und ihre Umsetzung begleitet werden (Fachzeitschrift 3R, 2020).

Abbildung 3-8: Wasserstofforientierte Gründungen

Gründungen mit Wasserstoffbezug je 10.000 Unternehmen



Quelle: Crunchbase, IW Consult (2020)

3.6 Qualitative Beurteilung des Wasserstoffökosystems

Im Rahmen einer Kurzbefragung wurden die Mitglieder des Nationalen Wasserstoffrats gebeten, die regionalen Startbedingungen für den Markthochlauf im Bereich Wasserstoff in den Metropolregionen zu bewerten. In der Gesamtbetrachtung werden der Metropole Ruhr die besten regionalen Ausgangsbedingungen attestiert. Darauf folgen Hamburg und München. Das Schlusslicht bilden die Regionen Rhein-Neckar sowie Berlin-Brandenburg. Die Beurteilung erfolgte hinsichtlich der Potenziale der Unternehmens- und Forschungslandschaft, der Infrastruktur sowie von Netzwerken und Initiativen.

Die Rücklaufquote bei der Befragung beträgt 28 Prozent und ist damit als sehr hoch einzustufen. Vor dem Hintergrund der Zusammensetzung der Grundgesamtheit und der Rückläufer sowie der Zielsetzung der Kurzbefragung sind die erzielten Erkenntnisse damit als aussagekräftig zu beurteilen. Eine regionale Verzerrung der antwortenden Mitglieder kann ausgeschlossen werden, weil Mitglieder aus unterschiedlichsten Landesteilen teilgenommen haben.

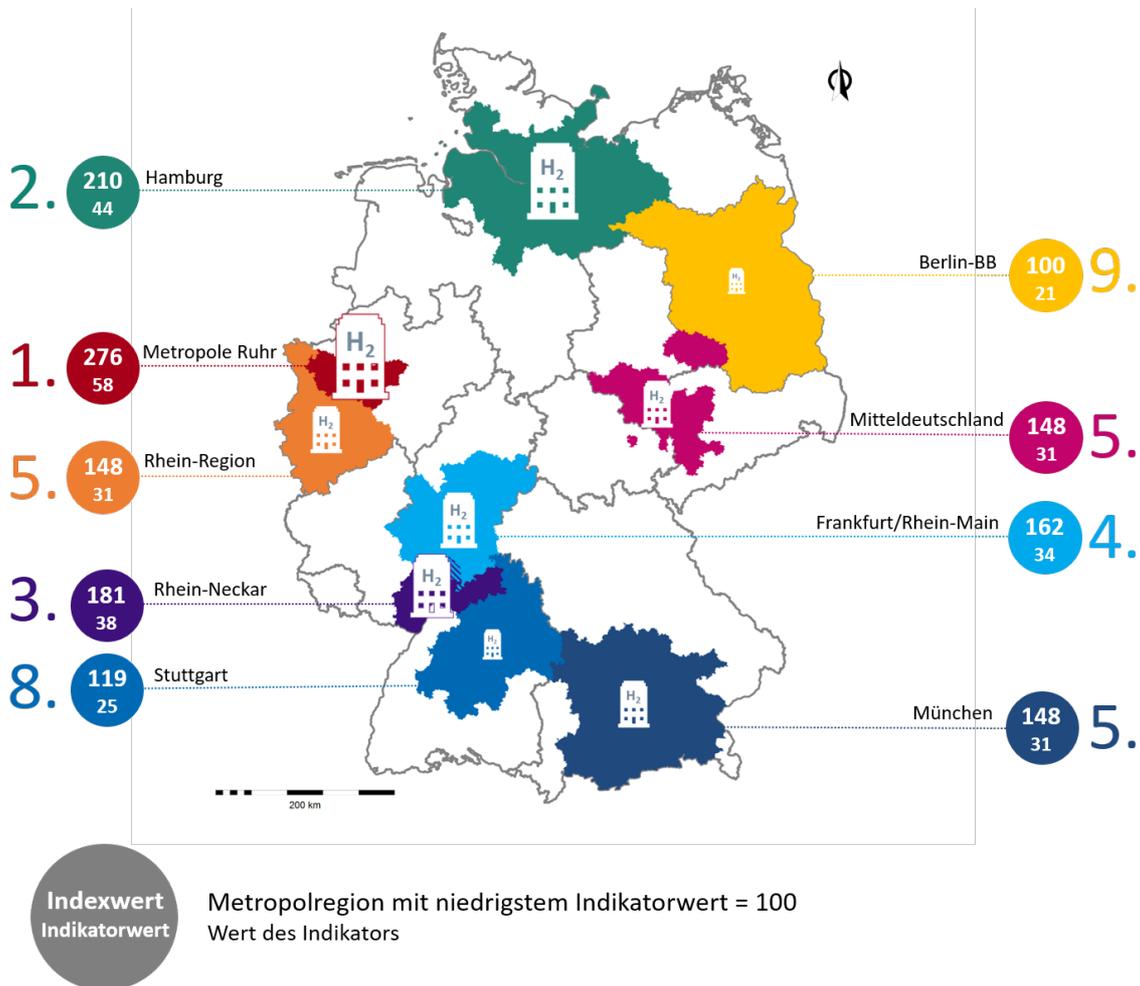
3.6.1 Unternehmenslandschaft

Im Bereich der Unternehmen sehen die an der Befragung teilgenommenen Mitglieder des Nationalen Wasserstoffrats die besten Ausgangsbedingungen in der Metropole Ruhr. Die qualitative Einschätzung deckt sich mit dem tatsächlichen Wirtschaftsgeschehen: In der Metropole Ruhr herrscht die zweithöchste Dichte an wasserstoffaffinen Unternehmen.

Zudem schreiben die Experten und Expertinnen der langen Historie als Energie- und Stahlstandort mehr Potenziale für den Hochlauf der Wasserstofftechnologie zu als etwa sehr automobilgeprägten Industrielandschaften. Die Ausgangsbedingungen im Bereich der Unternehmen werden in der Metropolregion München nur mittelmäßig beurteilt; die Metropolregion Stuttgart landet sogar nur auf dem vorletzten Platz, obgleich sich die Unternehmenslandschaft im Südwesten am dynamischsten entwickelt. Aufgrund seiner naturräumlichen Ausstattung werden ebenfalls der maritim geprägten Unternehmenslandschaft hohe Potenziale zugesprochen. Allerdings scheint die tatsächliche Wirtschafts- und Unternehmensentwicklung in der Metropolregion Hamburg hinter den Erwartungen zurückzubleiben.

Abbildung 3-9: Qualitative Einschätzung der Unternehmenslandschaft

Punkte im Teilbereich Unternehmen



Quelle: Befragung des Wasserstoffrats, IW Consult (2020)

3.6.2 Forschungslandschaft

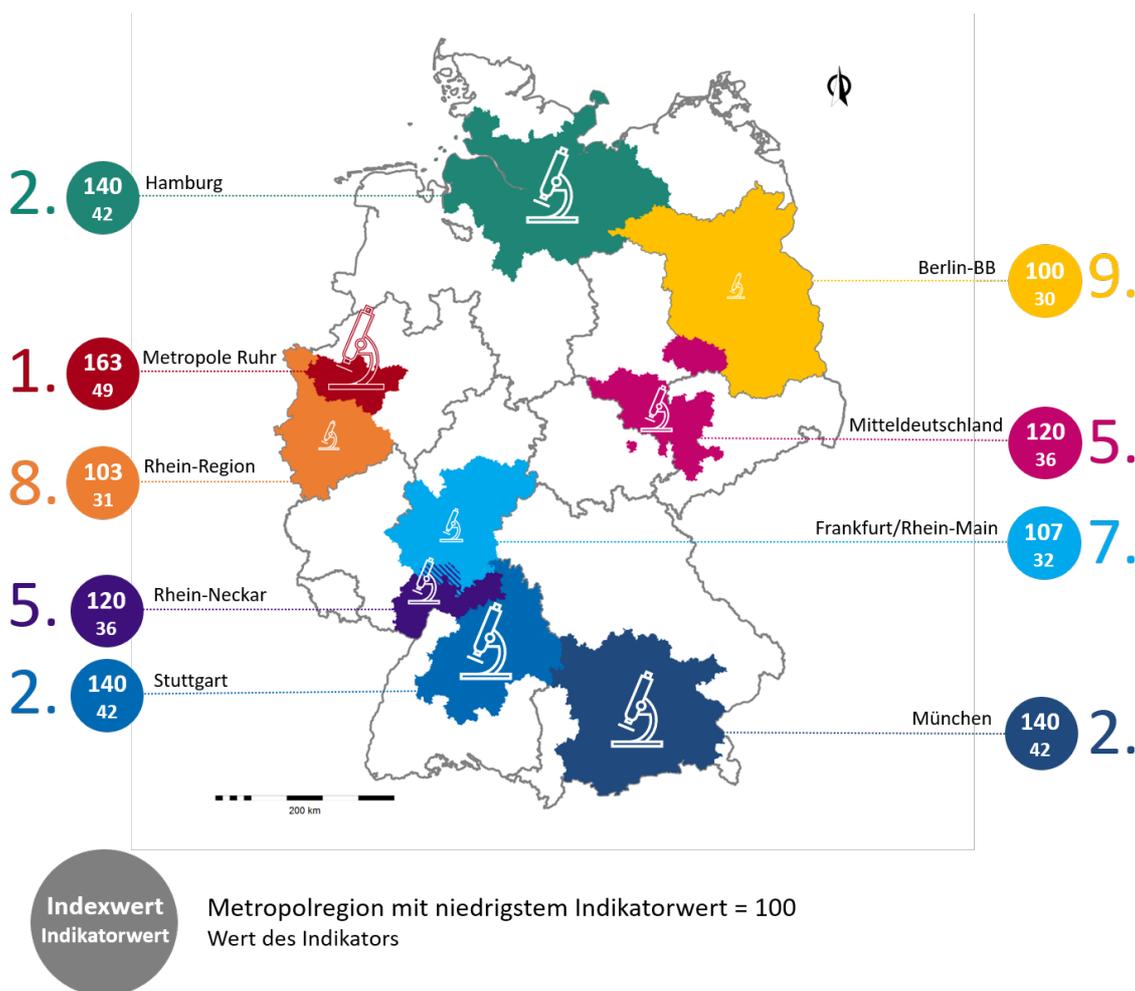
In seiner Stellungnahme zur “EEG-Umlage für Wasserstoffherzeugung” bekräftigt der Nationale Wasserstoffrat abermals die Notwendigkeit für weitere Forschung und Entwicklung, um die Wasserstofftechnologie zur Marktreife zu führen (BMW, 2020b). In Summe wird die Forschungslandschaft, d.h. anwendungsorientierte Forschungsinstitute und Lehrstühle und internationale Forschungskooperationen, Stand heute am günstigsten in der Metropole Ruhr eingeschätzt. Die Region punktet mit zahlreichen (außer-)universitären sowie anwendungsorientierten Forschungseinrichtungen, die in räumlicher Nähe zueinander liegen. Dies erleichtert den Wissenstransfer über geographische Distanz und verschafft der Forschungslandschaft und den FuE-Projekten strategische Wettbewerbsvorteile.

Für die erfolgreiche Durchführung von Grundlagenforschung und Entwicklungsprojekten im Anwendungsbereich sind heterogene Wissensbestände notwendig, die entweder aufgrund der räumlichen Nähe zueinander oder aufgrund bestehender Vertrauensverhältnisse durch andere Kooperationen auch überregional leicht akquiriert werden können. Ähnlich leistungsstark werden die Forschungsbedingungen in den Metropolregionen Hamburg, München und Stuttgart beurteilt.

Wird in Kapitel 3.2 die Anzahl der Forschungsinstitute bewertet, spielt hier auch die Qualität und Größe der Institute eine Rolle. Dementsprechend findet sich die Metropole Ruhr oben zwar eher im Mittelfeld mit Rang 5 bzgl. der absoluten Anzahl, in der qualitativen Perspektive wird sie jedoch deutlich stärker eingeschätzt aufgrund des hohen Impacts der Institute vor Ort (wie bspw. beim Max-Planck-Institut für chemische Konversion in Mülheim an der Ruhr).

Abbildung 3-10: Qualitative Einschätzung der Forschungslandschaft

Punkte im Teilbereich Forschung



Quelle: Befragung des Wasserstoffrats, IW Consult (2020)

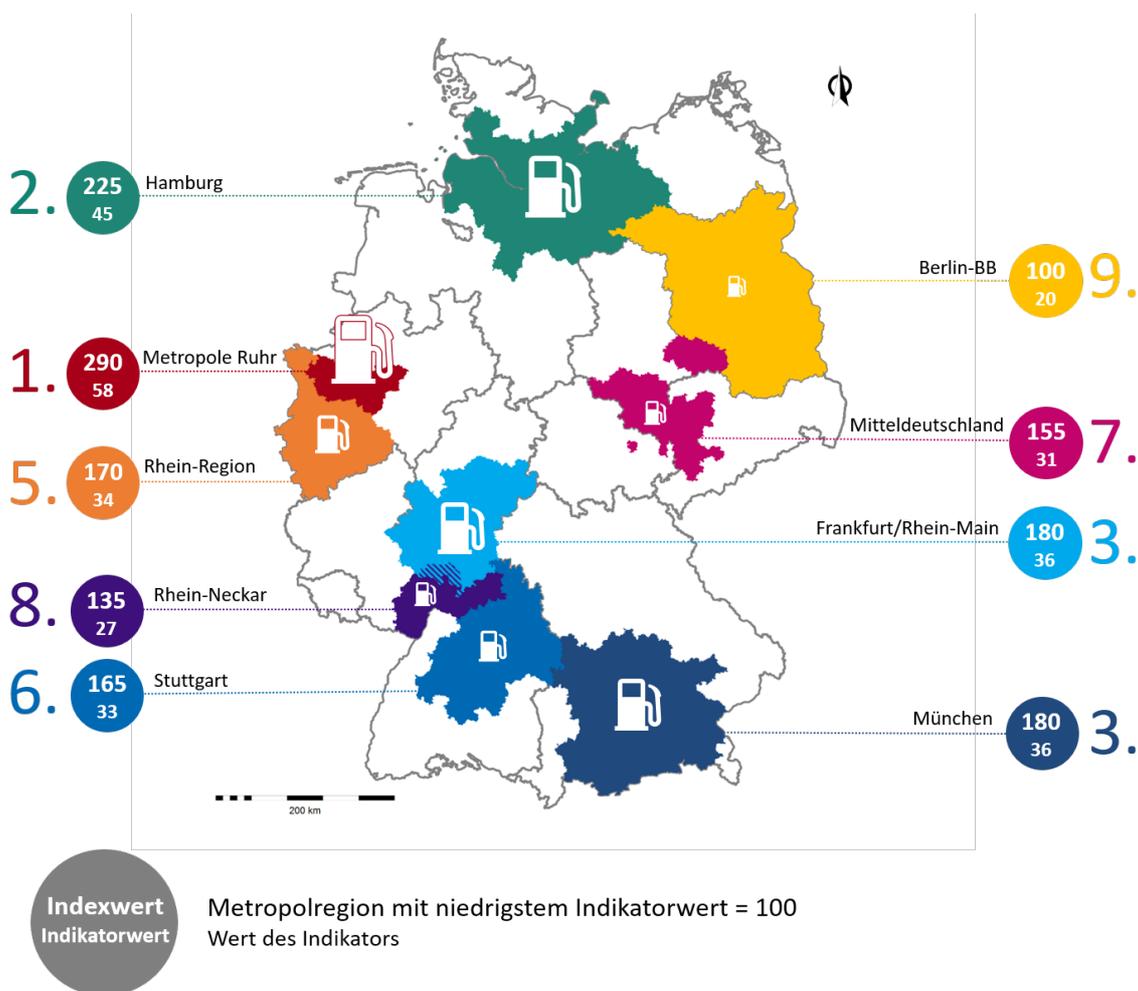
3.6.3 Wasserstoffinfrastruktur

Obleich für den Markthochlauf Forschungseinrichtungen und Unternehmen das Herzstück bilden, kann dieser nicht vollzogen werden, wenn der Wasserstoff nicht zu den Nutzern gelangt. Daher wurden die Mitglieder des Nationalen Wasserstoffrats ebenfalls gebeten die infrastrukturellen Ausgangsbedingungen zu beurteilen. Die ersten drei Plätze entfallen auf die Metropole Ruhr, die Metropolregion Hamburg und München. Die infrastrukturelle Grundversorgung ist im Ruhrgebiet bereits recht fortgeschritten. Dies geht nicht zuletzt auf das Wasserstoffnetz von Air Liquide Deutschland zurück sowie auf die Abfüllanlage im Landkreis Recklinghausen (vgl. Kapitel 3.1). Zudem sind in der Metropole Ruhr bereits fünf Wasserstofftankstellen in Betrieb.

Mit der Modellregion Wasserstoff wird sich die infrastrukturelle Versorgung zudem weiter verbessern, denn diese forciert den Ausbau der Wasserstofftankstellen und einer Wasserstoff-Pipeline (vgl. Kapitel 2). Überraschend ist, dass die Metropolregion Stuttgart nur im Mittelfeld platziert ist, denn das Land Baden-Württemberg unterhält eine Vielzahl an Fördermöglichkeiten zur Beschaffung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen und dem Aufbau entsprechender Infrastruktur.

Abbildung 3-11: Qualitative Einschätzung der Wasserstoffinfrastruktur

Punkte im Teilbereich Infrastruktur



Quelle: Befragung des Wasserstoffrats, IW Consult (2020)

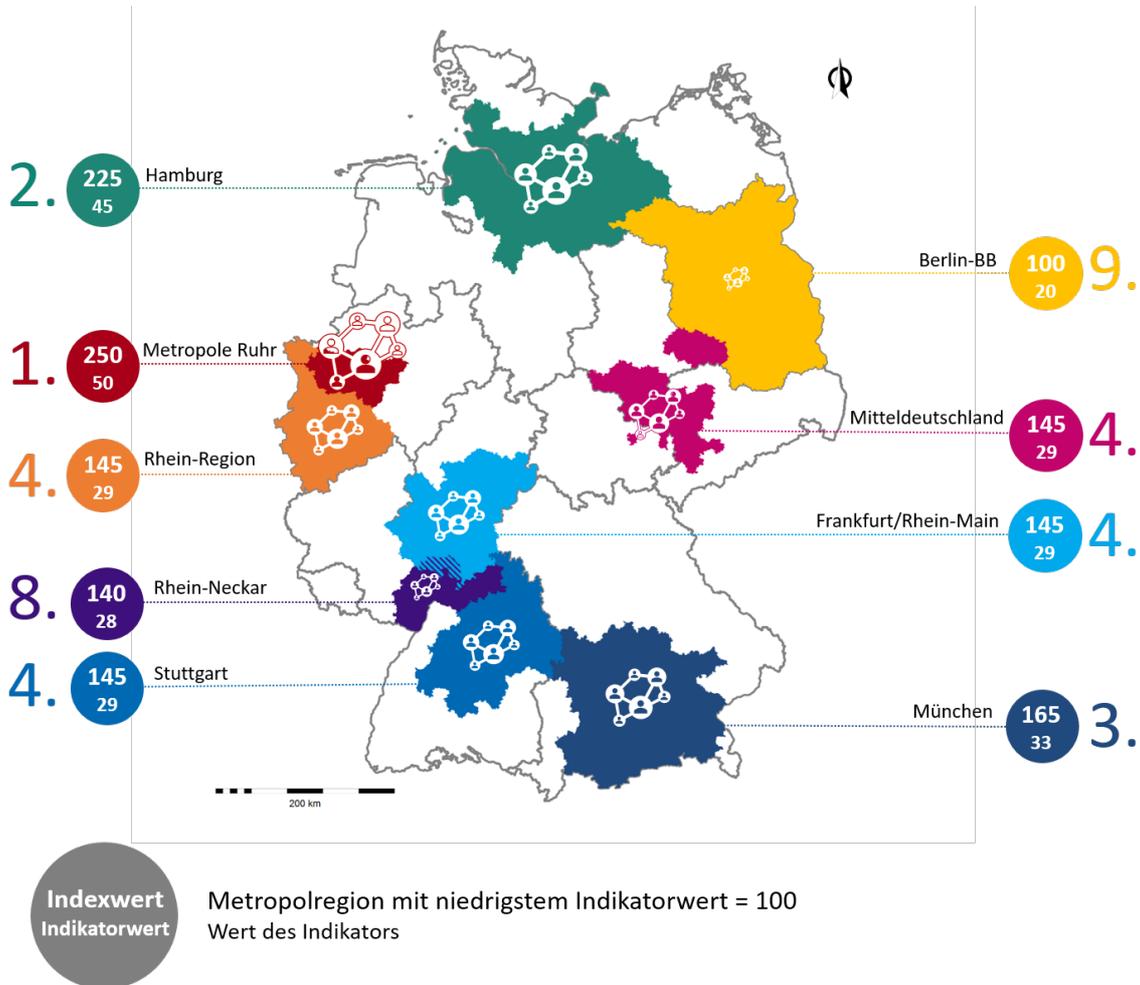
3.6.4 Wasserstoff-Cluster und -Initiativen

Branchennetzwerke und Industrieinitiativen vertreten kollektive Interessen vor politischen Entscheidungsträgern und dienen als Wissensvermittler zwischen der Politik und ihren Mitgliedsunternehmen. Sie tragen zur öffentlichen Wahrnehmung und Sichtbarkeit branchenspezifischer Belange und möglicher Konfliktfelder bei. Auf virtuellen und analogen Veranstaltungen oder auf entsprechenden digitalen Plattformen engagieren sie sich zudem im Peer-to-Peer-Matching und tragen einer vernetzten Unternehmenslandschaft Rechnung. Auf vielfältige Weise stärken entsprechende Netzwerke und Initiativen die Wasserstoffindustrie. Gerade für noch junge und sich etablierende Industriezweige ist dies von

besonderer Relevanz, um junge bzw. sich im Wandel befindliche Unternehmen in eine möglichst günstige Ausgangsbedingung zu versetzen. Nach Ansicht des Nationalen Wasserstoffrats gelingt dies besonders effizient in der Metropole Ruhr sowie in den Metropolregionen Hamburg und München.

Abbildung 3-12: Qualitative Einschätzung der Wasserstoffinitiativen

Punkte im Teilbereich Initiativen



Quelle: Befragung des Wasserstoffrats, IW Consult (2020)

3.7 Gesamtindex

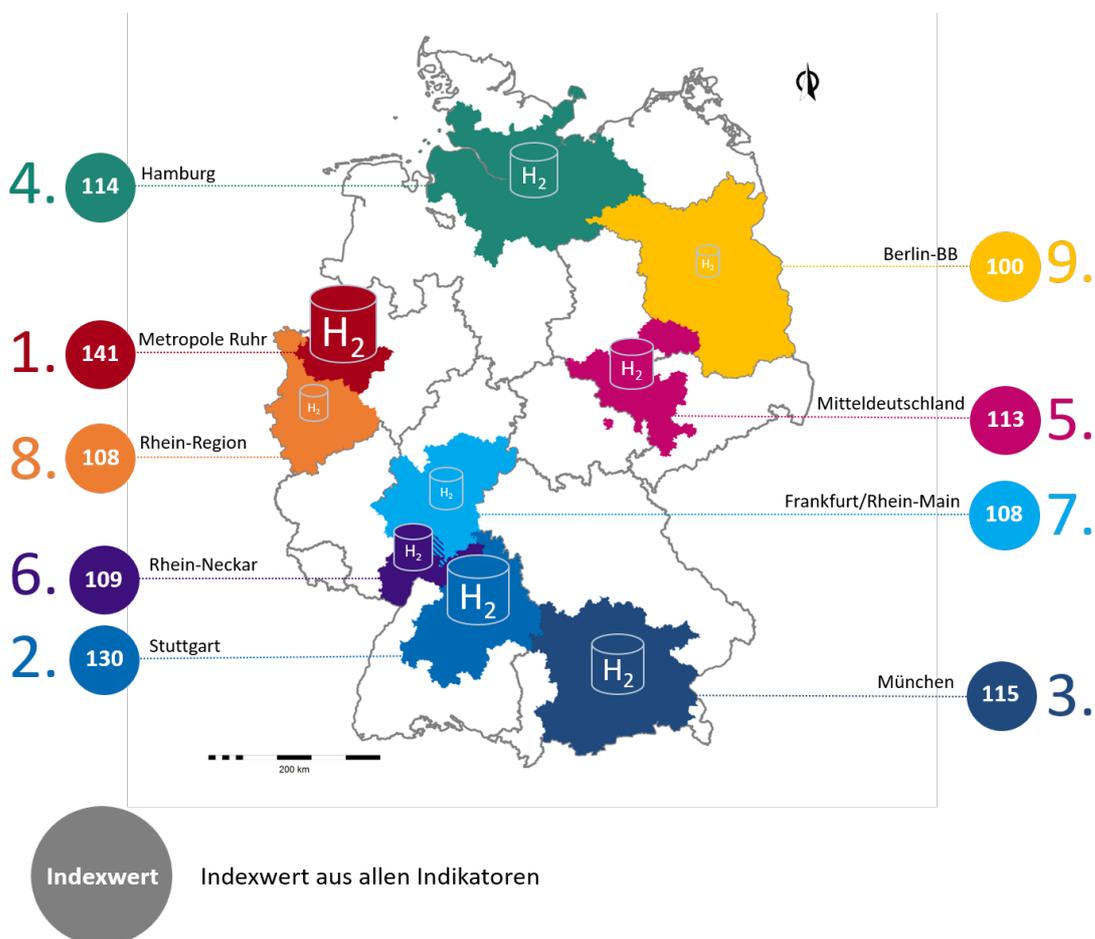
Die Studie betrachtet neun ausgewählte Metropolregionen entlang quantitativer und qualitativer Indikatoren. In der Summe schneidet die Metropolregion Ruhr am stärksten ab. Bei fünf der elf Einzelindikatoren erreicht die Metropole Rang eins. Sie erlaubt sich keine echte Schwäche – die schlechtesten Platzierungen sind drei fünfte Plätze.

Dahinter folgen mit den Metropolregionen Stuttgart und München die zwei südlichsten Metropolregionen. Die Metropolregion Mitteldeutschland erreicht Rang fünf und punktet insbesondere mit einem dichten Netz an Forschungseinrichtungen (Kapitel 3.2) sowie Netzwerken (Kapitel 3.4). Es wird deutlich, dass die einzelnen Metropolregionen unterschiedliche Stärken und Schwächen aufweisen.

Während manche Metropolregionen in den eher quantitativ orientierten Kapiteln 3.1 bis 3.5 noch nicht so stark abschneiden, wird ihnen durch die Experten des Nationalen Wasserstoffrats ein hohes Entwicklungspotenzial zugesprochen. Bestes Beispiel dafür ist die Metropolregion Hamburg (Rang 4), die ohne die Befragungsergebnisse auf dem letzten Platz landen würde. Grund für das durchweg gute Abschneiden in der Expertenbefragung könnte unter anderem die geographische Lage sein. So hält etwa die Norddeutsche Wasserstoffstrategie wesentliche Alleinstellungsmerkmale für die Küstenländer fest, die sich auf die Lage beziehen (Wirtschafts- und Verkehrsministerien der norddeutschen Küstenländer, 2019). Dazu zählen ein hohes Potenzial für Erzeugungskapazitäten für On- und Offshore-Windstrom, aber auch Logistikkvorteile aufgrund der Ausstattung mit Seehäfen. München, Hamburg und Mitteldeutschland liegen relativ eng beieinander. Das deutet darauf hin, dass hier ausgeglichene Potenziale für den Markthochlauf von Wasserstoff bestehen. Auf den hinteren Plätzen landen die Regionen Frankfurt/Rhein-Main, das Rheinland und Berlin-Brandenburg.

Abbildung 3-13: Gesamtindex des Wasserstoffrankings

Indexwerte und Ränge der Metropolregionen



Quelle: IW Consult (2020)

Die Metropole Ruhr verdankt ihre Spitzenposition zum einen ihrer wirtschaftshistorischen Pfadentwicklung und den daraus resultierenden heutigen Raumstrukturen, sowie zum anderen einem zukunftsorientierten Regionalmanagement, das sich schon frühzeitig mit der Wasserstoffthematik auseinandergesetzt hat. Die Metropole Ruhr kennzeichnet eine hohe Bevölkerungsdichte, ein enges Nebeneinander von Verkehrswegen, sozialen Infrastrukturen, Forschungseinrichtungen und bereits

heute eine breite Unternehmensbasis mit Bezug zur Wasserstofftechnologie. Siedlungs- und Wirtschaftsstruktur begünstigen einen hohen Vernetzungsgrad der regionalen Akteure im Bereich Wasserstoff. Wirtschaftshistorisch bedingt sind viele Unternehmen in verwandten Branchen tätig. Ihre Angebots- und Nachfragemuster sind zueinander ausreichend komplementär, sodass die Wasserstofftechnologie zahlreiche innovative Produktionsverfahren ermöglicht, also eine hinreichend große Nachfragebasis schafft. Weiterhin positiv wirkt sich das hohe Maß an internationaler Zusammenarbeit im Bereich Forschung und Entwicklung aus. Damit können die Unternehmen nicht nur auf regional vorhandenes Wissen zugreifen, sondern Wissen wird im Rahmen gemeinsamer Partnerschaften und Entwicklungsprojekte global über den Globus transferiert. Dies schafft strategische Alleinstellungsmerkmale in vielerlei Hinsicht: In der Metropole Ruhr verlassen exzellent ausgebildete Absolventen mit hochaktuellem Wissen die Universitäten; Hochschulausgründungen werden aufgrund hochrelevanten Wissens erleichtert; Forschungsinstitute und Hochschulen sind attraktive Kooperationspartner. Über die Akteure in der Metropolregion Ruhr erreicht Wissen aus dem Ausland die deutsche Industrie- und Forschungslandschaft.

Darüber hinaus wird das wasserstoffaffine Innovationssystem von einer Vielzahl an Branchennetzwerken und Initiativen begleitet. Auf der kleinsten räumlichen Maßstabseinheit sind beispielsweise Modellinitiativen oder Reallabore, die unter realen Bedingungen in einem größeren Maßstab Wasserstoffanwendungen realisieren. Diese stellen eine wichtige Vorstufe für den finalen Markthochlauf dar. In einem Reallabor untersucht die thyssenkrupp Steel Europe AG beispielsweise den Einsatz von Wasserstofftechnologie zur schrittweisen Dekarbonisierung der Stahlproduktion (BMW, 2019). Das Energieunternehmen energy widmet sich mit seinem Reallabor SmartQuart der Energieoptimierung in Stadtquartieren in Essen. Auf einer räumlichen Mesoebene agieren Branchennetzwerke, die sich der Vernetzung von lokalen Unternehmen im Bereich Wasserstoff widmen. Auch auf dieser Maßstabsebene ist das Ruhrgebiet mit dem h₂-Netzwerk gut aufgestellt. Der Verein vertritt die Interessen von 47 Mitgliedern, darunter kommunale Akteure, Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Ziel des Netzwerkes ist, es durch Öffentlichkeits- und Lobbyarbeit nicht nur den Standort Ruhrgebiet nach außen hin als Wasserstoffstandort zu stärken, sondern auch die Mitglieder untereinander durch Fachveranstaltungen zu vernetzen sowie die Zivilgesellschaft über die Technologie Wasserstoff zu informieren. Auf überregionaler Maßstabsebene unterstützen und begleiten Landesinitiativen des nordrhein-westfälischen Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie den klimapolitischen Strukturwandel. Die EnergieAgentur.NRW bedient dabei unterschiedliche Aspekte der Energiewende und informiert Unternehmen ebenso wie die Zivilgesellschaft.

4 Ableitungen

Die Untersuchung der Wasserstoffindustrie in den Metropolregionen zeichnet ein sehr differenziertes Bild, nicht nur von der Metropole Ruhr, sondern vom gesamten Bundesgebiet. In den beiden nachfolgenden Kapiteln werden die zentralen Ergebnisse für die Metropole Ruhr in Handlungsempfehlungen für die weitere Entwicklung der Wasserstoffindustrie verdichtet.

Zwei Entwicklungspfade erscheinen besonders bedeutend (Abbildung 4-1). Erstens sollte die Metropole Ruhr ihre hervorragenden Voraussetzungen zur Etablierung einer Vorreiterrolle in der Wasserstofflandschaft Deutschlands dynamisch nutzen. Zweitens gilt es, die bestehenden Kompetenzen in Deutschland besser zu koordinieren und zielgenaue regionale Roadmaps zu erarbeiten.

Abbildung 4-1: Zentrale Ableitungen der Studie



Quelle: IW Consult (2020)

4.1 Metropole Ruhr: Spezialistin für industrielle Anwendungen von Wasserstoff

Die lange Historie des Ruhrgebiets im Steinkohlebergbau und der daraus resultierenden Stahlproduktion ist auch heute noch sichtbar. Insbesondere in der Forschungslandschaft fällt auf, dass die Wasserstofftechnologie in der Metropole Ruhr in industriellen Anwendungsgebieten untersucht wird. Hierzu zählen der Stahl- und Konstruktionsbau oder die Werkstofftechnik. Diese regionale Pfadabhängigkeit sollte zukünftig nicht verloren gehen, sondern das vorhandene Know-How mit innovativen Wissensbeständen verknüpft werden. Nur wenn alte und neue industrielle Prozesse zusammengeführt und neu gedacht werden, kann die Industriebeschäftigung am Standort aufrechterhalten werden. Den Industrieunternehmen werden durch innovative Verfahren und einem effizienten Technologietransfer Entwicklungen am Standort ermöglicht. So kann Wohlstand mittel- und langfristig gesichert werden.

Die Wasserstoff-Roadmap NRW würdigt das industrielle Erbe ebenfalls und weist auf die bislang vielversprechenden Entwicklungen im industriellen Anwendungsbereich hin. Um die vorhandene Industrie "grüner" betreiben zu können, ist die ausreichende Versorgung mit klimaneutraler Energie notwendig. Insbesondere die Weiterentwicklung und Skalierung sowie die Produktion und Nutzung von Elektrolyseuren erscheint im Ruhrgebiet vielversprechend. Am Standort Duisburg soll so die Erzeugung von Stahl auf Wasserstoffbasis möglich werden (Quelle: Wasserstoff-Roadmap NRW).

Damit das industrielle Erbe am Standort gesichert werden kann, gilt es zusätzlich zur Umsetzung der in der Wasserstoff Roadmap formulierten Projekte die Notwendigkeit für flankierende Maßnahmen zu prüfen. Hierunter fällt beispielsweise auch die Mittelausstattung bestehender Einrichtungen und Lehrstühle zu beurteilen sowie Potenziale für weitere Lehrstühle und Institute an den thematischen Schnittstellen auszuloten. Ebenso kann die Einrichtung von Graduiertenschulen dazu beitragen, einerseits die Forschung voranzutreiben und andererseits den Arbeitsmarkt mit hochqualifizierten Fachkräften zu versorgen. Der Technologie- und Wissenstransfer könnte durch Innovationsimpulse im Rahmen von Kooperationsprojekten zwischen Wirtschaft und Wissenschaft weiter gestärkt werden.

Als nächste Aufgabe steht an, die Wasserstoff-Roadmap auf die einzelnen Regionen in NRW herunterzubrechen und zu operationalisieren. Den Studienergebnissen folgend sollte der Metropole Ruhr besonderer Raum zugebilligt werden. In Abstimmung mit der Wasserstoff-Roadmap NRW (MWIDE NRW, 2020a) sollte ein „Strategiepapier Ruhr“ die Ziele der Nationalen Wasserstoffstrategie für die Metropole Ruhr aufgreifen und in kurz-, mittel- und langfristige Meilensteine herunterbrechen und eigene, regionale Alleinstellungsmerkmale stärken und sich erarbeiten. Unter Berücksichtigung der regionalen Ausgangsbedingungen und einer regional arbeitsteiligen Industrieentwicklung sollte das „Strategiepapier Ruhr“ konkrete Projekte mit entsprechender Förderkulisse benennen und ihre Umsetzung in einen zeitlichen Horizont einbetten. Großskalige Reallabore und Testbeds sowie die Weiterentwicklung der Infrastruktur in der Metropole Ruhr können den Markthochlauf der Wasserstofftechnologie im industriellen Anwendungsbereich weiter befördern und als Grundlage dafür dienen, große industrielle Anwendungsprojekte umzusetzen. Ein Strategiekonzept bietet allen beteiligten Akteuren einen verlässlichen Handlungsrahmen und erlaubt gezielte Anpassungen in den Betrieben, Unternehmen, Kommunen und in der Fachkräfteausbildung.

4.2 Metropole Ruhr: Nationale Koordinierungsstelle

Der Metropolvergleich verdeutlicht, dass die Wasserstoffindustrie in der Gesamtbetrachtung in der Metropole Ruhr bereits heute weiterentwickelt ist als andernorts. Das Ruhrgebiet erreicht als einzige Metropolregion im Vergleich in vielen Einzelbewertungen Spitzenplätze. Dies bedeutet nicht nur für die Metropole Ruhr glänzende Zukunftschancen, Wohlstand und Beschäftigung aus der Wasserstofftechnologie zu generieren, sondern kann sich auch positiv auf die Wasserstoffindustrie in der gesamten Bundesrepublik auswirken.

Vor dem Hintergrund, dass der klimapolitische Strukturwandel viele Regionen unter Druck setzt, ist es wenig überraschend, dass sich ebenso viele Regionen eine Vorreiterrolle in der deutschen Wasserstoffindustrie sichern möchten. Damit das Vorhaben von Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier – bei der Wasserstofftechnologie die Nummer 1 in der Welt zu werden und so neue Geschäftsfelder und Arbeitsplätze zu sichern (BMW, 2020a) – für das gesamte Bundesgebiet gelingt, erscheint es notwendig, beim weiteren Markthochlauf der Wasserstoffindustrie auf Spezialisierung, Koordination und Kooperation zu setzen. Die Nutzung von Synergien in Form regionaler Spezialisierung und überregionaler Zusammenarbeit erlaubt strategische Wettbewerbsvorteile auf dem internationalen Parkett durch mehr Effizienz zu realisieren.

Die Metropole Ruhr eignet sich für die Wahrnehmung der Rolle einer dafür notwendigen Koordinatorin in besonderer Weise. Wasserstoff-Expertise ist in der Breite als auch in der Tiefe vorhanden. Der Vernetzungsgrad aller an der Wasserstofftechnologie beteiligten Akteure in der Metropole Ruhr ist bereits heute auf allen räumlichen und institutionellen Ebenen besonders hoch. Daraus resultiert erstens eine genaue Vorstellung der weiteren Entwicklung der Wasserstoffindustrie in Nordrhein-Westfalen und im Ruhrgebiet. Zweitens agiert die Metropole Ruhr bereits heute als Wissensbroker aufgrund ihrer Einbindung in regionale, überregionale und internationale Wissensflüsse und Debatten (Hünne Meyer, 2020). Damit alle Regionen in gleichem Maße vom technologischen Fortschritt profitieren können, erscheint es ratsam, diese Brokerfunktion nicht nur auf regionaler und Landesebene auszubauen, sondern vor allem im Hinblick auf die Vorteile, die sich auf Bundesebene ergeben, zu stärken. Im Rahmen einer nationalen Koordinierungsstelle werden Technologie-, Wirtschafts- und Regionalentwicklung zusammen gedacht und zusammengebracht. Eine solche Koordinierungsstelle verbindet die beiden Arbeitsbereiche "Koordination & Entwicklung" sowie "Vernetzung & Transfer" (Abbildung 4.2).

Abbildung 4-2: Entwurf einer nationalen Wasserstoff-Koordinierungsstelle für die Metropole Ruhr



Quelle: IW Consult

In der Säule „Koordination & Entwicklung“ werden Technologie-, Industrie- und Raumentwicklung holistisch betrachtet. Ziel ist es, den Markthochlauf zu beschleunigen, indem bei der weiteren Industrieentwicklung regionale Charakteristika, Voraussetzungen und Alleinstellungsmerkmale stärker Berücksichtigung finden. Die Nationale Wasserstoffstrategie bildet für diesen Arbeitsbereich die fachlich-inhaltliche Grundlage. Dieser Arbeitsbereich befasst sich mit einem bundesweiten Monitoring der Wasserstoffindustrie und ihrer regionalen Entwicklungsmuster. Hierfür werden regionale Stärken-Schwächen-Analysen durchgeführt, regionalspezifische Alleinstellungsmerkmale, etwa besondere Standortbedingungen vor Ort für einzelne Anwendungsbereiche identifiziert und gemeinsam mit regionalen

Akteuren Roadmaps auf unterschiedlichen räumlichen Maßstabsebenen entwickelt. Eine gemeinschaftliche und koordinierte Vorgehensweise steht in Erwartung für alle Regionen mehr Wohlstand und Wirtschaftskraft zu erzeugen. Die strategische Nutzung von Synergien wird dazu führen, dass das Endergebnis größer als die Summe ihrer Teile sein wird. Im Rahmen eines koordinierten Vorgehens reduzieren sich nicht nur die Kosten für jeden einzelnen Akteur, da von den Erfahrungen anderer profitiert werden kann, sondern regionalen Wirtschaftssystemen gelingt es, effizienter Nischen in der Wasserstoffindustrie zu identifizieren und bewusst für sich zu nutzen. Die Mitarbeitenden, ausgewiesene Experten aus regionalökonomisch relevanten Bereichen wie Volkswirtschaft, Geografie und Raumplanung, begleiten die Länder und vor allem auch Land-, Stadtkreise sowie Gemeinden bei der Umsetzung der Empfehlungen. Der Vorteil einer zentralen fachlichen Begleitung und Anlaufstelle für Entwicklungsfragen bei der Konzeption von Landes- und regionaler Roadmaps liegt darin, dass sowohl das große Ganze im Blick behalten werden kann als auch regionalökonomische Spezialisierungsmuster berücksichtigt werden. Da die Mitarbeiter nicht nur in technologischer Hinsicht bestens informiert sind über innovative Entwicklungen, sondern auch regionale Entwicklungen im gesamten Bundesgebiet im Blick behalten, sind sie für Landes- und Kommunalpolitiker zentrale Sparringspartner.

Die zweite Säule "Vernetzung & Transfer" zielt darauf ab, Informations- und Wissensaustausch zu erleichtern. Dies erfolgt im Rahmen einer virtuellen Plattform, die Initiativen, Netzwerke, Arbeitsgemeinschaften und anderweitige Akteurszusammenschlüsse in der Bundesrepublik erfasst und bündelt. Dies reicht von dörflichen Zusammenschlüssen für den Aufbau kleinteiliger Stromsysteme auf Wasserstoffbasis ebenso hin zu Bundes- und großräumigen Clusterinitiativen. Regelmäßig sollen im Rahmen begleitender Öffentlichkeitsarbeit best practices vorgestellt werden, sodass Regionen und Interessengruppen voneinander lernen können. Weiterhin erfolgt eine Archivierung der Wissensbestände zur Wasserstofftechnologie und ihrer Anwendung im Rahmen eines "Wasserstoff-Atlas". Hierbei erfolgt der Aufbau einer umfassenden Literaturdatenbank ebenso wie im lexikalischen Sinne des Wortes eine Sammlung an natürlichen Vorkommen, technologischen Entwicklungen und wirtschaftsräumlichen Spezialisierungsmustern. Flankiert von Newslettern erreicht in regelmäßigen Abständen den Empfänger eine Zusammenstellung der aktuellen wissenschaftlichen und anwendungsorientierten Entwicklungen im Bereich der Wasserstofftechnologie. Analoge und virtuelle Fachveranstaltungen, Industriemesen, berufsorientierte Weiterbildungen sowie eine eigene Buch- bzw. Schriftenreihe moderieren den Technologie- und Wissenstransfer intra- und interdisziplinär.

Die Effizienz einer solchen Koordinierungsstelle entscheidet über den Erfolg eines solchen Vorhabens. Grundlage hierfür ist neben den internen Prozessen und der fachlichen Expertise der Mitarbeiter insbesondere die Vermeidung von Parallelstrukturen. Nur so kann eine nationale Koordinierungsstelle einen echten Mehrwert für regionale Akteure, Industrie und Wissenschaft schaffen. Dies gelingt zum einen durch die Integration der beiden Arbeitsbereiche, die selbst wichtige Querbezüge aufweisen und zum anderen aufgrund der zugrundeliegenden Vision der Koordinierungsstelle, die sich in ihrer bundesweiten Perspektive äußert. In diesem Sinne sind Initiativen wie Wasserstoff-Hubs wichtige Sparringspartner in der Säule "Vernetzung & Transfer" und werden in eine solche Gesamtkoordination integriert. Diese und ähnliche Initiativen stehen somit nicht in direkter Konkurrenz zu einer nationalen Koordinierungsstelle. Mit dem Vorhaben die Entwicklung von Industrie und Wirtschaft nicht nur in eine Gesamtvision zu stellen, wie es im Rahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie erfolgt ist, sondern auch deren Umsetzung zentral zu koordinieren, wird Neuland betreten. Für den Erfolg des Markthochlaufes ist die richtige Balance zwischen Wettbewerb und Koordination bzw. Führung entscheidend. Das Verständnis der Koordinierungsstelle ist beratender Natur, welche zum Ziel hat, eine ökologische, ökonomische und soziale nachhaltige regionale Entwicklung unter der Nutzung der Wasserstofftechnologie zu unterstützen. Besinnen sich Regionen auf ihre jeweiligen Stärken, können resiliente Wasserstoff-Ökosysteme entstehen und infolgedessen ein schneller Markthochlauf realisiert werden. Eine nationale Koordinierungsstelle in der Metropole Ruhr kann hierfür die entsprechenden Weichen stellen.

5 Methodische Vorgehensweise

5.1 Webcrawling

Die Wasserstoffwirtschaft wird in amtlichen Statistiken nicht einer eigenständigen Branche zugewiesen. Dadurch ist eine statistische Abschätzung der Bedeutung nicht ohne Weiteres möglich. Mittels eines Webcrawlers ist es jedoch möglich, die Websites aller Unternehmen in Deutschland mit Online-Präsenz zu durchsuchen. So lassen sich die einzelnen Unternehmen einer Branche zuordnen. Dazu wird eine Wortwolke gebildet, die 20 Begriffe beinhaltet, die typisch für ein Unternehmen der Wasserstoffwirtschaft sind. Mögliche Synonyme und englischsprachige Entsprechungen werden aufgenommen. Die Begriffe werden vier Oberkategorien zugeordnet. Die erste Kategorie bezieht sich auf das Wort Wasserstoff (sowie Englisch: hydrogen) an sich sowie Variationen wie z.B. Wasserstoffproduktion. Auch Formulierungen wie "Speicherung von Wasserstoff" werden damit abgedeckt. Die zweite Kategorie thematisiert Technologien, die sich unter dem Schlagwort Power-to-X zusammenfassen lassen. In der dritten Kategorie werden Treffer rund um das Schlagwort Elektrolyse erfasst. Die Nutzung von Wasserstoff mittels einer Brennstoffzelle wird mit der Oberkategorie Brennstoffzelle abgedeckt. Wird eine hinreichende Anzahl von Treffer erzielt, wird ein Unternehmen in die Analyse aufgenommen. Der Schwellenwert beträgt zwei Treffer. Das bedeutet, dass in mindestens zwei Oberkategorien jeweils mindestens ein Wort getroffen werden muss. Der Ansatz des Webcrawlings ermöglicht es, die Websites von rund 3,5 Millionen Unternehmen in Deutschland zu durchsuchen. So konnten in den Metropolregionen über 5.500 wasserstoffaffine Unternehmen identifiziert werden. Die gewonnenen Daten sind geocodiert und können den 401 kreisfreien Städten und Landkreisen in Deutschland zugeordnet werden. Diese werden wiederum den Metropolregionen zugeordnet.

5.2 Analyse internationaler FuE-Projekte

Die Indikatoren zur Analyse internationaler FuE-Projekte wurden über die Steinbeis InConnect Datenbank ermittelt. Diese enthält detaillierte Daten zu Forschungsprojekten aus dem Cordis Horizon 2020 Programm und nationalen Programmen (BMBF, BMWi, BMU, BMVI). Die Datenbank bildet damit die

wesentlichen kooperationsbasierten Forschungsaktivitäten auf europäischer Ebene und nationaler Ebene in Deutschland ab.

Insbesondere sind darin Kooperationsnetzwerke, Förderbeträge und Themen der Forschungsprojekte abgebildet und zu aussagekräftigen Kennzahlen zur regionalen Kooperationsverflechtung zusammengefasst.

Über die Kennzahlen wird die Mikroebene der Projekte und Akteure der regionalen Makroebene verbunden, so dass regionale wie überregionale Kooperationsverflechtungen transparent dargestellt werden können. Dadurch werden Vergleiche zwischen Regionen und Institutionen möglich, die dem differenzierten Einfluss von Kooperationen auf die Entstehung von Innovationen Rechnung tragen.

5.3 Befragung des Nationalen Wasserstoffrats

Der Nationale Wasserstoffrat ist ein Gremium von 26 Experten und Expertinnen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Mit Stand Oktober 2020 beraten 11 Frauen und 15 Männer die Bundesregierung bei der strategischen Entwicklung einer nationalen Wasserstoffindustrie. Als unabhängiges Beratungsgremium begleiten sie die Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie und beziehen Stellung zu politischen Entscheidungen, die Einfluss auf die Wasserstoffindustrie nehmen werden. Die Mitglieder des Wasserstoffrats sind bundesweit verortet und decken unterschiedliche Themenfelder und Interessen ab, sodass eine möglichst umfassende Bewertung aller Bundesentscheidungen sowohl im Hinblick auf ihre wirtschaftlichen Implikationen als auch unter moral-ethischen Gesichtspunkten erfolgt.

Da die Besetzung des Postens der Chemischen Industrie erst nach Befragungsende erfolgte, wurden 25 der 26 Mitglieder befragt. Die Umfrage thematisierte die Beurteilung der regionalen Ausgangsbedingungen in neun Metropolregionen Deutschlands für den Markthochlauf der Wasserstofftechnologie. Hierfür wurde der Nationale Wasserstoffrat gebeten, die regionalen Ausgangsbedingungen im Bereich Wasserstoff hinsichtlich der Unternehmenslandschaft, Forschungslandschaft, Infrastruktur sowie Netzwerke und Initiativen zu bewerten. Die Bewertung erfolgte onlinebasiert in anonymisierter Form und wurde flankiert von einem Einladungsschreiben von Professor Hüther. Um die Neutralität der Befragung zu wahren und die Befragten nicht zu beeinflussen, wurde der Auftraggeber der Studie nicht genannt.

Die befragten Experten und Expertinnen wurden gebeten, die neun Metropolregionen in eine Rangfolge zu bringen. Diese Rangfolge gibt darüber Aufschluss, welche Region die besten und die schlechtesten Ausgangsbedingungen aufweist. Von den 25 befragten Experten und Expertinnen nahmen sieben Mitglieder teil; sechs Mitglieder schlossen die fünf-minütige Befragung vollständig ab. Dies entspricht einer Rücklaufquote in Höhe von 28 Prozent. Vor dem Hintergrund der Zusammensetzung der Grundgesamtheit und der Rückläufer sowie der Zielsetzung der Kurzbefragung sind die erzielten Erkenntnisse als aussagekräftig zu beurteilen. Ein regionaler Bias der antwortenden Mitglieder kann ausgeschlossen werden.

Die Befragung komplementiert die Ergebnisse des Wasserstoffrankings. Die Befragungsergebnisse ergänzen eine qualitative Komponente, um zu verstehen, welche Informationslücken über regionale Charakteristika und räumliche Ausstattungsmerkmale bestehen, aber auch welche Regionen in welchen Bereichen besondere Potenziale aufweisen, die in der datenbezogenen Untersuchung nicht ausreichend abgebildet werden konnten. Die durchweg sehr positive Beurteilung der Metropole Ruhr kann aufgrund der anonymisierten Vorgehensweise nicht final geklärt werden. Ein möglicher Grund

kann sein, dass die teilgenommenen Mitglieder den Standort besonders bzw. besser kennen als die anderen Regionen.

5.4 Indexberechnung

Die elf Indikatoren aus den Abschnitten 3.1 bis 3.6 gehen gleichgewichtet in den Gesamtindex ein. Das verwendete Verfahren nutzt den Mittelwert und die Standardabweichung der Werte der neun Metropolregionen bei jedem Indikator, um die Werte zu standardisieren. Das Verfahren berücksichtigt also, dass die Streuung bei den Indikatoren unterschiedlich hoch sein kann. Nach der Standardisierung werden Maximal- und Minimalwerte festgelegt und Punkte entsprechend des Abschneidens einer Metropolregion vergeben. Aus der gewichteten Summe der Punkte ergibt sich der Gesamtindexwert. Zur besseren Anschaulichkeit werden die Gesamtindexwerte der einzelnen Metropolregionen so transformiert, dass die Metropolregion mit dem niedrigsten Wert auf 100 gesetzt wird (siehe Kapitel 3.7). Die Indexwerte auf den Karten der Einzelindikatoren dienen lediglich der besseren Anschaulichkeit. Zur Berechnung des Gesamtindex werden die Indikatorwerte herangezogen.

6 Literaturverzeichnis

Bathelt, Harald; Malmberg, Anders; Maskell, Peter (2004): Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. In: *Progress in Human Geography* 28 (1), S. 31–56. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1191/0309132504ph469oa>.

BMWi (2019): Gewinner des Ideenwettbewerbs "Reallabore der Energiewende". BMWi. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/reallabore-der-energie-wende-gewinner-ideenwettbewerb-steckbriefe.pdf?__blob=publicationFile&v=8, zuletzt geprüft am 29.10.2020.

BMWi (2020a): Altmaier zur Konstituierenden Sitzung des Wasserstoffrats. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/20200709-zitat-altmaier-zur-konstituierenden-sitzung-des-wasserstoffrats.html>, zuletzt geprüft am 28.10.2020.

BMWi (2020b): EEG-Stellungnahme Nationaler Wasserstoffrat. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/eeg-stellungnahme-nationaler-wasserstoff-rat.html#:~:text=Der%20Nationale%20Wasserstoffrat%20besteht%20aus%2026%20hochrangigen%20Expertinnen,Weiterentwicklung%20der%20Wasserstoffstrategie%20zu%20bera-ten%20und%20zu%20unterst%C3%BCtzen>.

Borst, Charlotte (2020): Mutiger Gründer setzt auf Wasserstoffmotor. In: *Merkur*, 30.09.2020. Online verfügbar unter <https://www.merkur.de/lokales/muenchen-lk/unterschleissheim-ort29622/mutiger-gruender-setzt-auf-wasserstoffmotor-90056672.html>, zuletzt geprüft am 28.10.2020.

Bundesregierung (2019): Klimaschutzprogramm 2030der Bundesregierungzur Umsetzung desKlimaschutzplans 2050. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/re-source/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=12019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>, zuletzt geprüft am 30.10.2020.

Bundesregierung (2020): Drucksache 19/20363. Nationale Wasserstoffstrategie.

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2020): Regionales Innovationssystem. Online verfügbar unter https://www.diw.de/de/diw_01.c.439326.de/presse/diw_glossar/regionales_innovationssystem.html.

Fachzeitschrift 3R (2020): evety: Gründung von Wasserstoff-Joint-Venture. Online verfügbar unter <https://www.3r-rohre.de/aktuell/nachrichten/05-06-2020-evety-gruendung-von-wasserstoff-joint-venture/>, zuletzt geprüft am 28.10.2020.

Fritsch, Michael; Henning, Tobias; Slavtchev, Viktor; Steigenberger, Norbert (2008): Hochschulen als regionaler Innovationsmotor. In: *Innovationstransfer aus Hochschulen und seine Bedeutung für die regionale Entwicklung*.

Hünemeyer, Vanessa; Henn, Sebastian (2018): Handeln im Konflikt. Humangeographische Auftragsforschung zwischen Neutralität und Auflagenerfüllung. In: Frank Meyer, Judith Miggelbring und Kristine Beurskens (Hg.): *Ins Feld und zurück - Praktische Probleme qualitativer Forschung in der Sozialgeographie*. Berlin: Springer Spektrum, S. 31–36.

Hünnemeyer, Vanessa Rebecca (2020): Knowledge Transfers over Geographical Distance in Organisations. The Role of Spatial Mobility and Business Networks. Wiesbaden: Springer Spektrum (Perspektiven der Humangeographie).

Koenen, Jens (2020): Die Zukunft der Luftfahrt. In: *Handelsblatt*, 29.10.2020, S. 16.

Kompetenzregion Wasserstoff (Hg.) (2020): Die Kompetenzregion Wasserstoff. Kompetenzregion Wasserstoff Düssel.Rhein.Wupper. Online verfügbar unter https://www.kompetenzregion-wasserstoff-drw.de/app/download/6929307318/KRH2-DRW_Flyer.pdf?t=1601460572, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2016): Nachhaltigkeitsstrategie für Nordrhein-Westfalen. heute handeln. Gemeinsam für nachhaltige Entwicklung in NRW. Online verfügbar unter https://www.nachhaltigkeit.nrw.de/fileadmin/download/nrw-nachhaltigkeitsstrategie_broschuere.pdf, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2020): Die globalen Nachhaltigkeitsziele konsequent umsetzen. Weiterentwicklung der Strategie für ein nachhaltiges Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter https://www.nachhaltigkeit.nrw.de/fileadmin/user_upload/Nachhaltigkeitsstrategie_PDFs/NRW_Nachhaltigkeitsstrategie_2020.pdf, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

Landtag Nordrhein-Westfalen (2013): Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMG16-29.pdf?von=1&bis=0>, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

MDR (2020): Sachsen will Vorreiter beim Wasserstoff werden. Online verfügbar unter <https://www.mdr.de/sachsen/wasserstoff-strategie-energie-industrie-mobilitaet-100.html>, zuletzt geprüft am 28.10.2020.

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung Niedersachsen: Grüner Wasserstoff in Niedersachsen. Online verfügbar unter <https://www.nds.de/de/branchen/energie/wasserstoff>, zuletzt geprüft am 28.10.2020.

MWIDE NRW (2019): Wasserstoffstudie Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://www.in4climate.nrw/fileadmin/Downloads/2019/bericht-wasserstoffstudie-nrw-2019-04-09-komp.pdf>, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

MWIDE NRW (2020a): Die Wasserstoff-Roadmap NRW: Baustein für eine klimaneutrale Zukunft. Online verfügbar unter <https://www.klimaschutz.nrw.de/aktuelles/detail/die-wasserstoff-roadmap-nrw-baustein-fuer-eine-klimaneutrale-zukunft>, zuletzt geprüft am 02.11.2020.

MWIDE NRW (2020b): „DüsselRheinWupper“ ist Gewinner des Wettbewerbs „Modellregion Wasserstoffmobilität“. Online verfügbar unter <https://www.wirtschaft.nrw/pressemitteilung/duesselrheinwupper-ist-gewinner-des-wettbewerbs-modellregion-wasserstoffmobilitaet>, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

MWIDE NRW (2020c): Europaweit erste zentrale Anlaufstelle für Wasserstoff-Start-ups. Online verfügbar unter <https://www.wirtschaft.nrw/pressemitteilung/europaweit-erste-zentrale-anlaufstelle-fuer-wasserstoff-start-ups>, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

Roussel, André-Hubert (2020): Neue Allianz für grünen Wasserstoff. In: *Handelsblatt*, 11.09.2020, S. 23.

Schmidt, Sebastian-Justus (2020): Wasserstoff-Anlagen in Serie. In: *Handelsblatt*, 14.10.2020, S. 45.

Wetzel, Daniel (2020): Wasserstoff-Ära rückt näher. In: *Die Welt*, 16.10.2020 (242), S. 11.

Wirtschafts-und Verkehrsministerien der norddeutschen Küstenländer (2019): Norddeutsche Wasserstoffstrategie. Online verfügbar unter <https://www.hamburg.de/content-blob/13179812/f553df70f865564198412ee42fc8ee4b/data/wasserstoff-strategie.pdf>, zuletzt geprüft am 30.10.2020.

