

Wasserstofffranking 2023

Studie für den Regionalverband Ruhr

13.11.2023

Studie



Impressum

© 2023

Verantwortlich:

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

Autoren

Dr. Vanessa Hünнемeyer
Hanno Kempermann
Dr. Thorsten Lang
Fabian Meeßen

Bildnachweise

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

Inhalt

1	Executive Summary	5
2	Auftrag und Fragestellung	8
3	Wasserstoffranking 2023: Gesamtergebnis	10
4	Wasserstoffranking 2023: Teilergebnisse	12
4.1	Hochschulen und Forschungseinrichtungen.....	13
4.2	FuE-Projekte im Bereich Wasserstoff	15
4.2.1	Fördersummen.....	15
4.2.2	Verflechtungen	16
4.2.3	Unternehmensbeteiligung in Forschungsprojekten	18
4.3	Wasserstoffaffine Unternehmen	20
4.4	Wasserstoffnetzwerke	21
4.5	Wasserstoffaffine Unternehmensgründungen.....	23
4.6	Qualitative Beurteilung der Wasserstoffökosysteme.....	25
4.6.1	Unternehmenslandschaft	25
4.6.2	Forschungslandschaft	26
4.6.3	Wasserstoffinfrastruktur.....	27
4.6.4	Wasserstoff-Cluster und -Initiativen	29
5	Wasserstoffinfrastrukturen in der Metropole Ruhr	31
6	Methodische Vorgehensweise	34
6.1	Abgrenzung der Metropolregionen	34
6.2	Identifizierung von wasserstoffaffinen Unternehmen	35
6.3	Identifizierung von wasserstoffaffinen Unternehmensgründungen	35
6.4	Identifizierung von Hochschulen und FuE-Einrichtungen bzw. -projekten	36
6.5	Identifizierung von Wasserstoffnetzwerken.....	36
6.6	Befragung des Nationalen Wasserstoffrats	36
6.7	Indexberechnung	37
7	Literaturverzeichnis	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Überblick zum Wasserstoffranking 2023.....	6
Abbildung 3-1: Wasserstoffranking 2023.....	11
Abbildung 4-1: Konzeption des Rankings und Indikatorenauswahl.....	13
Abbildung 4-2: Hochschulen und Forschungseinrichtungen.....	14
Abbildung 4-3: Finanzielle Förderung von Forschungsprojekten mit Wasserstoffbezug	16
Abbildung 4-4: Verflechtungen über FuE-Aktivitäten	17
Abbildung 4-5: Unternehmensbeteiligung an wasserstoffaffinen FuE-Projekten	18
Abbildung 4-6: Wasserstoffaffine Unternehmen.....	20
Abbildung 4-7: Wasserstoffnetzwerke.....	22
Abbildung 4-8: Unternehmensgründungen mit Wasserstoffbezug.....	24
Abbildung 4-9: Beurteilung der Unternehmenslandschaft	26
Abbildung 4-10: Beurteilung der Forschungslandschaft	27
Abbildung 4-11: Beurteilung der Wasserstoffinfrastruktur	28
Abbildung 4-12: Beurteilung der Wasserstoffinitiativen	30
Abbildung 5-1: Relevante Themen- und Maßnahmenfelder für eine Wasserstoff-Modellregion Metropole Ruhr.....	33
Abbildung 6-1: Verfahren der Indexberechnung	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 6-1: Übersicht über die Metropolregionen	34
--	----

1 Executive Summary

Mit der Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) hat die Bundesregierung jüngst die Bedeutung von Wasserstoff für die Dekarbonisierung Deutschlands neuerlich hervorgehoben. Die Herausforderungen für das Gelingen des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft liegt in dessen Komplexität: Die Bereitstellung und der Transport von Wasserstoff, die (technologische) Entwicklung von neuen Prozessen und Verfahren und ihre Implementierung in Betrieben und Produkten sowie das Festlegen von Standards und praxisrelevanten Rahmenbedingungen erfolgt weitgehend simultan. Für das Produkt „Wasserstoff“ außerhalb der Grundstoffindustrie, d.h. als Energieträger, besteht aktuell noch kein bzw. nur ein sehr geringer Markt. Akteure müssen sowohl Angebot als auch Nachfrage gleichzeitig schaffen. Dabei spielen aber nicht nur Akteure auf europäischer oder bundesdeutscher Politikebene eine Rolle, sondern das Gelingen des Hochlaufs entscheidet sich auch durch das (Zusammen-)Wirken unterschiedlicher Stakeholder auf regionaler Ebene.

Mit dem zweiten nationalen Wasserstoffranking aktualisiert die IW Consult den Vergleich der Innovationsökosysteme in ausgewählten Metropolregionen, um insbesondere die innovationsseitigen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für den industriellen Hochlauf regional einzuordnen. Im Ranking wurden elf Indikatoren gleichgewichtet berücksichtigt und zu einem Gesamtindex zusammengefasst. Die Kernergebnisse lauten:

- ▶ Das Gesamtranking wird von der Metropole Ruhr angeführt, gefolgt von den Metropolregionen Hamburg und Mitteldeutschland.
- ▶ Das Mittelfeld belegen die Metropolregionen Stuttgart, Rhein, München und Berlin-Brandenburg.
- ▶ Am Ende stehen die Metropolregionen Rhein-Neckar und Frankfurt/Rhein-Main.

Das Innovationsökosystem der Metropole Ruhr weist besondere Stärken für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft auf:

1. Hochschulen und Forschungseinrichtungen in der Metropole sind besonders stark überregional vernetzt. Dadurch gelingt es ihnen, vielfältige Wissensressourcen zu nutzen, um sowohl Grundlagen- als auch anwendungsorientierte Forschung mit Wasserstoffbezug voranzubringen. Die ansässigen Hochschulen und Forschungseinrichtungen in der Metropole Ruhr sind international in der Wasserstoff-Forschung anerkannt.
2. Die in der Metropole Ruhr ansässigen Unternehmen zeigen heute schon eine hohe Affinität zu Wasserstoff. Die Offenheit, das eigene Leistungsportfolio klimaneutral weiterzuentwickeln, ist hoch.

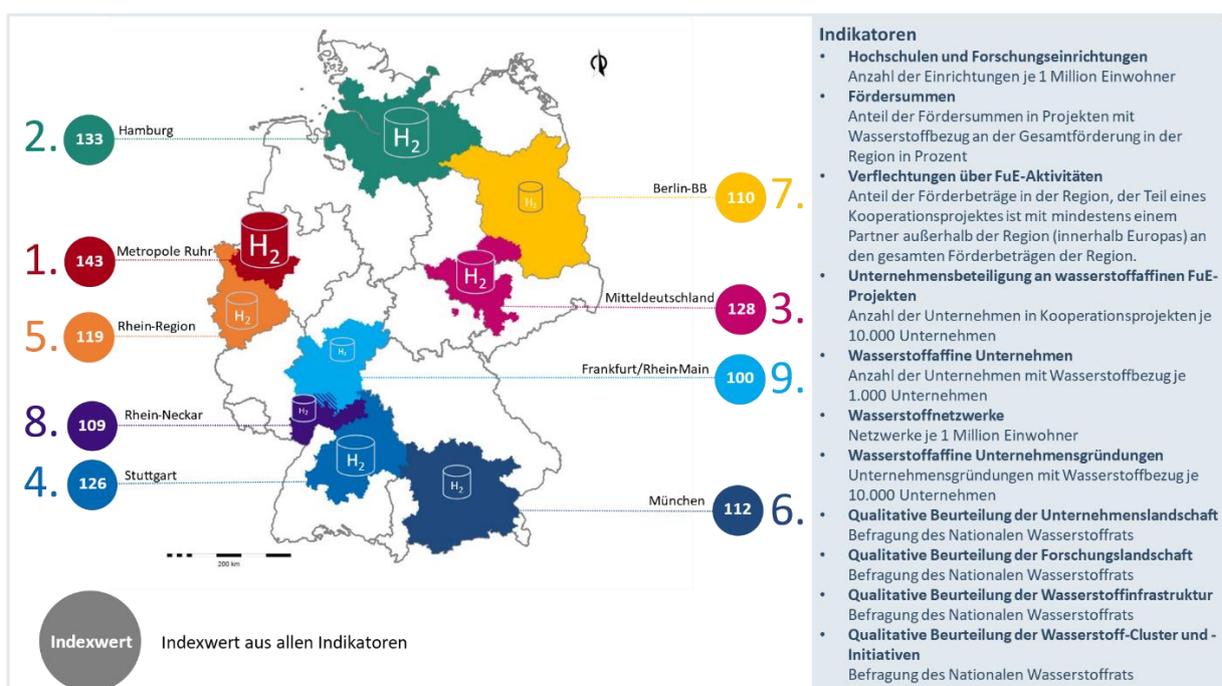
3. Der Ideenreichtum, Themen rund um Wasserstoff in unternehmerische Wertschöpfung zu verwandeln, spiegelt sich in den vielfältigen wasserstoffaffinen Gründungen wider. Der Transfer forschungsbasierter Erkenntnisse in Geschäftsmodelle genießt in der Metropole Ruhr mit Gründungsinitiativen wie dem H₂UB in Essen einen hohen Stellenwert.

Auch in anderen Regionen wie beispielsweise in der Metropolregion Hamburg gibt es gute Voraussetzungen für den Hochlauf. Durch die Aktivitäten am Hafen Hamburg und die in Hamburg ansässige Industrie entfaltet der Standort ebenfalls eine hohe Bedeutung für den Markthochlauf in Deutschland.

Aufgrund ihrer Größe, der Industrieprägung und zentralen geografischen Lage in Europa sind mehrere Wasserstoffhubs in Deutschland sinnvoll. Während die Metropole Ruhr leistungsfähige Infrastrukturen in Richtung Rotterdam unterhält und der Wasserstoffbezug dementsprechend in Richtung Westen orientiert sein wird, ergibt sich mit Hamburg die Chance, eigene Hafenskapazitäten für die Versorgung des Nordens von Deutschland zu entwickeln.

Abbildung 1-1: Überblick zum Wasserstoffranking 2023

Gesamtindex und berücksichtigte Indikatoren



Quelle: IW Consult (2023)

Um die in der Metropole Ruhr sehr guten innovationsseitigen Standortbedingungen für die Wasserstoffwirtschaft auf der einen Seite weiter zu stärken sowie auf der anderen Seite Lerneffekte und Synergiepotenziale für den Hochlauf in anderen Regionen zu generieren, erscheint es sinnvoll, das Ruhrgebiet als eine ganzheitliche Wasserstoff-Modellregion zu verstehen und fortzuentwickeln. Neben den für Innovationen wichtigen Faktoren – zum Beispiel die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen oder der Transfer von Wissen in Branchennetzwerken – sind auch Faktoren wie Kompetenzen und Fachkräfte, Flächen und infrastrukturelle Rahmenbedingungen maßgeblich, um die Marktbildung weiter zu forcieren. Auch hier zeigt das Ruhrgebiet besondere Stärken: Eine Anbindung an den European Hydrogen Backbone wird im Ruhrgebiet nach aktuellen Planungen frühzeitig erfolgen. Die Anbindung an den europäischen und deutschen Binnenschiffsverkehr ist

hierbei von zusätzlichem Vorteil. Der Ausbau der Binnenhäfen zu Wasserstoff-Hubs kann eine anwendernahe Versorgung sicherstellen. Auf dem Landweg zählt das Ruhrgebiet heute schon zu den Regionen in Deutschland mit dem dichtesten Netz an Tankstellen zur Versorgung von wasserstoffbasierten Antrieben in PKW. Der heute schon gemeldete hohe Bedarf an Wasserstoff (zwischen 36 und 40 TWh bis zum Jahr 2030, vgl. FNB Gas, 2021c) spiegelt sich in einer Vielzahl konkreter Projekte und Anwendungen wider. Viele Akteure, z. B. die öffentliche Verwaltung, Netzbetreiber, Unternehmen und Wirtschaftsförderer werden in der Metropole Ruhr wegweisende Erfahrungen sammeln, die sie anderen zur Verfügung stellen können, um die Dekarbonisierung und den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland insgesamt voranzubringen.

2 Auftrag und Fragestellung

Die Dekarbonisierung von Wirtschaft und Gesellschaft in all ihren Facetten gewinnt an Dringlichkeit. Mit dem Angriffskrieg Russlands und den damit verbundenen Störungen des Energieversorgungssystems in Deutschland, aber auch durch eine zunehmende politische Regulierung erhöht sich der Druck, klimafreundliche Technologien weiterzuentwickeln, zu skalieren und marktfähig einzusetzen.

Seit der Erstauflage des Wasserstoffrankings im Herbst 2020 wurden bundesweit Investitionen getätigt und Entscheidungen getroffen, die den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft forcieren und die Dekarbonisierung mittels Wasserstoffs vorantreiben.

- ▶ Mit der Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) im Juli 2023 hat die Bundesregierung jüngst die Bedeutung von Wasserstoff für die Dekarbonisierung Deutschlands neuerlich hervorgehoben. In dieser wird die industrie- und energiepolitische Grundlage für eine Verdoppelung des heimisch produzierten Wasserstoffs auf 10 GW, für einen beschleunigten Infrastrukturaus- bzw. -aufbau, für marktrelevante Rahmenbedingungen sowie für technologische Innovationen in den zentralen Anwendungsfeldern Industrie, Mobilität, Umwandlung/ Speicherung sowie Gebäude/ Wärme gelegt (BMWK, 2023a).
- ▶ Vor dem Hintergrund der Gasmangellage wurde in Wilhelmshaven in Rekordgeschwindigkeit das erste deutsche LNG-Terminal errichtet und ist seit Ende des Jahres 2022 in Betrieb. Weitere sollen folgen. Perspektivisch können diese in Zukunft auf die Einfuhr und Speicherung von Wasserstoff und dessen Derivate umgerüstet werden (Zukunft Gas, 2023).
- ▶ Seit 2021 fördert die Europäische Kommission im Rahmen ihrer „Important Projects of Common European Interest“ (IPCEI) europäische Großvorhaben, um die Wasserstoff-Technologie in den Feldern Erzeugung, Infrastruktur und Anwendung weiterzuentwickeln. Auch deutsche Unternehmen wie Bosch, Daimler Truck, Sunfire oder EKPO Fuel Cell Technologies werden darüber in ihren Wasserstoff-Aktivitäten gefördert (BMDV, 2022; BMWK, 2022; BMWK, 2023b).
- ▶ Entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette – Erzeugung, Transport und Nutzung – sind Erfolge zu vermelden. Infrastrukturen werden zunehmend „h2-ready“. Eine Studie im Auftrag des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.) kommt zu dem Schluss, dass ein Großteil der in Deutschland verbauten Stahlrohre gleichermaßen für den bisherigen Transport von Erdgas sowie für den zukünftigen Transport von Wasserstoff geeignet sind (DVWG, 2023). Gaskraftwerke, wie beispielsweise das Trianel Gaskraftwerk in Hamm, werden technisch für den Einsatz von Wasserstoff umgerüstet (Trianel, 2023). Der Stahlproduzent thyssenkrupp erhält 2 Milliarden Euro Förderung, um eine Anlage für die grüne Stahlproduktion zu entwickeln und zu errichten. Zunächst wird sie mit Erdgas, ab dem Jahr 2037 vollständig mit klimafreundlichem Wasserstoff betrieben (Mayr 2023). Im Projekt H₂annibal schließen sich Evonik und Siemens Energy in Herne

zusammen, um durch selbst erzeugten grünen Wasserstoff die Herstellung von Windkraftanlagen klimafreundlicher zu gestalten und den Einsatz von Wasserstofftechnologien unter realen Bedingungen in einem Chemiewerk zu testen (Evonik, 2023). Zu Wasser und zu Land werden Mobilitätslösungen auf Wasserstoffbasis immer greifbarer (Kanning/Theile, 2023; Holtermann, 2023; Koenen, 2023).

- ▶ Neben Unternehmen bauen auch kommunale und regionale Akteure ihre Wasserstoff-Aktivitäten aus. So wurde in der Metropole Ruhr eine Wasserstoff-Koordinierungsstelle, die Hydrogen Metropole Ruhr (HyMR) aufgebaut, um die grüne Transformation im Ruhrgebiet zu beschleunigen (BMR, 2022). Auch in anderen Regionen sind Koordinierungsstellen geschaffen worden, so beispielsweise in und für Schleswig-Holstein (WTSH, 2023) und Sachsen-Anhalt (Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt 2023). Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) unterstützt im Rahmen des Wettbewerbs „HyLand – Wasserstoffregionen in Deutschland“ 58 Regionen und Kommunen bei der Aktivierung der Akteurslandschaft sowie bei der Erstellung und Umsetzung von Wasserstoffkonzepten (BMDV, o. J.).

Trotz dieser zahlreichen Erfolge und vielfältigen Fortschritte befindet sich eine mittels Wasserstoff dekarbonisierte Wirtschaft und Gesellschaft noch in der Entstehung. Vieles ist noch im Aufbau und in der Entwicklung bzw. Erprobung. Lieferschwierigkeiten verlangsamen beispielsweise den Einsatz bestellter Wasserstoffzüge im Rhein-Main-Verkehrsverbund (Crolly, 2023). Die Auswirkungen des US-amerikanischen Inflation Reduction Act, der die Produktion und Nutzung von Wasserstoff in US-Amerika massiv fördert, auf die deutsche Wirtschaft sind noch nicht abzusehen (Küper, 2023).

Eine weitere proaktive Gestaltung des Wasserstoff-Markthochlaufes ist nach wie vor wichtig, um die Klimaneutralität Deutschlands zu realisieren, die Energiewende in Industrie, Verkehr und Gesellschaft voranzubringen, die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und ihrer Unternehmen zu sichern sowie Industriearbeitsplätze langfristig zu erhalten. Nach dem ersten Wasserstoffranking im Herbst 2020 wird mit dem Wasserstoffranking 2023 ein aktualisierter Überblick über die Chancen und Potenziale hierfür in ausgewählten deutschen Metropolregionen gegeben. Der Fokus des Rankings liegt hierbei auf der Erfassung von Faktoren, die günstige Rahmenbedingungen für die Entwicklung notwendiger Technologien und Innovationen darstellen. Der Metropolenvergleich ordnet daher die innovationsseitigen Rahmenbedingungen für den industriellen Hochlauf regional ein und gibt abschließend einen kurzen Ausblick auf das Zusammenspiel von Infrastruktur und Marktentwicklung.

3 Wasserstoffranking 2023: Gesamtergebnis

Entlang quantitativer und qualitativer Informationen erhebt das Wasserstoffranking 2023 Aspekte von Innovationsökosystemen in ausgewählten Metropolregionen in Deutschland. In der Gesamtauswertung führt die Metropole Ruhr, gefolgt von den Metropolregionen Hamburg und Mitteldeutschland.

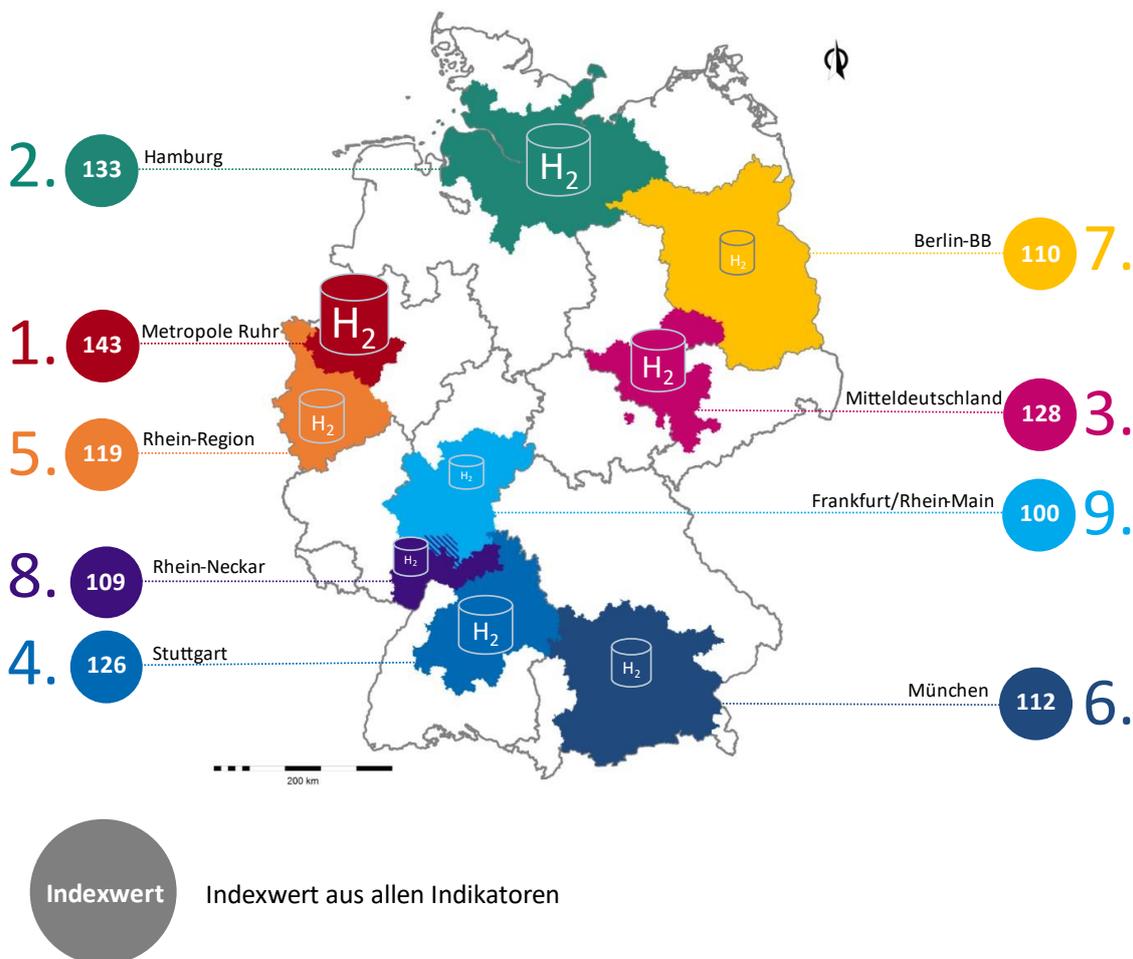
- ▶ Die Metropole Ruhr erreicht bei fünf der elf Einzelindikatoren die beste Bewertung. Besonders sticht dabei die Einschätzung durch den Nationalen Wasserstoffrat hervor. Darüber hinaus schneidet die Metropole bei den wirtschaftsstrukturellen Indikatoren, der Dichte an wasserstoffaffinen Unternehmen und Unternehmensgründungen, stark ab. Die Metropole Ruhr leistet sich keine echte Schwäche. Lediglich bei drei Indikatoren belegt sie Mittelfeldplatzierungen.
- ▶ Die zweitplatzierte Metropolregion Hamburg überzeugt ebenfalls mit der wahrgenommenen Leistungsfähigkeit durch den Nationalen Wasserstoffrat, insbesondere in den Themen Initiativen, Infrastruktur und Unternehmenslandschaft. Zudem werden viele Forschungsgelder im Themenfeld Wasserstoff eingesetzt.
- ▶ Auf dem dritten Platz folgt die Metropolregion Mitteldeutschland. Eine besondere Stärke der an Einwohnerzahl gemessenen zweitkleinsten Metropolregion liegt in der Hochschul- und Forschungslandschaft, die sowohl mittels quantitativer Indikatoren als auch entlang qualitativer Einschätzungen als leistungsfähig eingeschätzt wird. Allerdings ist der Anteil der Fördermittel, der für wasserstoffaffine Forschung eingesetzt wird, gering. Auch die Überführung von Wissen in marktfähige Geschäftsmodelle und Produkte ist ausbaufähig.
- ▶ Das Bild der Metropolregion Stuttgart polarisiert. Zu einer echten Stärke zählt die hohe Beteiligung von Unternehmen in FuE-Projekten. Darüber hinaus fließen zahlreiche Gelder in wasserstoffaffine Forschungsprojekte. In allen weiteren Kategorien besetzt die Metropolregion Stuttgart Mittelfeldplatzierungen. In Summe reicht dies für Platz 4.
- ▶ Die Rhein-Region schneidet in den Einzelbereichen heterogen ab und liegt in der Gesamtwertung auf Rang 5. Der Nationale Wasserstoffrat beurteilt die Forschungslandschaft in der Rhein-Region als sehr gut. Darüber hinaus wechseln sich Mittelfeldplatzierungen (z. B. im Teilbereich wasserstoffaffine Unternehmen) und Platzierungen auf den hinteren Rängen (z. B. im Teilbereich Netzwerke) ab.
- ▶ Auf dem sechsten Platz positioniert sich die Metropolregion München. Während sich die Metropolregion durch Stärken auszeichnet (z. B. Beteiligung von Unternehmen in FuE-Projekten), schätzt der Nationale Wasserstoffrat die Leistungsfähigkeit im Vergleich zu den anderen

Metropolregion schwach ein. Dies trifft insbesondere auf die Unternehmens- und Forschungslandschaft zu.

- ▶ Die flächenmäßig größte Metropolregion Berlin-Brandenburg erlangt in der Gesamtbetrachtung den siebten Platz. Zu den messbaren Stärken zählt die Dichte an Hochschulen und Forschungseinrichtungen, die sich mit dem Thema Wasserstoff auseinandersetzen. Zudem sind Akteure in Forschung und Entwicklung stark vernetzt. Gleichwohl bestehen Schwächen bei der Unternehmensbeteiligung in Forschung und Entwicklung sowie in der Außenwahrnehmung der Metropolregion.
- ▶ Auf dem achten Platz rangiert die Metropolregion Rhein-Neckar. Obgleich die guten Vernetzungsmöglichkeiten hervorstechen, können diese nicht Schwächen in anderen Teilbereichen kompensieren. Hierzu zählen zum Beispiel die geringe Beteiligung von Unternehmen in FuE-Projekten sowie die geringe Wasserstoff-Affinität gleichermaßen von Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen.
- ▶ Den letzten Platz belegt die Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main. Die beste Platzierung, Rang 3, wird im Teilbereich wasserstoffaffine Unternehmen erreicht. Darüber hinaus reicht es für Platz 4 bei der Förderung wasserstoffaffiner FuE-Projekte. In allen anderen Teilbereichen belegt die Metropolregion hintere Ränge.

Abbildung 3-1: Wasserstoffranking 2023

Gesamtindex: Indexwerte und Ränge der Metropolregionen



Quelle: IW Consult (2023)

4 Wasserstoffranking 2023: Teilergebnisse

Metropolregionen sind bedeutende Ballungsgebiete für (industrielle) Innovationsprozesse. Ihr innovatives Potenzial resultiert einerseits aus der räumlichen und institutionellen Nähe sowie andererseits aus der Heterogenität der Akteure vor Ort. Regionale bzw. lokale Zusammenhänge, wie z. B. technologische Spezialisierungen, lokale Fertigkeiten und Kompetenzen oder wirtschaftsstrukturelle Pfadabhängigkeiten innerhalb einer Region, ermöglichen kollektive Lernprozesse. Die Grundlage für eben diese bildet erstens neues Wissen, welches über eine Vielzahl unterschiedlicher Kanäle in die Region gelangt. Zweitens sind reziproke Informationsflüsse und Wissenstransfers entscheidend. Durch Kooperation und Vernetzung der Akteure in den Metropolregion werden individuell vorhandene Wissensbestände erweitert. Durch eine Re-Kombination vorhandenen und neuen Wissens bzw. Transfer bestehenden Wissens in neue Kontexte entsteht innovatives Potenzial, das Unternehmen Wettbewerbsvorteile verspricht. Um innovative Potenziale zu erschließen und auch umzusetzen, werden ein funktionierendes Zusammenspiel von Unternehmen und Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen, günstige Governance-Strukturen und eine enge Vernetzung der Akteure, die die Diffusion und Generierung von Wissen fördert, benötigt (vgl. Bathelt/Glückler, 2016).

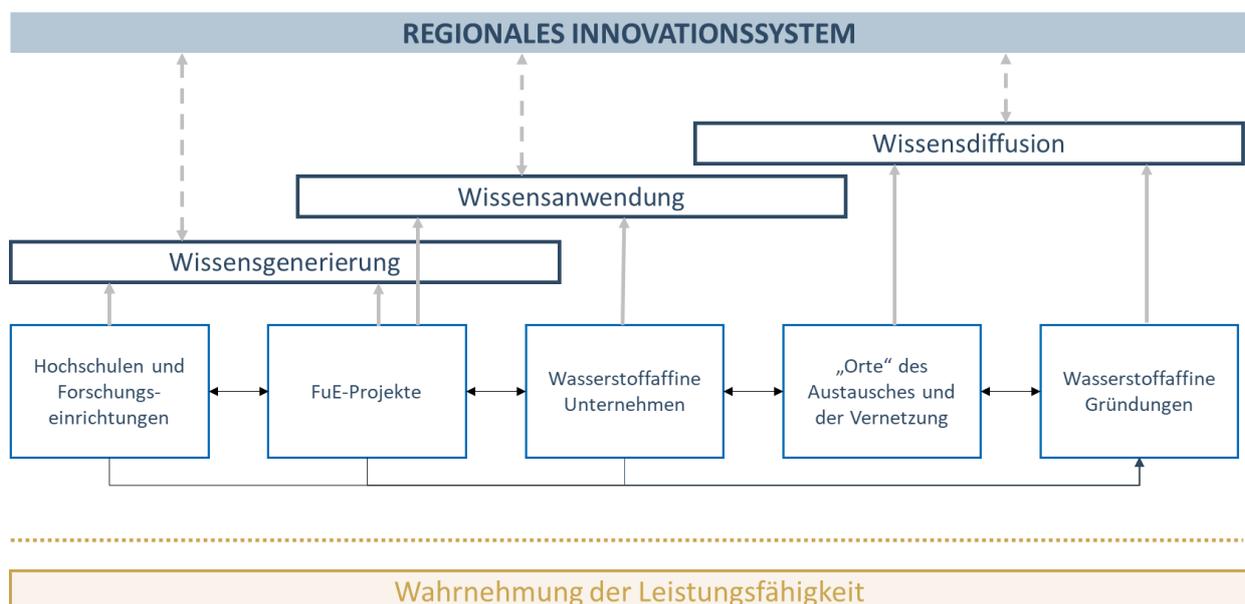
Die Auswahl der Einzelindikatoren des Wasserstoffrankings folgt im Kern der oben beschriebenen Logik regionaler Innovationssysteme. Entlang der Dimensionen Wissensgenerierung, -anwendung und -diffusion finden folgende Aspekte eines regionalen Innovationssystems Berücksichtigung (vgl. Abbildung 4-1):

- ▶ Die Grundlagenforschung an **Hochschulen und Forschungseinrichtungen** sind Keimstätten für die Generierung neuen Wissens. Gleichzeitig bilden sie notwendige Kompetenzen und Fertigkeiten für die Wirtschaft aus.
- ▶ In **Forschungs- und Entwicklungsprojekten** (FuE-Projekte) reift das in den Universitäten entwickelte Wissen. Der Einbezug von Unternehmen und eine enge Vernetzung von akademischer Forschung und unternehmerischer Entwicklung ermöglicht erste Anwendungsfälle, z. B. im Rahmen von Prototypen oder Pilotprojekten.
- ▶ **Unternehmen** können auf unterschiedlichen Ebenen eine Affinität zum Thema „Wasserstoff“ aufweisen. Entweder liefern sie wichtige Komponenten für den Einsatz der Wasserstofftechnologie (z. B. für Brennstoffzellen) oder sie entwickeln Anwendungsfälle (z. B. Umrüstung von LKWs) oder bieten eindeutige Dienstleistungen mit Wasserstoffbezug an. Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette wirken im Regelfall begünstigend auf das Innovationssystem.

- ▶ **Orte des Austausches in Form von Netzwerken, Initiativen und Clustern** erzeugen eine gemeinsame, regionale Wissensbasis und sind daher Quell für kollektive Innovationsprozesse. Vor dem Hintergrund, dass Innovationen zunehmend im Verbund verwirklicht werden, kommen den Themen Vertrauensbildung, Vernetzung, Wissens-/Informationsaustausch und der Aufbau regionaler Allianzen eine immer größere Bedeutung zu.
- ▶ Die wirtschaftliche Inwertsetzung neuen Wissens und neuer Technologien führt zu einer Erneuerung bestehender Unternehmensstrukturen. Die **Gründung wasserstoffaffiner Unternehmen** zeigt, inwiefern Innovationsimpulse aufgegriffen werden können, auf Basis dessen neue Geschäftsmodelle entwickelt werden, die die bestehende Unternehmenslandschaft ergänzen.
- ▶ Ergänzt wird die Analyse der Komponenten der regionalen Innovationssysteme um eine **qualitative Einschätzung der metropolitanen Leistungsfähigkeit** durch Mitglieder des Nationalen Wasserstoffrats.

Abbildung 4-1: Konzeption des Rankings und Indikatorenauswahl

Entlang der Logik eines regionalen Innovationssystems



Quelle: IW Consult (2023)

4.1 Hochschulen und Forschungseinrichtungen

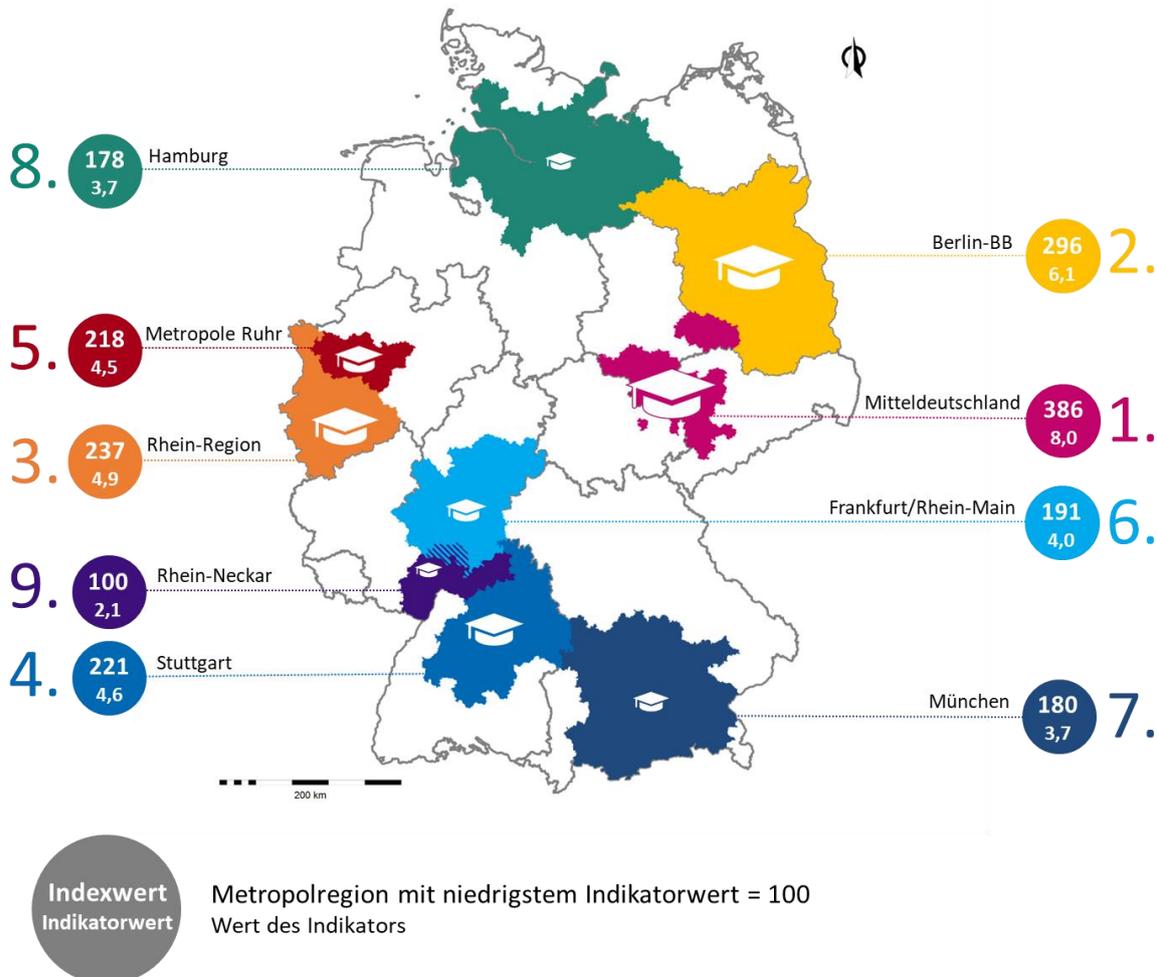
Für ein Innovationsökosystem sowie für das Betreten neuer Wirtschaftspfade spielen Hochschulen und Forschungseinrichtungen eine zentrale Rolle. Sie sind Nukleus für das Verstehen neuer Technologien und bereiten mit ihrer Grundlagenforschung und dem Transfer dieser Erkenntnisse in anwendungsorientierte Erkenntniskontexte maßgeblich den Grund und Boden für neue Wertschöpfungsprozesse. Mit ihrer Pionierarbeit bilden sie erstes Expertenwissen aus. U. a. mit der späteren Integration dieser Erkenntnisse in Lehrveranstaltungspläne sorgen sie dafür, dass neues Wissen auch in die Breite von Wirtschaft und Gesellschaft gelangt.

In Bezug auf das Thema Wasserstoff ist die Hochschul- und Forschungslandschaft in den beiden ostdeutschen Metropolregionen am dichtesten. In der Metropolregion Mitteldeutschland sind 8 Hochschulen und Forschungseinrichtungen je 1 Million Einwohner im Thema Wasserstoff aktiv. In der

Metropolregion Berlin-Brandenburg sind es 6,1. Mit deutlichem Abstand folgen dann die Metropolregionen Rhein (4,9), Stuttgart (4,6) und Ruhr (4,5). Die Metropolregionen Hamburg und München unterscheiden sich nur im Nachkommabereich (je 3,7). Die Metropolregion Rhein-Neckar ist abgeschlagen (2,1).

Abbildung 4-2: Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Anzahl der Einrichtungen je 1 Million Einwohner (2023)



Quelle: Webcrawling ausgewählter Förderdatenbanken durch das Institut der deutschen Wirtschaft und IW Consult (2023)

Deep Dive Metropole Ruhr: Die Metropole Ruhr zeichnet eine dichte Forschungs- und Hochschullandschaft aus. Universitäten, Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen agieren Hand in Hand (Hecht et al., 2019). Diese setzen sich ebenfalls mit dem Thema Wasserstoff und assoziierten Technologien und Anwendungsbereichen auseinander. Zu den bekanntesten Einrichtungen zählt das Zentrum für Brennstoffzellentechnik GmbH (ZBT) in Duisburg. Mehr als 100 Wissenschaftler entwickeln technische Lösungen für wasserstoffbasierte Energie mit entsprechenden Anwendungsmöglichkeiten, z.B. im Verkehr. Das Fraunhofer-Institut UMSICHT (Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik) in Oberhausen arbeitet u.a. an Elektrolyseuren und Brennstoffzellen. Das Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion in Mülheim an der Ruhr geht entsprechend der Frage nach, wie Wasserstoff gespeichert und effizient transportiert werden kann. Das Gas- und Wärme-Institut (GWI) in Essen forscht an Industriebrennern und Thermoprozessanlagen und prüft beispielsweise Gasgeräte.

Aber auch Universitäten im Ruhrgebiet sind in der Grundlagenforschung aktiv. Grundlagenforschung wird u. a. an der Ruhr-Universität Bochum und der Universität Duisburg-Essen betrieben. In der anwendungsorientierten Forschung sticht das Westfälische Energieinstitut an der Westfälischen Hochschule heraus (Gelsenkirchen, Recklinghausen, Bocholt).

4.2 FuE-Projekte im Bereich Wasserstoff

Auch wenn die grundlegende Funktionsweise der Wasserstofftechnologie im Wesentlichen technologisch erschlossen ist, so gibt es weiterhin Entwicklungsbedarfe, um Effizienzen zu steigern, konkrete Anwendungsfälle (z. B. in der Mobilität) zur Markt- und Serienreife zu entwickeln oder großskalige Industrieanwendungen zu ermöglichen.

Investitionen in Forschung und Entwicklung sind daher geboten, um den Markthochlauf weiter voranzubringen. Gleichwohl wird Forschung immer komplexer. Die Halbwertszeit von neuem Wissen wird immer kürzer, gleichzeitig sind einzelne Wissensbestände über den gesamten Globus verteilt. Zudem wächst der Anspruch an moderne Technologien, ökonomische, soziale und ökologische Ziele gleichermaßen zu adressieren. Vor diesem Hintergrund werden Innovationen und Entwicklungsarbeiten zunehmend in interdisziplinären und internationalen Verbänden realisiert. Bei Erreichen eines gewissen technologischen Reifegrades steigen auch Unternehmen verstärkt in die Entwicklungsarbeit mit ein und realisieren gemeinsam mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen etwa Prototypen, um so marktfähige Produkte auf den Weg zu bringen.

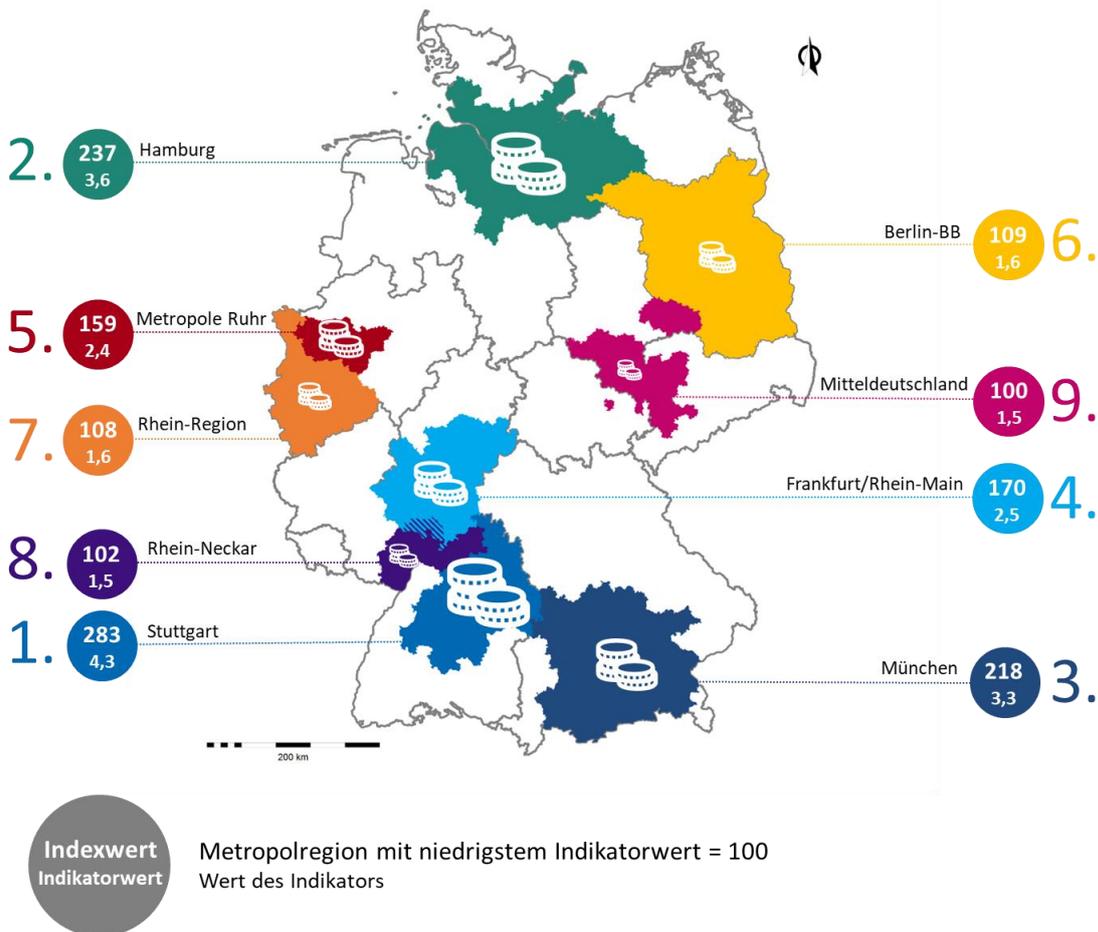
4.2.1 Fördersummen

Die Forschung an wasserstoffaffinen Fragestellungen hat in den Metropolregionen einen unterschiedlichen Stellenwert. Mit Stuttgart und München liegen zwei Innovationsökosysteme vorne, die sowohl in Grundlagen- als auch in anwendungsorientierter Forschung stark sind. Die Stadt Stuttgart etwa ist Sitz des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), welches sich umfassend mit der Erzeugung, Nutzung und Qualität von Wasserstoff auseinandersetzt. In der Metropolregion Stuttgart entfallen 4,3 Prozent aller ausgezahlten Fördermitteln auf wasserstoffaffine Vorhaben, in der Metropolregion München sind es 3,3 Prozent. Zwischen der Metropolregion Stuttgart auf Platz 1 und der Metropolregion München auf Platz 3 befindet sich die Metropolregion Hamburg. Die Metropolregion Hamburg ist intensiv in den Wasserstoff-Leitprojekten des Bundes (BMBF) integriert (TransHyDE, H2 Mare, H2 Giga).

Nach der Gruppe der Spitzenreiter folgen die Metropolregionen Frankfurt/Rhein-Main und Ruhr, die mit 2,5 und 2,4 Prozent eng beieinander liegen. Hinten liegt das Vierergespann aus den Metropolregionen Berlin-Brandenburg, Rhein, Rhein-Neckar und Mitteldeutschland, die ebenfalls nahezu gleich aufgestellt sind.

Abbildung 4-3: Finanzielle Förderung von Forschungsprojekten mit Wasserstoffbezug

Anteil der Fördersummen in Projekten mit Wasserstoffbezug an der Gesamtförderung in der Region in Prozent (2023)



Quelle: Webcrawling ausgewählter Förderdatenbanken durch das Institut der deutschen Wirtschaft und IW Consult (2023)

Deep Dive Metropole Ruhr: In der Metropole Ruhr werden vielfältige wasserstoffaffine Vorhaben an Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen finanziell gefördert. Zu den größten zählt aktuell das Projekt „ThermoPropHy“ am Lehrstuhl für Thermodynamik der Ruhr-Universität Bochum. Dabei werden Stoffdatenmodelle entwickelt, um die Eigenschaften von Wasserstoff besser zu erfassen. Solche Daten sind beispielsweise notwendig, um technische Anlagen, etwa zur Verflüssigung, optimal einzustellen (RUB, 2022). Auch andere Einrichtungen sind und waren erfolgreich bei der Einwerbung großvolumiger Projekte. So lief beispielsweise bis Juli 2023 an der Universität Duisburg-Essen ein Projekt, um die Elektrolyse in Brennstoffzellen besser zu verstehen (CORDIS, 2022). Am Zentrum für Brennstoffzellentechnik wurden und werden vielfältige Themen – von Sektorenkopplung bis Wasserstoffqualität – durch nationale und internationale Fördermittel ermöglicht.

4.2.2 Verflechtungen

Eine hohe Integration in internationale Forschungsaktivitäten sichert den Akteuren Zugang zu fremdem Wissen bzw. Wissen, das in anderen Kontexten generiert wurde. Dies kann Vorteile für den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess nach sich ziehen und trägt zur Leistungsfähigkeit der

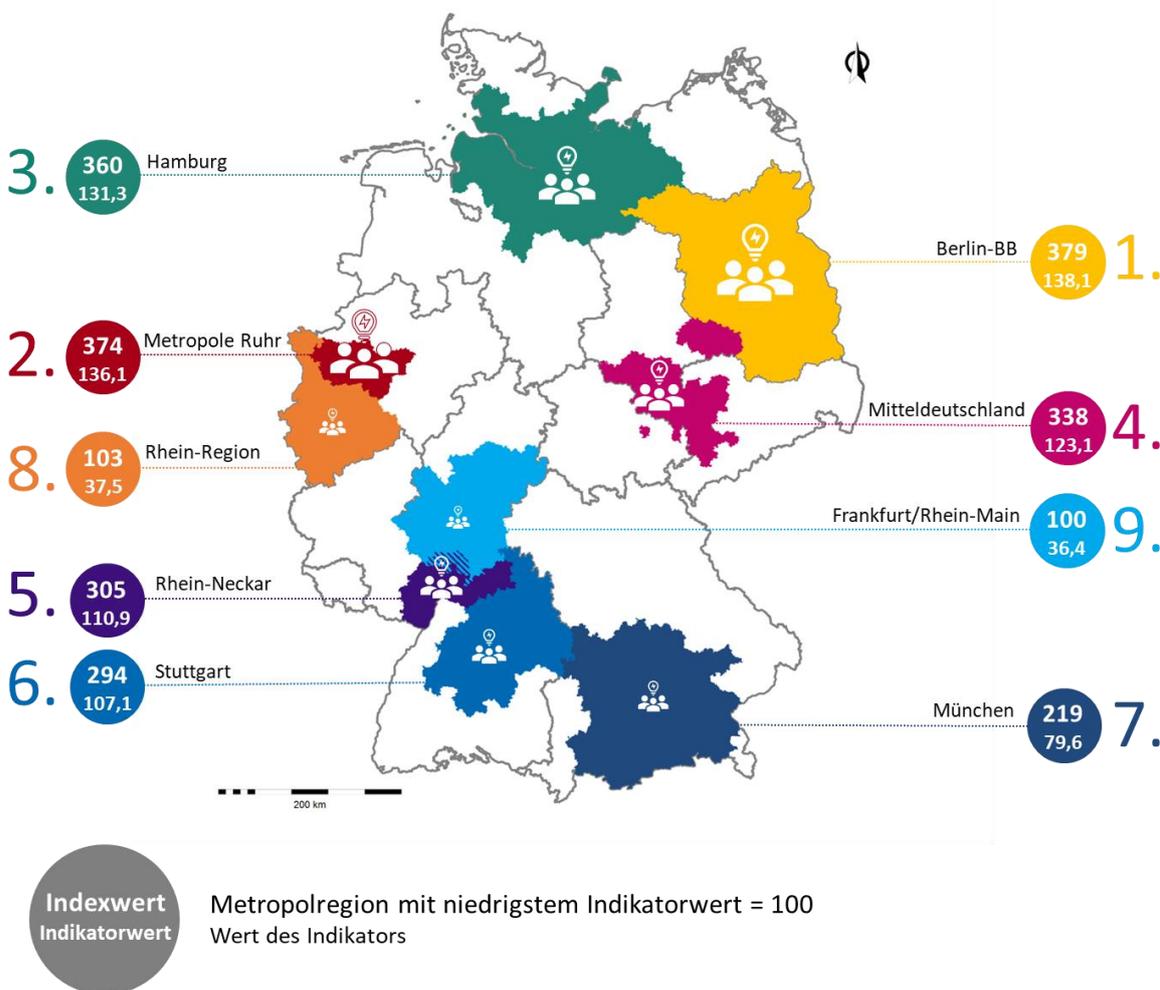
Forschungslandschaft insgesamt bei. Forschungsakteure sind in den berücksichtigten Metropolregionen unterschiedlich stark in überregionale und internationale Forschungsverbünde integriert.

Am deutlichsten erscheint die Verflechtung von FuE-Aktivitäten in der Metropolregion Berlin-Brandenburg, gefolgt von der Metropole Ruhr. Die überregionale bzw. internationale Zusammenarbeit hingegen ist in der Rhein-Region sowie in der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main am wenigsten ausgeprägt. Die südlichen Metropolregionen platzieren sich im Mittelfeld.

Abbildung 4-4: Verflechtungen über FuE-Aktivitäten

Anteil der Förderbeträge in Kooperationsprojekten mit mindestens einem Partner außerhalb der Region an den gesamten Förderbeträgen der Region.

Zur besseren Vergleichbarkeit ist der Indikatorwert bereits als Index ausgegeben.



Quelle: Webcrawling ausgewählter Förderdatenbanken durch das Institut der deutschen Wirtschaft und IW Consult (2023)

Deep Dive Metropole Ruhr: Die Metropole Ruhr ist in wegweisende internationale Wasserstoffprojekte eingebunden. Im Projekt NEWELY arbeitet die Westfälische Hochschule gemeinsam mit fünf anderen Forschungsinstituten, dem DLR sowie kleinen, mittleren und großen Unternehmen an einer Verbesserung der Elektrolysetechnologie. Diese soll die Vorteile der alkalinen Wasserelektrolyse mit den Vorteilen der PEM-Elektrolyse verknüpfen und so die Elektrolyse im GW-Maßstab ermöglichen (NEWELY, 2023). An der Speicherung und Umwandlung von Strom wird an der Universität Duisburg-Essen gearbeitet. Wasserstoff spielt hierbei eine zentrale Rolle als Speichermedium. Gemeinsam mit universitären und privatwirtschaftlichen Partnern ist das Projektziel

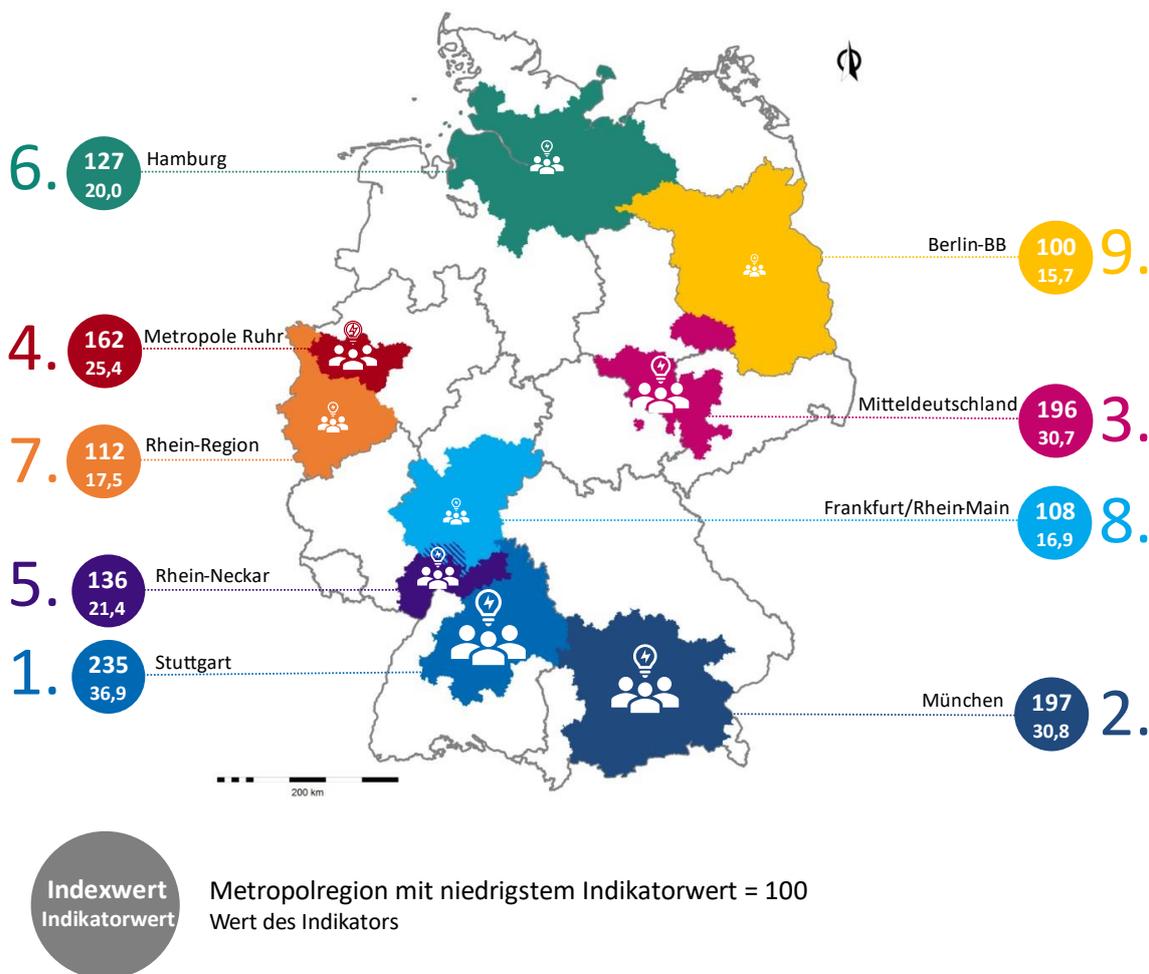
eine Power-to-X-to-Power-Anlage im Industriemaßstab zu entwickeln, die rein wasserstoffbasiert arbeitet (Hyflexpower, 2023).

4.2.3 Unternehmensbeteiligung in Forschungsprojekten

Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten, haben Unternehmen ein originäres Interesse an kontinuierlicher Weiterentwicklung. Im Kontext der Dekarbonisierung treiben weitere rechtliche Regulierungen Unternehmen dazu an, ihre Prozesse, Produkte und ganze Geschäftsmodelle auf den Prüfstand zu stellen und neue, wasserstoffbasierte Technologien und Verfahren einzuführen. Je nach den im Unternehmen vorhandenen Ressourcen sind diese nicht nur reine Technologieanwender, sondern auch aktiv an der Entwicklung neuer marktfähiger Produkte beteiligt. Frühzeitige FuE-Aktivitäten können wichtige First-Mover-Vorteile, wie z. B. Aufbau neuer Beschaffungs- und Absatzwege oder Zugang zu technologischem Know-how, sichern. Daher engagieren sich Unternehmen – neben unternehmensinternen FuE-Abteilungen – auch in FuE-Projekten gemeinsam mit Hochschulen, Forschungseinrichtungen sowie mit weiteren Partnern aus Wirtschaft und Gesellschaft.

Abbildung 4-5: Unternehmensbeteiligung an wasserstoffaffinen FuE-Projekten

Anzahl der Unternehmen in Kooperationsprojekten je 10.000 Unternehmen (2023)



Quelle: Webcrawling ausgewählter Förderdatenbanken durch das Institut der deutschen Wirtschaft und IW Consult (2023)

Eine besonders hohe Beteiligung von Unternehmen in FuE-Projekten ist in den beiden südlichen Metropolregionen zu verzeichnen. Unternehmen der Metropolregion Stuttgart sind in die Förderung der Region, des Landes und Bundes sowie der Europäischen Union eingebunden. Neben Forschung im Bereich der Wasserstofftechnologie, etwa im Kontext der europäischen „Important Projects of Common European Interest“, gibt es zahlreiche Vorhaben in den assoziierten Themenfeldern, etwa Mobilität (Schnabel et al., 2021). Die Metropolregion Mitteldeutschland ist knapp hinter der Metropolregion München platziert.

Deep Dive Metropole Ruhr: Der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft kann nicht ohne die Beteiligung der Privatwirtschaft an Forschung und Entwicklung gelingen. Die Metropole Ruhr verdankt ihre gute Bewertung u. a. den hiesigen Industrie- und Energieunternehmen. So sind in Projektkonsortien Unternehmen wie RWE, thyssenkrupp, Evonik und Open Grid Europe häufig vertreten.

Das Energieunternehmen RWE mit Sitz in Essen denkt mit Partnern aus ganz Europa, u. a. den Niederlanden, Schweden, Frankreich, Finnland, Italien und Irland, die grüne Offshore-Energiegewinnung neu. Um eine ausreichende Grünstromversorgung zu sichern, sollen auf dem Meer Energieparks entstehen, die neben Wind auch die Kraft der Sonne und des Wellengangs für die Energiegewinnung nutzen (Dutch Marine Energy Centre, 2023). Im Projekt MAGPIE (MAGPIE 2022) werden im internationalen Verbund Lösungen für die Binnenschifffahrt und Binnenlogistik per Seeweg entwickelt. Dabei geht es sowohl um die Dekarbonisierung der Logistik mittels E-Mobilität, Wasserstoff und seinen Derivaten als auch um die effiziente Organisation von Logistikströmen im Kontext multimodaler Warenströme. Eine wichtige Rolle für die nationale Vernetzung spielen auch die Leitprojekte des Bundes. So wird Forschung an der Ruhr-Universität Bochum ebenso finanziert wie am Zentrum für Brennstoffzellentechnik mit Partnern aus der Industrie, bei RWE, Evonik oder Open Grid Europe.

Neben Konzernen sind auch mittelständische Unternehmen Bezieher von Fördermitteln zur Forschungsunterstützung. Zum Beispiel entwickelt die Argo-Anleg GmbH Wasserstoff-Lösungen u. a. zur Dekarbonisierung des Schiffsverkehrs. Das Unternehmen Wi.Tec Sensorik GmbH arbeitet im Verbund an der Entwicklung sensorischer Systeme, um den Wasserstoffgehalt in Erdgas und somit die Gasqualität zu bestimmen. In Duisburg entsteht mit dem Projekt TrHy eine Forschungs-, Entwicklungs- und Testumgebung, damit kleine und mittelständische Unternehmen Wasserstofftechnologien für den Mobilitätssektor entwickeln können. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (TrHy, 2022). Auch das an der Westfälischen Hochschule in Gelsenkirchen entstehende H2 Solution Lab soll den Unternehmen der Metropole Ruhr Möglichkeiten eröffnen, Teil praxisnaher und angewandter Forschung zu sein. Der Fokus des H2 Solution Lab liegt dabei auf Wasserstoffsystemkomponenten und -anlagentechnik (H2GE, 2023, Westfälische Hochschule, 2023).

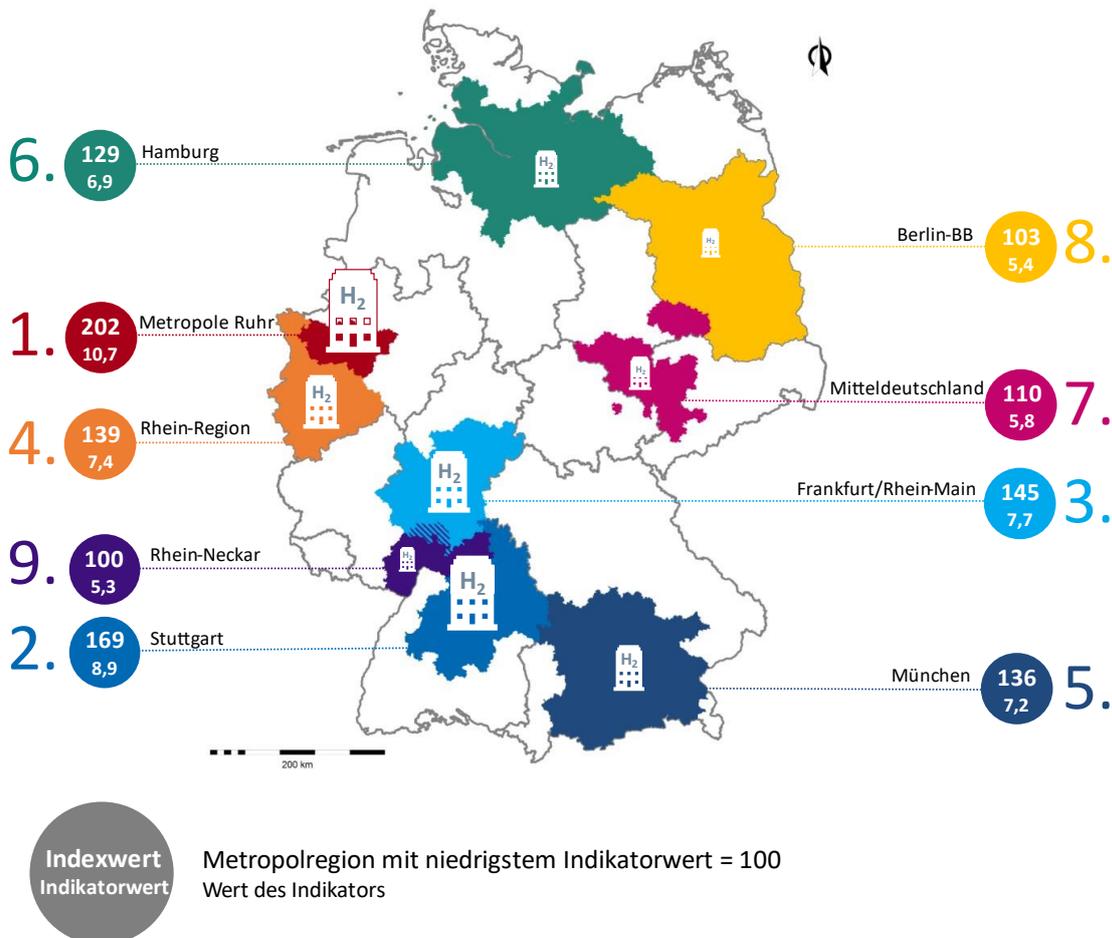
Die Kooperationsplattform MAT4HY.NRW (Materials for Future Hydrogen Technologies) der Ruhr-Universität Bochum, der Universität Duisburg-Essen, des Westfälischen Energieinstituts in Gelsenkirchen, des Instituts für Umwelt & Energie, Technik & Analytik e.V. Duisburg, der Universität Duisburg-Essen sowie des ZBT GmbH, Duisburg wird seit April 2023 durch das Land NRW gefördert. Hier arbeiten Industrie und Forschung zusammen an der Weiterentwicklung der Wertschöpfungskette der Elektrolyse (UDE, 2023; ZBT, 2023). An der Universität Duisburg-Essen wird beispielsweise am Lehrstuhl für Partikeltechnik daran gearbeitet, teure Edelmetalle, die für die Elektroden bei der Elektrolyse benötigt werden, durch neue, kostengünstigere Materialien zu ersetzen (RVR, 2023).

4.3 Wasserstoffaffine Unternehmen

Für den weiteren Markthochlauf der Wasserstofftechnologie ist entscheidend, inwiefern Unternehmen die damit verbundenen Potenziale für neue Wertschöpfung im Unternehmen erkennen. Um zu einer Einschätzung zu gelangen, wird mittels eines Webcrawling-Verfahrens (zur methodischen Vorgehensweise vgl. Kapitel 6.2) die Affinität der Unternehmen für das Thema Wasserstoff erfasst.

Abbildung 4-6: Wasserstoffaffine Unternehmen

Anzahl der Unternehmen mit Wasserstoffbezug je 1.000 Unternehmen



Quelle: Webcrawling der beDirect Unternehmensdatenbank durch die IW Consult (2023)

Die höchste Dichte wasserstoffaffiner Unternehmen weist die Metropole Ruhr mit 10,7 je 1.000 Unternehmen auf. Damit besteht ein deutlicher Abstand zur zweitplatzierten Metropolregion Stuttgart mit 8,9 je 1.000 Unternehmen. Die Ränge drei, vier und fünf mit den Metropolregionen Frankfurt/Rhein-Main, Rhein und München liegen mit einem Unternehmensanteil zwischen 7,2 und 7,7 eng beieinander. Der Anteil der wasserstoffaffinen Unternehmen ist in der Region Rhein-Neckar nur halb so hoch wie in der erstplatzierten Metropole Ruhr.

Aus einer Marktbefragung des Fernleitungsnetzbetreibers FNB Gas kann ein Bedarf in Höhe von bis zu 40 TWh/a im Jahr 2030 für das Ruhrgebiet abgeleitet werden. Im Vergleich der betrachteten Metropolregionen entfällt damit der Großteil des Verbrauchs (45,1 Prozent) auf die Metropole Ruhr.

In der Metropolregion München wird mit 16,5 TWh ebenfalls ein hoher Bedarf erwartet. In den restlichen Metropolregionen fällt der erwartete Bedarf deutlich niedriger aus (FNB Gas, 2021b, c).

Deep Dive Metropole Ruhr: Für die hohe Präsenz des Themas „Wasserstoff“ in den Unternehmen der Metropole Ruhr können sich vielfältige Faktoren ursächlich zeichnen.

Der industrielle Einsatz von Wasserstoff wird insbesondere im Kontext der Dekarbonisierung der Stahlproduktion diskutiert. Als ehemalige Montanregion sind in der Metropole Ruhr zahlreiche Großbetriebe ansässig, die ihre notwendige Feuerungstechnik durch Wasserstoff-Brenner ersetzen oder andere wasserstoffbasierte Technologien einsetzen können. Diese Transformation wird von den ansässigen Unternehmen aktiv vorangetrieben. Der Stahlproduzent Hüttenwerke Krupp Mannesmann GmbH hat sich beispielsweise das Ziel gesetzt, bis 2025 die CO₂-Emissionen um 30 Prozent im Vergleich zum Jahr 2014 zu verringern und bis 2045 weitgehende Klimaneutralität erreicht zu haben (HKM, 2022). Um die Dekarbonisierung zu schaffen, ist das Unternehmen Gründungsmitglied des im Jahr 2021 ins Leben gerufenen Vereins Hy.Region.Rhein.Ruhr (HKM, 2021). Auch große Unternehmen aus anderen Branchen, etwa dem Maschinenbau, sind schon aktive Player in der Wasserstoffwirtschaft. Die Produktpalette des Pumpenherstellers WILO SE ist in der Wasserstoffwertschöpfungskette heute schon relevant. Darüber hinaus setzt das Unternehmen bei der Entwicklung seines neuen Betriebsgeländes, des Wiloparks, auf Nachhaltigkeit und Digitalisierung (wilo, 2023). Eine eigene Wasserstoffanlage, die sog. H₂-Powerplant, ist in diesem Konzept ein wichtiger Baustein. Diese wird durch eigens produzierten Grünstrom gespeist. Dieses Pilotprojekt mit Symbolcharakter hat wichtige Ausstrahlungseffekte: Der Elektrolyseur-Hersteller Enapter und der Pumpenhersteller WILO SE haben eine Kooperation zur Hebung von Synergiepotenzialen geschlossen (wilo, 2021). Auch große Unternehmen aus dem Energiebereich, z. B. der Netzbetreiber Amprion mit Sitz in Dortmund, arbeiten an Lösungen, um PtG-Anlagen in Übertragungsnetze zu integrieren und so Strom aus erneuerbaren Energien bestmöglich zu nutzen (amprion, 2020; amprion, 2019).

Die Erwartung, dass die Verfügbarkeit von Wasserstoff durch die Anbindung an die niederländischen Häfen und den Hydrogen Backbone eine frühe Dekarbonisierung mittels Wasserstoff ermöglicht, ist gerade für Wasserstoff nachfragende Unternehmen ein wichtiges Marktsignal, um sich klimaneutral weiterzuentwickeln. Erste Pfadabhängigkeiten für den Einsatz von Wasserstoff bestehen in der Metropole Ruhr bereits, etwa durch die Wasserstoff-Abfüllanlage in Marl des Unternehmens Air Liquide Deutschland GmbH, den Ferngasleitungsnetzbetreiber Open Grid Europe, Thyssengas oder Hersteller von Komponenten für die Elektrolyse (z. B. das Unternehmen Connex Hochstromtechnik GmbH in Lünen).

Hinzu kommen eine große Anzahl an Handwerkern insbesondere in den Bereichen Elektroinstallation und Sanitär-/Heizung-/Klimatechnik, die neue Energieversorgungssysteme sowohl bei gewerblichen als auch privaten Kunden installieren und warten.

4.4 Wasserstoffnetzwerke

Die Dekarbonisierung des Energiesystems stellt für Unternehmen eine Herausforderung dar. Potenziale für den Einsatz von Wasserstoff müssen erkannt werden. Produktionsprozesse müssen neu aufgestellt, Wertschöpfungsketten und Lieferbeziehungen neu strukturiert werden. Dabei ist die Substitution von Erdgas durch Wasserstoffgas oftmals nicht unmittelbar möglich, sodass Unternehmen vorgelegt in Forschung und Entwicklung investieren müssen. Zugleich agieren die Unternehmen unter hohen Unsicherheiten, denn die infrastrukturelle Versorgung ist noch im Entstehen. Auch besteht noch kein funktionierender Markt, der notwendig ist, um Investitionen abzuwägen. Der Austausch mit

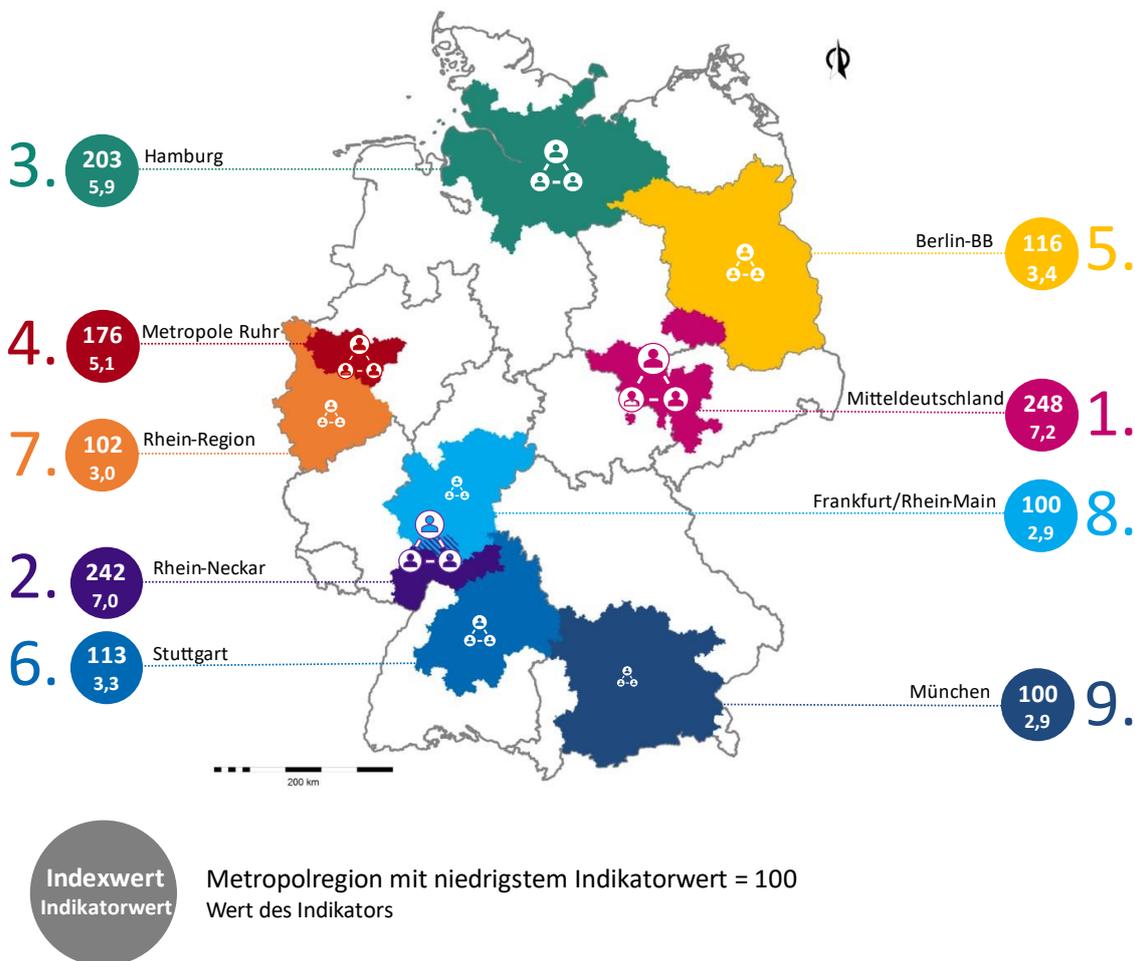
anderen Unternehmen in ähnlichen Lagen oder in vor- bzw. nachgelagerten Wertschöpfungsabschnitten kann Orientierung geben und so dazu beitragen, nicht nur die allgemeine Wasserstoffaffinität der Unternehmen zu erhöhen, sondern auch Innovationen, Investitionen und somit den (industriellen) Hochlauf zu beschleunigen.

Netzwerke und Initiativen informieren ihre Mitglieder und bieten Plattformen des Austausches. So können diese schneller reagieren, Wissen bündeln und Allianzen schließen. Die Agilität und schließlich die Innovationskraft der Unternehmen kann durch Netzwerke und Initiativen teils erheblich gesteigert werden – insbesondere in volatilen Umfeldern.

In Relation zur Einwohnerdichte ist die Dichte an Netzwerken in der Metropolregion Mitteldeutschland am höchsten (7,2). Die Metropolregion Rhein-Neckar belegt den zweiten Platz (7,0). Die Metropole Ruhr landet auf Platz 4.

Abbildung 4-7: Wasserstoffnetzwerke

Netzwerke je 1 Million Einwohner (2023)



Quelle: IW Consult (2023)

Deep Dive Metropole Ruhr: Trotz der Zunahme an digitaler Kommunikation sind mit dem Face-to-Face-Austausch nach wie vor besondere Mehrwerte verbunden. Der persönliche Austausch erleichtert die Vertrauensbildung, ermöglicht tazite Wissensvermittlung und vereinfacht die Beobachtung von

Marktpotenzialen durch informelle Gespräche. Die Metropole Ruhr ist das dichteste Ballungsgebiet in Deutschland mit einem engen und vielfältigen Neben- und Miteinander zahlreicher Akteure und Stakeholder. Dies bedeutet besondere Potenziale für lebendige Netzwerke. Auch im Themenfeld Wasserstoff bildeten sich in den vergangenen Jahren Netzwerke und Allianzen. Vielfältige Netzwerke wie beispielsweise das h2-netzwerk-ruhr, die Wasserstoffallianz Hamm oder das Netzwerk H2 Emscher Lippe bieten Gelegenheiten zum Austausch. Die Koordinationsstelle HyMR versteht sich als „Netzwerk der Netzwerke“ und bildet eine regionale Klammer für die Netzwerk- und Wasserstoffaktivitäten im Ruhrgebiet.

Zentrale Leitmesse und Diskussionsforen in der Metropole Ruhr, wie etwa der Hy.Summit.Rhein.Ruhr, die Dortmunder Wasserstoffkonferenz, die Hydroverse Convention oder der geplante Wasserstoff-Gipfel des Handelsblatts im kommenden Jahr 2024 in Essen, tragen darüber hinaus nicht nur zur intrametropolitanen Vernetzung bei, sondern schaffen auch Synergien zu Akteuren in anderen Metropolregionen.¹

4.5 Wasserstoffaffine Unternehmensgründungen

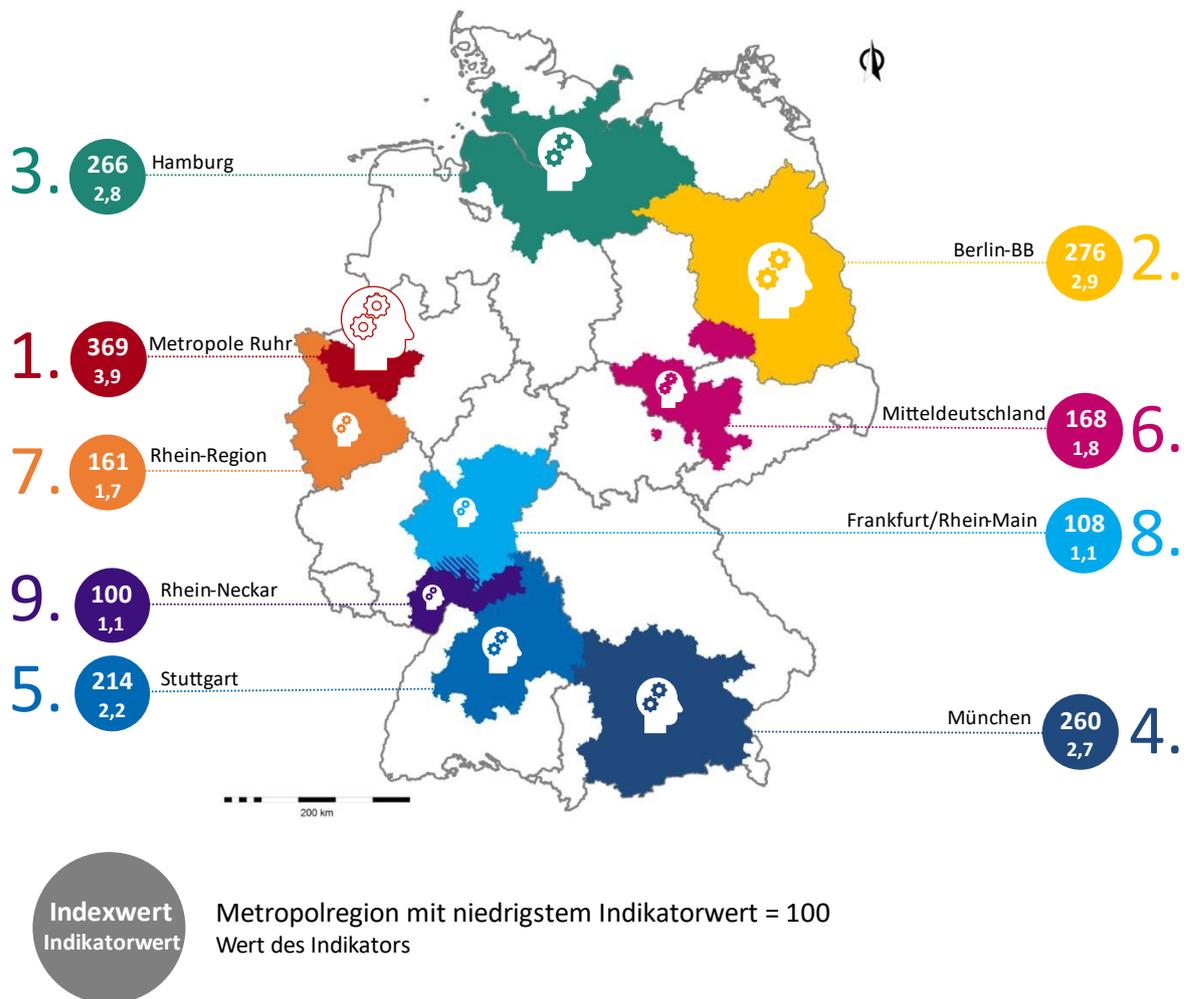
Die Entwicklung neuer Technologien zur Markt- bzw. Serienreife eröffnet der Wirtschaft neue Wertschöpfungspotenziale. Um diese auszuschöpfen, drängen einerseits neue Anbieter in Form von Start-ups oder neugegründeten Unternehmen auf den Markt, andererseits diversifizieren sich Bestandsunternehmen. Letzteres geht nicht selten einher mit der Gründung von Tochterunternehmen oder Joint Ventures, wie etwa der jüngste Zusammenschluss von Toyota und Daimler Truck zur Entwicklung von wasserstoffbasierten Brennstoffzellenantriebssystemen zeigt (Kanning/Theile, 2023). Die Analyse der Gründung wasserstoffaffiner Unternehmen gibt einen Einblick in die Leistungsfähigkeit der regionalen Innovationssysteme und zeigt, wie gut es den Akteuren in diesen gelingt, neues Wissen aus der Grundlagenforschung über Prototypen hin zu einem marktfähigen Produkt zu skalieren.

Den Teilbereich „Unternehmensgründungen“ führt die Metropole Ruhr mit 3,9 je 10.000 Bestandsunternehmen an, gefolgt von der Metropolregion Berlin-Brandenburg mit 2,9 gegründeten Unternehmen. Auf dem dritten Platz positioniert sich die nördlichste Metropolregion Hamburg (2,8). Die Regionen Frankfurt/Rhein-Main (1,1) sowie Rhein-Neckar (1,1) liegen eng zusammen und belegen die letzten beiden Plätze.

¹ Solche Leitveranstaltungen (sog. field configuring events) wurden bei der Datenerhebung nicht berücksichtigt.

Abbildung 4-8: Unternehmensgründungen mit Wasserstoffbezug

Unternehmensgründungen mit Wasserstoffbezug je 10.000 Unternehmen seit 2013



Quelle: IW Consult (2023)

Deep Dive Metropole Ruhr: Die Hälfte der wasserstoffaffinen Unternehmensgründungen in der Metropole Ruhr entstanden seit 2019. Die Stadt Essen zählt zu einem zentralen Hotspot in der Metropole Ruhr für neugegründete Unternehmen, deren Geschäftsmodell eine Affinität zur Wasserstofftechnologie und dessen Einsatzmöglichkeiten aufzeigen. Jede dritte wasserstoffaffine Unternehmensgründung seit dem Jahr 2013 hat ihre Geburtsstätte in Essen.

Die wasserstoffaffinen, neugegründeten Unternehmen decken eine hohe Bandbreite der Wasserstoff-Wertschöpfungskette ab. Es befinden sich darunter sowohl Hersteller von Elektrolyseuren und dessen Komponenten (z. B. Membrasenz GmbH) sowie Brennstoffzellen (z. B. Hyref GmbH) und Stacks (z. B. WEW GmbH). Zudem entwickelt das Start-up Greenlyte Carbon Technologies eine sog. direct air capture technology, um CO₂ direkt aus der Atmosphäre für die Herstellung von Wasserstoff zu nutzen. Das Unternehmen xemx setzt auf KI, um die Kosten für den Einsatz von Wasserstofftechnologien durch neue Materialien zu senken. Mit der Kueppers Solutions GmbH ist in Gelsenkirchen zudem ein Unternehmen ansässig, das den Einsatz von Wasserstoff in der Industrie durch wasserstoffbasierte Brenner ermöglicht. Auch Dienstleister sind in der Metropole Ruhr heimisch

und unterstützen gewerbliche Akteure bei der Integration von neuen (wasserstoffbasierten) Energiesystemen (z. B. evety, Hycon GmbH, encoord GmbH).

Mit dem Start-up-Hub H2UB ist zudem ein Player aktiv, der weitere wasserstoffaffine Gründungen fördert und maßgeblich zur (inter)nationalen Vernetzung der Wasserstoffwirtschaft bzw. wasserstoffaffiner Unternehmen(sgründungen) beiträgt. Der H2UB bewertet vier wasserstoffaffine Gründungen in der Metropolregion Ruhr als Start-ups, also junge Unternehmen mit einem großen Skalierungspotenzial.

Aus der starken Produktionsorientierung einiger der Unternehmen könnten mittel- bis langfristig bei entsprechender Skalierung auch weitere Arbeitsplatzeffekte im Bereich der industriellen Produktion entstehen.

4.6 Qualitative Beurteilung der Wasserstoffökosysteme

Die bereits vorgestellten Indikatoren dienen einer möglichst objektiven Erhebung der Innovationssysteme in den Metropolregionen. Darüber hinaus spielen auch individuelle Einschätzungen zur Leistungsfähigkeit der metropolitanen Regionen eine Rolle, zum Beispiel wenn Unternehmen oder Kapitalgeber Standort- oder Investitionsentscheidungen treffen müssen.

Um solche eher impliziten Aspekte der metropolitanen Leistungsfähigkeit zu erfassen, wurden die Mitglieder des Nationalen Wasserstoffrats zu den Aspekten Unternehmenslandschaft, Forschungslandschaft, Wasserstoffinfrastruktur sowie Cluster und Initiativen als neutrale Begutachter befragt (zur Methodik vgl. Kapitel 6.6). In der Gesamtbetrachtung bewerten die Befragungsteilnehmer und -teilnehmerinnen die Voraussetzungen, um zu einer Wasserstoffregion zu werden, in der Metropolregion Ruhr am besten, gefolgt von der Metropolregion Hamburg.

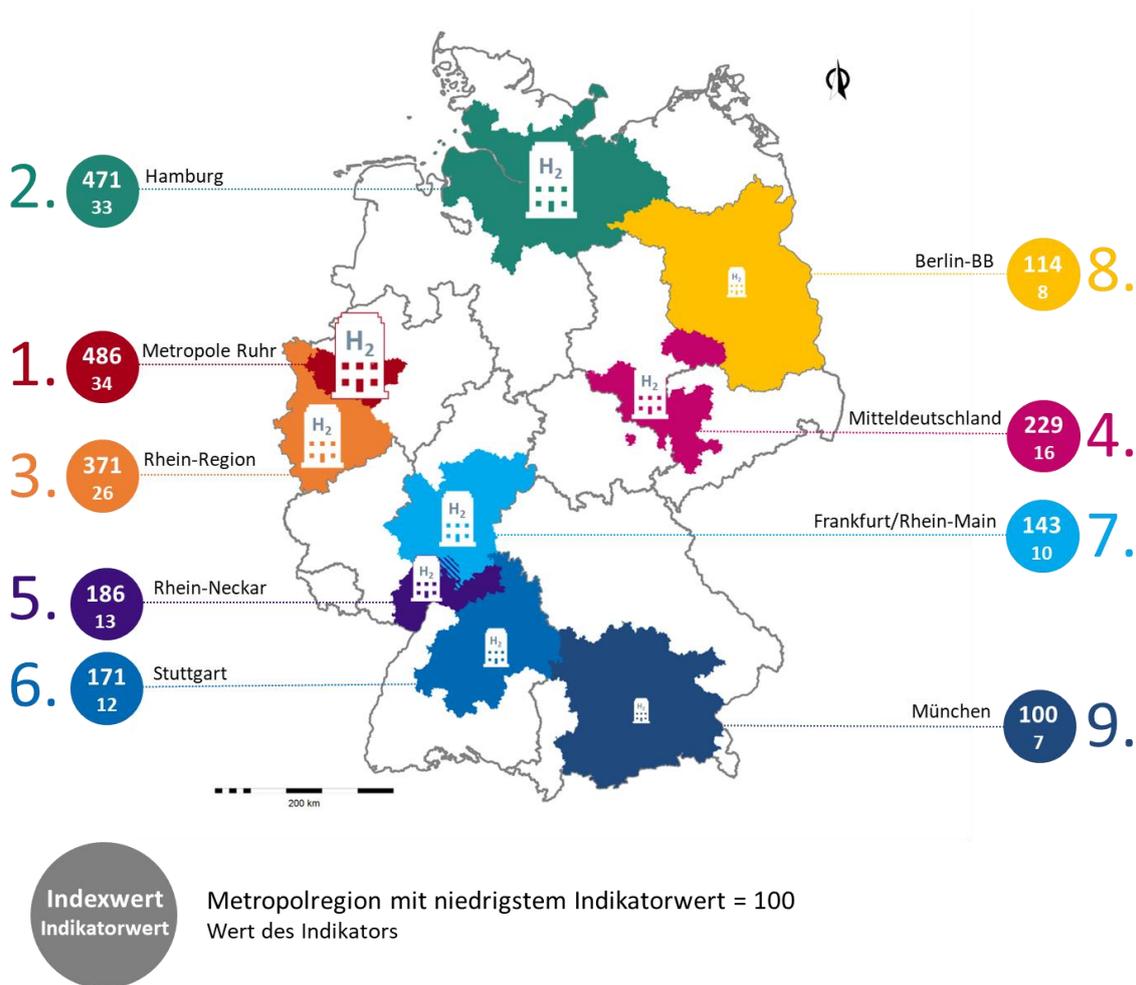
4.6.1 Unternehmenslandschaft

Die an der Befragung teilgenommenen Mitglieder des Nationalen Wasserstoffrats bewerten die regionale Unternehmenslandschaft für die Entwicklung einer Wasserstoffregion in der Metropolregion Ruhr am besten. Diese qualitative Einschätzung der Voraussetzungen deckt sich auch mit der tatsächlichen datenbasierten Erhebung aus Kapitel 4.3. Die Dichte der wasserstoffaffinen Unternehmen ist im Vergleich der berücksichtigten Metropolregionen am höchsten.

Die Voraussetzungen der Unternehmenslandschaft in der Metropolregion Hamburg werden besser bewertet, als das Webcrawling-Ergebnis aus Kapitel 4.3 indiziert. Besonders auffallend ist zudem die geringe Bewertung der südlichsten Metropolregion. Eine mögliche Ursache für das schwache Abschneiden der Metropolregion München mag in der Wirtschaftsstruktur (Automobilindustrie, IT) liegen, obgleich das Gründungsökosystem auch wasserstoffaffine Gründungen hervorbringt (vgl. Kapitel 4.5).

Abbildung 4-9: Beurteilung der Unternehmenslandschaft

Punkte im Teilbereich Unternehmen



Quelle: Befragung der Mitglieder des Wasserstoffrats (IW Consult 2023)

4.6.2 Forschungslandschaft

In seinem Eckpunktepapier (Nationaler Wasserstoffrat, o. J.) und Aktionsplan (Nationaler Wasserstoffrat, 2021) bekräftigt der Nationale Wasserstoffrat die Bedeutung von Forschung und Entwicklung für die Integration der Wasserstofftechnologie in Wirtschaft, Gesellschaft und in der Industrie. Schwerpunkte von Forschung und Entwicklung werden in den nächsten Jahren vor allem in der Erprobung und Verifizierung der Wasserstofftechnologie und ihrer Systemintegration gesehen. Die Implementierung und Umstellung industrieller Prozesse auf einen neuen technologischen Ansatz erfordert Referenzprojekte, um Wirtschaftlichkeit und Skalierbarkeit zu gewährleisten. Mit dem Roll-out folgen zeitnah weitere Fragen zur Re-Organisation von Wertschöpfungsketten, Ressourceneffizienz/ Kreislaufwirtschaft sowie Qualifikation der Beschäftigten.

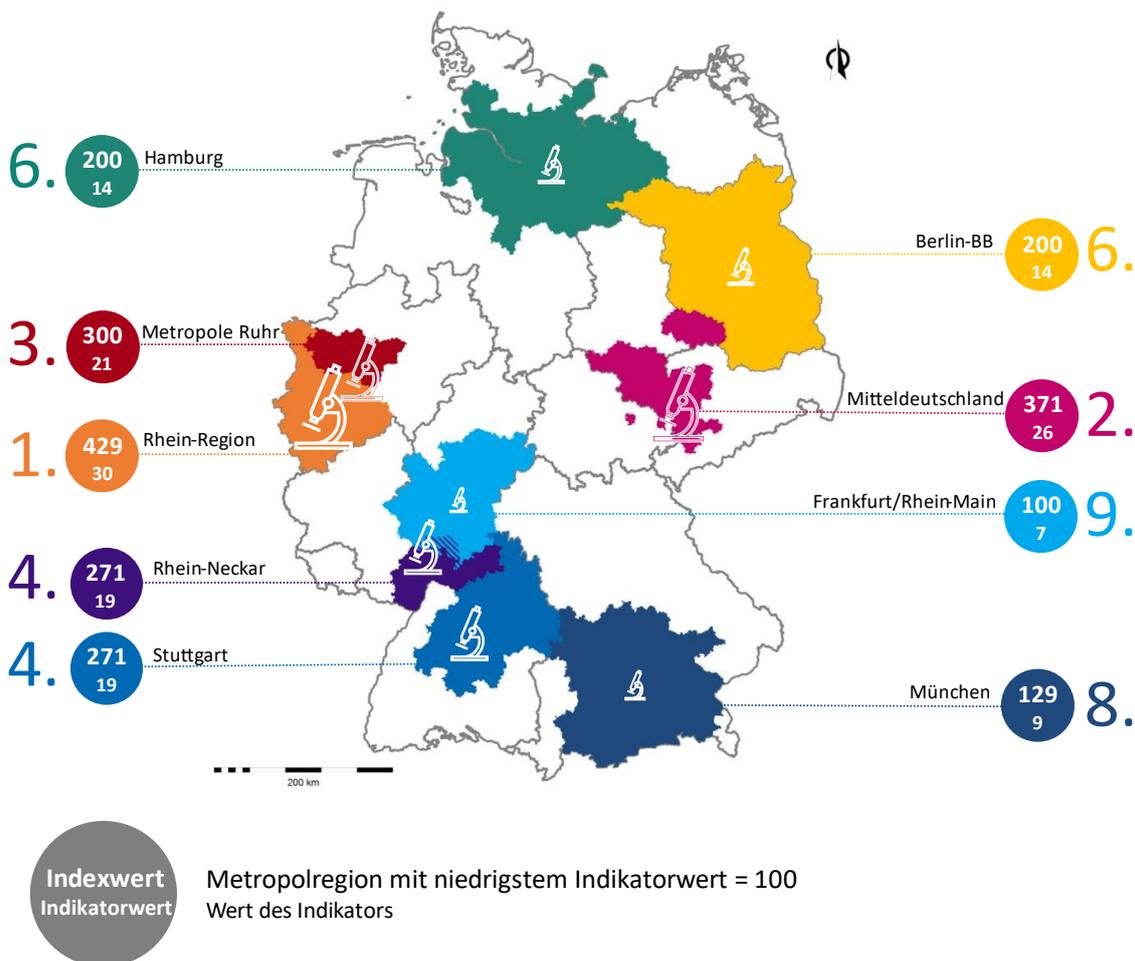
Die besten Voraussetzungen, um diese Schritte durch Forschung zu begleiten, werden der Rhein-Region attestiert. Auch Mitteldeutschland schneidet mit dem zweiten Rang vorne ab. Ein wesentlicher Treiber für die gute Bewertung Mitteldeutschlands kann im Hydrogen Lab Leuna der Fraunhofer Gesellschaft im Chemiepark Leuna gesehen werden. Mit mehr als 10 Mio. Euro fördern die EU und das

Land Sachsen-Anhalt eine umfassende Testinfrastruktur für Elektrolyseure im Industriemaßstab, den Wasserstofftransport via Pipeline und die Modellierung von Betriebsszenarien (Fraunhofer IWES, 2023).

Die beiden letzten Plätze belegen die Metropolregionen München sowie Frankfurt/Rhein-Main. Obgleich mit dem Netzwerk TUM.Hydrogen and PtX an der Technischen Universität München das Thema Wasserstoff durch eine starke Universität bespielt wird und auch ein vergleichsweise großer Anteil an Forschungsmitteln einen Bezug zum Thema Wasserstoff aufweisen (vgl. Kapitel 4.2.1), werden anderen Metropolen bessere Voraussetzungen attestiert.

Abbildung 4-10: Beurteilung der Forschungslandschaft

Punkte im Teilbereich Forschung



Quelle: Befragung der Mitglieder des Wasserstoffrats (IW Consult 2023)

4.6.3 Wasserstoffinfrastruktur

Die Erzeugung günstigen Wasserstoffs auf der einen sowie die Sicherstellung des Transports auf der anderen Seite sind Notwendigkeiten, wenn Unternehmen in wasserstoffbasierte Prozesse und Technologien investieren sollen. Neben dem Infrastrukturauf- und -ausbau in und mit Ländern, aus denen

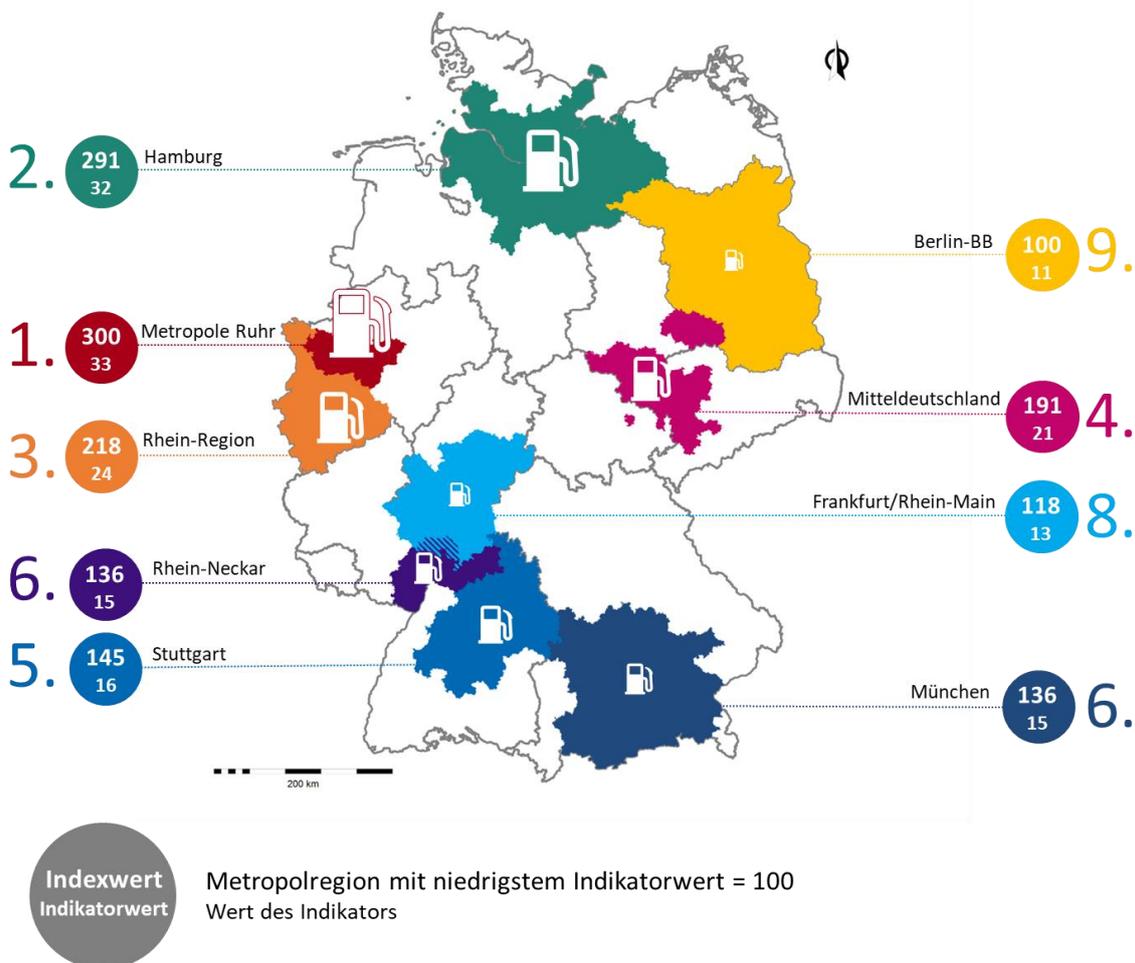
die EU und Deutschland Wasserstoff und dessen Derivate importieren möchten (z. B. Spanien, Norwegen), gilt es, auch die heimischen Infrastrukturen fit für die Treibhausgasneutralität zu machen.

In Deutschland bestehen bereits Infrastrukturen zur Erzeugung und für den Transport von Wasserstoff. Das 240 km lange Transportnetz im Rhein-Ruhr-Gebiet, das von Air Liquide betrieben wird, zählt deutschlandweit zu den bekanntesten. Im Chemiapark Leuna transportiert eine Pipeline von 157 km Länge Wasserstoff zu den Nutzern in der Region. Vorgeschaltet sind eine Erzeugungsanlage sowie Teststände für Elektrolyseure bis 5 MW (Fraunhofer IWES, 2023). Auch in kleinerem Maßstab existieren Infrastrukturen, die Wasserstoff transportieren, wie etwa zwischen Heide und Brunsbüttel auf einer Distanz von 30 km (TÜV Nord, o. J.).

Im BMBF-Leitprojekt TransHyDE werden neue Wege beim Transport von Wasserstoff beschritten. So wird beispielsweise an neuen Speicherbehältnissen oder Trägermaterialien geforscht oder die Umstellung von Erdgasleitungen auf Wasserstoff erprobt und analysiert (BMBF, o. J.)

Abbildung 4-11: Beurteilung der Wasserstoffinfrastruktur

Punkte im Teilbereich Infrastruktur



Quelle: Befragung der Mitglieder des Wasserstoffrats (IW Consult 2023)

Der nationale Wasserstoffrat bewertet die infrastrukturellen Voraussetzungen in den nördlichen und westlichen Metropolregionen am besten. Die Metropole Ruhr, die Metropolregion Hamburg sowie die

Rhein-Region belegen die ersten drei Plätze in der Wertungskategorie Infrastruktur. Dies ist im Zusammenhang mit dem aktuellen Ausbaustand sowie den politischen Plänen für den weiteren Infrastrukturausbau zu sehen. In den Metropolregionen Ruhr und Rhein führen Pipelines heute schon Wasserstoff, das Tankstellennetz von H2 Mobility ist vergleichsweise dicht ausgebaut. Zudem zeigt das H2-Startnetz, dass der Norden und Westen zuerst per Pipeline mit Wasserstoff versorgt werden wird (FNB Gas, 2021a).

4.6.4 Wasserstoff-Cluster und -Initiativen

Cluster, Netzwerke und Initiativen dienen dem Austausch von Wissen, der Bildung von Allianzen, dem Ausloten von Kooperationen und helfen, Interessen vor Politik und Gesellschaft zu vertreten. Für die innovativen Potenziale einer Region spielen sie daher eine wichtige Rolle.

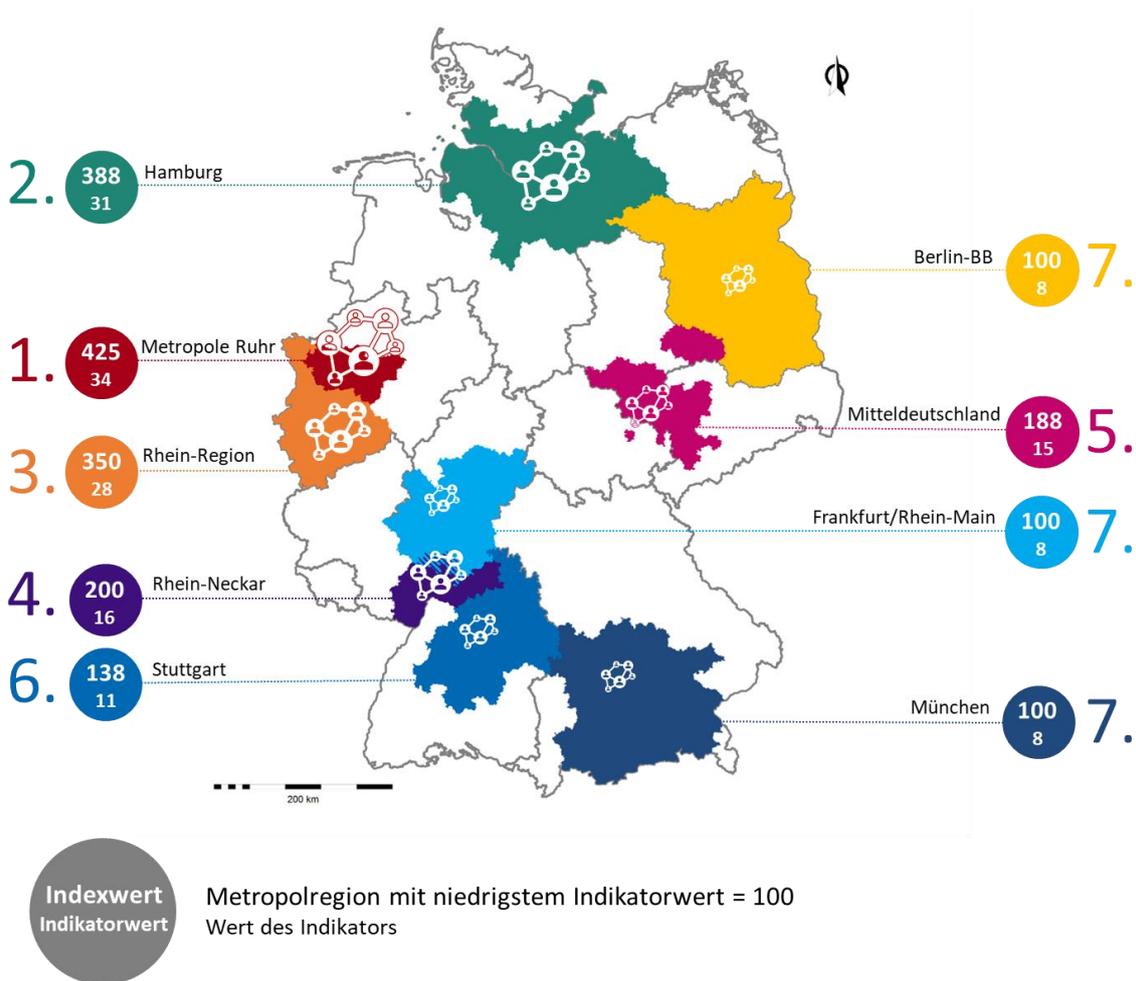
Nach Ansicht des Wasserstoffrats ist die regionale Vernetzungslandschaft in der Metropole Ruhr am stärksten ausgeprägt. Begünstigend mag die dichte Ballung von Unternehmen, Medien, wissenschaftlichen Einrichtungen, Schulen und Ausbildungsstätten sein. Gleichzeitig ist die ehemalige Montanregion ein gesellschaftlicher Schmelztiegel mit umfangreicher Transformationserfahrung.

Die Plätze zwei und drei belegen die Metropolregion Hamburg sowie die Region Rhein. Damit ist der subjektive Eindruck der Rhein-Region besser als die quantitative Einschätzung in Kapitel 4.4. Demgegenüber steht die Metropolregion Mitteldeutschland. Während sie die quantitative Messung in Kapitel 4.4 anführt, landet die Netzwerklandschaft bei der Befragung nur im Mittelfeld.

Ursächlich für Abweichungen zwischen quantitativer Erhebung und qualitativer Einschätzung durch den Nationalen Wasserstoffrat können verschiedene Aspekte sein. Zum einen setzt die quantitative Erfassung in Kapitel 4.4 die Anzahl der Netzwerke in Relation zur Einwohnerzahl. Eine solche Bezugsgröße war für die qualitative Bewertung der Netzwerklandschaft nicht gefordert. Zum anderen mögen in die qualitative Bewertung weitere Faktoren eingeflossen sein, die quantitativ nicht erhoben wurden. Hierzu zählt zum Beispiel die Leistungsfähigkeit der Netzwerke. So kann mitunter ein großes, aktives Netzwerk stärker wahrgenommen werden als viele kleine Netzwerke und vice versa. Sowohl absolut als auch relativ schneidet die Rhein-Region in der quantitativen Erfassung schwach ab. Nichtsdestotrotz attestieren die Mitglieder des Nationalen Wasserstoffrats den vorhandenen Vernetzungsmöglichkeiten aussichtsreiche Potenziale für den Hochlauf.

Abbildung 4-12: Beurteilung der Wasserstoffinitiativen

Punkte im Teilbereich Infrastruktur



Quelle: Befragung der Mitglieder des Wasserstoffrats (IW Consult 2023)

5 Wasserstoffinfrastrukturen in der Metropole Ruhr

Die Herausforderungen des Wasserstoffhochlaufs liegen insbesondere darin, dass für das Produkt „Wasserstoff“ aktuell noch kein bzw. nur ein sehr kleiner Markt besteht. Sowohl Angebot als auch Nachfrage ist außerhalb der Grundstoffindustrie heute noch gering, auch wenn sie zukünftig steigen werden. Politische Akteure stehen demnach vor der Herausforderung, sowohl Anreize für Nachfrage zu schaffen als auch für die Bereitstellung eines passenden Angebots zu werben bzw. hierfür Rahmenbedingungen bereitzustellen, die Unternehmen befähigen, wasserstoffbasierte Geschäftsmodelle zu entwickeln und so neue Märkte zu erzeugen.

Ein wichtiger Stellhebel für die Entwicklung eines Marktes sind infrastrukturelle Voraussetzungen, die den Transport von Erzeugern zu Anwendern ermöglichen. Wasserstoff soll Deutschland sowohl über den Land- als auch den Seeweg erreichen und heimisch erzeugter Wasserstoff ebenso verteilt werden.

Grundlage für die Entwicklung von Transportwegen auf dem Land ist das H₂-Startnetz der FNB Gas (FNB Gas, 2021a). Aufgrund der hohen Dichte an Industrieunternehmen in der Metropole Ruhr wird ein ebenso dichtes Verteilnetz per Pipeline innerhalb der Metropole Ruhr erwartet. Nicht zuletzt auch durch die Nähe zu den Niederlanden und somit dem Seehafen in Rotterdam wird die Metropole Ruhr über einen direkten Anschluss an das European Hydrogen Backbone verfügen. Die infrastrukturelle Anbindung an das Verteilnetz auf dem Landweg kann so zu einer zentralen Stärke des Industriestandorts werden.

Neben dem Landweg verfügt die Metropole Ruhr über große Potenziale, Wasserstoff über den Seeweg zu beziehen. Von den insgesamt 121 Binnenhäfen in Deutschland liegen 33 in Nordrhein-Westfalen und davon 14 im Ruhrgebiet (iPLUSm, 2023). Im Kontext der Dekarbonisierung ist zu erwarten, dass sich die Binnenhäfen vom Umschlagplatz von Stück- und Schüttgut zu Drehscheiben für nicht-fossile Energieträger weiterentwickeln. So können beispielsweise auch in Binnenhäfen durch die hafennahe Umwandlung von Wasserstoff-Derivaten Wasserstoffherzeugung und Einspeisung in weitere Verteilnetze stattfinden. Darüber hinaus werden sich – ähnlich wie im motorisierten Individual- oder Flugverkehr – die Antriebsformen im Schiffsverkehr verändern (Verkehrsverband Westfalen e.V./IW Consult, 2022). Daher widmet sich das EU-Projekt RH₂ine dem Aufbau eines europäischen Korridors für eine wasserstoffbasierte Schifffahrt zwischen Rotterdam, Amsterdam, Duisburg, Düsseldorf, Neuss und Köln (RH₂ine, o. J.). Im Kontext des Klimahafens Gelsenkirchen wird der Bau einer H₂-Tankstelle auf dem Hafengelände geprüft, um die Dekarbonisierung des Güterumschlags zu forcieren (Klimahafen

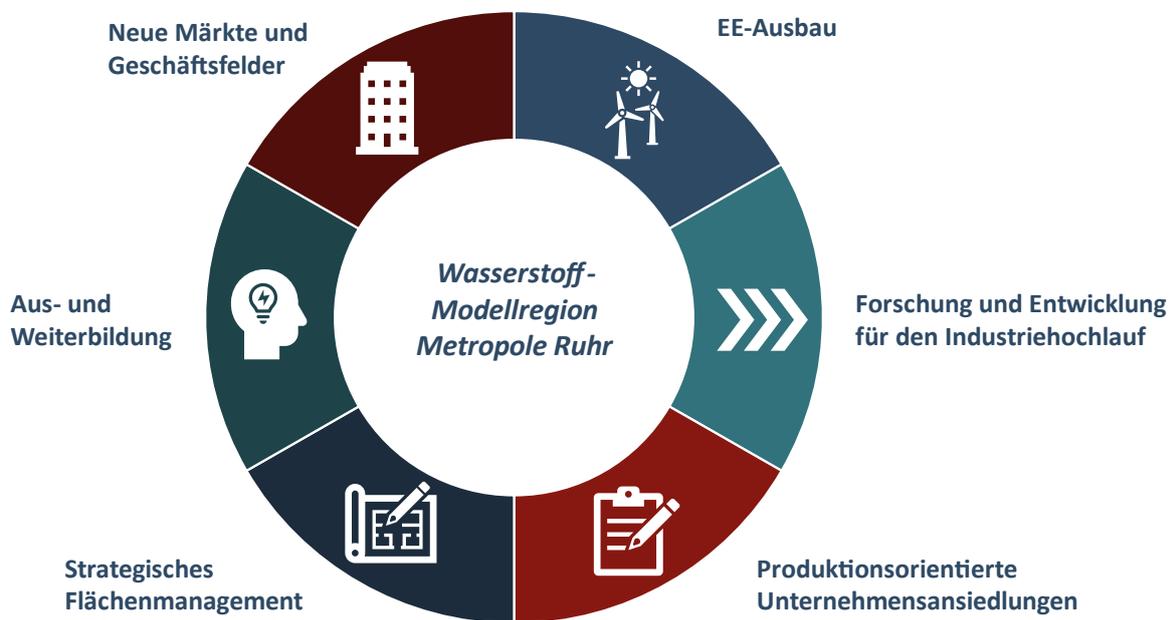
Gelsenkirchen, 2023). Im Hafen Duisburg soll das erste klimaneutrale Containerterminal Europas entstehen, das Wasserstoff und erneuerbare Energien nutzt. Dafür soll u.a. ein Elektrolyseur zur Energieversorgung und eine Wasserstofftankstelle errichtet werden (Fraunhofer UMSICHT, 2021a; Duisport, 2022). Ähnliche Pläne verfolgt der Hafenverbund DeltaPort (Fraunhofer UMSICHT, 2021b).

Auch im Straßenverkehr soll nach Plänen des Bundes Wasserstoff in Brennstoffzellen zum Einsatz kommen. Insbesondere für den Schwerlastverkehr werden Potenziale gesehen aufgrund der höheren Reichweite und den größeren Zuladungsmöglichkeiten gegenüber batteriebetriebenen LKW. Neben dem Fortschritt technologischer Entwicklungen und den Kosten für die Umrüstung der betrieblichen Flotten ist für die Akzeptanz dieser Antriebstechnologie die Versorgung mit Tankstellen entscheidend. Aktuell existieren insgesamt sechs öffentliche 700-bar-Tankstellen in der Metropole Ruhr an den Standorten Duisburg, Essen, Herten, Dortmund, Kamen und Mülheim a. d. Ruhr. Damit ist die Versorgungslage im Ruhrgebiet deutlich besser als in den Metropolregionen Mitteldeutschland und Hamburg. Auf 1 Millionen Einwohner kommen allerdings nur 1,2 Wasserstofftankstellen in der Metropole Ruhr, in Mitteldeutschland nur 0,8, in Hamburg 0,9. Mit 700 bar Druck werden vorrangig PKW und kleinere Nutzfahrzeuge betankt. Der Schwerlastverkehr hingegen benötigt Tankmöglichkeiten, die mit 350 bar Druck betrieben werden. In der Metropole Ruhr ist das Betanken schwerer Nutzfahrzeuge allerdings ausschließlich in Herten möglich (H2 Mobility, 2023). Die Landesregierung hat diese infrastrukturelle Lücke bereits erkannt und stellt 20 Millionen Euro Unterstützung zur Verfügung. Ziel ist es, bis zum Jahr 2030 200 öffentliche Wasserstoff-Tankstellen für schwere Nutzfahrzeuge in NRW installiert zu haben (MWIKE, 2023).

Für den weiteren Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in der Metropole Ruhr sowie in der Bundesrepublik ist weiterhin die Parallelisierung unterschiedlicher Arbeitsebenen entscheidend. Die Fortschreibung der NWS bündelt Maßnahmen, um Angebot und Nachfrage simultan voranzutreiben (BMWK, 2023a). Auf regionaler Ebene müssen ergänzende Rahmenbedingungen (Flächen, Fachkräfte, Kompetenzen) geschaffen werden, um Innovationen und notwendige Anpassungen in den Unternehmen zu ermöglichen.

Für die Metropole Ruhr kann dies bedeuten, die Region zu einer Wasserstoffmodellregion weiterzuentwickeln (vgl. Abbildung 5-1). Ausgangspunkt ist der hohe Bedarf an Wasserstoff für industrielle Anwendung. In Kombination mit den Stärken des Innovationssystems in Bezug auf Wissensgenerierung, -anwendung und -diffusion ermöglicht die Metropole Ruhr eine innovationsgetriebene Dekarbonisierung der Industrie und der Industrieunternehmen. Dies muss allerdings auch von weiteren günstigen Rahmenbedingungen flankiert werden. Hierzu zählt neben dem Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur (Pipelines) auch eine dezentrale Versorgung mit erneuerbaren Energien. Weitere relevante Themenfelder umfassen die Forcierung produktionsorientierter, wasserstoffaffiner Unternehmensansiedlungen und damit verbunden ein strategisches Flächenmanagement. Daneben werden passendes Fachpersonal und entsprechende Qualifizierungsangebote benötigt sowie Innovationen in Grundlagen- und Anwendungsforschung mit dem Ziel, Unternehmen in die Lage zu versetzen, sich neue Märkte und Geschäftsfelder zu erschließen.

Abbildung 5-1: Relevante Themen- und Maßnahmenfelder für eine Wasserstoff-Modellregion Metropole Ruhr



Quelle: IW Consult (2023)

6 Methodische Vorgehensweise

6.1 Abgrenzung der Metropolregionen

Die Metropolregionen sind kreisscharf abgegrenzt. Folgende Besonderheiten sind jedoch zu berücksichtigen:

- ▶ Die Stadt Duisburg sowie der Kreis Wesel werden nur der Metropole Ruhr zugeordnet, nicht aber der Metropolregion Rhein.
- ▶ In der Metropolregion Stuttgart werden ausschließlich gesamte Landkreise berücksichtigt.
- ▶ Die kreisfreie Stadt Worms sowie der Landkreis Bergstraße zählen sowohl zur Metropolregion Rhein-Neckar als auch Frankfurt/Rhein-Main.

Die Metropolregion Ruhr ist überwiegend städtisch geprägt, die Metropolregionen Stuttgart ist überwiegend durch Landkreise geprägt. Gemessen an der Fläche ist die Metropole Ruhr die kleinste Metropolregion. Die geringste Bevölkerung verteilt sich auf die Metropolregion Rhein-Neckar.

Tabelle 6-1: Übersicht über die Metropolregionen

Metropolregion	Kreisfreie Städte (Anzahl)	Landkreise (Anzahl)	Fläche insgesamt in km ² (31.12.2021)	Einwohner insgesamt (31.12.2021)
Ruhr	11	4	4.439	5.094.817
Hamburg	4	17	28.529	5.425.628
Rhein	9	11	11.002	7.756.127
Frankfurt/Rhein-Main	7	18	14.753	5.821.724
München	6	27	25.544	6.191.410
Berlin-Brandenburg	5	14	30.545	6.215.340
Rhein-Neckar	8	7	5.636	2.419.792
Stuttgart	3	17	15.425	5.465.093
Mitteldeutschland	6	7	10.567	2.634.080

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf Genesis regional

6.2 Identifizierung von wasserstoffaffinen Unternehmen

Die Wasserstoffwirtschaft wird in amtlichen Statistiken nicht einer eigenständigen Branche zugewiesen. Dadurch ist eine statistische Abschätzung der Bedeutung nicht ohne weiteres durchführbar. Mittels eines Webcrawlers ist es jedoch möglich, die Websites aller Unternehmen in Deutschland mit einer Online-Präsenz zu durchsuchen. Dazu wird eine Wortwolke gebildet, die 20 Begriffe beinhaltet, die typisch für ein Unternehmen der Wasserstoffwirtschaft bzw. mit Wasserstoffaffinität sind. Mögliche Synonyme und englischsprachige Entsprechungen werden ebenfalls berücksichtigt.

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 als wasserstoffaffin identifiziert und in die Analyse aufgenommen. Der Schwellenwert hierfür beträgt zwei Treffer, d. h. in mindestens zwei Oberkategorien muss jeweils mindestens ein Begriff getroffen werden.

Der Ansatz des Webcrawlings ermöglicht es, die Websites von rund 3,5 Millionen Unternehmen in Deutschland zu durchsuchen. Im Ergebnis wurden über 4.400 wasserstoffaffine Unternehmen identifiziert. Die gewonnenen Daten sind geocodiert und können den 400 kreisfreien Städten und Landkreisen in Deutschland zugeordnet werden. Dies erlaubt im weiteren Vorgehen eine Auswertung auf den kreisscharfen Zuschnitten der Metropolregionen.

6.3 Identifizierung von wasserstoffaffinen Unternehmensgründungen

Der Indikator „wasserstoffaffinen Unternehmensgründungen“ berücksichtigt Gründungen ab dem Jahr 2013. Um relevante Unternehmensgründungen zu identifizieren, wurde auf unterschiedliche Datenquellen zurückgegriffen:

- ▶ Die Datenbank Crunchbase informiert über Investitionen in Technologieunternehmen (z. B. im Kontext von Joint Ventures oder Übernahmen). Darin enthalten sind Informationen zur Gründung sowie zum Unternehmenssitz. Über die Verwendung relevanter Suchbegriffe wurden potenziell relevante Unternehmen identifiziert. In einem zweiten Schritt wurden die identifizierten Unternehmen nach Gründungsjahr und Unternehmenssitz gefiltert und die Wasserstoffaffinität über Webrecherche geprüft.
- ▶ Die EU-Start-up Database wurde nach einem analogen Verfahren durchsucht.
- ▶ Die Teilnehmer der diesjährigen Hydroverse Convention wurden ebenfalls auf Gründungsjahr und Unternehmenssitz geprüft.
- ▶ Das Webcrawling (vgl. Kapitel 6.2) enthält auch Angaben zum Gründungsjahr der Unternehmen. Die Wasserstoffaffinität potenziell relevanter Unternehmen wurde in einem zweiten Schritt händisch überprüft.
- ▶ Über eine manuelle Webrecherche wurden weitere Unternehmensgründungen identifiziert.

Die Wasserstoffaffinität von Unternehmen ist gegeben, wenn diese (a) Komponenten zum Beispiel für eine Brennstoffzelle oder einen Elektrolyseur bauen, (b) Wasserstoff in die Anwendung bringen (z. B. Umrüstungsunternehmens von Nutzfahrzeugen) oder (c) konkrete Beratung für den Einsatz von Wasserstoff anbieten.

6.4 Identifizierung von Hochschulen und FuE-Einrichtungen bzw. -projekten

Hochschulen, Forschungseinrichtungen sowie assoziierte Projekte (vgl. Kapitel 4.1 und 4.2) wurden über die Forschungsmanagement- und Forschungsprojektdatenbanken des Bundes und der Europäischen Union identifiziert. Hierfür wurde eine Datenbank aufgebaut, die Informationen zu Forschungsrahmenprogrammen der EU (z. B. Horizon, 2020; Horizont Europa) sowie zu nationalen Programmen des BMBF, BMWK, BMU und BMDV enthält. Die entwickelte Datenbank bildet die wesentlichen kooperationsbasierten Forschungsaktivitäten auf europäischer und nationaler Ebene ab.

Abermals wurden in dieser Datenbank per Suchbegriffe wasserstoffaffine Forschungsprojekte identifiziert. Berücksichtigt wurden alle in den Datenbanken abgebildeten Projekte ohne zeitliche Einschränkung und unabhängig von ihrer Laufzeit.

6.5 Identifizierung von Wasserstoffnetzwerken

In Deutschland wird das Thema Wasserstoff von vielen Akteuren vorangetrieben. Hierzu zählen einerseits bundesweite Verbände (z. B. Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband DWV, DVWG Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bundesverband Energiespeicher Systeme e.V. (BVES)). Andererseits befinden sich darunter auch branchen- bzw. unternehmensübergreifende Netzwerke (z. B. clean power net, Clean Intralogistics Net). Daneben existieren eine Reihe lokaler bzw. regionaler sowie überregionaler Netzwerke, die Unternehmen zum Thema Wasserstoff zusammenbringen (z. B. h2-netzwerk-ruhr, H2 Süd).

Während Verbände für alle Metropolregionen berücksichtigt wurden, wurden kleinere, spezialisierte Zusammenschlüsse wie Clean Intralogistics anhand ihrer beteiligten Unternehmen den Metropolregionen zugeordnet. Alle regionalen Initiativen und Netzwerke wurden den jeweiligen Metropolregionen zugeordnet. Ausschlaggebend für die Verortung war der regionale Bezug, der aus der Webseitenrecherche oder dem Impressum hervorging.

Die Netzwerke und Initiativen wurden per Desk Research und Webrecherche zusammengetragen.

6.6 Befragung des Nationalen Wasserstoffrats

Der Nationale Wasserstoffrat ist ein durch die Bundesregierung berufenes, unabhängiges Gremium, das die Bundesregierung bei der strategischen Entwicklung einer nationalen Wasserstoffwirtschaft berät. Mit Stand März 2023 beziehen 25 Expertinnen und Experten (11 Frauen, 14 Männer) aus Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft regelmäßig Stellung zu politischen Entscheidungen, die den Markthochlauf und die Implementierung von Wasserstoff in bestehende Prozesse beeinflussen. 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.

Die Mitglieder des Nationalen Wasserstoffrats wurden in einer Kurzbefragung gebeten, ausgewählte Rahmenbedingungen in den berücksichtigten Metropolregionen zu bewerten. Dabei sollten die neun Metropolregionen in eine Rangfolge zu den Themen Unternehmens- und Forschungslandschaft, Wasserstoffinfrastruktur sowie Wasserstoff-Cluster und -initiativen gebracht werden. Diese Rangfolge gibt darüber Aufschluss, welche Region die besten bzw. schwächsten Ausgangsbedingungen aufweist. Von den 25 befragten Experten und Expertinnen nahmen fünf Mitglieder teil; vier Mitglieder schlossen die fünfminütige Befragung vollständig ab. Dies entspricht einer Rücklaufquote in Höhe von 16 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.

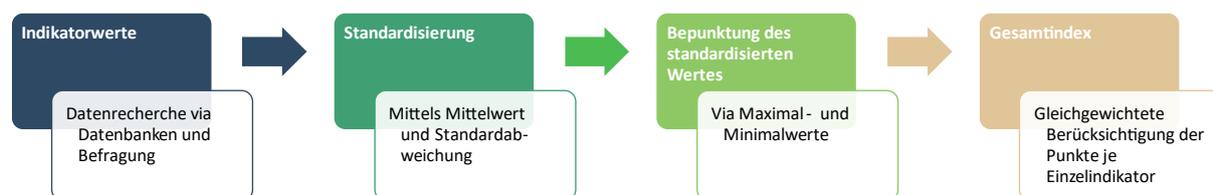
Die Befragung komplementiert die Ergebnisse des Wasserstoffrankings. Die Befragungsergebnisse ergänzen eine qualitative Komponente, um zu verstehen, welche Informationslücken über regionale Charakteristika und räumliche Ausstattungsmerkmale bestehen, und welche Regionen in welchen Bereichen besondere Potenziale aufweisen, die in der datenbezogenen Untersuchung nicht ausreichend abgebildet werden konnten.

6.7 Indexberechnung

Der Gesamtindex berücksichtigt die elf Indikatoren aus den Abschnitten 4.1 bis 4.6 gleichgewichtet. Das verwendete Verfahren nutzt den Mittelwert und die Standardabweichung der Werte der neun Metropolregionen bei jedem Indikator, um die Werte zu standardisieren. Dieses Vorgehen berücksichtigt die unterschiedliche hohe Streuung der Einzelindikatoren. Nach der Standardisierung werden Maximal- und Minimalwerte festgelegt. Die Punkte werden dann 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 und 4). Die Indexwerte der Einzelindikatoren dienen lediglich der besseren Anschaulichkeit. Zur Berechnung des Gesamtindex werden die tatsächlichen Indikatorwerte und nicht die Indexwerte herangezogen.

Abbildung 6-1: Verfahren der Indexberechnung

Abfolge der Analyseschritte



Quelle: IW Consult (2023)

7 Literaturverzeichnis

amprion, 2020, Wasserstoff: Im Markt und im Netz wichtig, <https://www.amprion.net/Netzjournal/Beitr%C3%A4ge-2020/> (07.06.2023)

amprion, 2019, Amprion und OGE treiben ihr Power-to-gas-Projekt "HYBRIDGE" voran, Pressemitteilung vom 11.02.2019, https://www.amprion.net/Presse/Presse-Detailseite_18113.html

Bathelt, Harald / Glückler, Johannes, 2016, Wirtschaftsgeographie. Ökonomische Beziehungen in räumlicher Perspektive, Stuttgart (3. Auflage)

BMBF, o. J., Wie das Leitprojekt TransHyDE eine Wasserstoff-Transport-Infrastruktur entwickeln will, <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/transhyde> (21.08.2023)

BMDV, 2022, Rückenwind aus Brüssel für vier erste Wasserstoff-Großprojekte aus Deutschland, Pressemitteilung vom 15.07.2022, <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2022/052-eu-kommission-genehmigt-41-wasserstoff-grossprojekte.html> (21.08.2022)

BMDV, o. J., HyLand –Wasserstoffregionen in Deutschland, <https://www.hy.land/> (28.06.2023)

BMR Business Metropole Ruhr GmbH, 2022, Regionale Koordinierungsstelle für Wasserstoff bei BMR und RVR, Pressemitteilung vom 04.01.2022, <https://www.business.ruhr/aktuelles/news/regionale-koordinierungsstelle-fuer-wasserstoff-industrielle-und-klimafreundliche-erneuerung> (28.06.2023)

BMWK, 2023a, Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS 2023), Berlin

BMWK, 2023b, IPCEI Wasserstoff: Gemeinsam einen Europäischen Wasserstoffmarkt schaffen, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/ipcei-wasserstoff.html> (21.08.2023)

BMWK, 2022, Europäische Kommission genehmigt 41 Wasserstoff-Großprojekte – Rückenwind aus Brüssel für vier erste Projekte aus Deutschland, Pressemitteilung vom 15.07.2022, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/07/20220715-europaeische-kommission-genehmigt-41-wasserstoff-grossprojekte.html> (21.08.2022)

CORDIS, 2022, Electron Transfer Across Solid/Liquid Interfaces: Elucidating Elementary Processes from Femtoseconds to Seconds, <https://cordis.europa.eu/project/id/772286/de>

Croll, Hannelore, 2023, Der Wasserstoff-Zug gerät zum Debakel, DIE WELT vom 22.05.2023

Duisport, 2022, Energiewende im Duisburger Hafen – Duisburg Gateway Terminal (DGT): Offizieller Startschuss für das Projekt enerPortII, PM vom 03.03.2022, <https://www.duisport.de/energiewende-im-duisburger-hafen-duisburg-gateway-terminal-dgt-offizieller-startschuss-fuer-das-projekt-ener-port-ii/> (21.08.2023)

Dutch Marine Energy Centre, 2023, EU-SCORES, <https://euscores.eu/> (15.06.2023)

DVGW, 2023, DVGW-Studie belegt: Deutschlands Gasleitungen sind bereit für Wasserstoff, Pressemitteilung vom 28.03.2023, <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/verein/aktuelles/presse/pi-dvgw-staehle-h2ready.pdf> (28.06.2023)

Evonik, 2023, Pilot-Elektrolyse in Herne: Grüner Wasserstoff für Windkraft, Pressemitteilung vom 17.4.2023, <https://corporate.evonik.com/de/presse/pressemitteilungen/corporate/pilot-elektrolyse-in-herne-gruener-wasserstoff-fur-windkraft-198598.html> (12.09.2023)

FNB Gas, 2021a, H2-Startnetz 2030, <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz/h2-startnetz-2030/> (31.05.2023)

FNB Gas, 2021b, NEP Gas 2022-2032. Großer Wasserstoffbedarf durch Absichtserklärungen bestätigt, <https://fnb-gas.de/news/netzentwicklungsplan-gas-grosser-wasserstoffbedarf-durch-absichtserklaerungen-bestaetigt/> (12.07.2023)

FNB Gas, 2021c, Übersicht Projektmeldungen Marktfrage WEB und grüne Gase, https://fnb-gas.de/wp-content/uploads/2021/09/anlage_2_uebersicht_projektmeldungen marktfrage_web_und_gruene_gase_fuer_sr_2022_1.xlsx (12.07.2023)

Fraunhofer IWES, 2023, Hydrogen Lab Leuna, <https://www.hydrogen-labs.fraunhofer.de/de/hydrogen-lab-leuna.html> (31.05.2023)

Fraunhofer UMSICHT, 2021a, Im Duisburger Binnenhafen entsteht das erste klimaneutrale Containerterminal Europas – auf Basis von Sektorenkopplung und erneuerbaren Energie, Pressemitteilung vom 16.12.21, <https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/2021/enerport-ii.html> (21.08.2023)

Fraunhofer UMSICHT, 2021b, Metastudie. Binnenhäfen als Handlungsräume der Energiewende, Oberhausen

Hecht, Dieter / Kempermann, Hanno / Krause, Manuela / Lichtblau, Karl / Werbeck, Nicola, 2019, Auf dem Weg zu einer starken Region. Zukunftspotenziale in der Metropole Ruhr, Gutachten im Auftrag des Regionalverband Ruhr, Köln

Holtermann, Felix, 2023: US-Truckbranche im Wasserstoff-Fieber, Handelsblatt vom 08.05.2023

Hyflexpower, 2023, <https://www.hyflexpower.eu/> (15.06.2023)

H2GE, 2023, H2 Solution Lab, <https://www.wasserstoff-gelsenkirchen.de/projekte/h2-solution-lab> (21.08.2023)

H2 Mobility, Wasserstofftankstellen, <https://h2-mobility.de/unsere-tankstellen/> (21.08.2023)

- HKM, 2022, Dekarbonisierung, <https://www.hkm.de/dekarbonisierung> (07.06.2023)
- HKM, 2021, Hy.Region.Rhein.Ruhr, <https://www.hkm.de/unternehmen/hkm-ist-gruendungsmitglied-bei-hyregionrheinruhr> (07.06.2023)
- iPLUSm, 2023, Binnenhäfen in Deutschland, <https://www.explorat-logistics.net/logistische-knoten/binnenhaefen> (21.08.2023)
- Kanning, Tim / Theile, Gustav, 2023, Wasserstoff-Hochzeit im Himmel, FAZ vom 31.05.2023, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/toyota-und-daimler-kooperieren-unabhaenger-von-china-18929777.html> (01.06.2023)
- Klimahafen Gelsenkirchen, 2023, Wasserstofftankstelle, <https://www.klimahafen-gelsenkirchen.de/projekte/wasserstofftankstelle> (21.08.2023)
- Koenen, Jens, 2023, Die neuen Wasserstoff-Jets, Handelsblatt vom 20.03.2023
- Küper, Malte, 2023, Wasserstoff im Inflation Reduction Act. Was ist drin für Deutschland und die EU?, IW-Kurzbericht, Nr. 8, Köln
- Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt, 2023, Landeskoordinierungsstelle Wasserstoff, <https://lena.sachsen-anhalt.de/erneuerbare-energien-und-wasserstoff/landeskoordinierungsstelle-wasserstoff> (28.06.2023)
- MAGPIE, 2022, MAGPIE Smart Green Ports, <https://www.magpie-ports.eu/> (23.08.2023)
- Mayr, Jakob, 2023, EU erlaubt Milliarden-Beihilfe für Thyssenkrupp, <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/gruener-stahl-thyssenkrupp-100.html> (12.09.2023)
- MWIKE, 2023, Nordrhein-Westfalen fördert neue Wasserstofftankstellen für schwere Nutzfahrzeuge mit 20 Millionen Euro, Pressemitteilung vom 14.08.2023, <https://www.wirtschaft.nrw/nordrhein-westfalen-foerdert-neue-wasserstofftankstellen-fuer-schwere-nutzfahrzeuge-mit-20> (12.09.2023)
- Nationaler Wasserstoffrat, 2021, Wasserstoff Aktionsplan Deutschland 2021-2025, https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2021-07-02_NWR-Wasserstoff-Aktionsplan.pdf (31.05.2023)
- Nationaler Wasserstoffrat, o. J., Eckpunktepapier zur Überarbeitung der Nationalen Wasserstoffstrategie, https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/2022-06-30_NWR-Eckpunktepapier_Ueberarbeitung_NWS.pdf (31.05.2023)
- NEWELY, 2023, <https://newely.eu/> (15.06.2023)
- RH₂ine, o. J., Towards zero emission transport corridors, <https://www.rh2ine.eu/> (21.08.2023)
- RUB Ruhr Universität Bochum, 2022, ERC Advanced Grant 2022. Die Grundlagen für eine Wasserstoffwirtschaft legen, <https://forschung.ruhr-uni-bochum.de/de/die-grundlagen-fuer-eine-wasserstoffwirtschaft-legen> (13.06.2023)
- RVR, 2023, Neue Materialien für die Produktion von Wasserstoff, <https://metropole.ruhr/wasserstoff/mat4hynrw> (10.07.2023)

Schnabel, Frieder / Haberzettl, Jan / Klingler, Anna-Lena / Schmidt, Maike / Klingler, Marcel / Friedrich, Andreas, 2021, Wasserstoff- und Brennstoffzellenstrategie für die Region Stuttgart. Eckpunkte und Maßnahmen, Gutachten für die Wirtschaftsregion Region Stuttgart GmbH, Stuttgart

TrHy, 2022, Machbarkeitsstudie: Grünes Licht für Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff – ITZ West wird TrHy, Pressemitteilung vom 30.05.2022, <https://trhy.center/willkommen-auf-http-trhy-center/presseinfo-2022-05-30> (22.08.2023)

Trianel, 2023, Trianel Gaskraftwerk Hamm erhält nächstes Leistungsupgrade, Pressemitteilung vom 29.08.2023, <https://www.trianel.com/pressemeldungen/trianel-gaskraftwerk-hamm-erhaelt-naechstes-leistungsupgrade-1> (12.09.2023)

TÜV Nord, o. J., Wasserstoff-Pipelines und Wasserstoffnetze, <https://www.tuev-nord.de/de/unternehmen/energie/wasserstoff/wasserstoff-pipelines-netze/> (31.05.2023)

UDE Universität Duisburg Essen, 2023, Von der Idee bis zum Fließband, Pressemitteilung vom 28.04.2023, <https://www.uni-due.de/2023-04-28-kooperationsplattform-wasserstoff-startet> (10.07.2023)

Verkehrsverband Westfalen e.V./ IW Consult, 2022, Wasserstoff-Kompass für den Regierungsbezirk Arnsberg, https://www.verkehrsverband-westfalen.de/images/publikationen/20221011_H2Kompass.pdf?t=1670422693 (21.08.2023)

Westfälische Hochschule, 2023, 42 Mio. Euro für Wasserstoff-Forschung: Strukturstärkungsrat ebnet Weg für Wasserstofflabor an der Westfälischen Hochschule, Pressemitteilung vom 27.02.2023, <https://www.w-hs.de/nachhaltigkeit/nachricht-lesen/news/detail/News/42-mio-euro-fuer-wasserstoff-forschung-strukturstaerkungsrat-ebnet-weg-fuer-wasserstofflabor-an-der-westfaelischen-hochschule/> (21.08.2023)

wilo, 2023, Dortmund – Entwicklung des Standorts, <https://wilo.com/de/Unternehmen/Profil/Die-Firmenzentrale/Dortmund/> (07.06.2023)

wilo, 2021, Wilo und Enapter unterzeichnen Absichtserklärung, Pressemitteilung vom 06.04.2021, https://wilo.com/de/de/News-Blog/Rund-um-die-Wilo-Welt/News/Wilo-und-Enapter-unterzeichnen-Absichtserkl%C3%A4rung_12800.html (07.06.2023)

WTSH Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH, 2023, Grüne Wasserstoffwirtschaft Schleswig-Holstein, <https://wasserstoffwirtschaft.sh/de/home> (28.06.2023)

Zukunft Gas, 2023, LNG-Terminals in Deutschland, <https://gas.info/energie-gas/lng-fluessiges-erdgas/lng-terminal> (28.06.2023)

ZBT Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH, 2023, Neue Materialien für Elektrolyse finden: NRW fördert Kooperationsplattform MAT4HY, <https://www.zbt.de/nc/aktuell/news-anzeige/detail/News/neue-materialien-fuer-elektrolyse-finden-nrw-foerdert-kooperationsplattform-mat4hy/> (10.07.2023)

