Metaanalyse
Wasserstoffbedarfe Norddeutschland

Eine Studie im Auftrag der

WTSH Wirtschaftsförderung & Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH
Lorentzendamm 24, 24103 Kiel

Januar 2025

NORDDEUTSCHE WASSERSTOFF STRATEGIE

WT.SH Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH

Impressum

Projektleitung

Steffen Assfalg, Annika Erichsen, Jessica Wulfes

WTSH Wirtschaftsförderung & Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH

Autorinnen und Autoren

Nikolas Beneke, David Siegler, Kervin Veerapen, Henrike Vogelsang

BBH Consulting AG

Kontakt

Tel. +49 (0) 221 650 25-326

Mail nikolas.beneke@bbh-beratung.de

Zentrale Studienergebnisse

Ziele

Identifikation und Analyse vorhandener Datenquellen zu Wasserstoffbedarfen in den norddeutschen Bundesländern Schleswig-Holstein, Freie und Hansestadt Hamburg, Niedersachsen, Freie Hansestadt Bremen, Mecklenburg-Vorpommern bis 2035.

Kernergebnisse

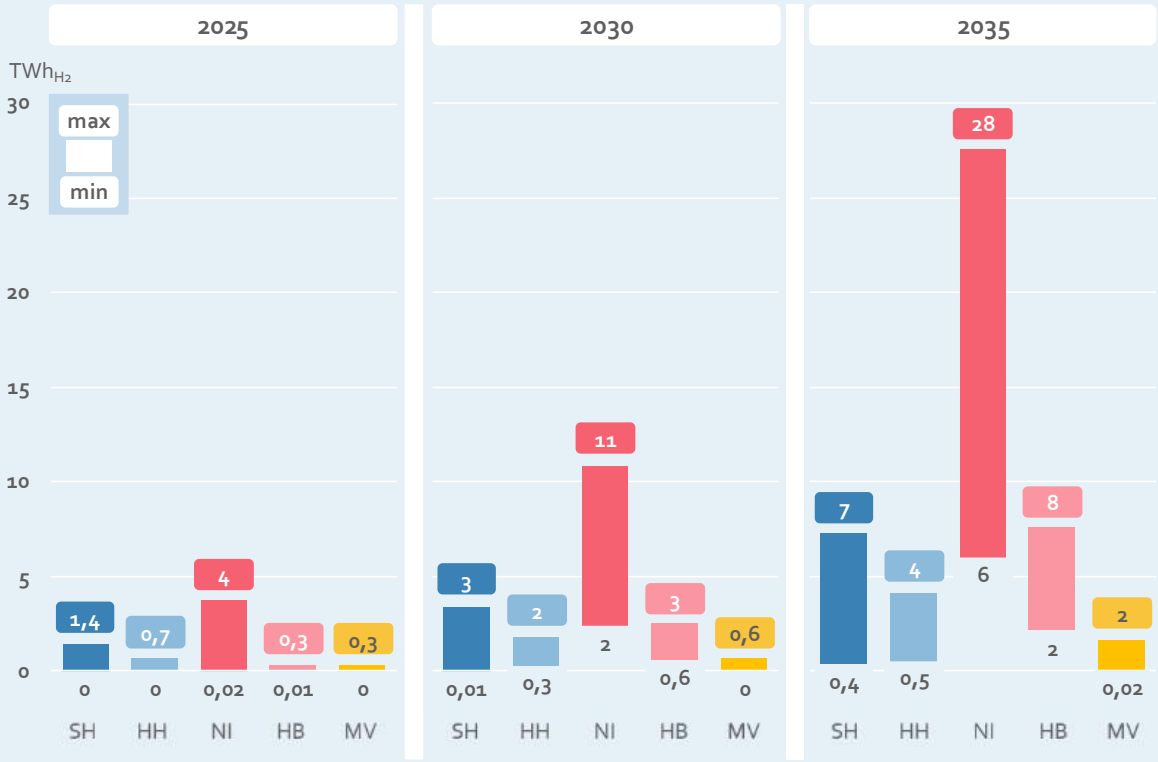

*Abbildung 1: Bandbreite des in **Szenario-basierten Studien** ermittelten Wasserstoffbedarfs der fünf norddeutschen Bundesländer für 2025, 2030 und 2035 in TWh$_{H_2}$[1,2]*

A

26 verschiedene Quellen weisen Daten zu Wasserstoffbedarfen in den betrachteten Bundesländern aus. Sie unterscheiden sich zu Teilen grundsätzlich hinsichtlich der angewandten Methodik, weshalb Vergleiche zwischen ihnen unter Berücksichtigung dieser Tatsache durchgeführt werden müssen. Im Wesentlichen lassen sich die Quellen in **Szenario-basierte Studien**, **Akteursbefragungen** und **Potenzialanalysen** unterscheiden. Gemein haben alle drei Typen, dass sie keine Prognosen über die Zukunft treffen.

[1] Die Minimal- und Maximalwerte je Bundesland können unterschiedlichen Studien entstammen, sodass eine Addition der Bundesländer nicht zulässig ist.
[2] Etwaiger Wasserstoffbedarf für dessen Derivate wurde dann erhoben, wenn er explizit ausgewiesen oder in den Wasserstoffbedarfen inkludiert wurde.

Vielmehr zeigen sie auf,

a) welche zukünftigen Entwicklungen sich bei Eintreten ausgewählter Annahmensets einstellen (**Szenario-basierte Studien**),
b) welche Bedarfe reale Marktakteure planen (**Akteursbefragung**) oder
c) welche Potenziale es gibt. Es wird aber nicht die Wahrscheinlichkeit aufgeführt, dass sie gehoben werden (**Potenzialanalysen**).

Datenquellen mit reinem Fokus auf die norddeutschen Bundesländer existieren nicht. In Summe lässt sich die Datenverfügbarkeit und -qualität jedoch als gut einstufen, da einerseits Datenquellen verschiedener Ausprägungen (Akteursbefragung, Szenario-basierte Studien) mit Daten zu allen fünf norddeutschen Bundesländern vorliegen und andererseits auch je Bundesland eine Datengrundlage vorliegt.

B Es zeigt sich, dass die H2-Bedarfe der **Akteursbefragung** im Rahmen des Netzentwicklungsplans Gas und Wasserstoff (**NEP**) im Jahr **2025 niedriger** ausfallen als die **Werte Szenario-basierter Studien**. Dies könnte dadurch begründet sein, dass Akteure reale Planungen aufführen, Szenario-basierte Studien hingegen Bedarfe aufzeigen, um in definierten Szenarien 2045 kostenminimal Klimaneutralität zu erreichen. Die Diskrepanz der Werte verdeutlicht, dass der Hochlauf des H2-Marktes derzeit langsamer geschieht, als die effizienten Pfade der Szenario-basierten Studien aufzeigen. Für das Jahr **2035** dreht sich das Bild: Die **Akteure** benennen **höhere Bedarfe** als in den Szenarien der **Szenario-basierten Studien** ermittelt. Dies könnte daran liegen, dass sich Akteure durch optimistische Annahmen einen Anschluss an die H2-Leitungsinfrastruktur, insbesondere das Kernnetz, erhoffen.

C Die ausgewerteten **Szenario-basierten Studien** erheben für die norddeutschen Bundesländer im Jahr **2035** einen Wasserstoffbedarf in einer Spanne von **11 bis 40 TWh_{H_2}**[3]. Das entspricht einem Anteil von **3 bis 9 %** der **im Jahr 2020** eingesetzten **Endenergie** der norddeutschen Bundesländer. Die **Akteursbefragung** im Rahmen des **Netzentwicklungsplans** ergibt Wasserstoffbedarfe in Höhe von **54 TWh_{H_2} (13 %)**.[4] Zur Einordnung: Für die gesamte Bundesrepublik Deutschland weisen die Szenario-basierten Studien einen H2-Bedarf von 59 bis 694 TWh_{H_2} aus, die Akteursbefragung des NEP 425 TWh_{H_2}. Das entspricht im Minimum einem Anteil von fast 3 % und im Maximum von 30 % des deutschen Endenergieverbrauchs des Jahres 2020.

D Den höchsten Wasserstoffbedarf aller Bundesländer im Jahr 2035 weist Niedersachsen **(28 TWh_{H_2})** auf, den geringsten Mecklenburg-Vorpommern **(2 TWh_{H_2})**. Die ausgewiesenen maximalen Wasserstoffbedarfe entsprechen je Bundesland folgendem **Anteil** am **Endenergieverbrauch des Bundeslandes aus 2020**: Schleswig-Holstein: **9 %**; Hamburg: **9 %**; Niedersachsen: **12 %**; Bremen: **30 %**; Mecklenburg-Vorpommern: **5 %**.

[3] Die Werte der berücksichtigten Studien beziehen sich auf den Heizwert von Wasserstoff (33,33 kWh/kg_{H_2}).
[4] In den folgenden Kernergebnissen werden nur die übergeordneten Szenario-basierten Studien betrachtet, da die Abfrage im Rahmen des NEP keine Trennung der Daten für Schleswig-Holstein und Hamburg sowie Niedersachsen und Bremen vornimmt. Dadurch ist eine Bundesland-spezifische Auswertung nicht möglich.

E Größter Abnehmer über alle Studien hinweg ist der **Industriesektor**. Dort variieren die Bedarfe für das Jahr **2035** zwischen **7 und 34 TWh$_{H_2}$**. Im **Verkehrssektor** schwanken die Wasserstoffbedarfe zwischen Studien stärker, die Bandbreite liegt zwischen **0,1 und 15 TWh$_{H_2}$**. Nur eine Studie erhebt die H2-Bedarfe für **Kraftwerke**[5] (**17 TWh$_{H_2}$**), Gleiches gilt für den Sektor **GHD/Gebäude** (**5 TWh$_{H_2}$**).

F Für die Erzeugung des im Jahr 2035 nachgefragten Wasserstoffs via Elektrolyse entstünde ein **Strombedarf** von **18 bis 67 TWh**. Die notwendige **Elektrolysekapazität** läge in einem Bereich von **4,5 bis 16,75 GW**.[6,7]

Handlungsempfehlungen

1 **Rahmen für die Hebung der Potenziale schaffen und Pfadabhängigkeiten vermeiden**

Die Daten zeigen zwischen den Quellen und auch innerhalb einzelner Studien in verschiedenen Szenarien hohe Bandbreiten im Wasserstoffbedarf auf. Das verdeutlicht, dass die Intensität der zukünftigen Wasserstoffnutzung noch unsicher ist. Dies bedeutet zweierlei:

1) Möchte Norddeutschland wie in der Norddeutschen Wasserstoffstrategie tituliert „führende Region mit vollständiger Wertschöpfungskette einer grünen Wasserstoffwirtschaft" werden, gibt es politischen Gestaltungsspielraum, um die Bedarfe an die oberen Ränder zu bringen (z. B. durch die bedarfsgerechte Errichtung der Wasserstoffspeicherkapazitäten).
2) Pfadabhängigkeiten sollten vermieden werden, die ein Reagieren auf zukünftige Entwicklungen verhindern könnten.

2 **Unterstützung je nach Bedarfsmengen auf andere Wertschöpfungsstufe(n) fokussieren**

Die Ergebnisse zeigen, dass Mecklenburg-Vorpommern geringe Wasserstoffbedarfe im Vergleich zu seiner Einwohnerzahl aufweist. Dies ist insbesondere durch die vorherrschende Wirtschaftsstruktur begründet. Soll auch in diesem Land neue Wertschöpfung durch die Wasserstoffwirtschaft generiert werden, sollte der Fokus vorwiegend auf der Wasserstofferzeugung bzw. dem -import liegen. Dabei wird es für Mecklenburg-Vorpommern wichtig, die für 2028 geplante Neubauleitung des Wasserstoffkernnetzes zu realisieren, um die Küstenregion an das ostdeutsche Wasserstoffkernnetz anzuschließen und so „Exporte" in Verbrauchszentren zu ermöglichen. Die Politik sollte sowohl aufseiten der Genehmigung (z. B. Elektrolyseure oder auch Importterminals) als auch bei der Förderung den Rahmen setzen und unterstützen.

3 **Förderung pro Bundesland sektorspezifisch gestalten**

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere der Industrie- und der Verkehrssektor Wasserstoffbedarfe aufweisen werden. Dritter großer Verbrauchssektor wird vermutlich die Energiewirtschaft für den Wasserstoffeinsatz in Back-up-Kraftwerken. Alle drei Sektoren unterscheiden sich hinsichtlich der

[5] Kraftwerke sind grundsätzlich kein Endenergiekonsument, sondern wandeln Energieträger in Strom und Wärme um.
[6] Diese Stromerzeugungskapazitäten müssten nicht zwingend in den norddeutschen Bundesländern aufgebaut werden. So geht bspw. die Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie aus dem Jahr 2023 von Importquoten von Wasserstoff von 50–70 % für das Jahr 2030 aus.
[7] Annahmen: Volllaststunden Elektrolyse: 4.000 h/a, Wirkungsgrad Elektrolyse: 60 %$_{LHV}$.

Akteurs- und Kostenstruktur stark voneinander. Entsprechend empfiehlt es sich, für Landesförderungen die Ergebnisse dieser Metaanalyse heranzuziehen und individuelle Förderprogramme für die jeweiligen Sektoren zu gestalten bzw. anzupassen.

Die **Industrie** ist – anders als der Verkehrssektor – durch **eine geringere Anzahl von Akteuren** geprägt. Die Umstellung auf Wasserstoff erhöht vor allem die **Betriebskosten**, da Wasserstoff mittelfristig noch teurer sein wird als die derzeit eingesetzten fossilen Energieträger wie z. B. Erdgas oder Öl. Auf nationaler und europäischer Ebene liegen mit den Klimaschutzverträgen und dem Innovation Fund Call Fördermöglichkeiten für die Betriebskosten vor. Im Hinblick auf die Neuwahlen im Februar 2025 empfiehlt es sich, sich dafür einzusetzen, dass die Klimaschutzverträge unter der neuen Bundesregierung fortgeführt werden. Darüber hinaus existiert auf nationaler Ebene die Bundesförderung für Innovation und Klimaschutz (BIK), die insbesondere den Mittelstand adressiert. Diese setzt zu Teilen eine Kofinanzierung der Bundesländer voraus[8]. Hier bietet es sich an, dass die Bundesländer mit hohen Wasserstoffbedarfen in der Industrie (vor allem Niedersachsen und Bremen) entsprechende Budgets in ihre Haushaltsplanungen aufnehmen, um die Transformation der Industrie auf Wasserstoff gezielt zu fördern.

Der **Verkehrssektor** hingegen wird durch eine **Vielzahl** an **Akteuren** geprägt. Zudem wirken sich die Betriebskosten in den Projekten weniger stark aus als in der Industrie. Vielmehr kommen die **Investitionskosten** in teurere, wasserstoffbasierte Fahrzeuge zum Tragen. Dies ist insbesondere dadurch begründet, dass der zu substituierende fossile Diesel-/Ottokraftstoff vergleichsweise teuer ist. Auf Bundesebene gibt es mit dem THG-Quotenhandel zwar bereits theoretisch ein geeignetes Instrument zur Förderung der Mehrbetriebskosten. Allerdings sind dessen Quotenpreise eingebrochen, sodass das Instrument an Attraktivität verloren hat. Auch die Investitionskosten werden auf nationaler Ebene derzeit unzureichend gefördert. Folglich ist es empfehlenswert, dass die Länder mit einem höheren Potenzial an Wasserstoffnutzung im Verkehrssektor ihre Landesförderung für Fahrzeuge und Infrastruktur weiter stärken. Beispielsweise können Förderkonzepte wie H2Regional, das vom Bund der Wasserstoffregionen (BdWR) entwickelt wurde, unterstützt werden.

4 Akteuren Zugang zu Wasserstofflieferungen ermöglichen

Damit die notwendigen Wasserstoffbedarfe und Potenziale realisiert werden können, ist eine Grundvoraussetzung, dass die Verbraucher an eine Wasserstofflieferstruktur angeschlossen werden. Wichtigster Baustein hierfür ist das Wasserstoffkernnetz, das durch die Bundesnetzagentur genehmigt wurde. Hierbei ist zu beachten, dass nicht alle genehmigten Netzabschnitte gesichert erbaut werden. Leitungen, deren Inbetriebnahme nach 2027 erfolgt oder deren Bau bis Ende 2025 nicht begonnen wurde, werden im Rahmen der kommenden Netzentwicklungsplanung geprüft und können theoretisch noch gestrichen werden. Zudem ist zu beachten, dass viele Verbraucher auf Verteilnetzebene versorgt werden, das Kernnetz jedoch größtenteils auf Fernleitungsnetzebene umgesetzt wird.

Die Politik sollte zweistufig aktiv werden:

1) Akteure, die bereits im Einzugsgebiet des Kernnetzes liegen, sollten (weiterhin) dabei unterstützt werden, dass die Realisierung der entsprechenden Netzabschnitte sichergestellt wird und – sofern notwendig – Verteilnetzstrukturen für die „letzte Meile" aufgebaut werden. Dazu

[8] Ab einem Fördervolumen von 15 Mio. € beträgt die Kofinanzierung 30 %.

können bspw. der zuständige Fernleitungsnetzbetreiber und die betroffenen Verteilnetzbetreiber eingebunden werden.

2) Für Regionen, die nicht vom Kernnetz erschlossen werden (z. B. der Westen Mecklenburg-Vorpommerns), empfiehlt es sich, zu prüfen, ob und in welchem Umfang ggf. H2-Verteilnetze errichtet werden können oder aufgrund der niedrigen zu erwartenden Wasserstoffmengen und der geringen Distanzen eine Trailer-basierte Verteilnetzinfrastruktur aufgebaut werden sollte.

Inhaltsverzeichnis

Impressum 1
Zentrale Studienergebnisse 2
Inhaltsverzeichnis 7
1 Hintergrund und Zielstellung 8
2 Rahmenbedingungen 9
2.1 Kriterien zur Auswahl der Datenquellen 9
2.2 Klassifikation der Datenquellen 9
3 Ergebnisse 11
3.1 Vorgehen 11
3.2 Betrachtungsraum „Norddeutschland (bzw. alle Bundesländer)“ 12
3.2.1 Datenverfügbarkeit 12
3.2.2 Auswertung 12
3.3 Betrachtungsraum „Bundesländer“ 20
3.3.1 Schleswig-Holstein 21
3.3.2 Freie und Hansestadt Hamburg 24
3.3.3 Exkurs Schleswig-Holstein + Hansestadt Hamburg 26
3.3.4 Niedersachsen 27
3.3.5 Freie Hansestadt Bremen 31
3.3.6 Mecklenburg-Vorpommern 33
3.4 Exkurs Wasserstoffspeicher 35
Anhang 37
Quellenverzeichnis 39

1 Hintergrund und Zielstellung

Im Jahr 2019 haben sich die fünf norddeutschen Bundesländer Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern zusammengeschlossen, um die Entwicklung einer grünen Wasserstoffwirtschaft voranzutreiben und den Wirtschaftsstandort Norddeutschland zu stärken. Resultat der engen Kooperation von Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung ist die Norddeutsche Wasserstoffstrategie (NdWS).

Zielbild der Wasserstoffstrategie ist es, dass bis 2035 eine grüne Wasserstoffwirtschaft in der Region etabliert wird, die eine nahezu vollständige Versorgung aller Abnehmer mit grünem Wasserstoff ermöglicht. Um eine Einschätzung der zu erwartenden Wasserstoffbedarfe vornehmen und daraus konkrete Ableitungen für die Unterstützung des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft in Norddeutschland entwickeln zu können, ist diese Metabedarfsanalyse durchgeführt worden.

Im Rahmen der Metabedarfsanalyse wird die aktuelle Informationslage zu den Wasserstoffbedarfen in Norddeutschland erfasst, ausgewertet und dokumentiert, ohne eigene Datenerhebungen oder Szenarioanalysen vorzunehmen. Die vorhandenen Daten werden inhaltlich ausgewertet und auf Basis dessen konkrete Handlungsempfehlungen für zukünftige Aktivitäten und Datenerhebungen abgeleitet.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Kriterien zur Auswahl der Datenquellen

Zeitliche Eingrenzung

Das in der Zielstellung formulierte Zieljahr 2035 wird als finales Stützjahr dieser Studie definiert. Darüber hinaus wird keine Limitation der Stützjahre vorgenommen. Datenquellen mit Kennzahlen zu allen, mehreren oder einem Stützjahr bis 2035 werden in der Untersuchung berücksichtigt.

Räumliche Eingrenzung

Die Zielstellung der Metastudie definiert, dass der geografische Untersuchungsraum grundsätzlich die fünf norddeutschen Bundesländer umfasst. Die Recherche und Analyse haben ergeben, dass die Datenlandschaft in Bezug auf den räumlichen Zuschnitt der unterschiedlichen Datenquellen sehr heterogen ist. In die Bewertung der Datenverfügbarkeit (siehe 3.1) fließen alle identifizierten Datenquellen ein. Um eine ausreichende Vergleichbarkeit zu ermöglichen, werden in der späteren Datenanalyse (siehe 3.1) Datenquellen berücksichtigt, die Kennzahlen für folgende Betrachtungsräume liefern:

1. Norddeutschland: Datenquellen, die Kennzahlen für Norddeutschland insgesamt liefern. Es wird sichergestellt, dass Norddeutschland synonym mit den fünf Bundesländern definiert wird.
2. Bundesländer: Datenquellen, die Kennzahlen für ein, mehrere oder alle Bundesländer liefern.
3. Landkreise bzw. Kreise / kreisfreie Städte: Datenquellen, die Kennzahlen für alle Landkreise bzw. kreisfreie Städte innerhalb eines, mehrerer oder aller Bundesländer liefern.

Datenquellen, die nur einzelne Standorte oder Projekte betrachten, werden nicht in der Datenbewertung und -analyse betrachtet, sondern nur zur Einordnung der ausgewerteten Datenquellen herangezogen.

Sektorale Eingrenzung

Der Energieträger Wasserstoff kann in verschiedenen Sektoren Anwendung finden, die in den Datenquellen darüber hinaus unterschiedlich definiert sein können. Um eine überschaubare Vergleichbarkeit herzustellen, werden die Daten anhand folgender Sektoren untergliedert:

- Wasserstoffbedarfe in der **Industrie (stofflich und energetisch)**
- Wasserstoffbedarfe im **Verkehr mit Fokus auf dem Straßenverkehr und dem maritimen Sektor**
- Wasserstoffbedarfe in **Kraftwerken/Energieversorgung (Rückverstromung und Wärme)**[9]
- (Wasserstoffbedarfe für **Haushalte/GHD** werden nur am Rande betrachtet)
- Exkurs: **Wasserstoffspeicher**

2.2 Klassifikation der Datenquellen

Es liegt in der Grundlage einer Metaanalyse begründet, dass Datenquellen verglichen werden müssen, deren Kennzahlen auf Basis unterschiedlicher Methodiken und Annahmen hergeleitet wurden. Um ein schnelles Verständnis des Zusammenhangs von Methodik und resultierenden Ergebnissen zu erhalten, werden die Datenquellen anhand ihrer zugrunde liegenden Methodik zur Herleitung/Ermittlung der relevanten Kennzahl klassifiziert. Die identifizierten Datenquellen lassen sich in die in Tabelle 1 aufgeführten Kategorien gliedern. **Szenario-basierte Studien (S)** bilden anhand von Annahmen einen oder mehrere

[9] Der Sektor Energieversorgung ist im Unterschied zu den übrigen Sektoren vorrangig kein Konsument von Endenergie, sondern wandelt den Energieträger Wasserstoff in Wärme oder Strom um. Da manche Datenquellen diesen Sektor als Wasserstoffsenke aufführen, wird dieser auch als Wasserstoffbedarfssektor aufgenommen.

Entwicklungspfade für die Untersuchungsparameter in definierten Stützjahren ab. Sie stellen explizit keine Prognose dar, in der Vorhersagen bzw. Voraussagen für Ereignisse, Zustände oder Entwicklungen in der Zukunft anhand von Fakten und formalisierten Methoden (Messungen etc.) getroffen werden[10]. Bei den meisten Szenario-basierten Studien orientieren sich die Annahmen an einer Klimaneutralität des Energiesystems 2045 und errechnen Szenarien, die die Erreichung dieses Ziels ermöglichen. **Potenzialstudien (P)** grenzen sich davon ab, dass ein Potenzial für einen Untersuchungsgegenstand – bspw. die Durchdringung von Brennstoffzellenfahrzeugen innerhalb eines Betrachtungsraumes – ermittelt wird, das nicht zeitbezogen ist. **Akteursbefragungen (A)** und **Projektdatenbanken (D)** haben einen hohen Praxisbezug, da Marktakteure eigene Wasserstoffbedarfe angeben. Konkret angekündigte Projekte aus Projektdatenbanken werden im Rahmen dieser Metastudie jedoch nur an ausgewählten Stellen für die Einordnung der identifizierten Datenquellen herangezogen, weil eine flächendeckende Analyse von konkreten Umsetzungsplänen jedes potenziellen Wasserstoffanwenders der oben genannten Sektoren nicht darstellbar ist.

Tabelle 1: Schema zur Klassifikation der Datenquellen

Kategorie der Datenquelle	Definition	Vor- & Nachteile
Szenario-basierte Studie (S)	Studien modellieren zukünftige Systeme anhand der Entwicklung eines zugrunde liegenden Parametergerüsts, das in unterschiedlichen Szenarien unterschiedlichen Annahmen unterliegt. Ergebnisse werden zeitlich aufgelöst für ein oder mehrere Stützjahre erhoben. *Beispiel:* *„Langfristszenarien" des BMWK, die z. B. die Entwicklung der H_2-Nachfrage in Elektrifizierungs- und Wasserstoff-dominierten Szenarien liefert.*	+ Abbildung verschiedener Zukunftsbilder durch Berücksichtigung unterschiedlicher Entwicklungspfade von Parametern in verschiedenen Szenarien. + Zeitliche Auflösung der Ergebnisse ermöglicht eine genauere Einschätzung der Trends und Veränderungen. – Stark annahmegetrieben. Annahmen orientieren sich meist an einem Zielbild, das erreicht werden soll.
Potenzialstudie (P)	Studien zur Ermittlung des Potenzials eines Betrachtungsgegenstandes anhand von Annahmen zur Durchdringungsquote von Wasserstoff. Ergebnisse sind statisch und nicht zeitbezogen. *Beispiel:* *Studie „Entwicklung einer hafenbezogenen Wasserstoffwirtschaft" von Bremenports GmbH & Co. KG errechnet den Bedarf an synthetischen Kraftstoffen im maritimen Sektor bei vollständiger Substitution herkömmlicher Kraftstoffe.*	+ Liefern ein schnelles Verständnis des (maximalen) Potenzials eines Betrachtungsraumes und können für langfristige Planung genutzt werden. – Starre Ergebnisse bieten weniger Flexibilität bei dynamischen Veränderungen. – Decken im Regelfall keine Szenarien ab. – Annahmegetrieben. – Treffen keine Aussage darüber, ob das Potenzial gehoben wird, und sind daher als oberer Grenzwert zu verstehen. – Meist wird nicht definiert, ob es sich um theoretisches Potenzial, technisches Potenzial, wirtschaftliches Potenzial, nachhaltiges Potenzial oder erschließbares Potenzial handelt.
Akteursbefragung (A)	Abfragen zum zukünftig geplanten H2-Bedarf konkreter Akteure. Meist beschränkt auf bestimmte Akteure (z. B. sektorale oder räumliche Begrenzungen) oder ohne Teilnahmebeschränkung. Umfasst auch Hochrechnungen auf Basis von Befragungen. *Beispiel:* *Marktanfrage für Wasserstoff & PtX-Projekte im Rahmen der Entwicklung des Netzentwicklungsplans (NEP).*	+ Hoher Praxisbezug, da die Daten auf konkreten Anwendungsfällen basieren und weniger annahmegetrieben sind. – Umfasst i. d. R. nur eine Teilmenge aller relevanten/involvierten Akteure bzw. der Abnahmepotenziale des Betrachtungsraums. – Teilnehmende Akteure tendieren zur Angabe hoher H2-Bedarfe, die in der Praxis häufig nicht erreicht werden.
Projektdatenbank (D)* **Werden im Rahmen dieser Metastudie nur an ausgewählten Stellen für die Einordnung der identifizierten Datenquellen herangezogen.*	Datenbanken oder Ankündigungen, in denen der H2-Bedarf von konkret geplanten Projekten aufgelistet wird. *Beispiel:* *IPCEI-Projekte im norddeutschen Raum, die einen Förderzuschlag bekommen haben.*	+ Sehr hoher Praxisbezug, da die Daten auf konkreten Anwendungsfällen basieren und weniger annahmegetrieben sind. – Umfasst i. d. R. nur eine Teilmenge aller relevanten/involvierten Akteure bzw. der Abnahmepotenziale des Betrachtungsraums. – Status/Umsetzungswahrscheinlichkeit der Projekte häufig unbekannt.

[10] Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie Österreich. Prognose und Szenario. Link

3 Ergebnisse

3.1 Vorgehen

Im Betrachtungsraum Norddeutschland (Abschnitt 3.2) werden alle Datenquellen berücksichtigt, die Kennzahlen für ganz Norddeutschland bzw. alle norddeutschen Bundesländer ausweisen, im Betrachtungsraum ‚Bundesländer' (Abschnitt 3.3) alle Datenquellen, die für eines der Bundesländer Kennzahlen erhoben haben.

Abbildung 2: Vorgehen für Datenverfügbarkeit und -analyse

Innerhalb der Betrachtungsräume erfolgt die Datenauswertung zweistufig: Sie beinhaltet die Auswertung und Bewertung der **Datenverfügbarkeit** und die inhaltliche **Einordnung**.

Die Untersuchung der Datenverfügbarkeit umfasst die ‚Vollständigkeit' der vorhandenen Datenquellen je Betrachtungsraum (siehe weiter unten) und erfolgt anhand von drei Dimensionen: zeitliche, räumliche und sektorale Datenverfügbarkeit bzw. Abdeckung. Bei der zeitlichen Abdeckung wird geprüft, welche zeitliche Auflösung der Kennzahlen vorliegt. Die räumliche Abdeckung adressiert, ob für den gesamten Betrachtungsraum Kennzahlen vorliegen und in welchem Detailgrad (Landkreisebene, Bundeslandebene etc.). In der sektoralen Abdeckung wird untersucht, welche der in Kapitel 2.2 aufgeführten Sektoren abgedeckt werden. In der Einordnung werden die Datenquellen inhaltlich ausgewertet, mit anderen Datenquellen verglichen und in den Kontext des Energieverbrauchs der jeweiligen Betrachtungsräume gesetzt.

Für eine bessere Übersichtlichkeit und schnellere Verständlichkeit wird die in Abbildung 3 dargestellte einheitliche Farbcodierung bzw. Symbole für die einzelnen Bundesländer und Bedarfssektoren verwendet. Im Verkehrssektor werden unterschiedliche Symbole genutzt. Ordnet die Datenquelle die Wasserstoffbedarfe eindeutig einem Verkehrsträger zu, wird dies unter dem entsprechenden Symbol vermerkt. Fasst die Datenquelle die Bedarfe mehrerer Verkehrsträger zusammen oder kann nicht eindeutig differenziert werden, wird dies durch das übergeordnete Symbol (Pfeile) verdeutlicht.

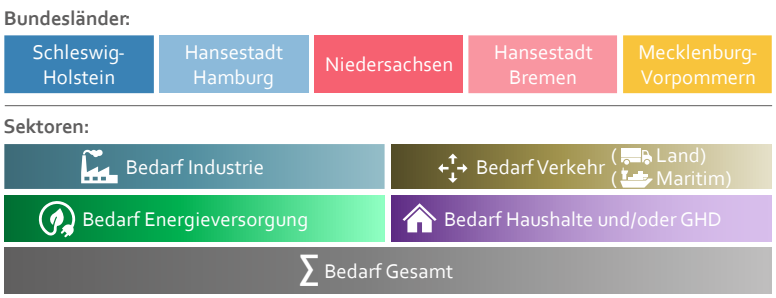

Abbildung 3: Farbcodierung für die untersuchten Bundesländer und Sektoren

3.2 Betrachtungsraum „Norddeutschland (bzw. alle Bundesländer)"

Der Betrachtungsraum Norddeutschland umfasst die fünf Bundesländer Schleswig-Holstein, die Freie und Hansestadt Hamburg, Niedersachsen, die Hansestadt Bremen und Mecklenburg-Vorpommern.

3.2.1 Datenverfügbarkeit

Es konnten fünf Datenquellen identifiziert werden, die Kennzahlen für ganz Norddeutschland – also alle norddeutschen Bundesländer – erheben. Herauszustellen ist, dass es sich hierbei ausschließlich um Datenquellen handelt, die deutschlandweite Wasserstoffbedarfsermittlungen vorgenommen haben. Eine Bedarfsanalyse, die sich nur auf die Bedarfe der norddeutschen Bundesländer fokussiert, existiert nicht.

Tabelle 2: Übersicht der Datenquellen für Norddeutschland

				Sektorale Abdeckung						
Datenquelle	**Klassifikation**	**Zeitliche Abdeckung**	**Räumliche Abdeckung**	Σ						
Szenariorahmen Gas/Wasserstoff 2025-2037/2045 Netzentwicklungsplanung **[NEP]** (2024) [1]	Akteursbefragung (A)	2025-2035	Alle BL (SH+HH; NI+HB;MV)		X	X			X	X
Langfristszenarien des BMWK – O45-Szenario **[LS]** (2024) [2]	Szenario-basierte Studie (S)	2025, 2030, 2035	Alle LK		X	X				
Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem - Bundesländer im Transformationsprozess **[FRISE]** (2024) [3]	Szenario-basierte Studie (S)	2045	Alle BL (SH+HH+ MV; NI+HB)	X	X					
Hydrogen Infrastructure in the FutureCO_2-Neutral European Energy System—How Does the Demand for Hydrogen Affect the Need for Infrastructure? **[FRISI]** (2024)[4]	Szenario-basierte Studie (S)	2025-2050	Alle LK		X	X				X
Wege zum Netto-Null-Energiesystem: Regionale Lupe auf Infrastruktur, Wirtschaft und Gesellschaft **[FZJ]** (2024) [5]	Szenario-basierte Studie (S)	2025, 2030, 2035, 2040, 2045	Alle BL		X		X		X	

Die Abfrage der Fernleitungsnetzbetreiber im Rahmen der Netzentwicklungsplanung wurde im Jahr 2024 durchgeführt und eröffnete jedem die Teilnahme, der an einer Wasserstoffabnahme aus dem Wasserstoffkernnetz interessiert ist. Zum Datenschutz der teilnehmenden Akteure werden die Kennzahlen für die Bundesländer Hamburg und Bremen nur zusammengefasst mit den jeweils umliegenden Bundesländern angegeben. In den Langfristszenarien werden im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz Szenarien für die zukünftige Entwicklung des Energiesystems modelliert, mit denen die energie- und klimapolitischen Ziele erreicht werden[11]. Das Forschungszentrum Jülich hat in seiner Studie „die regionalen Auswirkungen in Deutschland auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität 2045"[12] untersucht. In der Studie des Fraunhofer ISI wird der Wasserstoffbedarf in Europa ermittelt, um Rückschlüsse für die Errichtung der Wasserstoffinfrastruktur zu ziehen. Einen ersten Hinweis auf den zukünftigen Einsatz von Wasserstoff liefert die sektorale Abdeckung, da alle Datenquellen Wasserstoffbedarfe für die Industrie ausgewiesen haben. Der Verkehrssektor wird weitestgehend berücksichtigt. Drei von fünf Quellen ermitteln die Wasserstoffbedarfe für die Rückverstromung und Wärmenutzung.

3.2.2 Auswertung

In Abbildung 4 sind die Wasserstoffbedarfe der Bundesländer kumuliert über alle Sektoren je Datenquelle dargestellt[13]. Zur Einordnung der Wasserstoffbedarfsmengen liefert Abbildung 5 die kumulierten

[11] Link
[12] Link
[13] In der Quelle [NEP] werden aus Datenschutzgründen die Kennzahlen für die Bundesländer Hamburg und Bremen zusammengefasst mit den jeweils umliegenden Bundesländern angegeben.

Endenergiebedarfe der fünf Bundesländer zum heutigen Zeitpunkt. Die Nationale Wasserstoffstrategie[14] erwartet für Gesamtdeutschland im Jahr 2030 einen Wasserstoffbedarf von 90 bis 130 TWh $_{H_2}$[15]. Zieht man die identifizierten Datenquellen heran, entfallen ca. 4 % im Minimum und 15 % im Maximum der Gesamtwasserstoffbedarfe auf die norddeutschen Bundesländer. Im Vergleich dazu beträgt der Gesamtendenergiebedarf der fünf Bundesländer ca. 18 %. Der Wasserstoffbedarf Norddeutschlands ist dementsprechend, zumindest bis 2035, nicht als überproportional einzustufen.

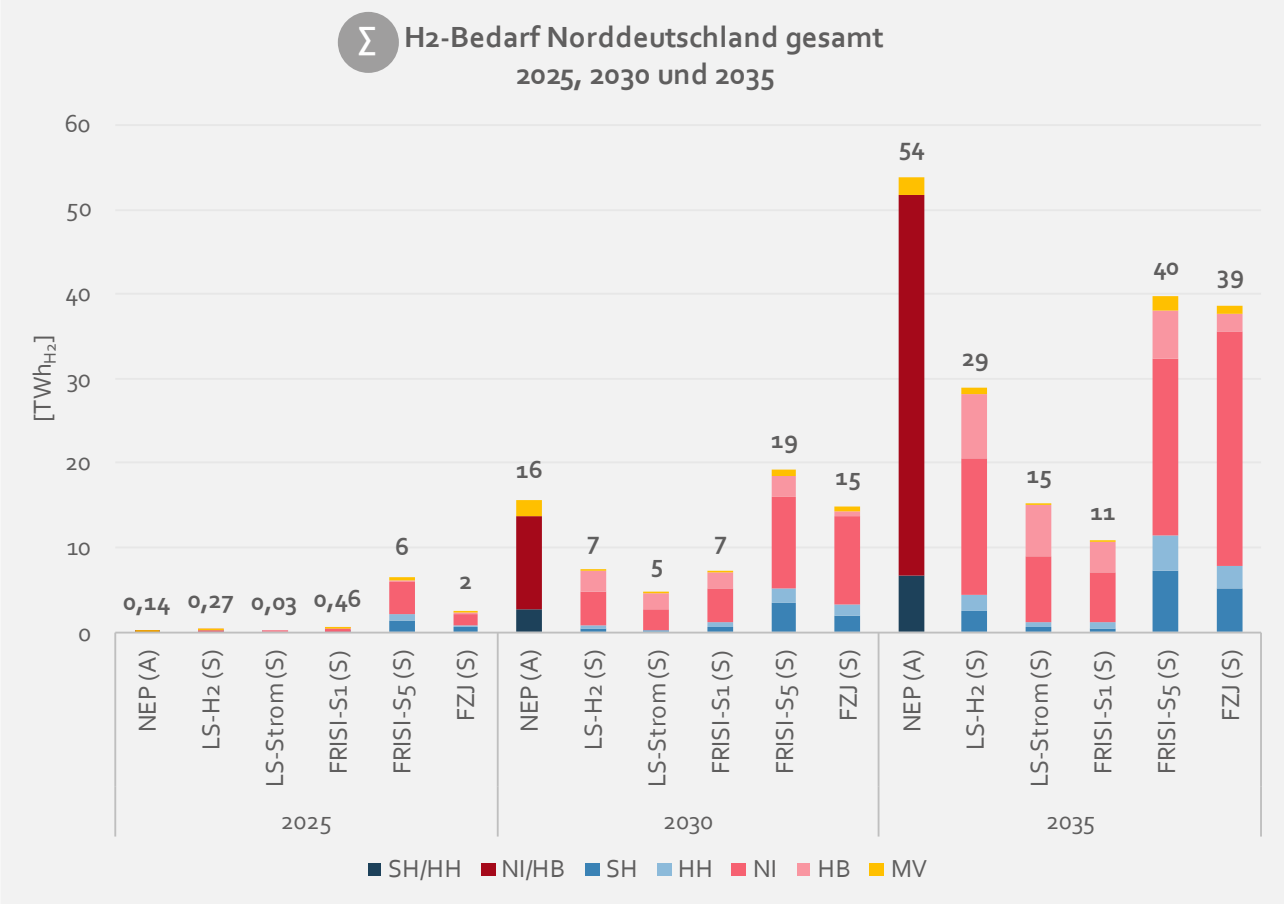

Abbildung 4: Kumulierte Wasserstoffbedarfe der fünf Bundesländer je untersuchter Studie

Die Wasserstoffbedarfsmengen, die im Zuge der NEP-Abfrage erhoben wurden, sind im Jahr 2025 im Vergleich zu den anderen Datenquellen unter den geringsten. Fünf Jahre später sind die H2-Bedarfe aus dem NEP bereits unter den höchsten der betrachteten Datenquellen und im Jahr 2035 um mindestens 14 TWh höher. Das kann darauf zurückzuführen sein, dass die Akteure aufgrund der aktuell fehlenden Wasserstoffinfrastruktur und der teils ungewissen Rahmenbedingungen – u. a. langwierige Genehmigungsprozesse für Wasserstofftechnologien, regulatorische Unsicherheiten bei der Klassifikation von erneuerbarem/kohlenstoffarmem Wasserstoff – kurzfristig sehr konservative Wasserstoffbedarfe hinterlegt haben. Parallel zum Aufbau des Wasserstoffkernnetzes, das bis 2032 (spätestens bis 2037) errichtet sein soll, steigen die angegebenen Wasserstoffbedarfe dann, weil mehr Klarheit für die Beschaffungsinfrastruktur herrscht. Möglich ist, dass viele Akteure für das Jahr 2035 theoretische Maximalbedarfe gemeldet haben, um sich die Versorgungsoptionen für die Zukunft offenzuhalten bzw. der Gefahr von Kapazitätsengpässen in der Wasserstoffinfrastruktur von vornherein entgegenzuwirken.

[14] Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie. Die Bundesregierung. 2023. Link
[15] Annahme der Bundesregierung ist, dass bis 2030 40 bis 75 TWh$_{H_2}$ neue Wasserstoffbedarfe durch Technologieumstellungen entstehen, während heute bereits ca. 55 TWh$_{H_2}$ durch grauen Wasserstoff bereitgestellt werden.

Die niedrigsten Wasserstoffbedarfe ergeben sich in den Studienszenarien, die eine konservative Wasserstoffdurchdringung in den verschiedenen Sektoren annehmen (10 bis 15 TWh_{H_2} in 2035). Das Strom-Szenario der Langfristszenarien legt die Priorität bei der Umstellung von Prozessen, Brennstoffen und Rohstoffen auf eine Direktelektrifizierung. Im Szenario S1 der [FRISI]-Studie ist hinterlegt, dass in der Industrie Wasserstoffprodukte wie Ammoniak, Methanol oder Eisenschwamm importiert werden. Im Straßenverkehr sowie in der Bereitstellung von Gebäudewärme findet Wasserstoff keine Anwendung. Beide Studien nutzen zudem die gleichen Modelle, sodass bei der Wahl ähnlicher Annahmen das Resultat in ähnlichen Größenordnungen ausfällt.

In den übrigen Studien bzw. Szenarien wird von einem breiteren Wasserstoffeinsatz ausgegangen. Im H2-Szenario der Langfristszenarien verdoppelt sich der Wasserstoffbedarf auf ca. 30 TWh_{H_2} im Jahr 2035, da Wasserstoff großflächig an allen Industriestandorten verfügbar und bevorzugter Energieträger für energetische sowie stoffliche Nutzung ist. Auch im Verkehrssektor findet Wasserstoff bei Pkw und Nutzfahrzeugen Anwendung. Szenario S5 der FRISI-Studie geht von einem Einsatz von Wasserstoff in allen Sektoren aus (Industrie, Verkehr, Gebäude), wodurch sich der Bedarf auf ca. 40 TWh_{H_2} vervierfacht.[16] Die Studie des Forschungszentrums Jülich priorisiert stärker die Sektoren ‚Verkehr' und ‚Kraftwerke', also die Rückverstromung von und/oder die Wärmebereitstellung über Wasserstoff, und bewegt sich in den absoluten Wasserstoffbedarfen in den Größenordnungen des S5-Szenarios der Fraunhofer ISI-Studie. Zudem ist der Hinweis wichtig, dass die Bedarfe der Industrie in der FZJ-Studie erst ab 2040 stark zunehmen und bis 2045 auf 31 TWh_{H_2} steigen.

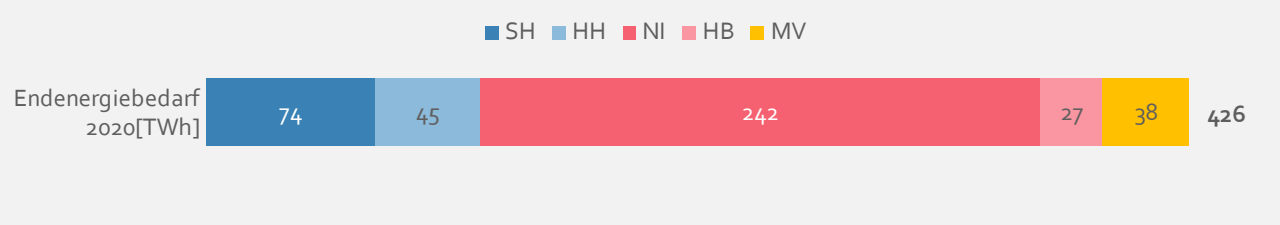

Abbildung 5: Endenergiebedarf der norddeutschen Bundesländer im Jahr 2020[17]

Zieht man die gesamte Endenergienachfrage der norddeutschen Bundesländer aus dem Jahr 2020 von 426 TWh heran, dann deckt Wasserstoff im Jahr 2035 davon je nach Datenquelle und Szenario ca. 3 bis 13 % dieses Bedarfs (siehe Abbildung 5). Unter der Annahme, dass mit Effizienzgewinnen und damit einhergehend sinkenden Energiebedarfen gerechnet wird, wird dieser Anteil voraussichtlich noch höher ausfallen.

Mit 242 TWh und einem Anteil von ca. 56 % weist Niedersachsen den mit Abstand höchsten Energiebedarf der norddeutschen Bundesländer auf. Dies schlägt sich in den Wasserstoffbedarfen nieder, da Niedersachsen im Jahr 2035 zwischen 53 % und 72 % der Bedarfe auf sich vereint. Bemerkenswert ist, dass Bremen (inkl. Bremerhaven) zwar nur ca. 6 % der Endenergie aufwendet, in den Studien für das Jahr 2035 der Anteil des Wasserstoffbedarfes jedoch auf 14 bis 40 % steigt. Großen Anteil daran dürfte die durch Wasserstoff

[16] Die Studie des Fraunhofer ISI untersucht fünf Szenarien. In dieser Metaanalyse werden das Minimal- (S1) und Maximalszenario (S5) im Hinblick auf die Durchdringung von Wasserstofftechnologien betrachtet.

[17] Energiebilanz und CO2-Bilanzen für Hamburg. Behörde für Umwelt und Energie der Freien und Hansestadt Hamburg. 2020. Link.
Energiebilanz und CO2-Bilanzen für Schleswig-Holstein. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume. 2020. Link.
Energiebilanz und CO2-Bilanzen des Landes Bremen. Freie Hansestadt Bremen. 2020. Link.
Energiebilanz und CO2-Bilanzen des Landes Bremen. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz. 2020. Link.
Energiebilanz und CO2-Bericht. Ministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Tourismus und Arbeit des Landes Mecklenburg-Vorpommern. 2020. Link.

umgesetzte Dekarbonisierung der bremischen Industrie haben, allen voran das Stahlwerk von ArcelorMittal, das mit 2,5 Mio. Tonnen CO2 auf Rang sieben der emissionsintensivsten Industriestandorte Deutschlands rangiert.[18] Lediglich in der Studie des Forschungszentrums Jülich bleiben die Anteile der Bedarfe von Bremen auf ähnlichem Niveau wie bei der Verteilung des heutigen Endenergiebedarfs, da der Fokus des Wasserstoffeinsatzes dieser Studie mehr auf den Sektoren ‚Verkehr' und ‚Kraftwerke' liegt. Dabei ist davon auszugehen, dass zwischen den Sektoren ‚Industrie' und ‚Kraftwerke' Schnittmengen bestehen. Ein Teil der Energie, die über Wasserstoff durch die Kraftwerke als Wärme und Strom bereitgestellt wird, findet voraussichtlich Abnehmer in der Industrie.

Die Wasserstoffbedarfe in minimaler und maximaler Ausprägung innerhalb der Studienlandschaft sind für die Jahre 2025, 2030 und 2035 in Abbildung 6 dargestellt.

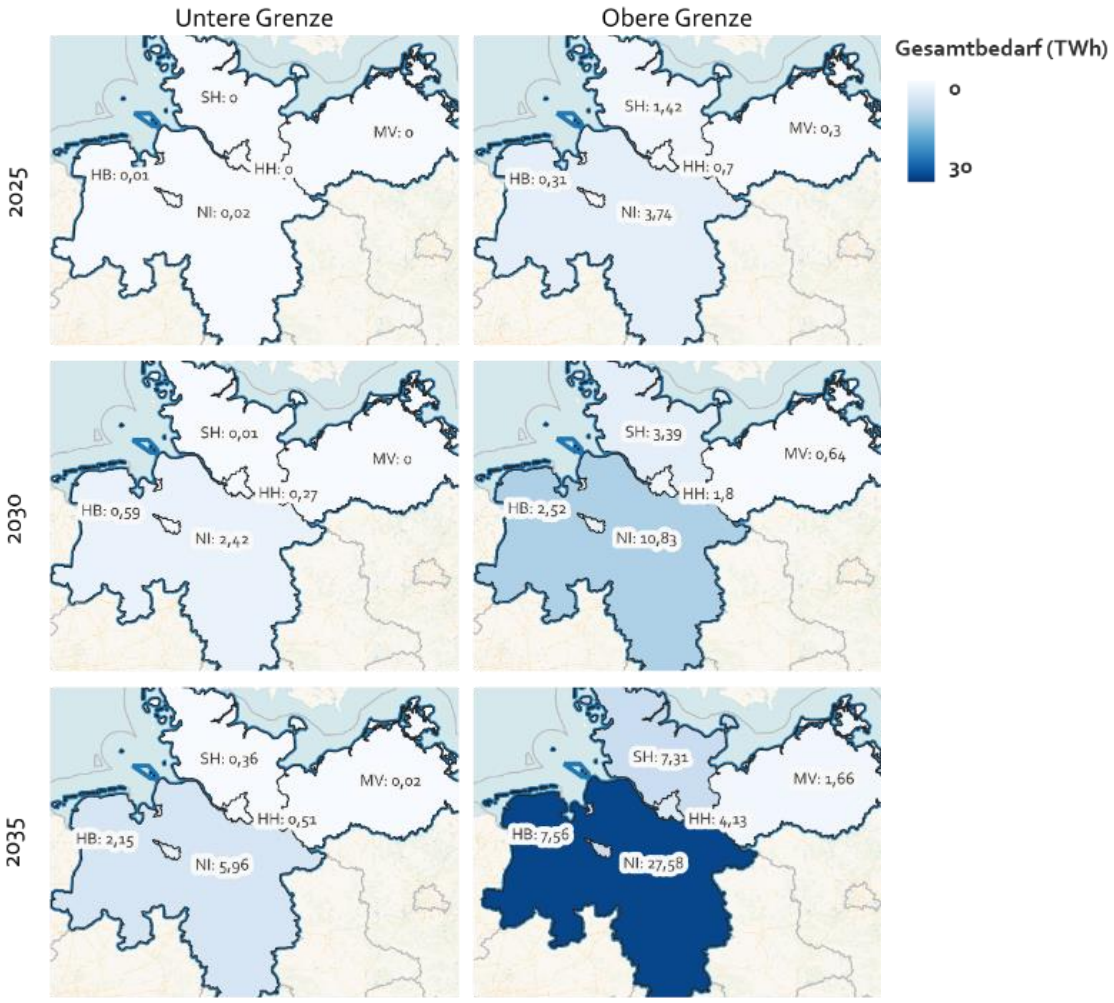

Abbildung 6: Regionale Verteilung der minimalen und maximalen Wasserstoffbedarfskennzahlen aus den Szenario-basierten Studien[19]

Die sektoral aufgelösten Wasserstoffbedarfe je Bundesland verdeutlichen die unterschiedliche Fokussierung der einzelnen Studien in Bezug auf die unterschiedlichen Sektoren (siehe Abbildung 7). Die Langfristszenarien des BMWK sowie die Studie des Forschungszentrums Jülich errechnen relevante Wasserstoffmengen für den Verkehrssektor. Der H2-Bedarf des Verkehrssektors hat im Szenario des Forschungszentrums Jülich einen Anteil am Gesamtwasserstoffbedarf von 38 %. Dieser hohe Anteil lässt sich u. a. darauf

[18] WWF Deutschland. Dirty Thirty – Emissionen des Industriesektors in Deutschland. 2023. Link
[19] Die Kennzahlen der Akteursbefragung des NEP werden in der Abbildung nicht berücksichtigt, da keine Bundesland-spezifischen Daten vorliegen.

zurückführen, dass der H2-Bedarf der Industrie erst in den Jahren 2040 bis 2045 wesentlich steigt (auf insgesamt 31 TWh $_{H_2}$), sodass der Anteil des Verkehrssektors auf 18 % sinkt. Die Studie des Fraunhofer ISI ermittelt als einzige Studie nennenswerte Mengen für den Wärmesektor (GHG/Gebäude/Haushalte) mit insgesamt ca. 5 TWh $_{H_2}$.[20] Nur in der Studie des Forschungszentrums Jülich wird der Wasserstoffbedarf für Kraftwerke ausgewiesen (ca. 17 TWh$_{H_2}$). Die Abfrage im Rahmen des NEP erhebt sogar einen Bedarf von ca. 26 TWh$_{H_2}$. Das Diagramm zeigt weiterhin sehr deutlich, inwieweit die überproportionalen Wasserstoffbedarfe Bremens aus dem Industriesektor resultieren.

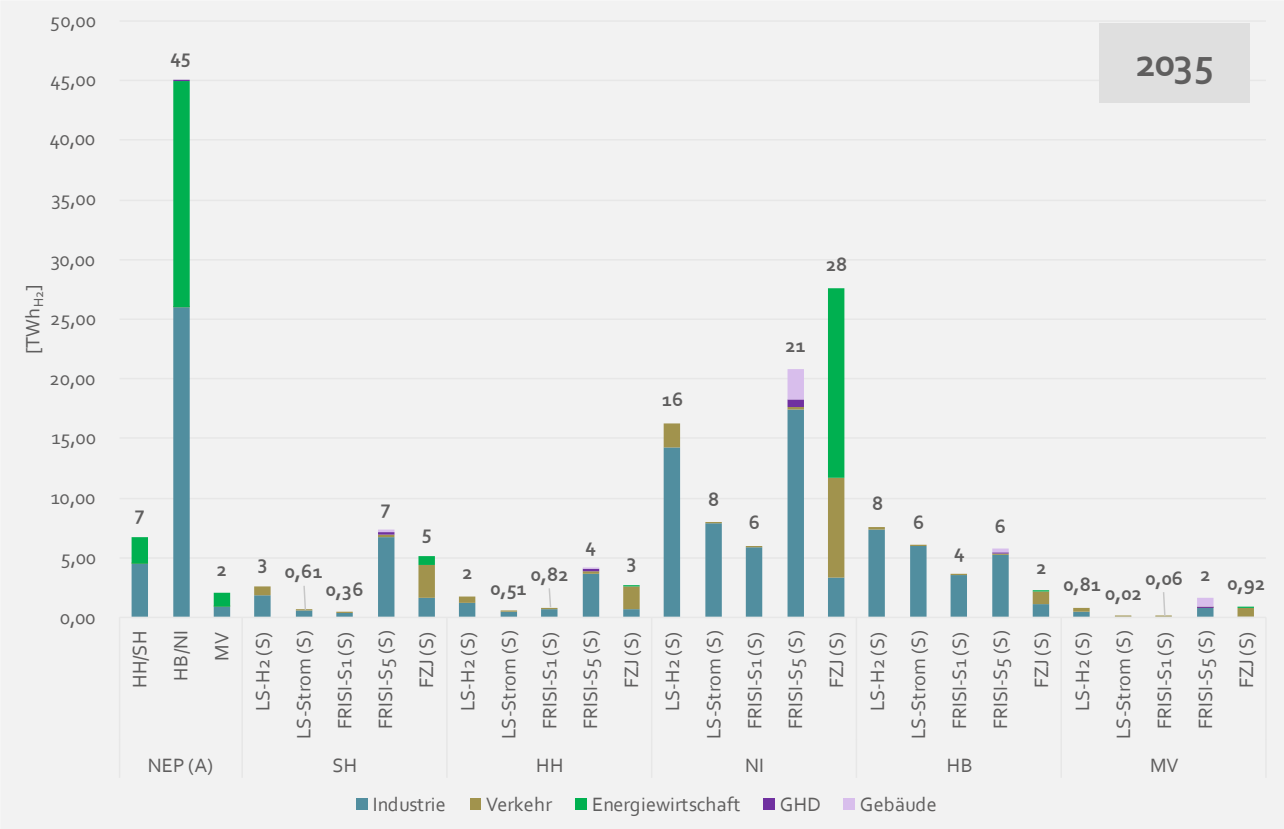

Abbildung 7: Übersicht der übergeordneten Datenquellen je Bundesland und Sektor

Landkreis-/Kreis-/Kreisstadt-aufgelöste Bedarfe für die Sektoren Industrie und Verkehr liefern die „Langfristszenarien des BMWK" und die Studie „Hydrogen Infrastructure in the Future CO2-Neutral European Energy System—How Does the Demand for Hydrogen Affect the Need for Infrastructure?" des Fraunhofer ISI (siehe Abbildung 8). Insbesondere im Jahr 2035 kristallisieren sich die Landkreise/Kreise/Kreisstädte mit höheren Wasserstoffbedarfen heraus. In der Industrie sind insbesondere die südwestlichen Kreise Schleswig-Holsteins, das Emsland und Hannover in Niedersachsen sowie Bremen und Hamburg hervorzuheben. Im Verkehr stechen die zulassungsstarken Gebiete um Hamburg, Bremen und Hannover heraus. Eine Detailbetrachtung der aufgelösten Wasserstoffbedarfe wird in den Bundesland-spezifischen Textabschnitten unter Kapitel 3.3 vorgenommen.

[20] In den Langfristszenarien liegen keine regional aufgelösten Bedarfszahlen für den Wärmesektor vor.

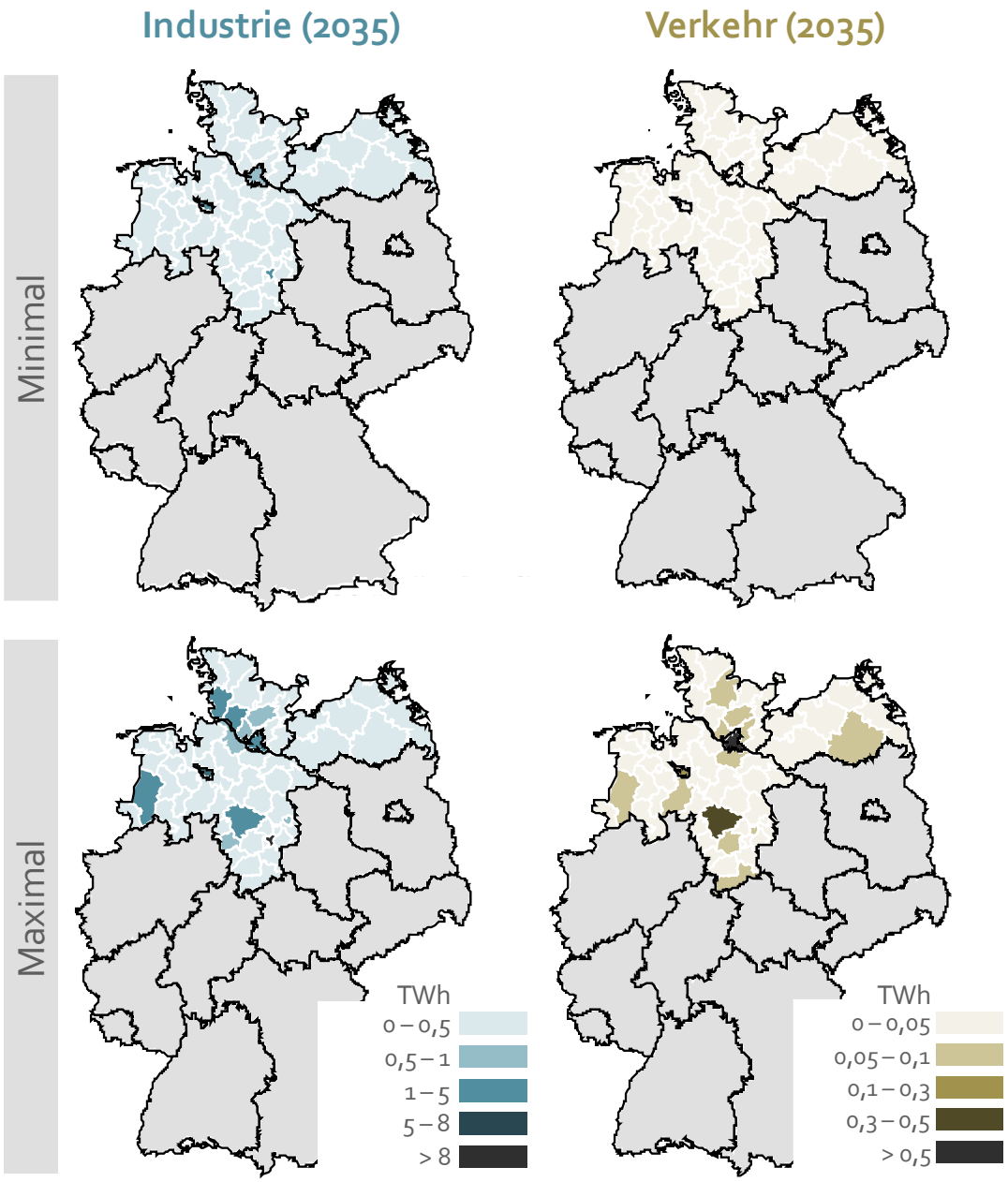

Abbildung 8: Landkreis-aufgelöste H2-Bedarfe in Industrie und Verkehr in den fünf norddeutschen Bundesländern aus den Studien [LS] und [FRISI] im Jahr 2035

Sektor Verkehr

Der Verkehrssektor ist mit 114,01 TWh der drittgrößte Energieabnehmer Norddeutschlands (siehe Abbildung 10, Rang 1: Haushalte & GHD mit 197 TWh). Abbildung 9 gibt einen Überblick über die Wasserstoffbedarfe des Verkehrssektors in den identifizierten Datenquellen. Das H2-Szenario der Langfristszenarien und die Studie des Forschungszentrums Jülich weisen im Jahr 2035 Wasserstoffbedarfe des Verkehrssektors von 3,7 TWh$_{H_2}$ und 14,8 TWh$_{H_2}$ aus, was einem Anteil von 13 und 38 % an der Gesamtnachfrage entspricht. Diese Bandbreite deckt sich mit dem Anteil des Endenergiebedarfs des Verkehrssektors am Gesamtendenergiebedarf (15 %). Voraussetzung für eine Wasserstoffnachfrage von 3,7 TWh$_{H_2}$ im H2-Szenario der Langfristszenarien ist, dass für den Straßenverkehr eine ausgebaute H2-Betankungsinfrastruktur zur Verfügung steht. Zudem fließen hier Bedarfe der Verkehrsträger Zug, Schiff und Flugzeug ein. In der Studie des

Forschungszentrums Jülich werden die Verkehrsträger Pkw, Zug, Bus und Lkw untersucht, wobei insbesondere der Schwerlastverkehr mit 77 % (10,8 TWh $_{H_2}$) der Wasserstoffnachfrage der dominierende Sektor ist.

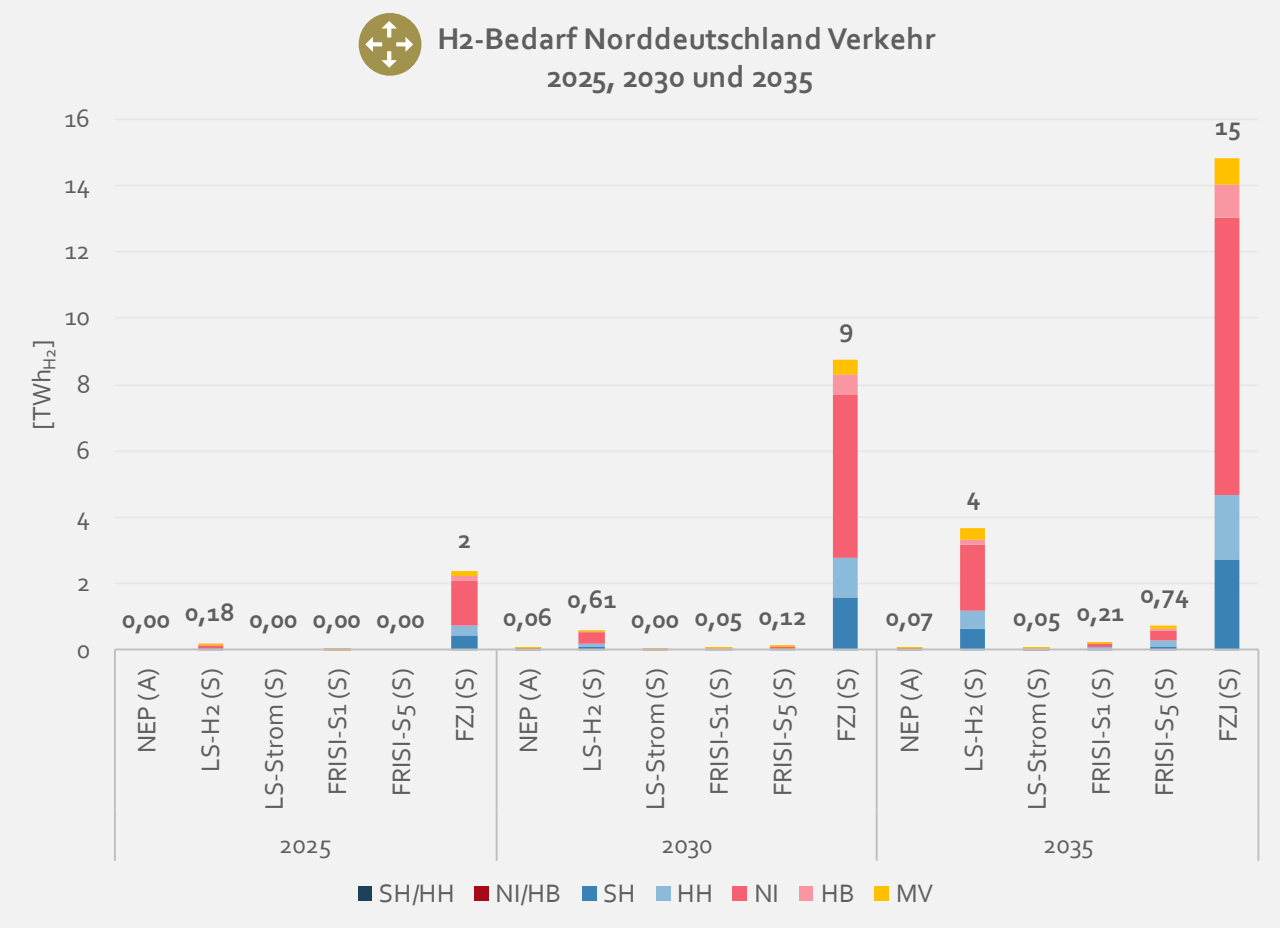

Abbildung 9: Kumulierte Wasserstoffbedarfe der fünf Bundesländer je untersuchter Studie im Verkehrssektor

In den übrigen Studienszenarien spielt Wasserstoff im Verkehrssektor eine nachgelagerte Rolle und die Anteile an der Gesamtwasserstoffnachfrage des Jahres 2035 variieren zwischen 0 und 2 %. Im Strom-Szenario der Langfristszenarien liegt der Fokus auf der Elektrifizierung des Verkehrs und im Szenario 5 des Fraunhofer ISI kommt Wasserstoff – neben dem Einsatz als Edukt für SynFuels für den Flug- und Zugverkehr – nur im Lkw-Langstreckenverkehr zum Einsatz. Die Rückmeldungen zur NEP-Abfrage (0,07 TWh $_{H_2}$) stützen auf den ersten Blick die Studienergebnisse mit geringen Abnahmen aus dem Verkehrssektor. Bei der Interpretation der Abfrageergebnisse in Bezug auf den Verkehrssektor ist jedoch dessen Struktur zu berücksichtigen. Es gibt eine hohe Anzahl involvierter Akteure (Fahrzeug- bzw. Flottenbetreiber) und der insgesamt potenziell hohe Bedarf verteilt sich auf viele Verkehrsträger bzw. Abnehmer. Dadurch ist der Sektor sehr fragmentiert und es ergibt sich für die meisten Akteure keine Notwendigkeit zur Teilnahme an der Abfrage. Zudem ist der Verkehrssektor weniger an eine leitungsgebundene Wasserstoffversorgung durch das Kernnetz gebunden, da der Transport aufgrund der Dezentralität der Betankungsinfrastruktur straßengebunden via Trailer erfolgen kann.

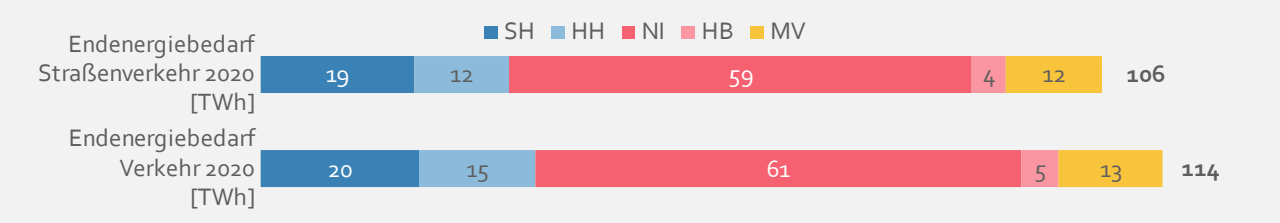

Abbildung 10: Endenergiebedarf des Verkehrssektors in den norddeutschen Bundesländern im Jahr 2020

Sektor Industrie

Der Sektor Industrie ist der zweitgrößte Abnehmer von Endenergie in Norddeutschland (115 TWh, siehe Abbildung 12). Obwohl Bremen flächenmäßig (419 km²) und bezogen auf die Einwohnerzahl (ca. 680.000) das kleinste Bundesland Norddeutschlands ist, ist es bei der Abnahme von Energie im Industriesektor mit ca. 14 TWh bzw. 12 % der Energienachfrage aus der norddeutschen Industrie auf dem zweiten Rang. Bis auf die Studie des FZ Jülich, in der erst ab 2045 relevante Wasserstoffmengen in der Industrie Anwendung finden, spiegeln die Studien dieses Bild wider. Im Jahr 2035 beträgt der Anteil des aus der bremischen Industrie nachgefragten Wasserstoffs zwischen 15 (FRISI-S5) und 40 % (LS-Strom). Von 14 TWh des industriellen Endenergiebedarfs im Jahr 2035 werden laut Langfristszenarien 6 (LS-Strom) bzw. 7,4 TWh_{H_2} und damit fast die Hälfte durch Wasserstoff gedeckt. In der Studie des Fraunhofer ISI sind es 3,5 (FRISI-S1) bzw. 5,3 TWh_{H_2} (FRISI-S5). Dies lässt sich voraussichtlich auf die Umstellung des Stahlwerks von ArcelorMittal zurückführen.

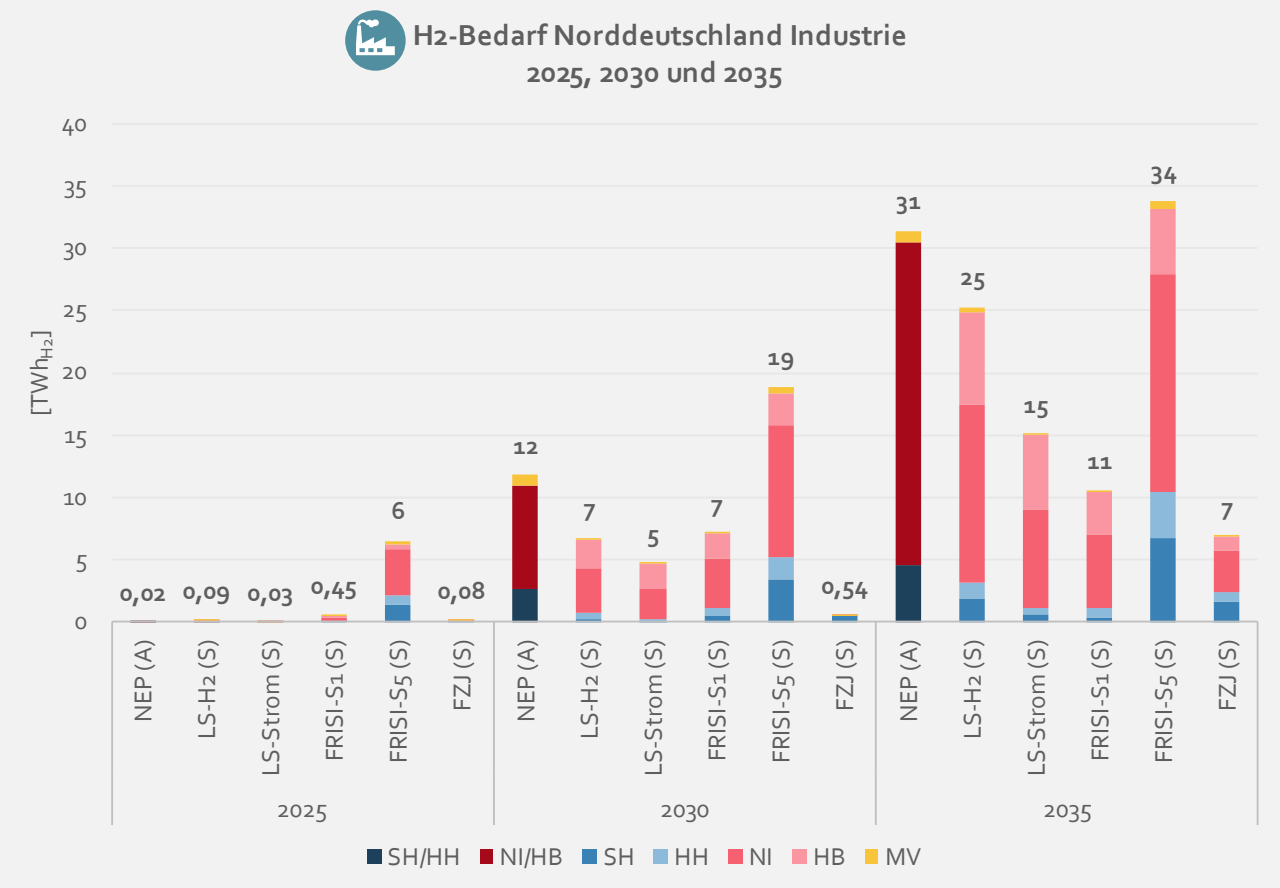

Abbildung 11: Kumulierte Wasserstoffbedarfe der fünf Bundesländer je untersuchter Studie in der Industrie

In Schleswig-Holstein werden im Jahr 2035 in vier von fünf Szenario-basierten Datenquellen 0,34 bis 1,91 TWh_{H_2} Wasserstoff aus der Industrie nachgefragt. Ausreißer ist das Szenario S5 des Fraunhofer ISI, bei dem ein H2-Bedarf von 6,78 TWh_{H_2} für das Jahr 2035 ermittelt wird, was mehr als 50 % des Energiebedarfs im

Jahr 2020 entspricht. In dem Szenario wird angenommen, dass die Erzeugung von Chemikalien via Wasserstoff in Deutschland erfolgt. Erklären ließe sich der Wert u. a. durch die Dekarbonisierung der in Brunsbüttel ansässigen Ammoniakproduktion von Yara, in der pro Jahr 839.500 Tonnen Ammoniak hergestellt werden.[21]

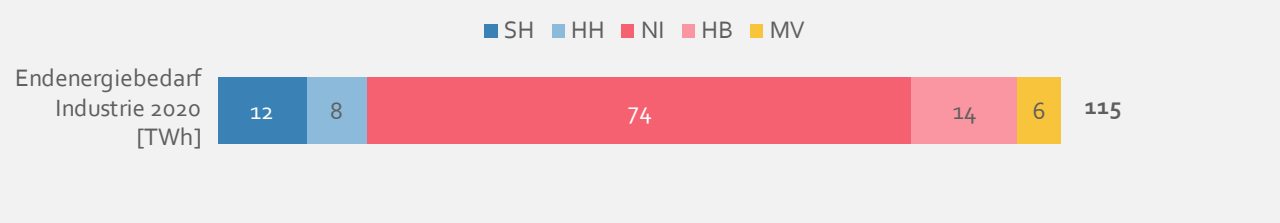

Abbildung 12: Endenergiebedarf des Industriesektors in den norddeutschen Bundesländern im Jahr 2020

Sektor Energiewirtschaft/Kraftwerke

Kennzahlen für den Wasserstoffbedarf von Kraftwerken liefern die NEP-Abfrage und die Studie des Forschungszentrums Jülich. Laut diesen Datenquellen kommt der Kraftwerksnutzung von Wasserstoff eine hohe Bedeutung zu. Der Anteil der Wasserstoffbedarfe für Kraftwerke am Gesamtbedarf liegt im Jahr 2035 in der NEP-Abfrage bei 41 % und in der Studie des FZ Jülich bei 43 %. Dadurch relativiert sich zu einem gewissen Grad der geringe Wasserstoffbedarf der Industrie in der Studie des Forschungszentrums Jülich, da angenommen werden kann, dass ein wesentlicher Anteil des in Wärme und Strom umgewandelten Wasserstoffs in die Industrie fließt.

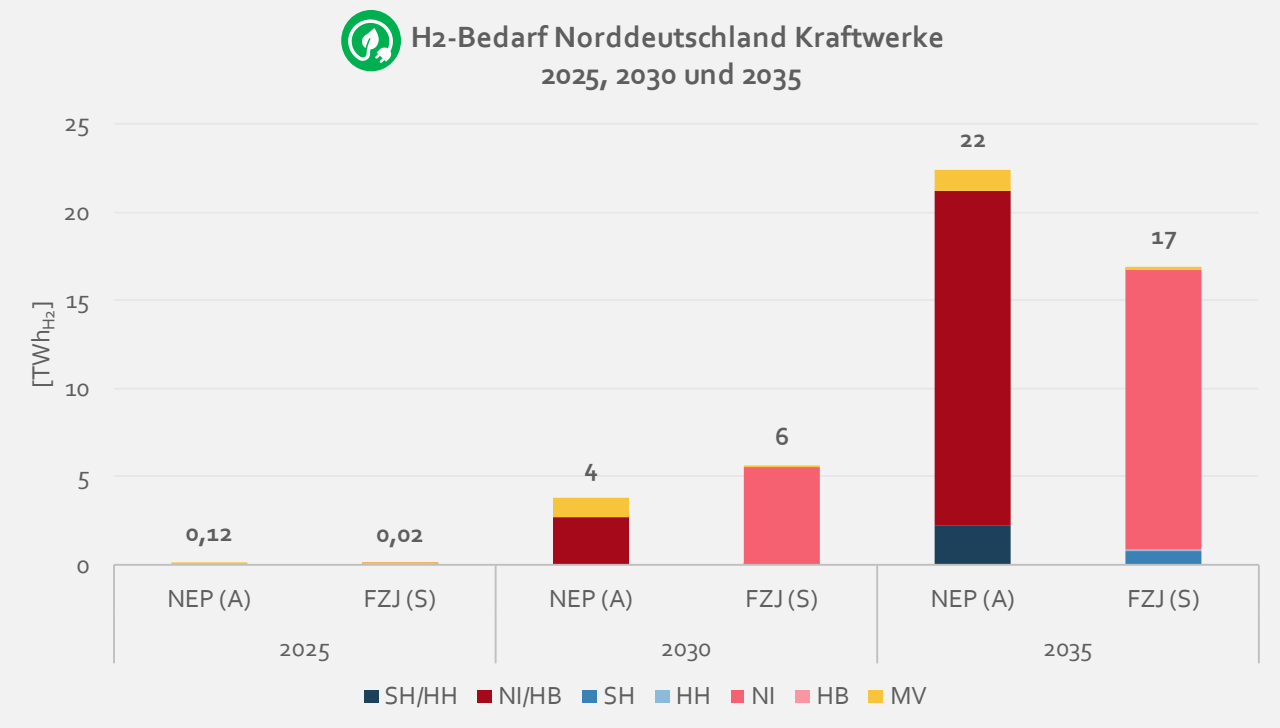

Abbildung 13: Kumulierte Wasserstoffbedarfe der fünf Bundesländer je untersuchter Studie für Kraftwerke

3.3 Betrachtungsraum „Bundesländer"

Im Betrachtungsraum „Bundesländer" wurden 21 Datenquellen identifiziert, eine Übersicht ist in Abbildung 14 dargestellt. In allen drei „Flächenbundesländern" (SH, NI, MV) sind zahlreiche regionale

[21] Gute Ernte: Yara in Brunsbüttel. Boyens Medien GmbH & Co. KG. 2018. Link

Datenerhebungen vorgenommen worden, insbesondere für den Südosten und Nordosten von Niedersachsen, für die Landkreise in und um Kiel und den Osten von Mecklenburg-Vorpommern. In den folgenden Kapiteln erfolgt die Auswertung der Datenverfügbarkeit und -analyse für die einzelnen Bundesländer.

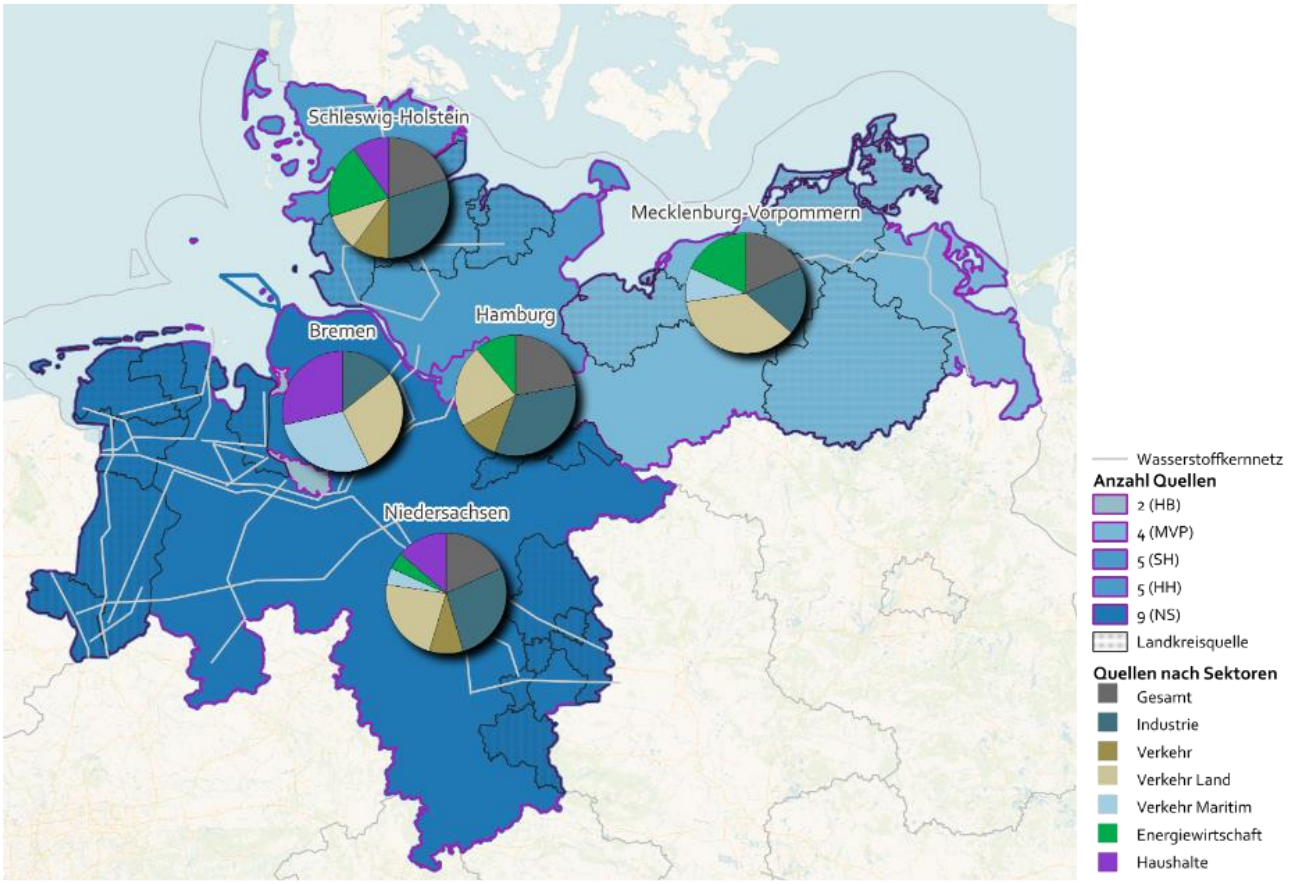

Abbildung 14: Übersicht über die Datenverfügbarkeit innerhalb der norddeutschen Bundesländer

3.3.1 Schleswig-Holstein

3.3.1.1 Datenverfügbarkeit

Für Schleswig-Holstein liegen drei Quellen vor, die Kennzahlen für das gesamte Bundesland liefern. Die Wasserstoffstrategie von Schleswig-Holstein liefert eine Kennzahl für den Gesamtbedarf des Bundeslandes, die Studie „Integrierte Klimaschutz- und Energiewendeszenarien für Schleswig-Holstein 2030-2050" für die Sektoren Industrie, Transport und Energiewirtschaft. Das „Gutachten H2-Erzeugung und Märkte" [SHGEM] wurde im Jahr 2020 erstellt und kombiniert die Bedarfe von Schleswig-Holstein und der Hansestadt Hamburg. Inhaltlich untersucht wird diese Studie daher in Abschnitt 3.3.3. Die Datenverfügbarkeit ist folglich gut, allerdings würde die Separierung der in 3.3.2 untersuchten Datenquelle [SHGEM] nach Bundesländern zu höherer Aussagekraft führen.

Tabelle 3: Übersicht der Datenquellen für Schleswig-Holstein

				Sektorale Abdeckung						
Datenquelle	**Klassifikation**	**Zeitliche Abdeckung**	**Räumliche Abdeckung**	Σ						
Wasserstoffstrategie Schleswig-Holstein **[SHWS]** (2020) [6]	Szenario-basierte Studie (S)	2030	BL-spezifisch	X						
Integrierte Klimaschutz- und Energiewendeszenarien für Schleswig-Holstein 2030-2050 **[SHIS]** (2020) [7]	Szenario-basierte Studie (S)	2030, 2040, 2050	BL-spezifisch		X	X			X	
Gutachten H2-Erzeugung und Märkte Schleswig-Holstein **[SHGEM]** (2020)* [8]	Szenario-basierte Studie (S)	2025 - 2050	Schleswig-Holstein + Hamburg	X	X		X		X	
Potentiale, Grenzen und Prioritäten Grüner Wasserstoff für die Energiewende. NorddeutschesRealLabor (NRL) - Teil 4: Der Industriesektor **[NRLP]** (2023) [9]	*Projektdaten*	-	Yara (Brunsbüttel), Raffinerie Heide		X					
HyStarter KielRegion **[KRHSSH]** (2021) [10]	Szenario-basierte Studie (S)	2030	LH Kiel, LK Rendsburg-Eckernförde, LK Plön							X

* In Ergänzung des hier angeführten Gutachtens wurde das Gutachten H2 -Mobilität und Förderrichtlinien erstellt. Darin finden sich ebenfalls Bedarfskennzahlen für den Sektor Verkehr. Diese entsprechen jedoch den Kennzahlen des hier aufgeführten Gutachtens.

3.3.1.2 Einordnung

Die Wasserstoffstrategie des Landes Schleswig-Holstein beziffert die Wasserstoffbedarfe für das Jahr 2030 auf 1,8 TWh_{H_2}. In dieser Bandbreite liegen die Industriebedarfe aus der Studie „Integrierte Klimaschutz- und Energiewendeszenarien für Schleswig-Holstein 2030-2050" (1,6 TWh_{H_2}) und dem Szenario 5 der Studie des Fraunhofer ISI (3,36 TWh_{H_2}) und entsprechen einem Anteil von ca. 13 bzw. ca. 28 % am Endenergieverbrauch der Industrie im Jahr 2020. Wie bereits in Abschnitt 3.2.2 beschrieben, ist davon auszugehen, dass die Umstellung der Ammoniakproduktion von Yara auf erneuerbaren Wasserstoff sowie weitere Wasserstoffsenken im ChemCoastPark Brunsbüttel einen wesentlichen Beitrag zu dem errechneten Wasserstoffbedarf leisten. Weitere Potenziale bestehen in der industriellen Abnahme durch die Raffinerie Heide zur Produktion von synthetischem Kerosin und durch eine geplante Methanolsynthese.[22] Die landkreisspezifische Auflösung der H2-Bedarfe aus der Studie des Fraunhofer ISI [FRISI] und den Langfristszenarien [LS] unterstreicht diese Annahme (siehe Abbildung 16), da für den Kreis Dithmarschen und den Kreis Steinburg die höchsten Wasserstoffbedarfe erhoben wurden. Auch die Kreise Segeberg und Pinneberg weisen etwas höhere Wasserstoffbedarfe als die umliegenden Kreise auf. Insbesondere der Kreis Pinneberg weist eine hohe Industriedichte mit Unternehmen aus der Nahrungsmittel-, Papier- und Mineralölindustrie auf.

[22] Link

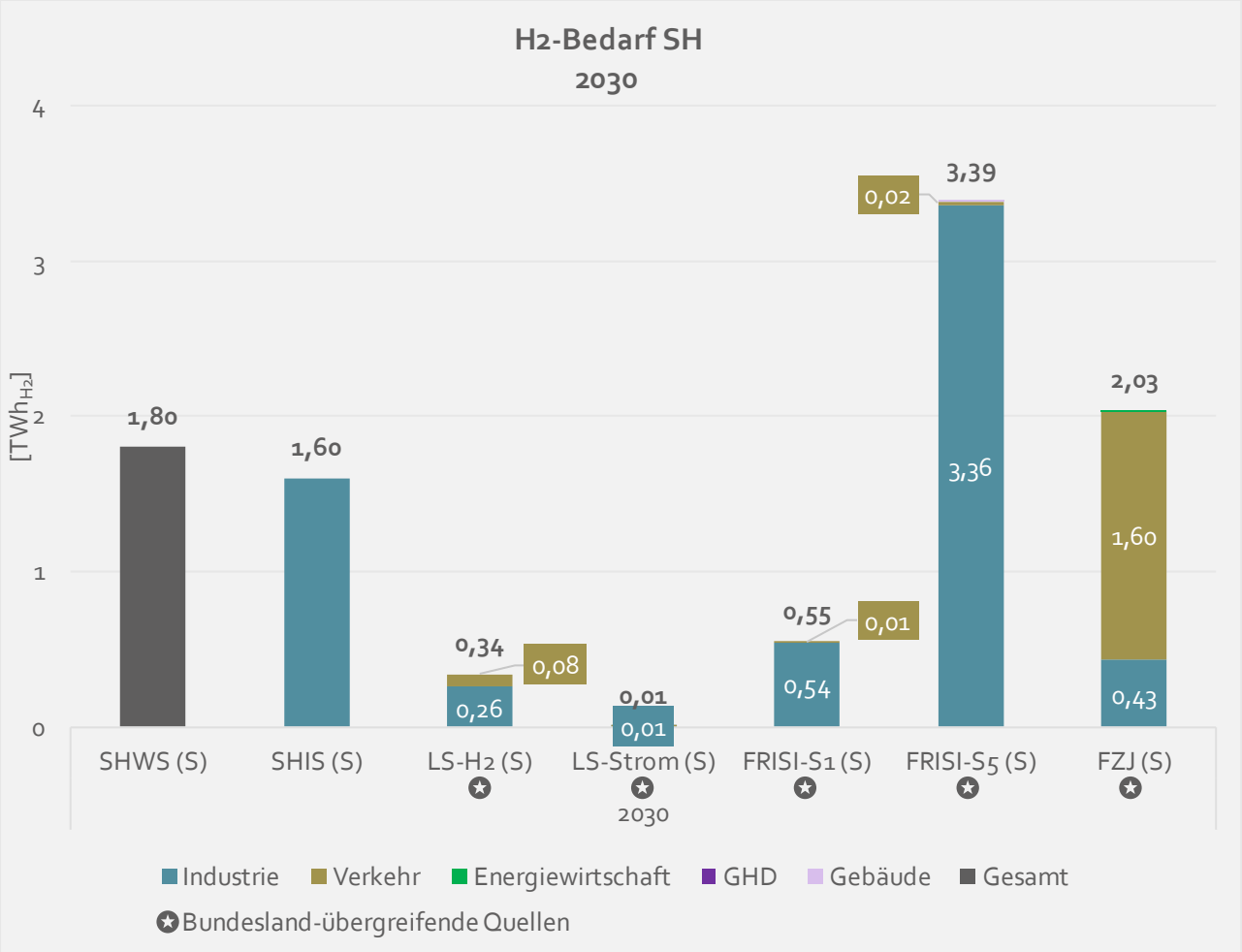

Abbildung 15: Wasserstoffbedarfe der identifizierten Datenquellen in Schleswig-Holstein[23]

Das Forschungszentrum Jülich erhebt für 2030 Wasserstoffbedarfe im Verkehrssektor in Höhe von 1,6 TWh_{H_2}. In der Studie „Integrierte Klimaschutz- und Energiewendeszenarien für Schleswig-Holstein 2030-2050" werden erst für das Jahr 2040 verkehrsbezogene Wasserstoffbedarfe ausgewiesen (0,4 TWh_{H_2}). Abbildung 16 zeigt, dass die größten Wasserstoffbedarfe des Verkehrssektors für die Landeshauptstadt Kiel und die Kreise Pinneberg, Rendsburg-Eckernförde, Segeberg und Stormarn errechnet wurden. Diese Landkreise sind die bestandsstärksten in Bezug auf Pkw und Lkw. Kiel ist als wirtschaftliches und politisches Zentrum des Bundeslandes durch Pendlerverkehr stark frequentiert.

[23] Zwecks Vergleichbarkeit wird angenommen, dass sich die ausgewiesenen H2-Bedarfe der BL-spezifischen Quellen auf den Heizwert von Wasserstoff beziehen.

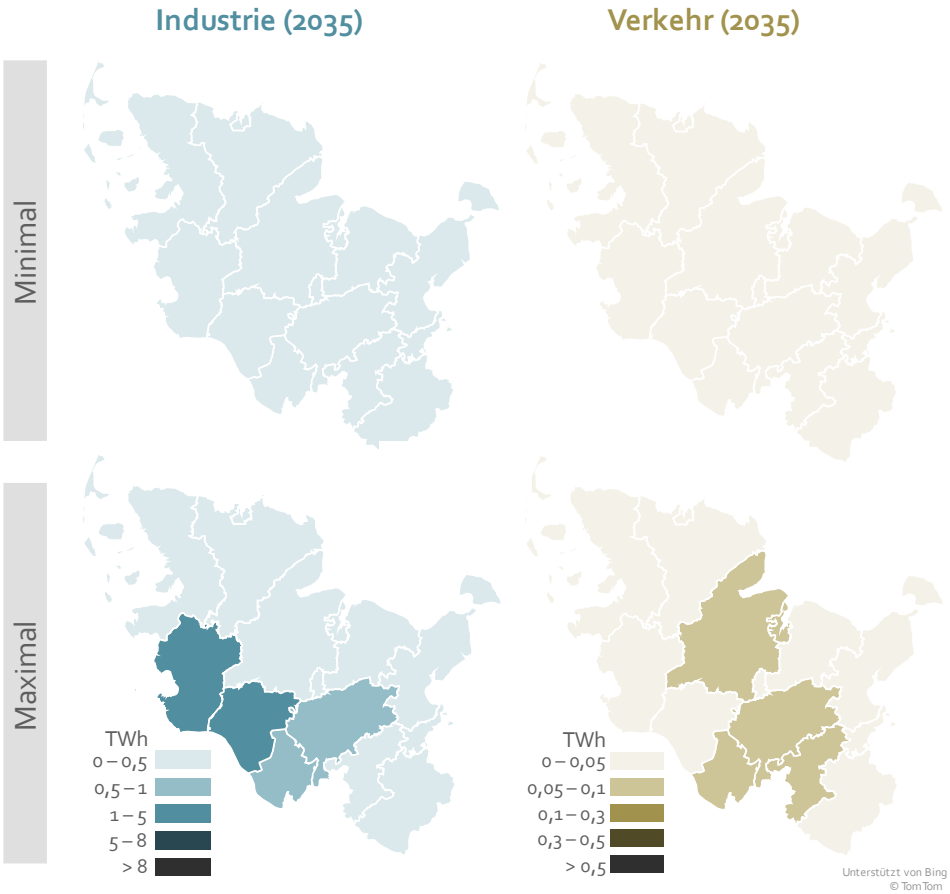

Abbildung 16: Landkreis-aufgelöste H2-Bedarfe in Industrie und Verkehr in Schleswig-Holstein aus den Studien [LS] und [FRISI] im Jahr 2035

3.3.2 Freie und Hansestadt Hamburg

3.3.2.1 Datenverfügbarkeit

Für die Freie und Hansestadt Hamburg wurden drei Datenquellen identifiziert, die Kennzahlen für den Wasserstoffbedarf liefern (siehe Tabelle 4). Da es sich bei Hamburg um einen der drei Stadtstaaten Deutschlands handelt, wurden keine zusätzlichen Datenquellen für Teilbereiche – bspw. Landkreise – identifiziert.

Bei den Datenquellen handelt es sich um eine Akteursbefragung unter den größten Hamburger Industrieunternehmen sowie zwei Szenario-basierte Studien. Die Akteursbefragung ermittelte den Wasserstoffbedarf bei Industrieunternehmen und Verkehr, der „allein für die direkt mit dem Warenumschlag im Hafen verbundenen Verkehrsströme" anfällt. Die anonyme Studie beschäftigt sich mit einem Teilbereich des Verkehrssektors, dem Schwerlastverkehr. Für den Verkehrssektor wurden Wasserstoffbedarfe in Teilbereichen (Hafen, Schwerlast) erhoben, für die Industrie liegt eine Kennzahl vor. Für die Energiewirtschaft liegen keine Zahlen vor und damit auch keine Datenquelle, die alle betrachteten Sektoren abdeckt.

Tabelle 4: Übersicht der Datenquellen für die Freie und Hansestadt Hamburg

				Sektorale Abdeckung						
Datenquelle	**Klassifikation**	**Zeitliche Abdeckung**	**Räumliche Abdeckung**	Σ						
Green Hydrogen Europe **[HHGH]** (2022) [11]	Akteursbefragung (A)	2030	BL-spezifisch		X	X				
Potenziale der Wasserstoffwirtschaft in der Freien und Hansestadt Hamburg**[HHPW]** (2022) [12]	Szenario-basierte Studie (S)	2027, 2035	BL-spezifisch	X						
Wasserstoffbetankungsanlagen für den Schwerlastverkehr in der Freien und Hansestadt Hamburg**[HHSV]** (2024) [13]	Szenario-basierte Studie (S)	2026, 2030, 2035	BL-spezifisch				X			
Gutachten H2-Erzeugung und Märkte Schleswig-Holstein **[SHGEM]** (2020)* [8]	Szenario-basierte Studie (S)	2025 - 2050	Schleswig-Holstein + Hamburg	X	X		X		X	
Potentiale, Grenzen und Prioritäten Grüner Wasserstoff für die Energiewende. NorddeutschesRealLabor (NRL) - Teil 4: Der Industriesektor **[NRLP]** (2023) [9]	*Projektdaten*	-	Arcelor-Mittal, Aurubis, Raffinerie Hamburg		X					

* In Ergänzung des hier angeführten Gutachtens wurde das Gutachten H2 -Mobilität und Förderrichtlinien erstellt. Darin finden sich ebenfalls Bedarfskennzahlen für den Sektor Verkehr. Diese entsprechen jedoch den Kennzahlen des hier aufgeführten Gutachtens.

3.3.2.2 Einordnung

Die Kennzahlen verdeutlichen, dass die Umfrage unter den 22 größten Industrieunternehmen des Hamburger Hafens einen mindestens dreifach höheren Wasserstoffbedarf in der Industrie im Jahr 2030 ermittelt hat (5,7 TWh_{H2}) als die BL-übergreifenden Studien (max. 1,8 TWh_{H2}). Der in der Abfrage ermittelte Wasserstoffbedarf würde bereits im Jahr 2030 70 % des Endenergiebedarfs (8 TWh) der gesamten Hamburger Industrie aus dem Jahr 2020 entsprechen (siehe auch Abbildung 26). Eine Einschätzung der Plausibilität ist schwierig. Die Metallerzeugung und -bearbeitung sowie die Herstellung von Metallerzeugnissen haben einen Anteil von ca. 55 % am Endenergieverbrauch der Industrie. Unter der Annahme, dass dort Prozesswärme in hohen Temperaturbereichen erforderlich ist, könnte dort Wasserstoff eine relevante Rolle spielen. Dass die Wasserstoffbedarfe bereits in diesem Umfang im Jahr 2030 anfallen, scheint jedoch ambitioniert, würde aber bspw. mit dem Zeitplan zum Ausbau des Wasserstoff-Kernnetzes korrelieren. Die Abfrage ergibt darüber hinaus, dass im Jahr 2030 der Wasserstoffbedarf des Verkehrs, der für den Warenumschlag im Hamburger Hafen benötigt wird, 1,9 TWh_{H2} beträgt. Die Studie „Wasserstoffbetankungsanlagen für den Schwerlastverkehr in der Freien und Hansestadt Hamburg" weist dagegen mit 0,16 TWh_{H2} im Jahr 2030 und 0,52 TWh_{H2} im Jahr 2035 deutlich geringere Bedarfe für den Schwerlastverkehr Hamburgs aus. Zwar lassen sich die beiden Verkehrskennzahlen durch die unterschiedlichen Betrachtungsräume schwer vergleichen, dennoch liegt der Unterschied in den Größenordnungen im Bereich des 10-Fachen. Andererseits harmoniert die H2-Nachfrage von 0,16 TWh_{H2} durch den Schwerlastverkehr mit dem H2-Bedarf des Verkehrs der Studie des Forschungszentrums Jülich. Legt man diese beiden Studien zugrunde, entspricht die H2-Nachfrage des Schwerlastverkehrs ca. 22 % der Gesamtnachfrage. Dieses Verhältnis findet sich in den aktuellen Endenergie-Bilanzen wieder, da auf den Verkehr ca. 26 % des gesamten Endenergiebedarfs Hamburgs entfallen.

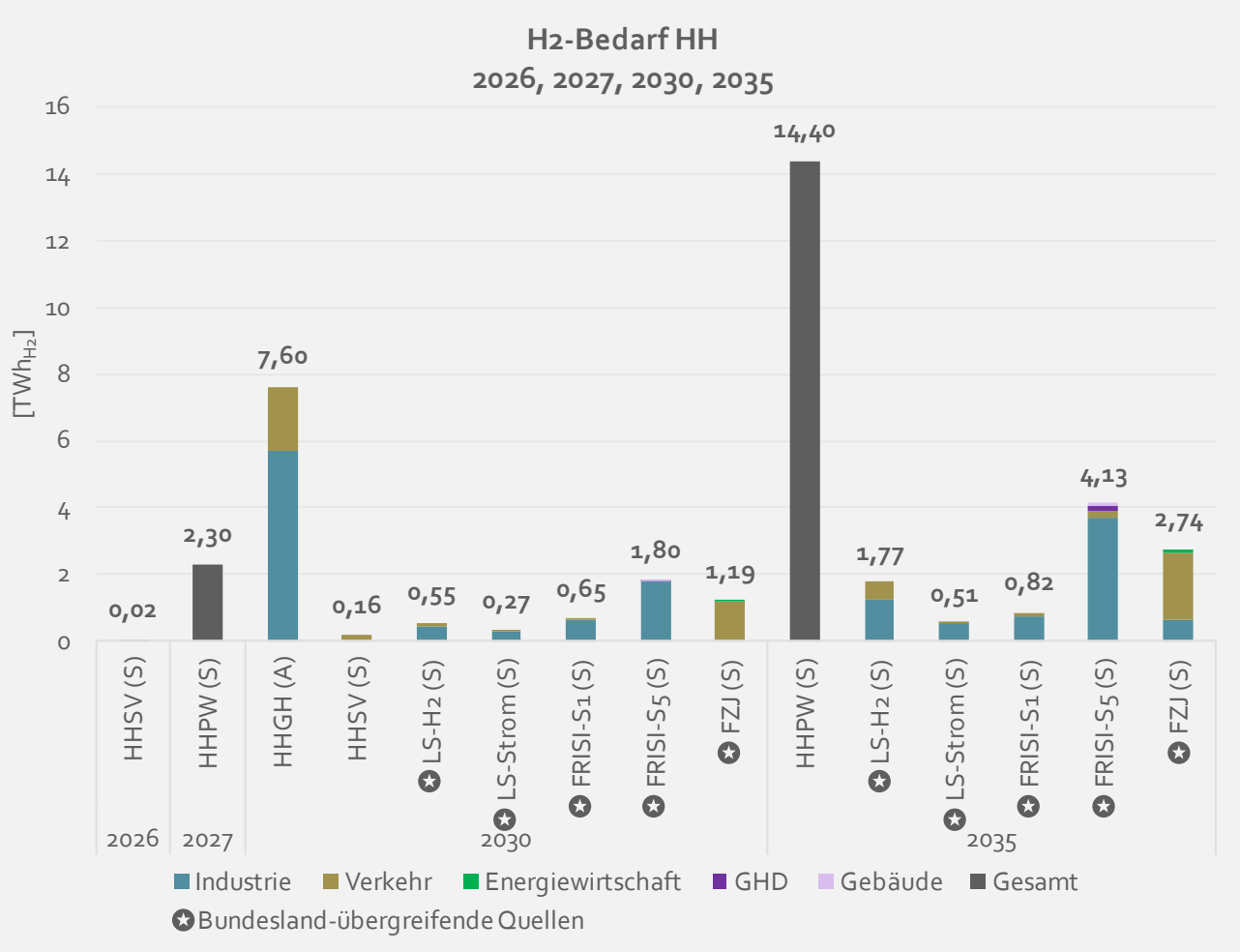

Abbildung 17: Wasserstoffbedarfe der identifizierten Datenquellen in der Hansestadt Hamburg[24]

Die Potenzialstudie der Wasserstoffwirtschaft Hamburg erwartet für das Jahr 2027 einen Wasserstoffbedarf von 2,3 TWh_{H_2} und im Jahr 2035 von 14,4 TWh_{H_2}, der vorrangig aus den Sektoren Industrie und Energiewirtschaft resultiert. Entsprechend dieser Studie deckt Wasserstoff im Jahr 2027 ca. 5 % und im Jahr 2035 fast 32 % des Endenergiebedarfs (45 TWh) Hamburgs. Die Studie nimmt weiterhin an, dass 85 % (12,3 TWh_{H_2}) des nachgefragten Wasserstoffs importiert werden müssen.

3.3.3 Exkurs Schleswig-Holstein + Hansestadt Hamburg

In dem „Gutachten H2-Erzeugung und Märkte Schleswig-Holstein" werden die Wasserstoffbedarfe kombiniert für Schleswig-Holstein und Hamburg erhoben (siehe Abbildung 18). Die Bedarfe wurden für drei Szenarien erhoben: Neben einer Reihe weiterer Annahmen geht das Szenario ‚Konservativ' davon aus, dass H2- und BZ[25]-Technologien Nischenprodukte bleiben, die bestehende Regulatorik nicht weiter verschärft wird und keine bzw. kaum Förderung von Wasserstofftechnologien erfolgt. Im Szenario ‚Basis' setzen sich Wasserstofftechnologien stärker durch, die Regulatorik wird verschärft und Wasserstofftechnologien erhalten Zuschüsse. Diese Aspekte verstärken sich im Szenario ‚Progressiv' weiter. Insbesondere an den Kennzahlen des Jahres 2030 lässt sich erkennen, dass das Gutachten im Vergleich zu den Langfristszenarien und der Studie des Fraunhofer ISI eine höhere Wasserstoffnachfrage im Verkehrssektor sieht. Unter der Annahme,

[24] Zwecks Vergleichbarkeit wird angenommen, dass sich die ausgewiesenen H2-Bedarfe der BL-spezifischen Quellen auf den Heizwert von Wasserstoff beziehen.
[25] Brennstoffzelle.

dass der Endenergiebedarf des Straßenverkehrs auf dem Niveau von 2020 bleibt, deckt Wasserstoff in den Szenarien 1 bis 6 % des Energiebedarfs im Verkehr (0,33 bis 2 TWh_{H_2}) im Jahr 2035 (siehe auch Abbildung 26). Größter Wasserstoffabnehmer wird die Industrie, in der laut dem Gutachten 10 bis 37 % des Energiebedarfs über Wasserstoff bereitgestellt werden. Zudem ist diese Studie neben der Studie „Hydrogen Infrastructure in the Future CO2-Neutral European Energy System—How Does the Demand for Hydrogen Affect the Need for Infrastructure?" des Fraunhofer ISI die einzige Studie, die relevante Mengen an Wasserstoffbedarfen für den Wärmesektor ermittelt (0,7 TWh_{H_2} im Szenario ‚Progressiv'). Dieser Umstand spiegelt die aktuelle Ungewissheit wider, inwieweit Wasserstoff flächendeckend zur Wärmeversorgung von GHD und Haushalten zum Einsatz kommen wird.

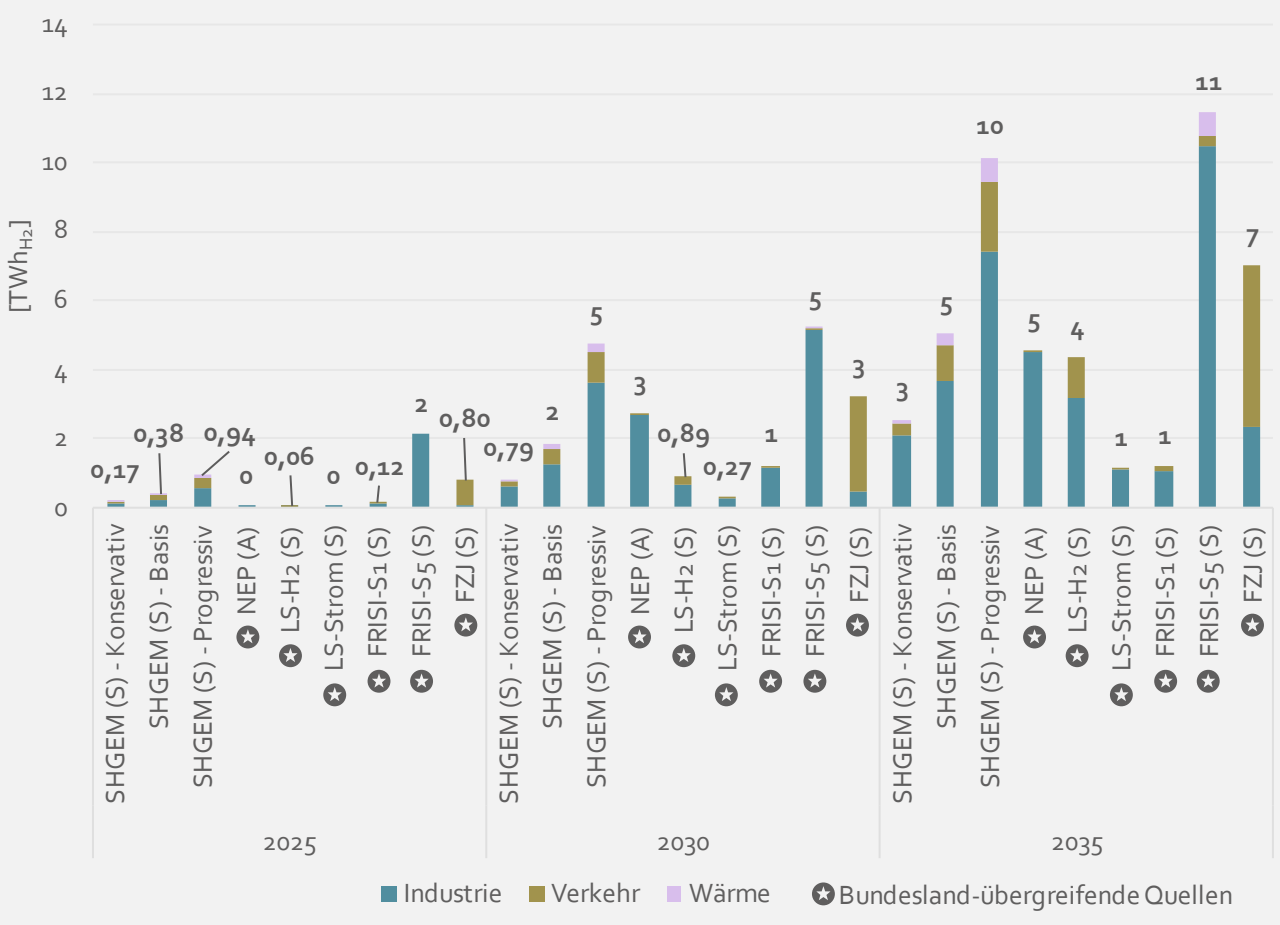

Abbildung 18: Wasserstoffbedarfe des Gutachtens H2-Erzeugung und -Märkte [SHGEM][26]

3.3.4 Niedersachsen

3.3.4.1 Datenverfügbarkeit

In Niedersachsen wurden acht Datenquellen identifiziert, die Wasserstoffbedarfe für das Bundesland bzw. Teile des Bundeslandes erhoben haben. Diese sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Während eine Datenquelle die Kennzahlen für das gesamte Bundesland erhoben hat, liegt der Fokus der übrigen sieben Datenquellen auf Teilregionen von Niedersachsen. Bei sechs dieser sieben Datenquellen handelt es sich um Endberichte des HyLand-Programms[27], das vom Bundesministerium für Digitales und

[26] Wasserstoffbedarfe werden hier bezogen auf den Heizwert angegeben (33,33 kWh/kg_{H_2}).
[27] Link

Verkehr ins Leben gerufen wurde, um Regionen in den Programmbereichen ‚HyStarter' und ‚HyExperts' bei der Entwicklung regionaler Wasserstoffkonzepte zu unterstützen. Aufgrund der Kopplung des Programmes mit dem BMDV stand zwar der Verkehrssektor im Fokus der Konzeptentwicklungen, andere Sektoren – wie Industrie oder Wärmebereitstellung – wurden jedoch ebenfalls untersucht. Die Studie „Untersuchung zur Entwicklung und dem Aufbau einer hafenbezogenen Wasserstoffwirtschaft" von bremenports leitet für Wilhelmshaven und Emden auf Basis von unterschiedlichen Durchdringungsgraden die resultierenden Wasserstoffbedarfe ab.

Tabelle 5: Übersicht der Datenquellen für das Bundesland Niedersachsen

				Sektorale Abdeckung						
Datenquelle	**Klassifikation**	**Zeitliche Abdeckung**	**Räumliche Abdeckung**	Σ						
Simulative Kurzstudie zum Einsatz von Wasserstofftechnologie in Niedersachsen **[NISK]** (2021) [14]	Szenario-basierte Studie (S)	2022, 2026, 2030, 2034, 2038, 2042, 2046, 2050	BL-spezifisch	X	X		X		X	X
HyExperts - Lastverkehr mit grünem Wasserstoff - Future Mobility **[LOHENI]** (2021) [15]	Szenario-basierte Studie (S) / Potenzialstudie (P)	2025, 2030	Amtsbezirk Lüneburg				X			
HyExperts H2BrakeCO2 **[SBHENI]** (2021) [16]	Szenario-basierte Studie (S)	2021-2046	Stadt Brake				X	X		
HyExperts Emsland **[EHENI]** (2021) [17]	Szenario-basierte Studie (S)	2025, 2030, 2035	LK Emsland		X		X			
HyExperts SüdOstNiedersachsen **[SHENI]** (2023) [18]	Szenario-basierte Studie (S)	2030, 2040	Braunschweig, LK Goslar, LK Helmstedt, Salzgitter, LK Gifhorn, Wolfsburg		X		X			
HyStarter Wasserstoff in Bad Bentheim **[BBHSNI]** (2023) [19]	Szenario-basierte Studie (S)	2030	Stadt Bad Bentheim	X	X		X			X
HyStarter Wasserstoffregion Ostfriesland **[OHSNI]** (2023) [20]	Szenario-basierte Studie (S)	2030	Stadt Emden, LK Aurich, LK Wittmund, LK Leer	X	X	X				X
Untersuchung zur Entwicklung und dem Aufbau einer hafenbezogenen Wasserstoffwirtschaft **[BPUH]** (2023) [21]	Potenzialstudie (P)	-	Wilhelmshaven, Emden	X		X				
Potentiale, Grenzen und Prioritäten Grüner Wasserstoff für die Energiewende. NorddeutschesRealLabor (NRL) - Teil 4: Der Industriesektor **[NRLP]** (2023) [9]	*Projektdaten*	-	Mineralölraffinerie Wilhelmshaven		X					

3.3.4.2 Einordnung

Für das Bundesland Niedersachsen ist nur eine Datenquelle identifiziert worden, die Kennzahlen für das gesamte Bundesland ausweist (siehe Tabelle 5). Die Kennzahlen dieser Quelle sind in Abbildung 19 zusammen mit den Kennzahlen der Langfristszenarien des BMWK und dem Endenergieverbrauch Niedersachsens dargestellt.

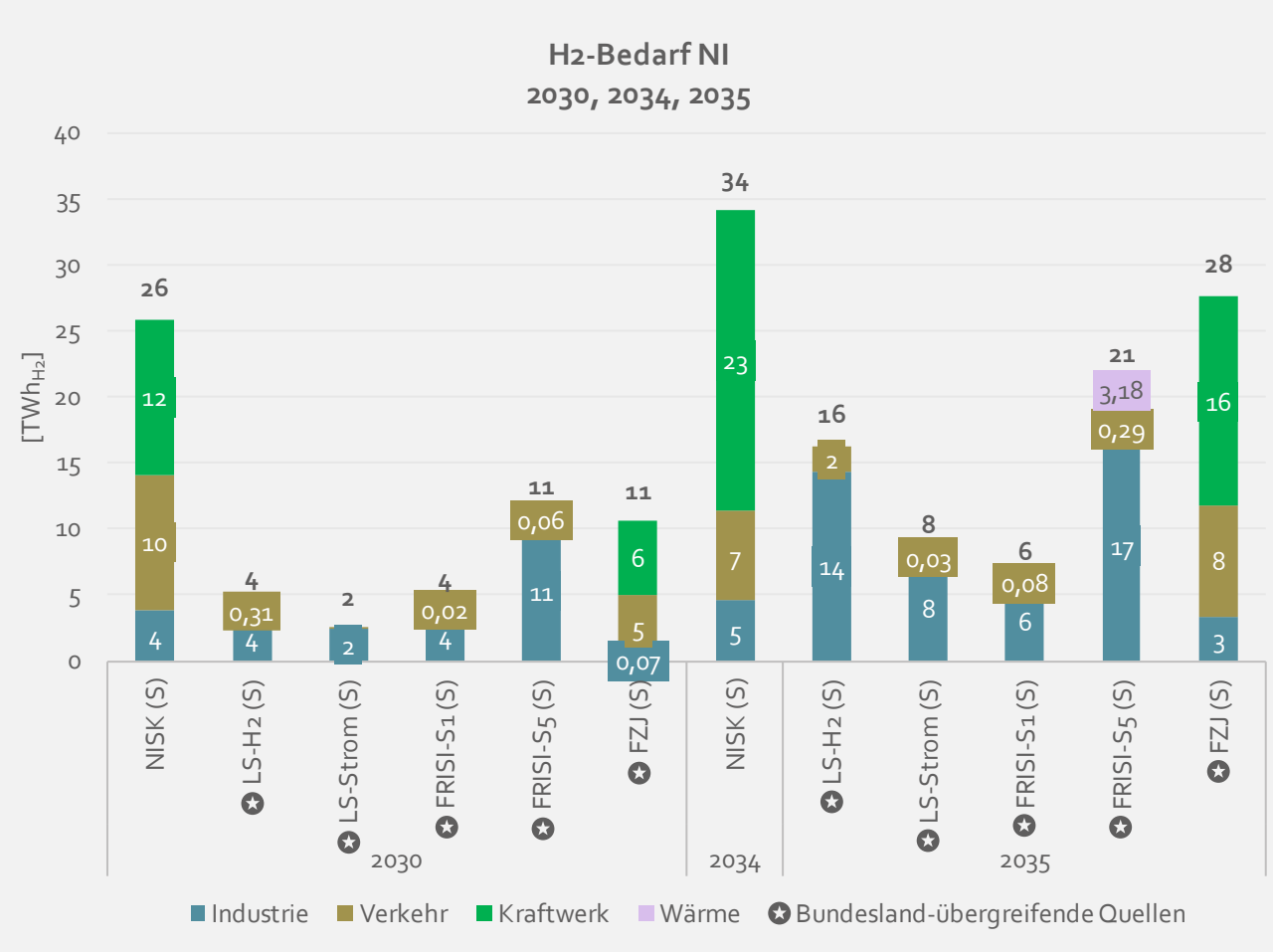

Abbildung 19: Wasserstoffbedarfe der identifizierten Datenquellen im Bundesland Niedersachsen[28]

Die Studie [NISK] geht in ihrem Szenario IG75[29] von einem Hochlauf des Wasserstoffbedarfs auf 10 TWh_{H2} im Verkehrssektor für das Jahr 2030 aus. Dies entspricht ca. 17 % des heutigen Endenergiebedarfs des Straßenverkehrs Niedersachsens. Im Anschluss sinkt der Wasserstoffbedarf des Verkehrssektors bis zum Jahr 2034 auf 7 TWh_{H2} (12 %) und bleibt auf diesem Niveau bis 2050. Hinter diesem Rückgang verbirgt sich die Annahme, dass der Anteil von Brennstoffzellenfahrzeugen im Jahr 2030 auf ca. 25 % steigt und danach bis 2042 auf einen von diesem Zeitpunkt an konstanten Wert von 15 % sinkt. Die Kraftwerks-Verstromung von Wasserstoff erreicht im Jahr 2030 einen Wert von 12 TWh_{H2}, während in der Industrie Energiebedarfe in Höhe von 4 TWh mit Wasserstoff gedeckt werden. Der Wasserstoffbedarf aus der Grundstoffindustrie läuft in den Jahren 2034 (1 TWh_{H2}) bis 2038 (2 TWh_{H2}) zunächst langsam hoch und steigt ab 2046 von 20 TWh_{H2} auf 52 TWh_{H2} im Jahr 2050 an, sodass der Gesamtbedarf der Industrie für Wasserstoff im Jahr 2050 ca. 60 TWh_{H2} beträgt. Damit würden ca. 80 % des heutigen Energiebedarfs der Industrie Niedersachsens über Wasserstoff gedeckt[30] (siehe auch Abbildung 26). Die Importquote für Niedersachsen beläuft sich in der Studie [NISK] im Jahr 2030 auf 40 % und im Jahr 2035 auf 49 % und liegt damit deutlich unter der Importquote, die

[28] Zwecks Vergleichbarkeit wird angenommen, dass sich die ausgewiesenen H2-Bedarfe der BL-spezifischen Quelle auf den Heizwert von Wasserstoff beziehen.
[29] Importpreise für grünen Wasserstoff sinken im Laufe der Energietransformation von 5 €/kg in 2018 auf 3,75 €/kg in 2050.
[30] Anmerkung: Die Studie legt andere Endenergiebedarfe für Niedersachsen zugrunde (279,63 TWh in 2030; 329,31 TWh in 2050) als die im Jahr 2020 ermittelten Kennzahlen.

die Nationale Wasserstoffstrategie für Gesamtdeutschland annimmt (ca. 85 %). Laut der Studie werden die übrigen Wasserstoffbedarfe via Elektrolyse hergestellt.

Die Landkreis-aufgelöste Verteilung der H2-Bedarfe in Niedersachsen gibt Aufschluss darüber, dass insbesondere das Stahlwerk der Salzgitter AG (Platz vier und fünf der Anlagen mit den größten CO2-Emissionen) für die Umstellung auf Direktreduktion zu einer hohen Wasserstoffnachfrage führt (Salzgitter: bis zu 8,43 TWh_{H2} im Jahr 2035). Weitere Bedarfsspitzen der Industrie ergeben sich im Landkreis Emsland und Hannover. Im Emsland werden im Rahmen des GETH2-Nukleus die Erzeugung von Wasserstoff mit einer Elektrolyseleistung von 300 MW und die anschließende Verteilung nach Nordrhein-Westfalen und Mitteldeutschland geplant. Ein Abnehmer im Emsland ist die Raffinerie Lingen, die erneuerbaren Wasserstoff im Hydrocracken einsetzen kann.

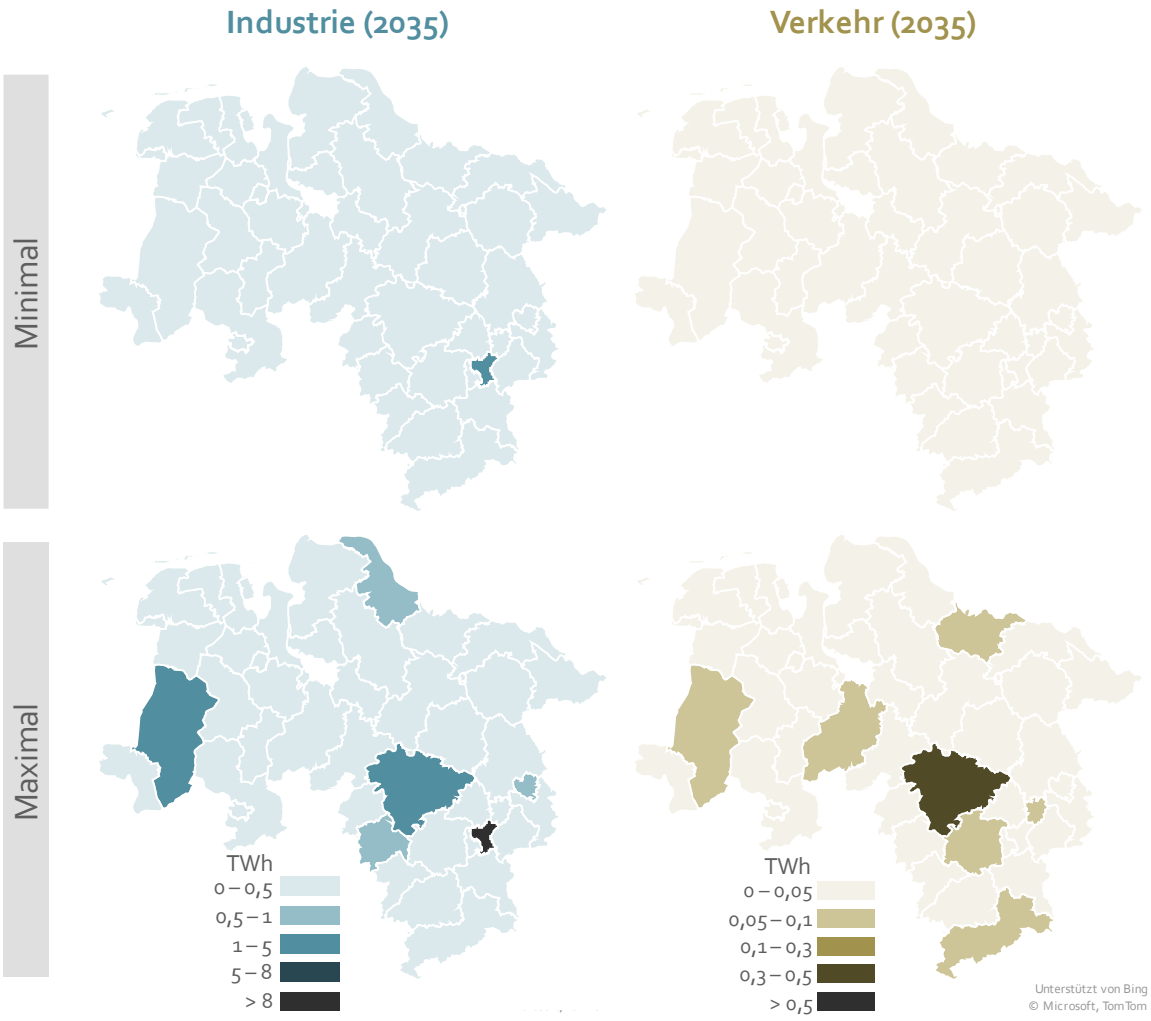

Abbildung 20: Landkreis-aufgelöste H2-Bedarfe in Industrie und Verkehr in Niedersachsen aus den Studien [LS] und [FRISI] im Jahr 2035

Im Verkehrssektor sticht die Region Hannover hinsichtlich des Wasserstoffbedarfs deutlich heraus. Durch die dichte Besiedlung der Fläche ist das Fahrzeugaufkommen hier überproportional. Die Region hat einen Flächenanteil von ca. 5 %, der Anteil an den zugelassenen Fahrzeugen ist höher (Pkw: ca. 12 %, Nutzfahrzeuge: ca. 10 %, insgesamt: ca. 12 %)[31]. Zudem ist hier möglicherweise auch der Pendelverkehr der in Hannover arbeitenden Bevölkerung berücksichtigt.

[31] Abgeleitet aus den Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamts. Link

3.3.5 Freie Hansestadt Bremen

3.3.5.1 Datenverfügbarkeit

Für die Hansestadt Bremen sind zwei Studien identifiziert worden (siehe Tabelle 6). Die Studie „Integriertes Gesamtkonzept Fischereihafen Bremerhaven (und angrenzende Gebiete) zur Senkung der CO_2 Emissionen - Ergänzungsstudie Wasserstoff" untersucht Anwendungsfälle für Wasserstoff in Bremerhaven. Die Studie „Untersuchung zur Entwicklung und dem Aufbau einer hafenbezogenen Wasserstoffwirtschaft" erhebt sowohl für Teilregionen Niedersachsens als auch Bremen Bedarfszahlen. Für Bremen umfasst dies auch eine Detailbetrachtung der Bedarfe von synthetischen Kraftstoffen (LNG, Methanol) in der Schifffahrt in Bremerhaven.

Tabelle 6: Übersicht der Datenquellen für die Freie Hansestadt Bremen

				Sektorale Abdeckung						
Datenquelle	**Klassifikation**	**Zeitliche Abdeckung**	**Räumliche Abdeckung**	Σ						
Integriertes Gesamtkonzept Fischereihafen Bremerhaven (und angrenzende Gebiete) zur Senkung der CO_2 Emissionen- Ergänzungsstudie Wasserstoff **[HBIG]** (2019) [22]	Szenario-basierte Studie (S)	2020, 2022, 2026, 2029, 2032, 2035, 2040	Bremer-haven				X	X		X
Untersuchung zur Entwicklung und dem Aufbau einer hafenbezogenen Wasserstoffwirtschaft **[BPUH]** (2023) [21]	Potenzialstudie (P)	-	BL-spezifisch, Stadtgemeinde Bremen, Seestadt Bremerhaven		X		X	X		X

3.3.5.2 Einordnung

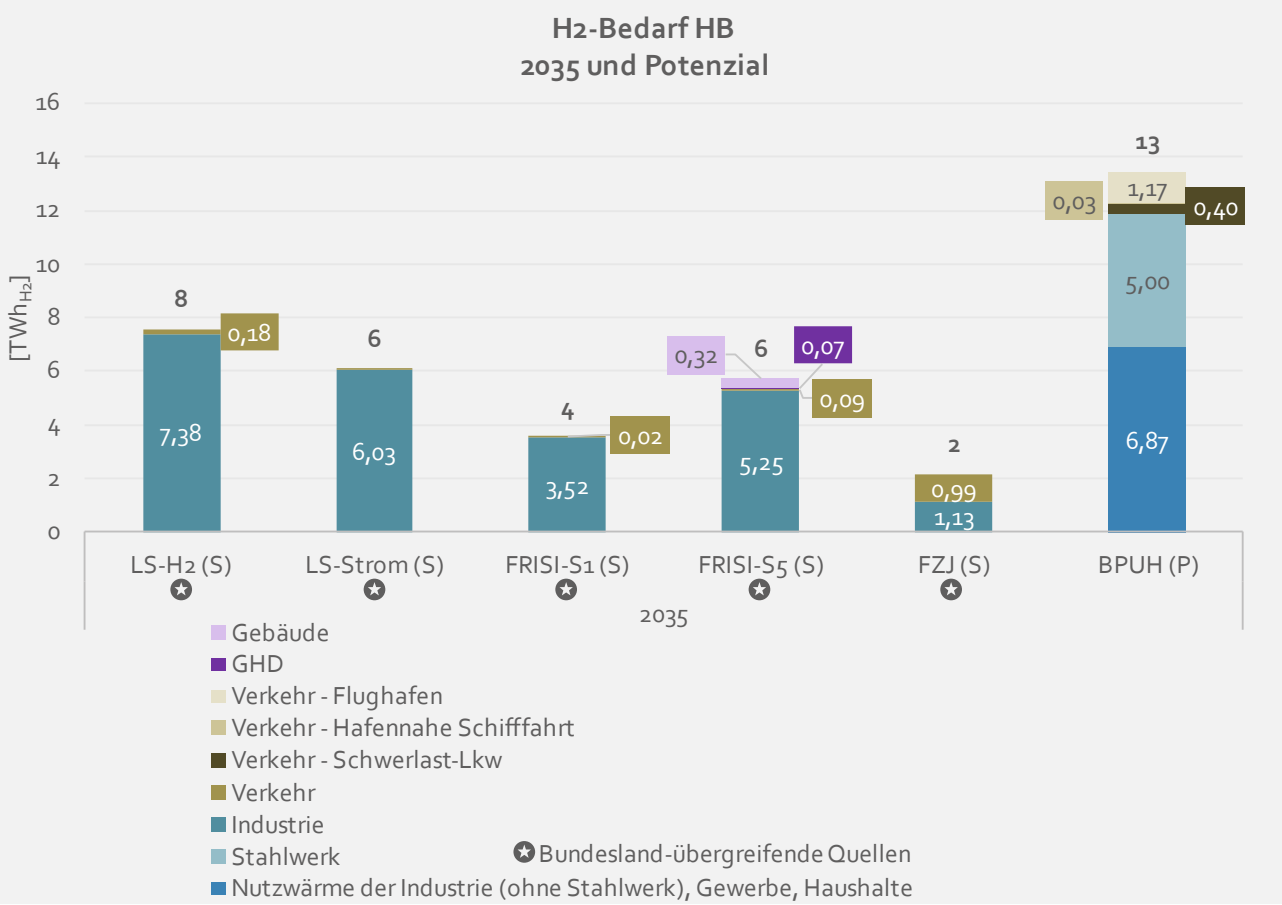

Abbildung 21: Wasserstoffbedarfe der identifizierten Datenquellen in Bremen[32]

Die in der Potenzialanalyse „Untersuchung zur Entwicklung und dem Aufbau einer hafenbezogenen Wasserstoffwirtschaft" angegebenen Wasserstoffbedarfe für die hafennahe Schifffahrt in Höhe von 0,03 TWh_{H2} würden ca. 13 % des Energiebedarfs der lokalen Schifffahrt decken. Die in der Potenzialanalyse ausgewiesenen Wasserstoffbedarfe für die Nutzwärme aus Industrie, Gewerbe und Haushalte in Höhe von 6,87 TWh_{H2} errechnen sich laut Studie durch die Umrechnung aller „fossilen Energieträger in Wasserstoffäquivalente", ausgenommen den Bedarf des Stahlwerks und die bestehende Versorgung mit Fernwärme. Eine Unterscheidung zwischen Industrie- und Wärmesektor wird nicht vorgenommen. Weitere 5 TWh_{H2} Wasserstoffbedarf werden dem Stahlwerk von ArcelorMittal zugerechnet, was die hohe Bedeutung des Werkes für die Dekarbonisierung des Bundeslandes Bremen deutlich macht. Bei den BL-übergreifenden Studien weisen sowohl die Langfristszenarien als auch die Studie des Forschungszentrums Jülich keine dedizierten Wasserstoffbedarfe im Wärmesektor aus. Einordnen lässt sich das Ergebnis der Potenzialanalyse daher insbesondere gegenüber der Studie des Fraunhofer ISI, deren Szenario 5 den Einsatz von Wasserstoff für die dezentrale Wärmeversorgung in Gebäuden annimmt.[33] Der Vergleich zeigt, dass die Gesamtbedarfe der Sektoren Industrie, Gebäude und GHD um mehr als die Hälfte geringer ausfallen als die der Potenzialstudie.

[32] Wasserstoffbedarfe werden hier bezogen auf den Heizwert angegeben (33,33 kWh/kg_{H2}).
[33] In Szenario 1 wird in Gebäuden und GHD kein Wasserstoff eingesetzt.

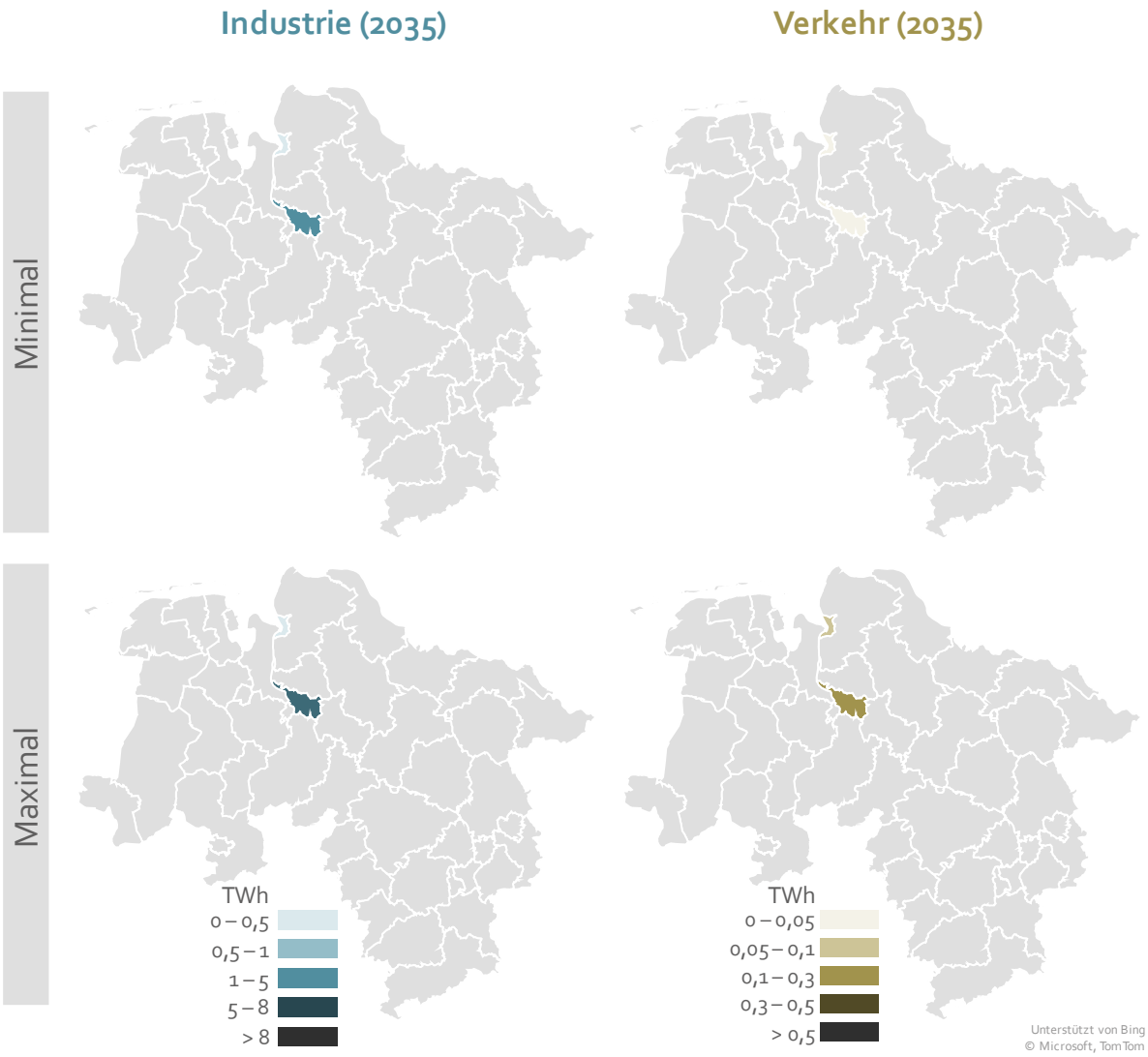

Abbildung 22: Landkreis-aufgelöste H2-Bedarfe in Industrie und Verkehr in Niedersachsen aus den Studien [LS] und [FRISI] im Jahr 2035

3.3.6 Mecklenburg-Vorpommern

3.3.6.1 Datenverfügbarkeit

In Mecklenburg-Vorpommern sind vier Datenquellen identifiziert worden, die alle im Rahmen des HyLand-Programms erstellt wurden. Aus diesem Grund decken die vier Quellen unterschiedliche Regionen innerhalb des Bundeslandes ab. Eine Studie, die Wasserstoffbedarfe für das gesamte Bundesland erhebt, gibt es dagegen nicht.

Tabelle 7: Übersicht der Datenquellen für Mecklenburg-Vorpommern

Datenquelle	Klassifikation	Zeitliche Abdeckung	Räumliche Abdeckung	Sektorale Abdeckung						
				Σ						
HyStarter-Region Rügen-Stralsund **[HSRMV]** (2021) [23]	Szenario-basierte Studie (S)	2030	LK Vorpommern-Rügen				X			
HyExperts | Wasserstoffregion Rügen-Stralsund **[HSHEMV]** (2023) [24]	Potenzialstudie (P)	-	Stralsund, Kluis auf Rügen, Mukran Port				X	X		
HyStarter-Region Vier-Tore-Stadt Neubrandenburg und Landkreis Mecklenburgische Seenplatte **[NBHSMV]** (2023) [25]	Szenario-basierte Studie (S)	2030	LK Mecklen-burgische Seenplatte	X	X		X		X	
Ergebnisbericht 2023 Abschlussbericht Wismar **[SWHSMV]** (2023) [26]	Szenario-basierte Studie (S)	2030	Hansestadt Wismar, Gemeinde, Benz, Gemeinde Hornstorf	X	X		X		X	

3.3.6.2 Einordnung

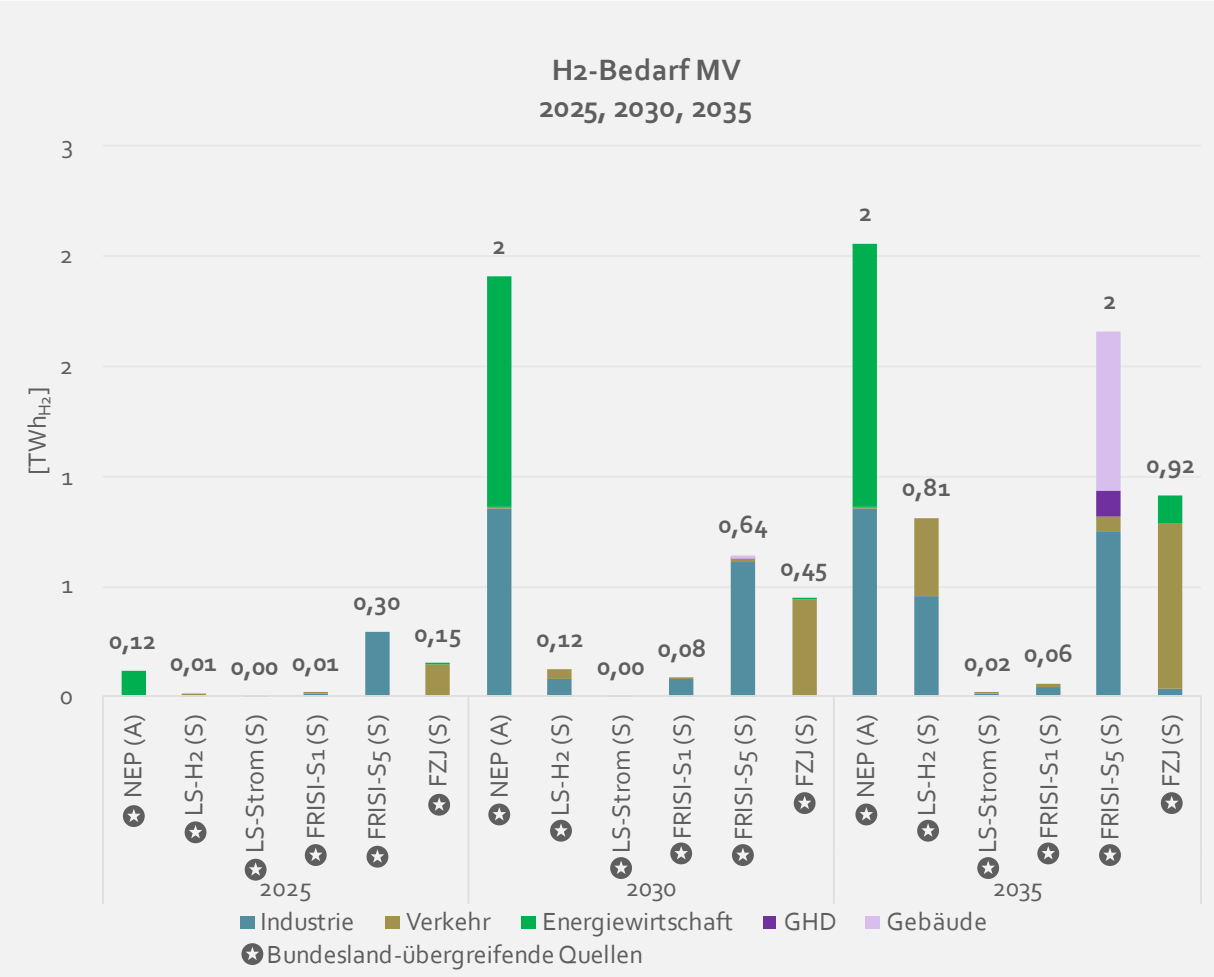

Abbildung 23: Wasserstoffbedarfe der identifizierten Datenquellen im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern

Für Mecklenburg-Vorpommern wird in den Szenarien ein Maximalbedarf von knapp 2 TWh_{H_2} für das Jahr 2035 ermittelt, was einem Anteil von ca. 5 % am Gesamtenergiebedarf des Bundeslandes im Jahr 2020 entspricht. Hervorzuheben ist der Wasserstoffbedarf des Gebäude- und GHD-Sektors im Szenario 5 der [FRISI]-Studie des Jahres 2035, der mit 0,84 TWh_{H_2} den zweithöchsten Bedarf dieses Sektors aller fünf Bundesländer darstellt. Beim Endenergiebedarf des Jahres 2020 rangiert Mecklenburg-Vorpommern (19 TWh) im Sektor Haushalte & GHD dagegen auf Rang vier hinter Niedersachsen (107 TWh), Schleswig-Holstein (41 TWh) und Hamburg (23 TWh). Es ergibt sich in diesem Szenario für diesen Sektor ein überproportionaler Wasserstoffbedarf. Von den 0,84 TWh_{H_2} entfällt zudem mit 0,72 TWh_{H_2} ein wesentlicher Anteil auf Haushaltswärme. Szenario 5 der [FRISI]-Studie nimmt an, dass die Wärmepumpe zwar nach wie vor den größten Beitrag zur Wärmeversorgung liefert, Wasserstoff jedoch auch für die dezentrale Wärmeversorgung zum Einsatz kommt. Da Mecklenburg-Vorpommern die geringste Bevölkerungsdichte aller Bundesländer verzeichnet, könnte dies der Grund für die hohen Wasserstoffbedarfe in der Gebäudewärme sein.[34]

Da der Landkreis Mecklenburgische Seenplatte der bestandsstärkste Landkreis in Mecklenburg-Vorpommern ist (17 % aller Pkw und 41 % aller Lkw), weisen die beiden Studien [LS] und [FRISI] dort die höchsten Wasserstoffbedarfe des Verkehrssektors aus (siehe Abbildung 24).[35]

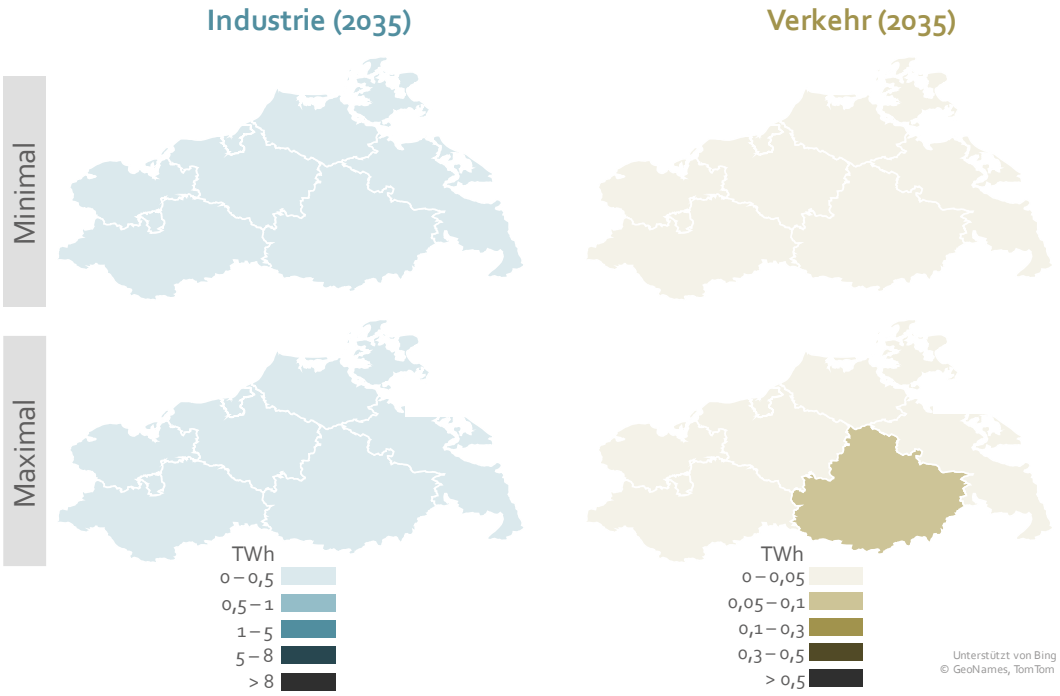

Abbildung 24: Landkreis-aufgelöste H2-Bedarfe in Industrie und Verkehr in Mecklenburg-Vorpommern aus den Studien [LS] und [FRISI] im Jahr 2035

3.4 Exkurs Wasserstoffspeicher

Der Nationale Wasserstoffrat hat in seiner Stellungnahme für eine „Wasserstoffspeicher-Roadmap 2030 für Deutschland"[36] für das Jahr 2030 einen Speicherbedarf von 5 TWh_{H_2} ausgewiesen. In der Abfrage der Fernleitungsnetzbetreiber im Rahmen der Netzentwicklungsplanung wurden in den norddeutschen Bundesländern 13 Projekte zur Wasserstoffspeicherung gemeldet. 12 der 13 Projekte verteilen sich dabei auf die Bundesländer Niedersachsen bzw. Bremen und ein Projekt bezieht sich auf Schleswig-Holstein bzw. Hamburg.

[34] Bevölkerungsdichte in Deutschland nach Bundesländern zum 31. Dezember 2023. Statista GmbH. 2024. Link
[35] Abgeleitet aus den Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamts. Link
[36] Der Nationale Wasserstoffrat. 2022. Link

Das kombinierte Arbeitsgasvolumen wurde im Jahr 2030 mit 2,4 und im Jahr 2035 mit 13,7 TWh_{H_2} angegeben (siehe Abbildung 25)[37]. Unter der Annahme, dass diese Volumina realisiert werden, deckt Norddeutschland 50 % der notwendigen Speicherbedarfe ab. In der Gesamtbetrachtung entsprechen die für Norddeutschland gemeldeten Arbeitsgasvolumina einem Anteil von 60 % im Jahr 2030 und einem Anteil von 52 % im Jahr 2035 des in ganz Deutschland gemeldeten Arbeitsgasvolumens.

Entsprechend der „Projektübersicht für das Szenario zum Wasserstoff-Kernnetz"[38] von November 2023 sind die größten Speicherprojekte in Niedersachsen HYDRA (Einspeise-/Ausspeisemenge: 3,1 TWh_{H_2} /a), Clean Hydrogen Coastline (3 TWh_{H_2} /a) und der Speicher Jemgum (0,32 TWh_{H_2} /a)[26,39]. In Schleswig-Holstein wird unter anderem die Umwidmung eines Kavernenspeichers in der Nähe der Raffinerie Heide geplant[40].

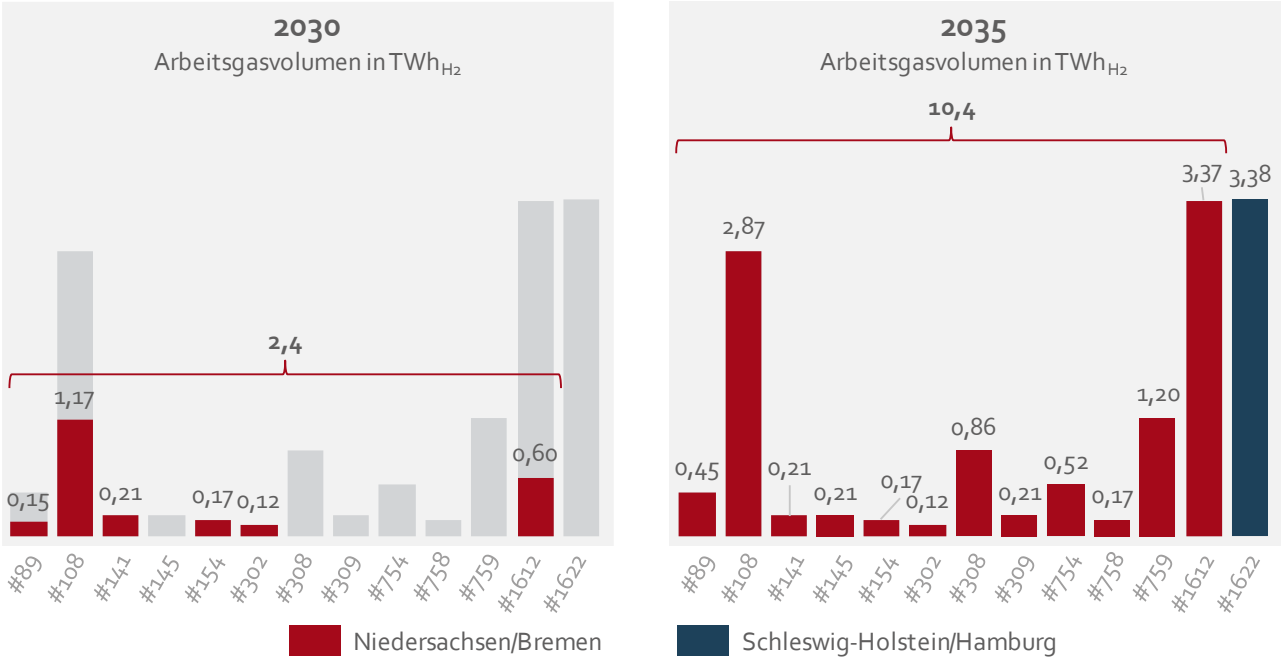

Abbildung 25: Gemeldetes Arbeitsgasvolumen für Wasserstoffspeicherprojekte in der Abfrage zum Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan

[37] Wasserstoffbedarfe werden hier bezogen auf den Heizwert angegeben (33,33 kWh/kg_{H_2}).
[38] Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. Anlage 1: Projektübersicht für das Szenario zum Wasserstoff-Kernnetz. 2023. Link
[39] Weitere in Niedersachsen gemeldete Projekte in Niedersachsen: H2CAST Etzel (0,063 TWh_{H_2} /a) und Region Stade (0,002 TWh_{H_2} /a).
[40] Link

Anhang

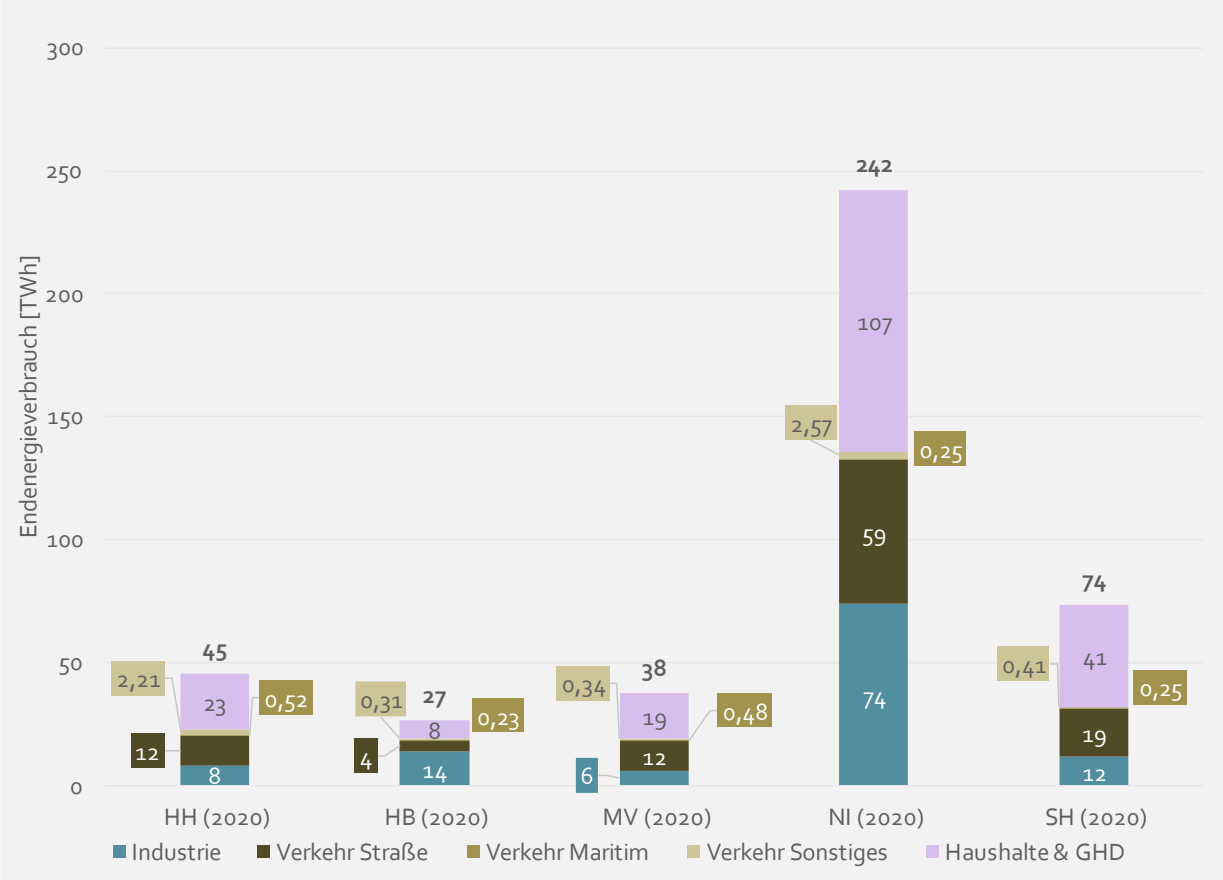

Abbildung 26: Endenergieverbrauch der fünf norddeutschen Bundesländer untergliedert nach Sektoren im Jahr 2020[41]

[41] Hamburg: Link, Schleswig-Holstein: Link, Bremen: Link, Niedersachsen: Link, Mecklenburg-Vorpommern: Link

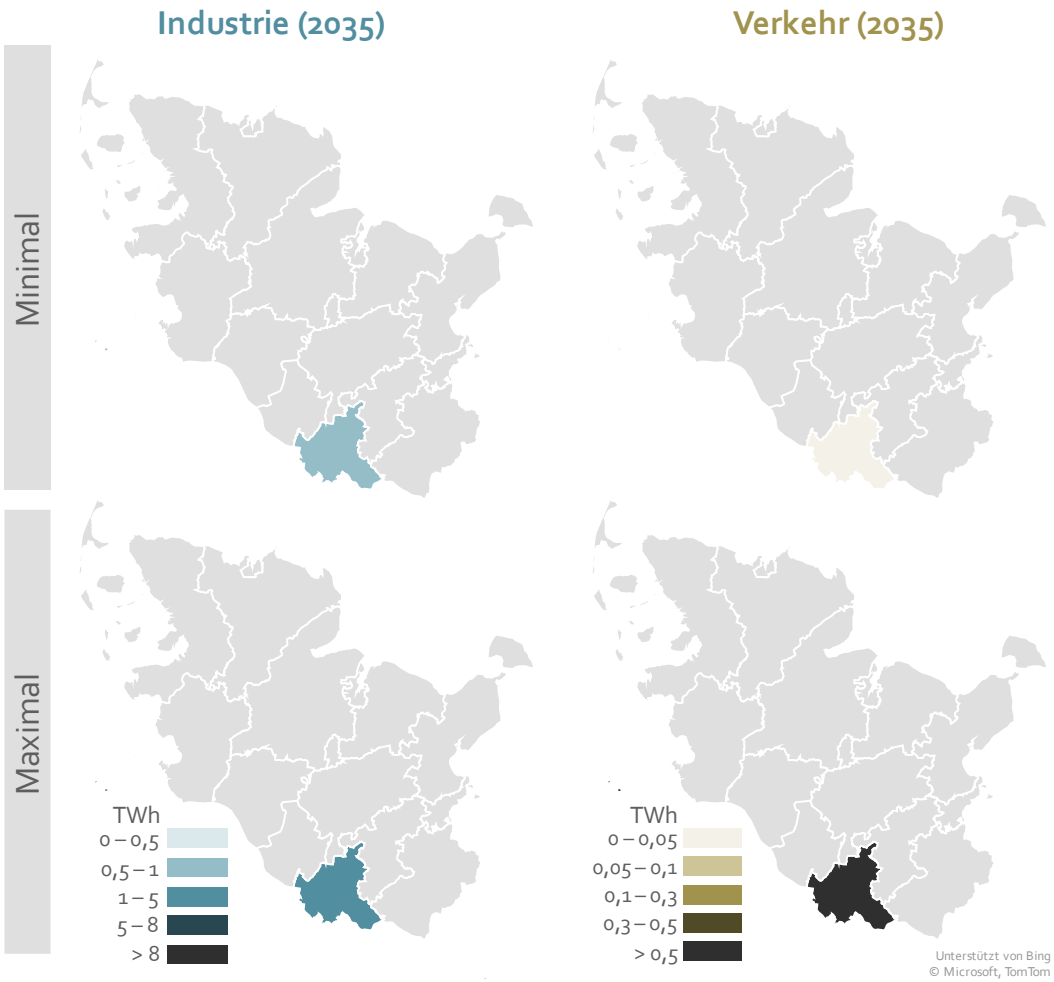

Abbildung 27: Landkreis-aufgelöste H2-Bedarfe in Industrie und Verkehr in Hamburg aus den Studien [LS] und [FRISI] im Jahr 2035

Quellenverzeichnis

[1] Bundesnetzagentur. Szenariorahmen Gas/Wasserstoff 2025-2037/2045 Netzentwicklungsplanung. 2024. Link.

[2] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Consentec GmbH, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Lehrstuhl für Energie- und Ressourcenmanagement der TU Berlin. *BMWK-Langfristszenarien*. 2024. Link.

[3] C. Thelen, H. Nolte, M. Kaiser, P. Jürgens, P. Müller. C. Senkpiel, C. Kost. Fraunhofer ISE. *Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem: Bundesländer im Transformationsprozess*. 2024. Link.

[4] T. Fleiter, J. Fragoso, B. Lux et al. Fraunhofer ISI. *Hydrogen Infrastructure in the Future CO2-Neutral European Energy System—How Does the Demand for Hydrogen Affect the Need for Infrastructure?* 2024. Link.

[5] D. Stolten, T. Klütz, T. Busch et al. Forschungszentrum Jülich - Jülicher Systemanalyse (ICE-2). *Wege zum Netto-Null-Energiesystem: Regionale Lupe auf Infrastruktur, Wirtschaft und Gesellschaft*. 2024. Link.

[6] Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung. *Wasserstoffstrategie des Landes Schleswig-Holstein*. 2020. Link.

[7] G. Deac, C. Kleinschmitt, B. Pfluger et al. Fraunhofer ISI. *Integrierte Klimaschutz- und Energiewendeszenarien für Schleswig-Holstein 2030-2050*. 2020. Link.

[8] Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung. T. Nauhauser et al. (umlaut energy GmbH), M. Corneille et al. (EMCEL GmbH), T. Schmeding et al. (Becker Büttner Held), F. Rottmann et al. (BBH Consulting AG), D. Stolten et al. (Forschungszentrum Jülich GmbH). *Gutachten H2-Erzeugung und Märkte Schleswig-Holstein*. 2020. Link.

[9] Norddeutsches Reallabor. J. von Düsterlho et al. (CC4E/HAW Hamburg), D. Doucet et al. (NRL). *Potentiale, Grenzen und Prioritäten – Teil 4: Der Industriesektor*. 2023. Link.

[10] KielRegion GmbH. D. Siegler (BBH Consulting AG). *HyStarter KielRegion*. 2021. Link.

[11] Behörde für Wirtschaft und Innovation. *Green Hydrogen Hub Europe*. 2022. Link.

[12] T. Lang, V. Hünnemeyer, H. Kempermann et. al. Institut der deutschen Wirtschaft Köln Consult GmbH. *Potenziale der Wasserstoffwirtschaft in der Freien und Hansestadt Hamburg*. 2022.

[13] Behörde für Wirtschaft und Innovation Hamburg. F. Koch, A. Kleber, J. Ehbrecht (EE Energy Engineers GmbH). *Wasserstoffbetankungsanlagen für den Schwerlastverkehr in der Freien und Hansestadt Hamburg*. 2024.

[14] Peterssen F., M. Schlemminger, R. Niepelt et al. Institut für Solarenergieforschung Hameln, Institut für Elektrische Energiesysteme und Institut für Festkörperphysik, Leibniz Universität Hannover. *Simulative Kurzstudie zum Einsatz von Wasserstofftechnologie in Niedersachsen*. 2021. Link.

[15] Landkreis Osterholz. *Machbarkeitsstudie: HyExperts - Lastverkehr mit grünem Wasserstoff - Future Mobility*. EE Energy Engineers GmbH, BBH Consulting AG. 2021. Link.

[16] Stadt Brake (Unterweser) – Der Bürgermeister. B. Wagner vom Berg et al. (Cosmo AG). *CO2-freie Hafen- und Logistikprozesse durch Wasserstofftechnologie am Beispiel der Stadt Brake (Unterweser) – Wesermarsch (H2BrakeCO2)*. 2021. Link.

[17] H2-Region Emsland. *HyExperts Emsland*. 2021. Link.

[18] Landkreis Helmstedt & Wirtschaftsregion Helmstedt GmbH. T. Alswede-Brech et al. (Allianz für die Region GmbH), M. Gapinski et al. (Fraunhofer IST), G. Prietzsch (IAV GmbH). *Erarbeitung*

eines ganzheitlichen Konzeptes zur Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff in den Bereichen Mobilität und Industrie in SüdOstNiedersachsen. 2023. Link.

[19] Stadt Bad Bentheim. P. Krieger, M. Winter (EE Energy Engineers GmbH), N. Hölzinger (Spilett n/t GmbH). *HyStarter in der Stadt Bad Bentheim*. 2023. Link.

[20] Landkreis Aurich – Amt für Kreisentwicklung. M. Hellwig, M. Sölter et al. (Spilett n/t GmbH), F. Koch, F. Budschun et al. (EE Energy Engineers GmbH). *Ergebnisbericht 2023 Wasserstoffregion Ostfriesland*. 2023. Link.

[21] bremenports GmbH & Co. KG. N. Meyer Larsen et al. (Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL)), G. Schories et al. (Technologie-Transfer-Zentrum (ttz) Bremerhaven). *Untersuchung zur Entwicklung und dem Aufbau einer hafenbezogenen Wasserstoffwirtschaft*. 2023. Link.

[22] Freie Hansestadt Bremen. U. Werner, C. Fichter, B. Wagner vom Berg (Hochschule Bremerhaven). *Integriertes Gesamtkonzept Fischereihafen Bremerhaven (und angrenzende Gebiete) zur Senkung der CO2 Emissionen - Ergänzungsstudie Wasserstoff*. 2019. Link.

[23] Verschiedene. J. Epp, V. Scheidler, A. Schmidt et al. (Nuts One GmbH). *HyStarter-Region Rügen-Stralsund*. 2021. Link.

[24] Hansestadt Stralsund, Der Oberbürgermeister. M. Wilferth, C. Partmann, L. Krings (cruh21 GmbH). *HyExperts | Wasserstoffregion Rügen-Stralsund*. 2023. Link.

[25] Vier-Tore-Stadt Neubrandenburg. A. Schmidt, N. Werner et al. (Nuts One GmbH). *HyStarter-Region Vier-Tore-Stadt Neubrandenburg und Landkreis Mecklenburgische Seenplatte*. 2023. Link.

[26] Stadtwerke Wismar GmbH. M. Hellwig, N. Hölzinger (Spilett GmbH). *Ergebnisbericht 2023 Wismar*. 2023. Link.

Hinweis

Ziel der Metabedarfsanalyse ist die Darstellung der aktuellen Informationslage zu bekannten Wasserstoffbedarfen in Norddeutschland. Es wurde keine eigene Erhebung oder Modellierung von Bedarfsdaten durchgeführt. Auch eine Planung bzw. Analyse von Szenarien zur langfristigen Entwicklung der Wasserstoffbedarfe war nicht Gegenstand der Metabedarfsanalyse.

NORDDEUTSCHE WASSERSTOFF STRATEGIE

WT.SH Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH