HYEXPERTS

REGION EMSCHER-LIPPE

UMSETZUNGSKONZEPT

Wasserstoffmobilitätsregion Emscher-Lippe

September 2021

www.regioklima.de/klimaschutz/wasserstoff

bottrop.

Stadt Gelsenkirchen

KREIS RECKLINGHAUSEN
DER VESTISCHE KREIS

Gefördert durch:
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:
NOW
NOW-GMBH.DE

Projektträger:
ptj
Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich

Auftraggeber

Kreis Recklinghausen, Der Landrat

Kurt-Schumacher-Allee 1, 45657 Recklinghausen

Projektleitung

Kreis Recklinghausen

Dr. Uta Willim – Fachdienst Wirtschaft

Stadt Bottrop

Gerwin Conrad – Mobilitätsmanagement

Stadt Gelsenkirchen

Kai Thiemann – Klimaschutzmanagement

Autoren

BBH Consulting AG

Nikolas Beneke, Dr. Hanno Butsch, Shaun Pick, Fabian Rottmann, David Siegler

EMCEL GmbH

Johannes Kuhn, Lena Maier, Marcel Corneille

Becker Büttner Held

Dr. Martin Altrock, Christine Kliem

motum GmbH

Rüdiger Buchholz, Jule Claussen

HYEXPERTS REGION EMSCHER-LIPPE

Gefördert durch: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Koordiniert durch: NOW-GMBH.DE

Projektträger: Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis 3

Abkürzungsverzeichnis 4

Zusammenfassung 5

1. Die Emscher-Lippe-Region 7

2. Die Wasserstofftechnologien 11

2.1 Die Wasserstoff-Wertschöpfungsstufen 11

2.2 Erzeugung 12

2.3 Verteilung 16

2.4 Nutzung in Fahrzeugen 19

2.5 Die Technologie-Steckbriefe 23

EXKURS: Der regulatorische Rahmen 24

Regulatorische Handlungsdrücke 24

Wesentliche regulatorische Einflussfaktoren bei der Erzeugung, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff 25

3. Die H2-Potenziale der Emscher-Lippe-Region 29

3.1 Potenzial für Wasserstoffbedarf im Verkehrssektor 29

3.2 Potenzial für Wasserstofferzeugung 31

3.3 Gegenüberstellung von Bedarf und Nachfrage 34

3.4 Ableitungen für die Verteilung von Wasserstoff in der Emscher-Lippe-Region 35

4. Die Projekte in der Emscher-Lippe-Region 37

4.1 Identifizierung von Akteuren und Projekten 37

4.2 Strukturierung der Projekte 38

4.3 Die Projekt-Steckbriefe 40

5. Das Umsetzungskonzept 43

5.1 Ergebnisse der Projekte 43

5.2 Von Einzelprojekten zu einer vernetzten Wasserstoffwirtschaft 50

5.3 Ableitungen und Handlungsempfehlungen 54

5.3.1 Erzeugung 54

5.3.2 Verteilung 56

5.3.3 Nutzung 57

5.3.4 Wissen 59

5.4 Regionale Strukturen 60

Fazit und Ausblick 65

Anhang 66

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Erläuterung
BZ	Brennstoffzelle *(Zelle zur Umwandlung eines Brennstoffes [hier Wasserstoff] und eines Oxidationsmittels [Sauerstoff, hier oftmals aus der Luft] in elektrischen Strom)*
CNG	Compressed Natural Gas *(komprimiertes Erdgas)*
CVD	Clean Vehicles Directive *(Europäische Richtlinie für saubere Straßenfahrzeuge)*
CO2	*Chemische Formel für Kohlenstoffdioxid*
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEG-Umlage	*Instrument zur Finanzierung des Ausbaus erneuerbarer Energien, finanziert über einen Anteil der Strombezugskosten für Stromverbraucher*
F&E	Forschung und Entwicklung
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle *(Brennstoffzellen-elektrisches Fahrzeug)*
H2	*Chemische Formel von molekularem Wasserstoff*
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
kW/MW	Kilowatt/Megawatt *(Maßeinheit für Leistung)*
kWh/MWh	Kilowattstunde/Megawattstunde *(Maßeinheit für Energie)*
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung *(Prozess zur gleichzeitigen Gewinnung von mechanischer Energie und nutzbarer Wärme)*
LKW	Lastkraftwagen
LNF	Leichtes Nutzfahrzeug *(3,5 - 12 t)*
LNG	Liquefied Natural Gas *(verflüssigtes Erdgas)*
LPG	Liquefied Petroleum Gas *(Autogas)*
MHKW	Müllheizkraftwerk
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PKW	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
RED	Renewable Energy Directive *(Erneuerbare-Energie-Richtlinie der europäischen Erneuerbare-Energien-Politik)*
SNF	Schweres Nutzfahrzeug *(> 12 t)*
THG	Treibhausgas *(Gase, die zum Treibhauseffekt [Temperaturerhöhung der Erdoberfläche] beitragen)*

ZUSAMMENFASSUNG

Der Energieträger Wasserstoff gilt als ein wesentlicher Baustein für den Klima- und Umweltschutz. Im Zuge von HyExperts haben die drei Gebietskörperschaften der Stadt Bottrop, der Stadt Gelsenkirchen und des Kreises Recklinghausen gemeinsam als Emscher-Lippe-Region eine Umsetzungsstudie für Wasserstofftechnologien mit dem Fokus auf die Mobilität durchgeführt. Darin werden die gegenwärtigen Aktivitäten und die zukünftigen Chancen und Herausforderungen im Bereich Wasserstoff untersucht.

Im Folgenden sind die **wesentlichen Ergebnisse** aufgeführt:

1

Unsere Region ist mit ländlich geprägten und städtischen Strukturen ein verkleinertes **Abbild von Nordrhein-Westfalen**. Das Ziel des Projektes, die Übertragbarkeit der entwickelten Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen auf andere Regionen, konnte erfüllt werden.

2

Der Einsatz der Wasserstofftechnologien bringt unsere Region im Hinblick auf **zwei Ziele** besonders voran:

1. **Klimaschutz**
2. **Regionale Wertschöpfung**

3

Entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette (Erzeugung, Verteilung, Nutzung, Komponentenhersteller, Wissen/Qualifizierung) sind nur über HyExperts **insgesamt 65 Projekte und Aktivitäten** in unserer Region identifiziert worden.

4

Unsere Region verfügt rechnerisch über **Wasserstofferzeugungspotenziale in Höhe von fast 2.500 Tonnen für das Jahr 2030**. Die gegenwärtig von den Akteuren in der Region **angenommenen Erzeugungsmengen liegen mit jährlich 3.268 Tonnen Wasserstoff** sogar noch deutlich darüber. Das entspricht dem jährlichen Bedarf von ca. **11.000 PKW** oder ca. **800 Brennstoffzellenbussen**. Zusätzlich könnte das ermittelte Wasserstofferzeugungspotenzial aus erneuerbaren Energien (**Wind und PV**) ein Baustein sein, um weitere Erzeugungsprojekte zu initiieren.

5

Projekte/Projektansätze in der **Verteilung**:

In der Region befinden sich neben der schon in Betrieb befindlichen H2-MOBILITY-Tankstelle in Herten **sechs weitere Wasserstofftankstellen in der Planung**, darunter vier öffentliche und zwei Betriebshoftankstellen für ÖPNV-Busse.

6

Projekte/Projektansätze in der **Nutzung im Verkehr**:

Für den Einsatz von Wasserstoff in der Mobilität wurden **über 30 Projekte und Projektansätze identifiziert**. Sehr konkret geplant ist dabei z. B die Beschaffung von **Brennstoffzellen-Abfallsammelfahrzeugen** und **Brennstoffzellen-Bussen** für den Einsatz im ÖPNV.

7

Unter Berücksichtigung der Bedarfe im Verkehr fällt in unserer Region kurz- bis mittelfristig ein **Erzeugungsüberschuss von 550 bis 2.850 Tonnen Wasserstoff** pro Jahr an. Das sichert die Versorgung der absehbar vorhandenen Fahrzeuge und kann Anreize für die Anschaffung weiterer Fahrzeuge in der Region schaffen.

Um eine kurzfristige **Verdrängung von Erzeugern zu vermeiden** und regionale Wertschöpfung aufzubauen, sollten Preise und Wasserstoffmengen über geeignete Strukturen regional ausbalanciert werden.

8

In unserer Region ist starkes Know-how vertreten: Schon heute sind zahlreiche unterschiedliche Akteure in der **Komponentenherstellung** sowie **Qualifizierung & Weiterbildung** im Bereich Wasserstoff vor Ort. Die geplanten Erzeugerprojekte umfassen verschiedenste Herstellungspfade von der **Biogasreformierung** über die **Elektrolyse** und **Thermolyse** bis hin zur übergangsweisen Nutzung von Beiprodukt-Wasserstoff aus der Industrie.

9

Die unterschiedlichen Aktivitäten und Projekte unserer Region wurden in strukturierte **Projekt-Steckbriefe** überführt. Die Steckbriefe dienen der Sichtbarkeit der einzelnen Projekte für mögliche Geschäftspartner und ermöglichen eine schnelle Anknüpfung anderer Projekte durch die Angaben **„Ich biete…“** und **„Ich suche…“**.

10

Entwicklung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft

Die Projekte entlang der Wertschöpfungskette über eine **geeignete Infrastruktur zu verknüpfen**, stellt den nächsten wesentlichen Schritt für unsere Region dar, um die unter Punkt 2 genannten Ziele zu erreichen. Um Projektansätze dazu individuell zu unterstützen und Synergieeffekte zu heben, sollte die Region z. B. mit dem Aufbau eines **H_2-Anwenderkreises** die bestehenden Strukturen zur Koordination weiter ausbauen.

In dem H_2-Anwenderkreis erhalten Akteure, deren Projekt noch in der Konzept- oder Ideenphase ist, am **Startplatz Wasserstoff** Basiswissen und regionale Vernetzungsmöglichkeiten.

1. DIE EMSCHER-LIPPE-REGION

In den Änderungen des Klimaschutzgesetzes im Jahre 2021 hat die Bundesregierung das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 verankert. Zur Erreichung der Ziele wird der Bedarf an erneuerbaren Energien und alternativen Speicher- und Umwandlungstechnologien in den Sektoren Mobilität, Industrie und Gebäudewärme stark steigen. Eine wesentliche Rolle kommt dabei dem Energieträger Wasserstoff und den damit verbundenen Technologien zu. Diese haben ihre Einsatzfelder vor allem dort, wo eine direkte Elektrifizierung nicht möglich ist oder größere Nachteile mit sich bringt. So sehen die Studien Klimaneutrales Deutschland[1] und die dena-Leitstudie[2] einen Wasserstoffbedarf zwischen 432 und 908 TWh_{H2} für das Jahr 2050.

Unsere Ziele: Klimaschutz und regionale Wertschöpfung

Auch auf regionaler Ebene haben wir ambitionierte Klimaschutzziele: Bis 2030 strebt die Emscher-Lippe-Region eine CO_2-Reduktion von 70 Prozent gegenüber 1990 an[3]. Damit steht unsere Region vor zwei strukturellen Herausforderungen: einerseits die Erreichung der Reduktionsziele durch kurzfristige und praktikable Lösungen für eine Verkehrswende. Andererseits wird der durch die Schließung von Zechen und Kohlekraftwerken bestimmte Strukturwandel weiter beschleunigt und erfordert Maßnahmen, die den daraus resultierenden wirtschaftsstrukturellen und energetischen Implikationen gerecht werden. Aus diesen Herausforderungen leiten sich für das Projekt HyExperts zwei übergeordnete Ziele ab (Abbildung 1):

Ziel 1: **Klimaschutz**	Ziel 2: **Regionale Wertschöpfung**
Reduktion der (CO_2-)Emissionen durch den Einsatz von Wasserstofftechnologien entlang der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette. Der Fokus in HyExperts liegt insbesondere auf Anwendungen im **Verkehrsbereich.**	Für die vom Strukturwandel stark betroffene Region Emscher-Lippe muss **regionale Wertschöpfung** entlang der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette entwickelt werden.

Abbildung 1: Die Ziele des HyExperts-Projektes in der Emscher-Lippe-Region

Das vorliegende Umsetzungskonzept soll aufzeigen, wie Wasserstoffmobilität und -technologien in der Region etabliert werden können, um insbesondere im Verkehrssektor Emissionseinsparungen zu erzielen. Gleichzeitig bieten Wasserstofftechnologien den Regionen die Chance, eine Steigerung der regionalen Wertschöpfung in den unterschiedlichen Stufen der Wasserstoff-wertschöpfungskette zu erreichen. Mithilfe des Umsetzungskonzepts soll die Emscher-Lippe-Region so als Modellregion für andere Regionen dienen, die sowohl Teil eines Ballungsraumes sind als auch ländliche Räume aufweisen. Der Modellcharakter zeichnet sich u. a. dadurch aus, dass die Rollen regionaler Akteure identifiziert und daraus regionale Strukturen und Netzwerke zur Umsetzung eines wasserstoffbasierten Mobilitätskonzepts abgeleitet werden können. Dabei wird die optimale Nutzung der lokal vorhandenen Ressourcen zur Wasserstoffherstellung, -verteilung und -nutzung berücksichtigt. Des Weiteren werden Möglichkeiten zur nachhaltigen Steigerung der lokalen Wertschöpfung und Stärkung der im Wasserstoffbereich aktiven Unternehmen skizziert.

Das Umsetzungskonzept dient außerdem als Grundlage, Projektansätze und das geschaffene Akteursnetzwerk in das HyPerformer-Programm zu überführen.

Die Steuerung des HyExperts-Projektes erfolgte durch einen Lenkungskreis, der sich zum einen aus Verantwortlichen der Gebietskörperschaften des

[1] Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020): Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität.
[2] ewi Energy Research & Scenarios gGmbH (2018): dena-Leitstudie – Integrierte Energiewende. Studie im Auftrag der Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena).
[3] WiN Emscher-Lippe GmbH (2021): Roadmap für die Wasserstoffregion Emscher-Lippe.

Kreises Recklinghausen sowie der Städte Bottrop und Gelsenkirchen zusammensetzte. Für die fachliche Unterstützung und die Schnittstelle zu den regionalen Akteuren waren zudem die Wirtschaftsförderung WiN Emscher-Lippe GmbH [4] sowie das h2-netzwerk-ruhr e. V. Bestandteil des Lenkungskreises.

Unsere Region vereint urbane und ländliche Charakteristika

Die Emscher-Lippe-Region liegt im Herzen Nordrhein-Westfalens und setzt sich aus dem Kreis Recklinghausen sowie den kreisfreien Städten Bottrop und Gelsenkirchen zusammen (vgl. Abbildung 2). Mit insgesamt 991.347 Einwohnenden stellt sie etwa 5,5 Prozent der Gesamtbevölkerung von Nordrhein-Westfalen[5].

Abbildung 2: Die Emscher-Lippe-Region[6]

Durch ihre Lage im nördlichen Ruhrgebiet verbindet sie die Metropolregion Rhein-Ruhr mit dem Münsterland und ist zudem eine Schnittstelle zu Belgien und den Niederlanden. Die charakteristische Struktur mit Großstädten, Mittelzentren und ländlich geprägten Gebieten sowie eine Unternehmensstruktur von kleinen und mittleren Unternehmen bis hin zu Global Playern, insbesondere in der Industrie, ist ein Abbild des Landes Nordrhein-Westfalen. Der Kontrast zwischen dem urbanen und ländlichen Raum mit

[4] Wirtschaftsförderer-Netzwerk Emscher-Lippe GmbH: Die WiN ist die regionale Wirtschaftsförderungsgesellschaft in der Emscher-Lippe-Region. Zu dieser gehören seit 1990 neben dem Kreis Recklinghausen mit seinen zehn kreisangehörigen Städten die beiden kreisfreien Städte Bottrop und Gelsenkirchen sowie nicht-kommunale Partner.
[5] https://www.it.nrw, abgerufen am 15.07.2021.
[6] Bild: Roadmap für die Wasserstoffregion Emscher-Lippe. WiN Emscher-Lippe GmbH. 2021.

unterschiedlicher Bevölkerungsdichte bietet optimale Voraussetzungen, die technische Umsetzbarkeit von Wasserstoffmobilitätskonzepten zu demonstrieren und die Region als Nukleus für Wasserstoffmobilität zu etablieren (vgl. Abbildung 3).

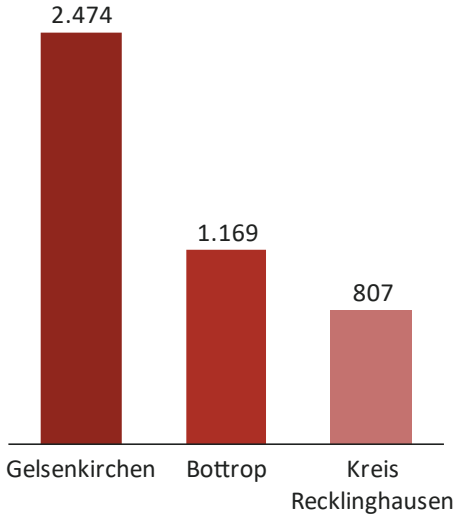


Abbildung 3: Bevölkerungsdichte in der Emscher-Lippe-Region [Personen/km²]

Beim Blick auf die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in dem Wirtschaftszweig ‚Verkehr, Logistik und Sicherheit' wird die besondere wirtschaftliche Bedeutung der Mobilität für die Region deutlich (vgl. Abbildung 4): Der Anteil der Beschäftigten liegt in der Emscher-Lippe-Region höher als in Deutschland oder Nordrhein-Westfalen.[7] Zudem ist die Logistikbranche aufgrund hoher Anforderungen an Fahrzeuge ein wesentlicher Treiber für eine frühzeitige Auseinandersetzung mit klimafreundlicher Wasserstoffmobilität.

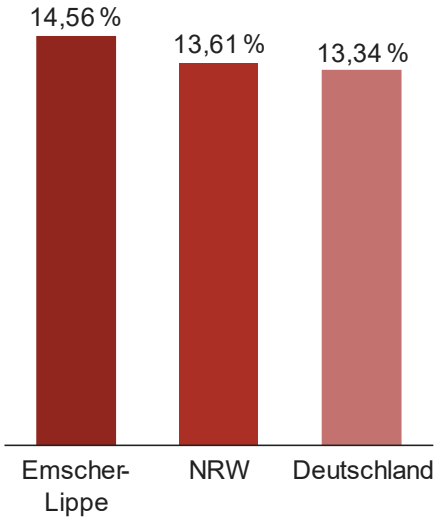


Abbildung 4: Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Wirtschaftszweig ‚Verkehr, Logistik und Sicherheit' [%]

Wir kennen uns aus mit Wasserstoff

Die Region kann auf jahrzehntelange Erfahrung im industriellen Umgang mit Wasserstoff aufbauen und ist Pionier auf diesem Gebiet. Ein Leuchtturm der Region ist das Anwenderzentrum h2herten, das seit 2013 als kommunales Technologiezentrum einen expliziten Fokus auf das Themengebiet setzt. Zukünftig produziert das Unternehmen Cummins Inc. (Hydrogenics GmbH) in Herten Brennstoffzellensysteme, die in Zügen, Bussen, LKW sowie in stationären Anwendungen eingesetzt werden können. Auch im Themenfeld der Wasserstoffmobilität hat die Emscher-Lippe-Region Vorbildcharakter: Jüngst wurde die seit 2018 in Betrieb befindliche öffentliche Wasserstofftankstelle an der Zeche Ewald erweitert, um eine Betankung von größeren Brennstoffzellen-Nutzfahrzeugen zu ermöglichen (eine Erläuterung

[7] https://webshop.it.nrw.de/gratis/A669%20202021.pdf, abgerufen am 15.07.2021.

des Begriffs „Brennstoffzelle“ erfolgt in Kapitel 2). Zudem setzt die Abfallentsorgungs-Gesellschaft Ruhrgebiet mbH (AGR) aktuell ein ambitioniertes Projekt zur Errichtung eines Elektrolyseurs und einer Wasserstofftankstelle um. Das Vorhaben mit hoher Strahlkraft schafft die Voraussetzungen in der Region, um Fahrzeugflotten auf Wasserstoff umzustellen und mit regionalem Wasserstoff betanken zu können. Neben der AGR planen weitere Entsorgungsbetriebe den Einsatz von Wasserstofffahrzeugen. Zudem wird das kommunale ÖPNV-Unternehmen Vestische Straßenbahnen GmbH 2023 fünf Brennstoffzellenbusse beschaffen. Mit der Initiative GETH2 [8] soll ein Nukleus für eine Wasserstoffinfrastruktur vom Norden bis in die Mitte Deutschlands realisiert werden, das auch die Einbindung der Akteure der Emscher-Lippe-Region vorsieht. Auf Basis dieser pilothaften Anwendungen und Leuchttürme hat sich in der Region ein einmaliges Ökosystem entwickelt, das alle relevanten Akteursgruppen (Erzeugung, Verteilung, Nutzung, Forschung und Innovation) in einer Region vereint und damit den idealen Nährboden für weitere Entwicklungen bietet.

Trotz dieser Kombination aus regionalen Leuchttürmen und der besonderen Akteurskonstellation findet derzeit — wie überall in Deutschland — die Verknüpfung von Wasserstofferzeugung mit den Verkehrsanwendungen und damit der letzte Schritt in Richtung flächendeckendem Einsatz der Wasserstoffmobilität noch nicht statt. Eine stärkere Nutzung ist wiederum die Voraussetzung für notwendige Skalierungseffekte und Kostensenkungen. Dieser Übergang in die Breitennutzung in allen Facetten der Mobilität ist ein notwendiger Schritt, um die Herausforderungen im Klimaschutz zu bewältigen und nachhaltig lokale Wertschöpfung zu generieren.

Unsere Wasserstoffstrategie und Wasserstoff-Roadmap bilden den Rahmen

Um die Aktivitäten im Bereich Wasserstoff zu koordinieren, sind seit 2019 zwei Experten als Wasserstoffkoordinatoren bei der regionalen Wirtschaftsförderung WiN Emscher-Lippe GmbH [9] angestellt. Unter Federführung der Wasserstoffkoordinatoren und Einbindung der regionalen Akteure wurde eine Wasserstoffstrategie (H_2EL) erstellt, die im August 2020 veröffentlicht wurde. Die Strategie skizziert den Aufbau einer Modellregion mit den Handlungsfeldern Industrie, F&E, Mobilität, Quartiersentwicklung sowie Qualifizierung und zeigt die Aktivitäten in diesen Handlungsfeldern auf.

Zur Umsetzung dieser Strategie wurde im Juli 2021 eine Wasserstoff-Roadmap H_2EL zur Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft veröffentlicht. Neben dem Einsatz in der Industrie soll Wasserstoff vor allem im Verkehr zu einer CO_2-Reduktion beitragen. Demnach soll der Anteil an erneuerbaren Kraftstoffen bis 2030 auf 30 Prozent steigen. Als konkrete Zielmarken sollen bis 2030 unter anderem 1.000 Brennstoffzellen-LKW, 100 Brennstoffzellen-Abfallsammelfahrzeuge sowie 120 Brennstoffzellenbusse auf den Straßen der Emscher-Lippe-Region unterwegs sein. Die Roadmap sieht zudem die Errichtung von mindestens einer Wasserstofftankstelle in jeder Kommune vor[10]. Das vorliegende Umsetzungskonzept greift die vorhandenen Aktivitäten aus Strategien und Roadmaps des Landes, des Bundes und der EU auf und vertieft sie in Bezug auf die Bereitstellung und Nutzung von Wasserstoff in der Mobilität.

[8] https://www.get-h2.de/wp-content/uploads/geth2_infobroschuere_4seiter_200311.pdf, abgerufen am 20.08.2021.
[9] Wirtschaftsförderer-Netzwerk Emscher-Lippe GmbH: Die WiN ist die regionale Wirtschaftsförderungsgesellschaft in der Emscher-Lippe-Region. Zu dieser gehören seit 1990 neben dem Kreis Recklinghausen mit seinen zehn kreisangehörigen Städten die beiden kreisfreien Städte Bottrop und Gelsenkirchen sowie nicht-kommunale Partner.
[10] WiN Emscher-Lippe GmbH (2021): Roadmap für die Wasserstoffregion Emscher-Lippe.

2. DIE WASSERSTOFFTECHNOLOGIEN

Die beiden in Kapitel 1 definierten Ziele (‚Klimaschutz' und ‚Regionale Wertschöpfung') sowie der Fokus auf den Verkehrssektor determinieren die zu betrachtenden Wasserstofftechnologien in unserer Region. Um in den regionsspezifischen Betrachtungen dieser Umsetzungsstudie ein einheitliches Verständnis der relevanten Technologien zu gewährleisten, werden sie im Folgenden entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungsstufen kurz erläutert.

2.1 DIE WASSERSTOFF-WERTSCHÖPFUNGSSTUFEN

Die Wasserstoff-Wertschöpfungskette untergliedert sich wie in Abbildung 5 dargestellt.

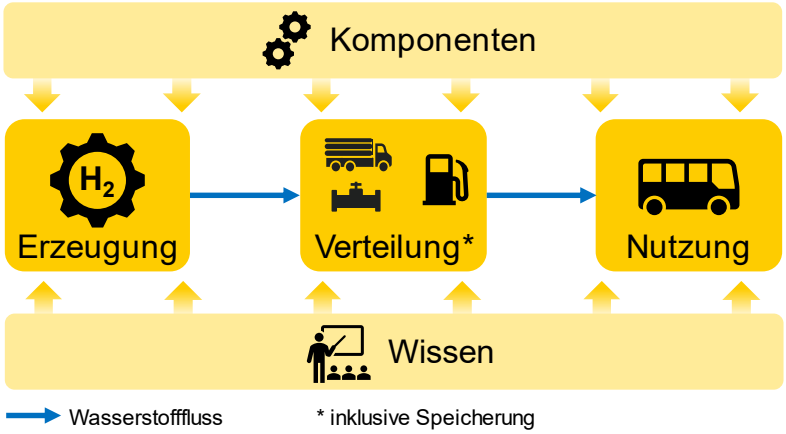


Abbildung 5: Die in der Umsetzungsstudie berücksichtigten Wasserstoffwertschöpfungsstufen

Die erste Wertschöpfungsstufe ist die Wasserstofferzeugung. Zur Wasserstofferzeugung gehört nicht nur die Umwandlung eines Energieträgers in Wasserstoff, sondern auch die vorgelagerten Prozesse. Darunter fällt beispielsweise die Erzeugung von erneuerbarem Strom für die Elektrolyse oder die Beschaffung von Biogas für eine Dampfreformierung. Die Erzeugung von Wasserstoff ist die Wertschöpfungsstufe, die die größten Potenziale für regionale Wertschöpfung birgt. Regionale Erzeugungsprojekte schaffen Arbeitsplätze und generieren monetäre Wertschöpfung durch die Planung, Errichtung und den Betrieb der Erzeugungsanlage sowie der Vermarktung des produzierten Wasserstoffs. Zudem findet bei der Nutzung von lokal erzeugter erneuerbarer Energie – im Gegensatz zum Import von fossilen Kraftstoffen (z. B. Erdgas aus Russland oder Erdöl aus Saudi-Arabien) – eine Verlagerung der Wertschöpfungsprozesse in die Region statt. Je nach Energiequelle für die Wasserstoffherstellung kann so ein Großteil der Kraftstoffausgaben in der Region verbleiben.

Die Wertschöpfungsstufe Verteilung (+ Speicherung) umfasst den Transport von Wasserstoff sowie die Bereitstellung für den Verkehrssektor über Tankstellen und fungiert als Bindeglied zwischen Erzeugung und Nutzung.

Die Nutzung von Wasserstoff erfolgt in der vorliegenden Umsetzungsstudie im Verkehrssektor. Die Wertschöpfungsstufe hat das höchste Potenzial für die Einsparung von Treibhausgas(THG)-Emissionen, da in den allermeisten Fällen ein Fahrzeug mit konventionellem Verbrennungsmotor durch ein emissionsfreies Fahrzeug (bspw. mit Brennstoffzelle) ersetzt wird und so unmittelbar lokal THG-Emissionen vermieden werden. So lagen beispielsweise die CO_2-Emissionen neuzugelassener Benzin-PKW im Jahr 2019 bei 157 Gramm CO_2 pro Kilometer. Regionale Wertschöpfung erzielt die Wertschöpfungsstufe hingegen kaum, da die Fahrzeuge in anderen deutschen Regionen oder gar im (nicht-)europäischen Ausland entwickelt und hergestellt werden. Lediglich für die Wartung der Fahrzeuge wird Personal benötigt, der Wartungsaufwand ist im Vergleich zu einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor jedoch voraussichtlich geringer.

Die drei genannten Wertschöpfungsstufen werden flankiert von Komponentenherstellern (z. B. von Brennstoffzellen, Elektrolyseuren, Pipeline- oder Kraftwerks-Komponenten) und Akteuren aus dem Bereich der Forschung & Entwicklung sowie der Bildung bzw. Qualifizierung. Insbesondere die Bildung und Qualifizierung von Personal für Auslegung,

Planung, Betrieb und Wartung der Wasserstofftechnologien ist ein wesentlicher Faktor für einen erfolgreichen und nachhaltigen Markthochlauf. Durch die Etablierung renommierter, regionsübergreifender Bildungs-/Qualifizierungsstätten und die Ausbildung von Fachkräften kann zusätzliche regionale Wertschöpfung erzielt werden.

2.2 ERZEUGUNG

Die Erzeugung von Wasserstoff kann grundsätzlich über die in Abbildung 6 gezeigten Pfade erfolgen.

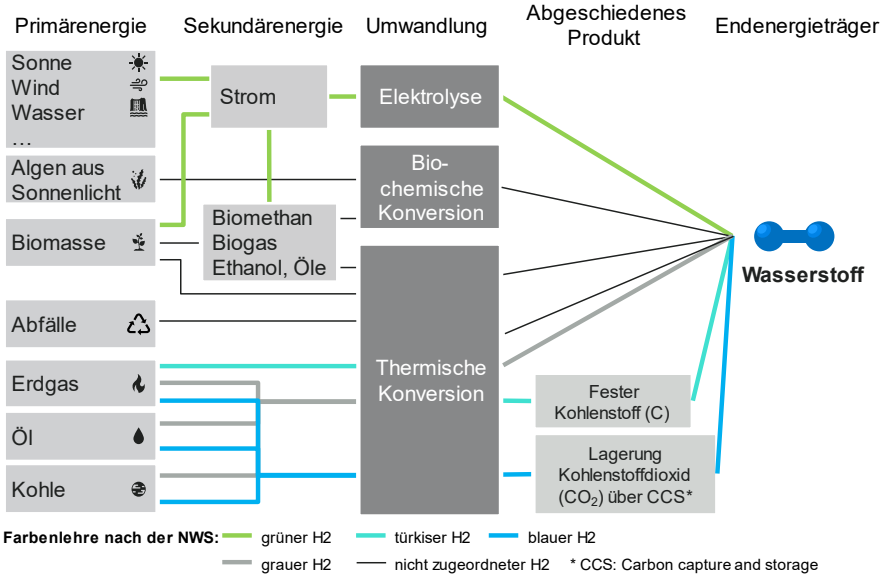


Abbildung 6: Pfade der Wasserstofferzeugung

Die zugeordneten Farben der Wasserstofferzeugungspfade sind den Definitionen der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS)[11] entlehnt.

Wasserstoff aus Elektrolyseanlagen mit EE-Strom ist grün

Die NWS definiert Wasserstoff als „grün“, wenn dieser durch Elektrolyse von Wasser erzeugt und der dafür eingesetzte Strom aus erneuerbaren Energien bereitgestellt wird (vgl. grüner Pfad, Abbildung 6).[12] Dadurch erfolgt die Produktion von Wasserstoff nahezu CO_2-frei. Neben der geringen CO_2-Intensität hat der Pfad der Wasserelektrolyse den Vorteil, dass keine zusätzlichen Produkte abgeschieden werden müssen und die gesamte Herstellungskette ohne potenzielle klimaschädliche C-Atome auskommt. Eine rechtlich verbindliche Definition von „grünem“ Wasserstoff stellt die Einteilung der NWS jedoch nicht dar. Zurzeit gibt es auf internationaler/europäischer und nationaler Ebene noch keine einheitliche, gesetzlich verankerte Definition, die „grünen“ Wasserstoff inklusive Vorkette klassifiziert. Abhilfe schaffen derzeit lediglich Zertifizierungsmöglichkeiten von „grünem“ Wasserstoff, beispielsweise über den TÜV oder CertifHy.[13]

Den Elektrolysetechnologien wird in Bezug auf die Herstellung von klimaneutralem Wasserstoff in Deutschland eine hohe Aufmerksamkeit zuteil. Das hängt insbesondere mit dem hohen Technologiereifegrad und der daraus resultierenden Marktverfügbarkeit zusammen. Nähere Informationen zu Technologien, dem gegenwärtigen Markt und Wirtschaftlichkeit können den angehangenen Technologie-Steckbriefen (vgl. 2.5) entnommen werden. Ob ein Elektrolyse-Projekt wirtschaftlich tragfähig ist, wird stark von der Konstellation von Stromerzeugungsanlage(n) und Elektrolyseur bestimmt. Eigenen Einfluss zur Optimierung hat der Anlagenbetreiber vor allem auf die folgenden Faktoren:

- Stromkosten (= Strombezugskosten + Stromnebenkosten)

[11] https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=20
[12] Auch Graustrom (Strom aus Kohle, Öl, Erdgas) kann für die Elektrolyse genutzt werden, stellt im Sinne von Ziel 1 der Emscher-Lippe-Region jedoch keinen gangbaren Pfad dar.
[13] https://www.tuvsud.com/de-de/branchen/energie/erneuerbare-energien/energiezertifizierung/gruener-wasserstoff-zertifizierung

- Auslastung des Elektrolyseurs

Die Wasserstoffgestehungskosten werden bei der Elektrolyse maßgeblich von den Stromkosten bestimmt

Die Stromkosten setzen sich aus den Strombezugskosten und den Stromnebenkosten zusammen. Abbildung 7 zeigt, dass die Strombezugskosten und die Stromnebenkosten (für den Fall, dass diese in vollem Umfang anfallen) den wesentlichen Kostenfaktor bei der Erzeugung von Wasserstoff per Elektrolyse darstellen (74 Prozent).

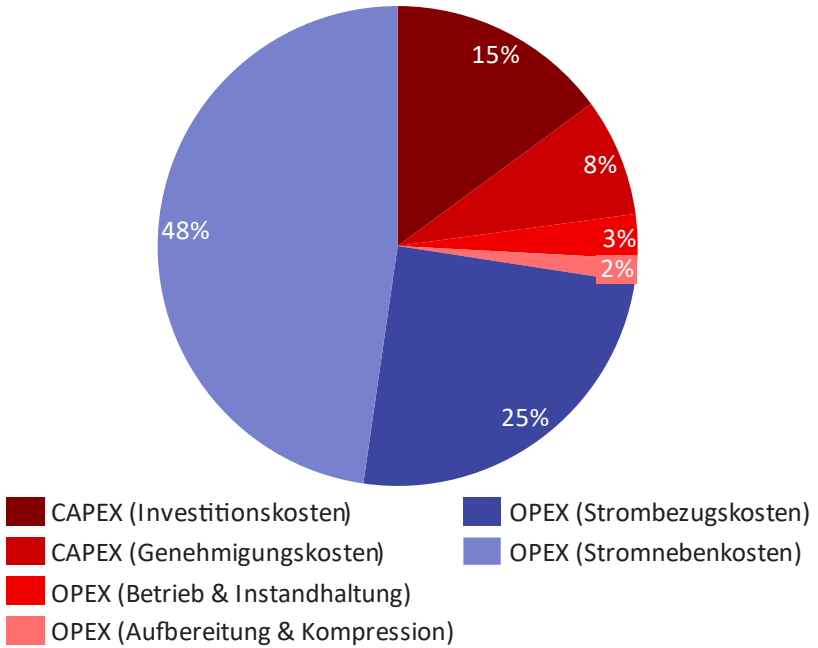


Abbildung 7: Anteilige Kostenparameter für ein Kilogramm Wasserstoff aus der Wasserelektrolyse[14]

Die **Strombezugskosten** werden über den Einkaufspreis des Stroms bestimmt. Dieser kann je nach Stromquelle und Alter der Anlage sehr unterschiedlich ausfallen. Grund hierfür ist, dass sich der Einkaufspreis über die möglichen Referenzerlöse (meistens den EEG-Vergütungssatz) bzw. Referenzkosten (z. B. Betriebskosten) und eine zusätzliche Marge für den Anlagenbetreiber ergibt – und nicht nur über die Stromgestehungskosten:

[14] Annahmen: Spez. Investitionskosten des Elektrolyseurs: 1.250 €/kW, Genehmigungskosten: 700 €/kW, Volllaststunden des Elektrolyseurs: 4.000 h/a, Betriebs- und Instandhaltungskosten (inkl. Wartung und Wiederbeschaffung der Stacks, exkl. Stromkosten): 2 %/a der Investitionskosten, Stromverbrauch für Aufbereitung und Kompression: 1,2 kWh/kg_{H2} (Ausgangsdruckniveau des Elektrolyseurs [ca. 30 bar] wird nicht gesteigert), Nutzungsdauer: 20 a, kalkulatorischer Zinssatz: 7 %/a, Strombezugskosten: 5 ct/kWh, alle Stromnebenkoten (Stromsteuer, Netzentgeltgekoppelte Abgaben, EEG-Umlage) berücksichtigt.

Strombezugspreis ≥ Referenzerlös (aktueller Vermarktungspreis) + Marge

und/oder

Strombezugspreis ≥ Referenzkosten (Betriebskosten Vermarktungspreis) + Marge

Für eine EE-Anlage, die derzeit im EEG vermarktet wird, muss der Strombezugspreis folglich mindestens der EEG-Vergütung zuzüglich einer Marge entsprechen. Ein Anlagenbetreiber einer EE-Anlage, die aus der gesetzlichen Förderung über das EEG fällt, wird für den Strom einen Preis verlangen, der sowohl größer als seine Betriebskosten als auch größer als Vermarktungserlöse über die Börse ist – jeweils zuzüglich einer Marge. Folglich ergeben sich für verschiedene Anlagentypen (Wind oder PV) und Inbetriebnahme-Jahre beispielhafte Strombezugskosten, wie sie in Abbildung 8 dargestellt sind.

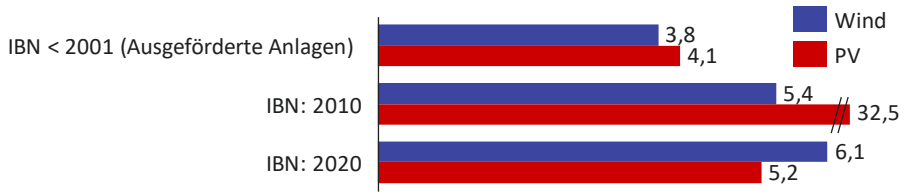


Abbildung 8: Strompreise von Wind- und PV-Anlagen verschiedener Altersklassen [ct/kWh][15]

Neben den reinen Bezugspreisen, wie in Abbildung 8 dargestellt, sind jedoch auch betriebliche Aspekte wie die Volllaststunden oder die Restlaufzeit der Anlagen in ein Projektdesign miteinzubeziehen. Beispielsweise haben ausgeförderte Anlagen (IBN < 2001) geringe Stromkosten, weisen jedoch den Nachteil auf, dass ihre Laufzeit unsicher und zumeist weitaus geringer als die eines Elektrolyseurs sind.

Der zweite Bestandteil der Stromkosten, die **Stromnebenkosten**, setzt sich aus der EEG-Umlage, der Stromsteuer, Netzentgelten [16] sowie den netzentgeltgekoppelten Abgaben und Umlagen zusammen. Ohne Befreiungstatbestände (siehe dazu *EXKURS: Der regulatorische Rahmen*) sind daher für den Strombezug eines Elektrolyseurs die in Abbildung 9 aufgezählten Nebenkosten zu entrichten. Im Vergleich mit den ausgewiesenen Strombezugskosten zeigt sich, dass die Stromnebenkosten einen großen Einfluss auf die Wasserstoffgestehungskosten haben. In der *Konzeptionierung von Elektrolyseprojekten* sollte deshalb ein besonderes Augenmerk *auf möglichen Befreiungstatbeständen* liegen, um die Gestehungskosten zu senken.

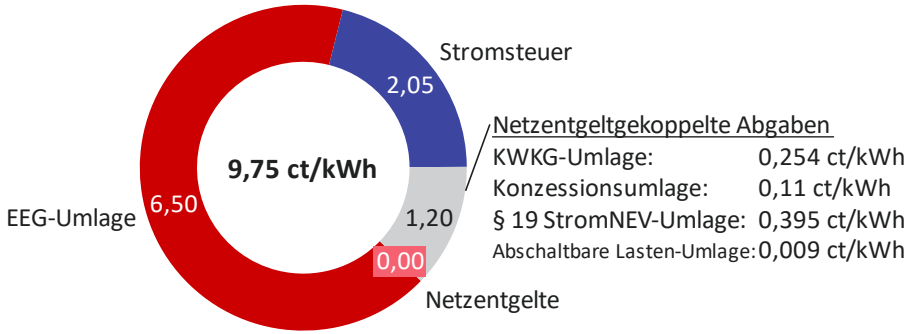


Abbildung 9: Die zu entrichtenden Stromnebenkosten für den Strombezug eines Elektrolyseurs

Eine hohe Auslastung führt zu günstigeren Gestehungskosten

Auch die Auslastung eines Elektrolyseurs hat einen starken Einfluss auf die resultierenden Wasserstoffgestehungskosten (vgl. Abbildung 7: 15 Prozent).

[15] Die Angaben sind beispielhaft für eine 1-MW-PV-Freiflächenanlage und eine 1-MW-Windkraftanlage.

[16] § 118 Abs. 6 S. 1 und 7 EnWG: Elektrolyseure sind ab Inbetriebnahme für 20 Jahre von Netzentgelten befreit.

So sorgt eine höhere Auslastung für eine Verteilung der spezifischen Investitionskosten (CAPEX) auf mehr Stunden, wodurch das einzelne Kilo Wasserstoff günstiger wird. In Abbildung 10 sind die Wasserstoffgestehungskosten in Abhängigkeit von den Volllaststunden eines Elektrolyseurs dargestellt[17]. Die Wasserstoffgestehungskosten bewegen sich zwischen mehr als 25 Euro pro Kilogramm bei sehr geringer Auslastung und unter fünf Euro pro Kilogramm bei maximaler Auslastung.

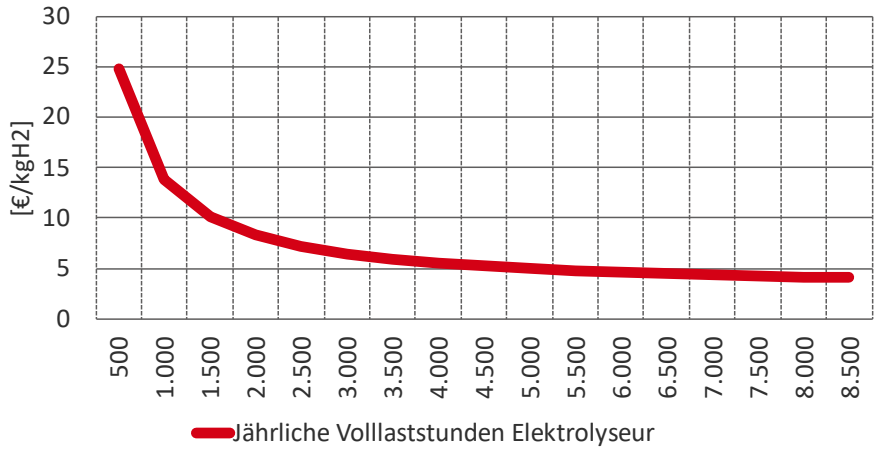


Abbildung 10: Wasserstoffgestehungskosten in Abhängigkeit der Volllaststunden

Eine wichtige Erkenntnis für die Betriebsplanung ist, dass die Gestehungskosten vor allem im Bereich der niedrigen Volllaststundenzahlen (500–2.500 h/a) stark sinken, sobald die Betriebsstunden des Elektrolyseurs ansteigen. In den Bereichen hoher Volllaststunden (3.000–8.500 h/a) ist das Kostensenkungspotenzial wesentlich geringer. Als Richtwert sollte ein Elektrolyse-Betreiber demnach eine Volllaststundenzahl von *mindestens 2.500 h/a* anstreben.

[17] Maximale jährliche Volllaststundenzahl: 8.760 h; Konfiguration des Elektrolyseurs analog zu Abbildung 7.

Weitere Technologien zur Wasserstofferzeugung ergänzen Elektrolyse

Neben dem Herstellungspfad der Elektrolyse gibt es weitere Pfade mit geringen CO_2-Emissionen. Der Pfad von türkisem Wasserstoff definiert die thermische Konversion von im Erdgas enthaltenen Methan (CH_4) über Pyrolyse-/Thermolyse-Verfahren (vgl. türkiser Pfad, Abbildung 6). Die im Methan enthaltenen Kohlenstoffe fallen als festes Produkt an, sodass keine Emissionen entstehen. Um die THG-Neutralität des Prozesses zu gewährleisten, muss die für den Hochtemperatur-Prozess der Pyrolyse/Thermolyse eingesetzte Wärme klimaneutral erzeugt werden. Der Einsatz von Methan birgt allerdings Nachteile: Einerseits entweicht bei Förderung und Transport von Erdgas bereits Methan in die Atmosphäre. Andererseits leistet die Verwendung von Erdgas keinen Beitrag zur regionalen Wertschöpfung, sondern verstärkt möglicherweise die Importabhängigkeit. Neben Methan können jedoch auch andere Energieträger wie Biomasse oder organische/anorganische Abfälle als Input für die Pyrolyse/Thermolyse dienen. Die Einbindung der Technologie in die regionale Kreislaufwirtschaft kann zu einer regionalen Wertschöpfung beitragen. Ein entsprechendes Umsetzungsvorhaben gibt es bereits in unserer Region (siehe

Die Projekte). Die Technologiereife der Pyrolyse-/Thermolyse-Technologie ist allerdings nicht so weit fortgeschritten wie bei der Elektrolyse. Zwar gibt es erste Projekte zur Erprobung der Technologie, ein wirtschaftlicher Betrieb muss allerdings noch demonstriert werden.[18]

Ein weiterer Wasserstofferzeugungspfad ist die thermische Konversion von Biogas zu Wasserstoff über die Dampfreformierung (vgl. Pfad Biomasse–Biomethan–thermische Konversion, Abbildung 6). Dieses Verfahren hat aus drei Gründen großes Potenzial für unsere Region: Die Technologie ist im industriellen Maßstab erprobt, die Nutzung regionaler Biogaskapazitäten kann regionale Wertschöpfung generieren und ermöglicht eine THG-neutrale Wasserstofferzeugung. Die Potenziale unserer Region sind im Kapitel *Die H2-Potenziale der Emscher-Lippe-Region* dargestellt.

Nicht berücksichtigt in dieser Studie werden die Herstellungspfade des „blauen" und „grauen" Wasserstoffs. „Grauer" Wasserstoff wird überwiegend über die Dampfreformierung von Erdgas hergestellt und weist eine hohe CO_2-Intensität auf[19]. „Blauer" Wasserstoff hat durch das sogenannte CCS-Verfahren[20] zwar eine geringere CO_2-Intensität, basiert jedoch ebenfalls ausschließlich auf fossilen Kohlenwasserstoffen. Zudem ist seine Akzeptanz in der breiten Bevölkerung umstritten.

2.3 VERTEILUNG

Um den produzierten Wasserstoff den Abnehmern im Verkehrssektor bedarfsgerecht zur Verfügung stellen zu können, ist eine effiziente Verteilinfrastruktur erforderlich. Diese beinhaltet eine regionale Wasserstofflogistik und ein gut ausgebautes Wasserstofftankstellennetz.

Wasserstofflogistik: Zusammenspiel zwischen Trailern und Pipeline

Für die Verteilung von Wasserstoff gibt es grundsätzlich mehrere Möglichkeiten. Vor dem Hintergrund einer möglichst kurzfristigen und wirtschaftlichen Umsetzung werden für die Emscher-Lippe-Region zwei Technologien betrachtet: Der Transport von gasförmigem Wasserstoff in Druckbehältern sowie der Transport über eine Wasserstoffpipeline. Ziel muss es grundsätzlich sein, den Transport von Wasserstoff emissionsfrei zu gestalten (beispielsweise durch den Einsatz von emissionsfreien Trailer-Fahrzeugen).

Der Transport in Druckgasbehältern auf **Trailern** ist gängige Praxis. Hierzu werden die Druckbehälter meist auf einen 40-Fuß-Auflieger (Trailer) aufgebracht. Röhrentrailer wie in Abbildung 11 verfügen über bis zu zehn Einzelbehälter mit 200 bis 250 bar, die insgesamt bis zu 500 kg Wasserstoff speichern können. Trailer mit Gasdruckflaschen aus Kohlefaser-Verbundstoffen erreichen bei einem Druckniveau von 500 bar eine Gesamtkapazität von bis zu 1.100 kg Wasserstoff.

Abbildung 11: Wasserstofftrailer mit Röhrenspeicher

[18] https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/wasserstoff-aus-methanpyrolyse.php
[19] Ca. 9 kg_{CO2}/kg_{H2}.
[20] Carbon Capture and Storage = Abscheidung und Einspeicherung von CO_2.

Wasserstoff kann, wie Erdgas auch, über entsprechende **Pipelines** verteilt werden – im Rhein-Ruhr-Gebiet geschieht dies schon seit mehr als 80 Jahren. Das von Air Liquide betriebene Pipelinenetz erstreckt sich über 240 km und verbindet Wasserstofferzeuger und Großabnehmer aus der Industrie. Grundsätzlich kann eine Pipelineinfrastruktur auch für die Versorgung von Wasserstofftankstellen genutzt werden. Hierbei ist, neben den nicht-monetären Aspekten wie Kapazität oder Akzeptanz, die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum Einsatz von Trailern zu betrachten. Abbildung 12 vergleicht die Kosten von Pipeline(-neubau) und Trailertransport in Abhängigkeit der Transportdistanz und des täglichen Durchsatzes. Bei einer Transportdistanz von unter 5 km kann die Pipeline schon ab einem Durchsatz von etwa einer Tonne pro Tag die wirtschaftlich günstigere Option sein. Bei einer Transportdistanz von 25 km lohnt ein Pipelinebau dagegen erst ab einem täglichen Durchsatz von ca. 5 Tonnen. Hierbei ist zu beachten, dass es sich um ein allgemeines Rechenbeispiel mit Punkt-zu-Punkt-Lieferung handelt und die realen Kosten je nach Rahmenbedingungen abweichen können. Eine Tonne Wasserstoff entspricht in etwa dem täglichen Verbrauch von 50 Brennstoffzellenbussen oder -LKW. Eine Pipelineanbindung ist daher vor allem mit einer Perspektive für hohe Abnahmemengen, wie beispielsweise bei Busflotten, wirtschaftlich vertretbar.

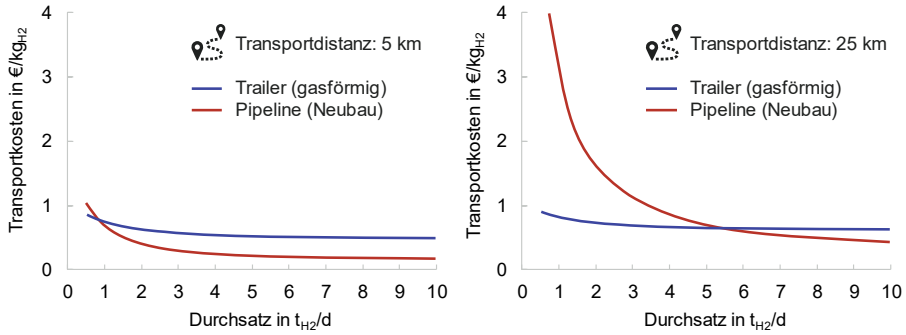


Abbildung 12: Transportkostenvergleich Trailer vs. Pipeline je nach Transportdistanz[21]

Mittelfristig kann eine Anbindung von großen Tankstellen oder Wasserstoff-Verteilzentren, sogenannten „Hubs“, an eine Pipeline durchaus sinnvoll sein, da hierdurch eine kontinuierliche Versorgung ohne ein erhöhtes Verkehrsaufkommen durch Trailertransporte ermöglicht wird. Die Vermeidung zusätzlicher Transporte über die Straße spielt eine wesentliche Rolle bei der Akzeptanz von Wasserstoff. Eine für die Bürger*innen ‚unsichtbare‘ Pipeline bietet bei steigenden Transportbedarfen daher eine attraktive Alternative. Darüber hinaus ermöglicht eine Wasserstoffpipeline auch die Anbindung an ein überregionales Wasserstoffpipelinenetz zum Im- oder Export von Wasserstoff. So kann beispielsweise über eine Anbindung an das Projekt GET H2[22] mittelfristig grüner Wasserstoff aus Norddeutschland importiert werden. Langfristig könnte eine Pipeline in ein europäisches Wasserstoffnetzwerk, das „European Hydrogen Backbone“[23], eingebettet werden. Das geplante länderübergreifende Netz soll ab Mitte der 2020er-Jahre bis 2040 schrittweise bis auf 23.000 Kilometer Länge ausgebaut werden. In beiden Projekten sollen Teilstücke durch eine Umstellung existierender Erdgaspipelines auf Wasserstoff bereitgestellt werden, wodurch bis zu 50

[21] Eigene Berechnungen.
[22] https://www.get-h2.de/, abgerufen am 15.07.2021.
[23] https://gasforclimate2050.eu/ehb/, abgerufen am 15.07.2021.

Prozent der Kosten im Vergleich zu einem Neubau eingespart werden können.

Wasserstofftankstellen als Grundlage der Wasserstoffmobilität

Für den Durchbruch der Wasserstoffmobilität ist ein flächendeckendes Netz an Wasserstofftankstellen von großer Bedeutung. Deutschlandweit gibt es zum heutigen Zeitpunkt etwa 100 Wasserstofftankstellen[24], davon sind etwa 90 öffentlich zugänglich [25] . Der Ausbau der öffentlichen Tankstelleninfrastruktur wird federführend von der H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG koordiniert – diese wird ab 2021 Tankstellen vor allem dort errichten, wo kurzfristig eine hohe Nachfrage zu erwarten ist und wo eine öffentliche Tankstelle auch für PKW sinnvoll erscheint. Das Standorttool der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH (NOW) zeigt sinnvolle Standorte anhand des zu erwartenden Ausbaupotenzials für öffentliche Tankstellen auf[26].

Den Nutzenden bieten Wasserstofftankstellen ein gewohntes Betankungserlebnis: Die Zapfsäule (auch Dispenser genannt) ähnelt der einer Diesel- oder Benzintankstelle. Auch die Betankungszeit liegt mit 3 bis 5 Minuten pro PKW im Bereich von konventionellen Fahrzeugen. Je nach Einsatzgebiet sind Tankstellen für eine Betankung mit 700 bar oder 350 bar Nominaldruck ausgelegt. Je nach Fahrzeugklasse bzw. Fahrzeuggewicht unterscheiden sich die Betankungsdrücke (vgl. dazu 2.4). Die Kapazität der Tankstelle wird je nach Fahrzeuganzahl und Betankungsmenge ausgelegt. Heutige PKW-Tankstellen haben Kapazitäten von etwa 100 bis 200 kg_{H2} pro Tag (Bedarf von ca. 25 bis 50 PKW). Nutzfahrzeugtankstellen weisen aufgrund der höheren Nachfrage Kapazitäten von mindestens 200 kg_{H2} pro Tag (Bedarf von ca. 10 Bussen) auf. Um den Auf- und Ausbau von Wasserstofftankstellen kosteneffizient zu gestalten, können sie modular erweitert werden. Dies wird durch die typische Containerbauweise der Einzelkomponenten ermöglicht. Eine Wasserstofftankstelle besteht in der Regel aus folgenden Komponenten:

- einem Anlieferplatz für Wasserstofftrailer oder einem Anschlusspunkt an eine Pipeline,
- einer Anliefertafel, an der der Wasserstoff an die Tankstelle abgegeben und die Menge gemessen wird,
- einem oder mehreren Speichern für Niederdruck (bis ca. 250 bar) und Hochdruck (ab ca. 250 bar),
- einer Verdichter- und Kühleinheit, die den Wasserstoff auf das Druckniveau der Betankung bringt und den Wasserstoff vorkühlt, um eine schnelle und optimale Betankung zu ermöglichen, sowie
- einer Zapfsäule (auch Dispenser genannt).

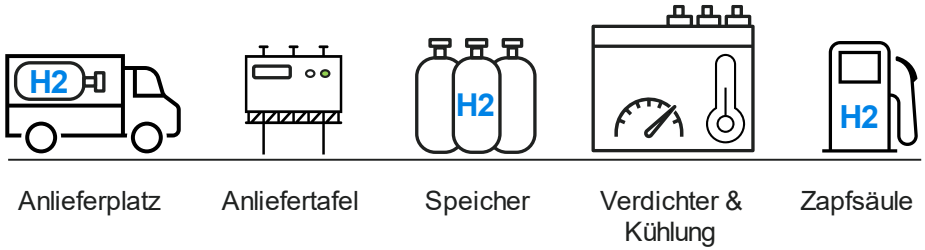


Abbildung 13: Grundlegende Komponenten einer Wasserstofftankstelle

[24] https://www.h2stations.org, abgerufen am 15.07.2021.
[25] https://h2.live/, abgerufen am 15.07.2021.
[26] https://www.standorttool.de/wasserstoff/ausbaupotenzial/, abgerufen am 15.07.2021.

Abbildung 14: Wasserstofftankstelle der H2 MOBILITY Deutschland & Co. KG[27]

Wasserstofftankstellen haben einen höheren Flächenbedarf als heutige Diesel- oder Benzintankstellen – vor allem, weil der Speicher in der Regel nicht unterirdisch verbaut wird. Zudem sind aufgrund von Richtlinien zur Betriebssicherheit Schutzabstände einzuplanen. Diese Abstände können durch Maßnahmen, wie z. B. Brandschutzwände, verringert werden.

Die Kosten für die Errichtung von Tankstellen hängen maßgeblich von Betankungsdruck und Betankungskapazität ab. Eine Betankung mit 700 bar stellt höhere Anforderungen an die Komponenten als eine Betankung mit 350 bar. Dies schlägt sich auch im Preis nieder. Einen größeren Einfluss haben allerdings die gewünschten Speicher- und Abgabemengen. Die folgenden Angaben sind Richtwerte ohne Förderung und dienen der groben Einordnung: Für kleine Tankstellen mit 100 bis 200 kg_{H2} pro Tag sind etwa 1,5 bis 2 Mio. € zu kalkulieren. Für mittlere Tankstellen mit einer Kapazität von 500 kg_{H2} pro Tag und große Tankstellen mit einer Kapazität von über 1.000 kg_{H2} pro Tag sind ca. 3 Mio. € beziehungsweise ca. 5 Mio. € einzuplanen.

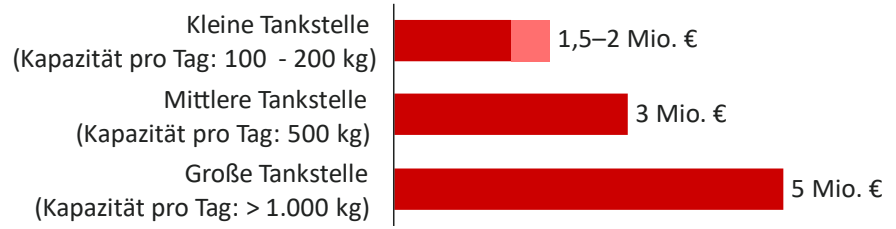


Abbildung 15: Typische Investitionskosten von Wasserstofftankstellen verschiedener Größenklassen ohne Förderung

Nach einer Untersuchung des Forschungszentrums Jülich im Auftrag der H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG können mit steigender Stückzahl und Erfahrung die Errichtungskosten von Tankstellen in den nächsten zehn Jahren um ca. 30 Prozent reduziert werden. An den öffentlichen H2 MOBILITY-Tankstellen wird der Wasserstoff heute zu 9,50 €/kg_{H2} brutto bzw. 7,98 €/kg_{H2} netto abgegeben. Dies entspricht im Hinblick auf die Kraftstoffkosten aktuell in etwa dem Diesel-Äquivalent bei PKW[28].

Die Wasserstoff-Roadmap des Landes Nordrhein-Westfalen gibt konkrete Ziele für die Errichtung von Wasserstofftankstellen vor: So sollen bis 2025 landesweit mindestens 60 Tankstellen für PKW (700 bar) und 20 Tankstellen für LKW (350 bar) installiert werden[29]. Das Projekt HyExperts Emscher-Lippe kann hierzu einen wichtigen Beitrag leisten.

2.4 NUTZUNG IN FAHRZEUGEN

Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge (vgl. *Die Technologie-Steckbriefe*) bieten Anwendern (lokal) emissionsfreie Mobilität bei gewohnter Flexibilität. Ihre

[27] Bild: Stadt Herten.
[28] Bei einem Dieselpreis von 1,35 €/l und einem Verbrauch von 7,0 l/100 km.
[29] Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, Wasserstoff Roadmap Nordrhein-Westfalen, 2020.

Vorteile gegenüber batterieelektrischen Fahrzeugen spielen sie bei hohen Anforderungen an Reichweite, Betankungszeit oder Nutzlast aus.

Aufgrund von Effizienz- und Emissionsvorteilen gegenüber Wasserstoff-Verbrennungsmotoren werden heute hauptsächlich Brennstoffzellenantriebe eingesetzt. Die Brennstoffzelle an Bord eines Fahrzeugs wandelt unter kontinuierlicher Zufuhr von Wasserstoff und Luft die chemische Energie des Wasserstoffs in elektrische Energie um, die einen Elektromotor antreibt. Der benötigte Wasserstoff wird heutzutage an Bord meist gasförmig in Drucktanks mit 350 bar oder 700 bar gespeichert. Der Speicherdruck hängt dabei hauptsächlich vom verfügbaren Platz im Fahrzeug ab. In PKW und leichten Nutzfahrzeugen wird Wasserstoff daher in der Regel in 700-bar-Drucktanks gespeichert, da der verfügbare Platz begrenzt ist. Bei schweren Nutzfahrzeugen wie Bussen oder LKW sowie Zügen kommen dagegen meist 350-bar-Drucktanks zum Einsatz.

PKW sind als Serienmodelle einzelner Hersteller verfügbar

Brennstoffzellen-PKW sind eine ausgereifte Technologie und werden von Herstellern wie z. B. Toyota und Hyundai serienmäßig am deutschen Markt angeboten. Mit einer Tankkapazität von rund 5 bis 7 kg Wasserstoff und einem Verbrauch von etwa 1,0 kg_{H2} auf 100 km liegen typische Reichweiten bei über 500 km pro Tankfüllung. Gegenüber einem Benzin- oder Diesel-PKW spart ein Brennstoffzellen-PKW im Betrieb jährlich bis zu 2,5 t_{CO2} ein [30].

Leichte Nutzfahrzeuge kommen Ende 2021 auf den Markt

Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von unter 3,5 t_{zGG} [31] werden als leichte Nutzfahrzeuge bezeichnet. In dieser Klasse gibt es bislang keine Serienfahrzeuge auf dem Markt, allerdings haben die Unternehmen Renault und Stellantis, zu dem unter anderen die Marken Opel, Peugeot und Citroën gehören, Fahrzeuge für Ende 2021 angekündigt [32,33]. Für leichte Nutzfahrzeuge werden die gleichen Tanks wie für PKW genutzt, wodurch eine Betankung mit 700 bar möglich ist. Im Fahrbetrieb können durch den Ersatz von Diesel pro Fahrzeug jährlich bis zu 4,9 t_{CO2} eingespart werden[34].

Abbildung 16: Die Brennstoffzellenfahrzeuge Toyota Mirai und Opel Vivaro-e Hydrogen[35]

[30] Durchschnittliche Jahresfahrleistung nach KBA 2019: 13.602 km; Benzin: 7,8 l/100 km; 2,33 kg CO_2 pro l; Diesel: 7,0 l/100 km; 2,64 kg CO_2 pro l.
[31] Zulässiges Gesamtgewicht.
[32] https://ecomento.de/2021/07/08/renault-wasserstoff-joint-venture-hyvia-fuehrt-2021-drei-brennstoffzellen-modelle-ein/, abgerufen am 15.07.2021.
[33] https://www.electrive.net/2021/05/17/opel-praesentiert-bz-transporter-vivaro-e-hydrogen/, abgerufen am 15.07.2021.
[34] Durchschnittliche Jahresfahrleistung nach KBA 2019: 19.343 km; Diesel: 9,5 l/100 km, 2,64 kg CO_2 pro l.
[35] Bild links: CC BY-SA 4.0, https://www.motor.es, Bild rechts: © Opel.

Schwere Nutzfahrzeuge bieten ein hohes kurzfristiges CO_2-Einsparpotenzial

Ein vielversprechendes Einsatzgebiet für Wasserstoff bieten schwere Nutzfahrzeuge (> 3,5 t_{zGG}). Insbesondere Busse, LKW und Sattelzugmaschinen haben hohe Reichweitenanforderungen, die von batterieelektrischen Fahrzeugen nicht wirtschaftlich abgedeckt werden können. Gerade diese Fahrzeuge haben gemessen an ihrer Anzahl einen überproportional hohen Anteil an den CO_2-Emissionen des Straßenverkehrs in der Emscher-Lippe-Region (vgl. Abbildung 17). So spart ein Bus durch seine hohe durchschnittliche Jahresfahrleistung von 57.036 km jährlich im Fahrbetrieb bis zu 63 t_{CO2} ein[36]. Da die Neubeschaffungszyklen im Vergleich zu privaten PKW zudem deutlich kürzer sind[37], liegt hier ein Potenzial für kurzfristige CO_2-Einsparungen. Vor diesem Hintergrund ist für den Brennstoffzellenantrieb bei schweren Nutzfahrzeugen in naher Zukunft ein starker Markthochlauf zu erwarten.

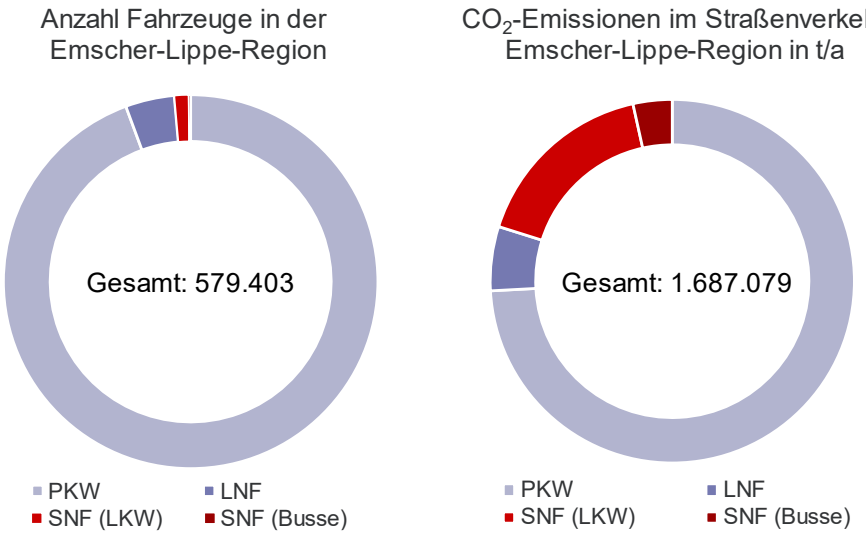


Abbildung 17: Anzahl der Fahrzeuge und CO_2-Emissionen im Straßenverkehr[38]

Der Entwicklungsstand der verschiedenen schweren Nutzfahrzeuge ist sehr unterschiedlich: Brennstoffzellenbusse für den ÖPNV sind am Markt etabliert und werden von verschiedenen Herstellern angeboten. Abfallsammelfahrzeuge mit Brennstoffzellen befinden sich aktuell in der Markteinführung und werden bei den ersten Entsorgungsbetrieben im Realbetrieb erprobt[39]. LKW und Sattelzugmaschinen stehen in Deutschland noch vor der Markteinführung – anders als in der Schweiz, wo die ersten Fahrzeuge im Regelverkehr unterwegs sind und bis zum Jahr 2025 insgesamt 1.600 beschafft werden sollen[40]. Sowohl etablierte als auch neue Hersteller haben das Potenzial erkannt und den Markteintritt für schwere LKW und

[36] Durchschnittliche Jahresfahrleistung nach KBA 2019: 57.036 km; Diesel: 42 l/100 km, 2,64 kg CO_2 pro l.
[37] PKW: 15 Jahre, LKW und Busse 8–10 Jahre, Sattelzugmaschinen z. T. nur 5 Jahre.
[38] Kraftfahrt-Bundesamt, 2019; Eigene Berechnungen.

[39] https://www.wb-duisburg.de/unternehmen/Nachhaltigkeit/wasserstoff-entsorgungsfahrzeuge.php, abgerufen am 15.07.2021.
[40] https://ecomento.de/2020/10/08/hyundai-xcient-fuel-cell-erste-wasserstoff-lkw-ausgeliefert/, abgerufen am 15.07.2021.

Sattelzugmaschinen angekündigt. Ab Mitte des Jahrzehnts wird ein serienreifes Angebot an Brennstoffzellen-LKW erwartet.

Die Wasserstoff-Roadmap des Landes Nordrhein-Westfalen gibt für die Beschaffung von schweren Nutzfahrzeugen ehrgeizige Ziele vor: So sollen bis 2025 mindestens 400 Brennstoffzellen-LKW und 500 Brennstoffzellenbusse auf den Straßen des Landes unterwegs sein. Um das Ziel zu erreichen, initiiert und koordiniert das Land Aktivitäten zur Beschaffung von Fahrzeugen und der entsprechenden Infrastruktur. Die Emscher-Lippe-Region spielt hierbei aufgrund ihrer Lage und der ausgeprägten Logistiksparte eine zentrale Rolle.

Abbildung 18: Schwere Nutzfahrzeuge mit Brennstoffzellen[41]

Brennstoffzellenzüge ersetzen Dieselzüge

Im Schienenpersonennahverkehr (SPNV) werden auf nicht-elektrifizierten Strecken seit 2018 erste Brennstoffzellenzüge im Linienbetrieb eingesetzt[42]. Mit Alstom und Siemens haben zwei etablierte Hersteller entsprechende Produkte am Markt platziert. Aktuelle SPNV-Brennstoffzellenzüge speichern ihren Wasserstoff bei 350 bar und haben bei einem Verbrauch von etwa 25 kg_{H2}/100 km Reichweiten von bis zu 1.000 km. Durch die Substitution von konventionellen Dieselzügen mit einem Verbrauch von 129 l/100 km können Brennstoffzellenzüge im Fahrbetrieb bis zu 330 t_{CO2} pro 100.000 km einsparen[43]. Mit seiner hohen Energiedichte ist Wasserstoff zudem auch für Güter- oder Rangierloks interessant – hier befinden sich Pilot- und Forschungsprojekte in Umsetzung[44].

Weitere Anwendungen für Wasserstoff sind Flurförderzeuge und Schiffe

Ein weiteres spezifisches Einsatzfeld für Brennstoffzellen bieten Flurförderzeuge: Hier kann die schnelle Betankung – im Vergleich zur Ladung von Batterien – für Logistikprozesse im Drei-Schicht-Betrieb einen Wettbewerbsvorteil bringen.

Auch für Binnenschiffe und Fähren wird der Einsatz von Wasserstoff erprobt. So wurde im Vorhaben ELEKTRA beispielsweise ein Schubboot mit Wasserstofftanks und Brennstoffzellen ausgestattet, das im Sommer 2021 in Betrieb gehen soll[45].

Wasserstofffahrzeuge befinden sich in der Phase des Markteintritts

Es wird deutlich, dass eine Beschaffung von Wasserstofffahrzeugen für Pilotprojekte in nahezu allen Fahrzeugkategorien möglich ist. Aufgrund der geringen Stückzahlen weisen diese noch deutlich höhere Investitionskosten als ihre konventionellen Vorgänger auf. Zudem ist aufgrund der noch begrenzten Produktionskapazitäten teilweise mit längeren Lieferzeiten zu rechnen. Nichtsdestotrotz wird sich der Einsatz durch politische Vorgaben zur Emissionsminderung in den kommenden Jahren weiter verstärken. Der Marktdurchbruch für Brennstoffzellenfahrzeuge wird von Experten Mitte bis

[41] Bild links: CC BY-SA 4.0, Joachim Kohler, Bild rechts: CC BY-SA 4.0, EMCEL GmbH.
[42] https://www.h2hamburg.de/servicemarken/nachrichten/erfolgreicher-probebetrieb-alstom-wasserstooffzuege-4814350, abgerufen am 15.07.2021.
[43] M. Robinius et al., Wasserstoffoffensive Kreis Düren, 2021.
[44] https://www.energieagentur.nrw/brennstoffzelle/wasserstoff-rangierlok_im_duisburger_hafen, abgerufen am 15.07.2021.
[45] https://www.cleanthinking.de/elektra-weltweit-erstes-schubschiff-mit-batterien-und-brennstoffzellen/, abgerufen am 15.07.2021.

Ende des Jahrzehnts erwartet. Voraussetzung hierfür ist eine gut ausgebaute Tankstelleninfrastruktur.

2.5 DIE TECHNOLOGIE-STECKBRIEFE

Die Technologie-Steckbriefe sind als eigenständiges Dokument als Nachschlagewerk angehängt.

EXKURS: DER REGULATORISCHE RAHMEN

Regulatorische Handlungsdrücke

Die Europäische Union und damit auch Deutschland haben sich im Jahr 2019 verpflichtet, im Wege des „European Green Deal“ die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 auf null zu reduzieren. Deutschland hat sich mit dem nun novellierten Klimaschutzgesetz das Ziel gesetzt, die Treibhausgasneutralität bereits bis 2045 zu erreichen.[46] Diese Zielvorgaben werden durch verschiedene regulatorische Maßnahmen flankiert, die die Transformation der unterschiedlichen Sektoren sicherstellen sollen und dadurch Handlungsdrücke bei den betroffenen Akteuren erzeugen.

Auf europäischer Ebene gehören hierzu die Verordnungen zur Festlegung von CO_2-Emissionsnormen der Kraftfahrzeuge, welche die Kraftfahrzeughersteller adressiert.[47] Darin wird geregelt, dass in der EU neu zugelassene PKW, leichte Nutzfahrzeuge und schwere Nutzfahrzeuge einen bestimmten durchschnittlichen Wert an lokalen Kohlendioxidemissionen einhalten müssen. Die Vorgabe für den Grenzwert ab 2020 liegt bei 95 gCO_2/km für PKW und bei 147 g_{CO2}/km für leichte Nutzfahrzeuge. Für die Hersteller neuer schwerer Nutzfahrzeuge wird ein verbindliches CO_2-Reduktionsziel um 15 Prozent ab dem Jahr 2025 und um 30 Prozent ab dem Jahr 2030 festgelegt. Die europäischen Verordnungen sehen jeweils empfindliche Strafzahlungen vor und verursachen dadurch einen erheblichen Handlungsdruck bei den betroffenen Fahrzeugherstellern.[48] Die Verordnungen gelten unmittelbar.

	Ab 2021	Ab 2025	Ab 2030
	Zielwert	Emissionsminderung	Emissionsminderung
PKW	95 g CO_2/km	15 % ggü. Ziel 2021 81 g CO_2/km	37,5 % ggü. Ziel 2021 59 g CO_2/km
LNF*	147 g CO_2/km	15 % ggü. Ziel 2021 125 g CO_2/km	31 % ggü. Ziel 2021 101 g CO_2/km
SNF**	Kein Ziel	15 % ggü. des Bezugswerts ***	30 % des Bezugswerts ***

* Leichte Nutzfahrzeuge (< 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht)

** Schwere Nutzfahrzeuge (> 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht)

*** Der Bezugswert errechnet sich aus den Emissionen des Zeitraums 01.07.2019 – 30.06.2020

Abbildung 19: Vorgaben der CO_2-Emissionsnormen für Kraftfahrzeughersteller[47]

Darüber hinaus werden bei der öffentlichen Auftragsvergabe durch die Richtlinie (EU) 2019/1161[49] (Clean Vehicles Directive) Beschaffungsquoten für sogenannte „saubere Fahrzeuge“ festgelegt. Auch diese Vorgaben verursachen einen erheblichen Handlungsdruck bei den betroffenen Akteuren. Als „sauber“ gelten dabei Fahrzeuge, die mit alternativen Kraftstoffen wie u. a. mit Wasserstoff betrieben werden. Als Richtlinie bedarf diese allerdings der Umsetzung in deutsches Recht.[50]

Weiterer Handlungsdruck wird gegenüber den Kraftstoffherstellern durch die Richtlinie (EU) 2018/2001 [51] erzeugt. Art. 25 RED II verpflichtet die Mitgliedstaaten, wie dargelegt, dazu, eine an die Kraftstoffanbieter adressierte

[46] Klimaschutzgesetz, § 3.
[47] Dies umfasst die Verordnung (EU) 2019/631 des Europäischen Parlaments und des Rates v. 17.4.2019 zur Festsetzung von CO2-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 443/2009 und (EU) Nr. 510/2011 und die Verordnung (EU) 2019/1242 des Europäischen Parlaments und des Rates v. 20.06.2019 zur Festlegung von CO2-Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge.
[48] Nach Art. 8 der Verordnung (EU) 2019/631 müssen die Hersteller von PKW und leichten Nutzfahrzeugen für jedes Kalenderjahr, in dem sie die zulässigen Emissionen übersteigen, eine Abgabe zahlen, die durch Multiplikation der „Überschreitung“ mit 95 Euro und der Anzahl neu zugelassener Fahrzeuge ermittelt wird. Die Hersteller von LKW und schweren Nutzfahrzeugen müssen nach Art. 8 der Verordnung (EU) 2019/1242 ab dem Jahr 2025 ebenfalls eine Abgabe entrichten, die nach der Emissionsüberschreitung multipliziert mit einem Wert von 4.250 Euro/gCO2/tkm und ab 2030 in Höhe von 6.800 Euro/gCO2/km ermittelt wird.
[49] Richtlinie (EU) 2019/1161 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20.06.2019 zur Änderung der Richtlinie 2009/33/EG über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge.
[50] Der Bundestag hat am 05.05.2021 die Umsetzung der Clean Vehicles Directive in nationales Recht beschlossen.
[51] Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11.12.2018 zur Förderung der Nutzung von Energien aus erneuerbaren Quellen.

Verpflichtung umzusetzen, wonach 2030 ein bestimmter Mindestanteil an erneuerbaren Energien im Verkehrssektor erreicht wird. Dies geschieht in Deutschland gegenwärtig durch die in §§ 37a ff BImSchG angelegte Treibhausgasminderungsquote, die damit auch der nationalen Umsetzung der für den Kraftstoffbereich geltenden Vorgaben aus Art. 25 ff. RED II bzw. dessen Vorgängerrichtlinie [52] dient. [53] Danach werden Unternehmen, die gewerbsmäßig oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen nach dem Energiesteuergesetz zu versteuernde Otto- und Dieselkraftstoffe in den Verkehr bringen – dies sind in der Regel die Mineralölunternehmen –, verpflichtet, sicherzustellen, die Treibhausgasemissionen der von ihnen im Laufe des Kalenderjahres in den Verkehr gebrachten Kraftstoffe in einer gesetzlich vorgeschriebenen Höhe zu mindern. Die Quote beträgt seit dem Jahr 2020 6 Prozent und soll ab 2030 auf 25 Prozent angehoben werden.[54] Die Treibhausgasminderungsquote kann durch das Inverkehrbringen verschiedener erneuerbarer Kraftstoffe erfüllt werden, zu denen u. a. auch Wasserstoff gehört. Die Anrechnungsvoraussetzungen dieser Kraftstoffe werden dann ergänzend zum Bundes-Immissionsschutzgesetz in Rechtsverordnungen geregelt, konkret in der 36., 37. und 38. Verordnung zum BImSchG:

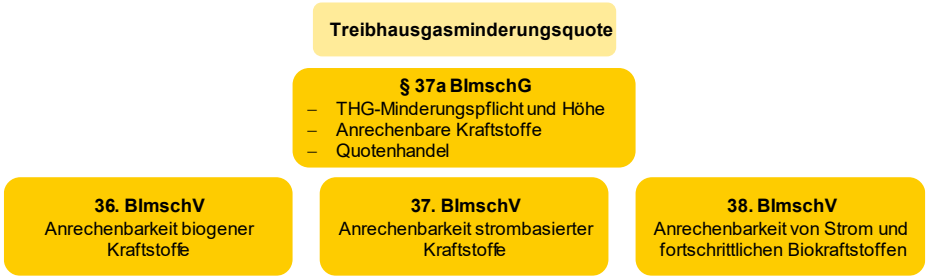


Abbildung 20: Regelung der Anrechnungsvoraussetzungen von Kraftstoffen für die Treibhausgasminderungsquote

Wesentliche regulatorische Einflussfaktoren bei der Erzeugung, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff

Der Einsatz von grünem Wasserstoff, d. h. Wasserstoff, der mittels Elektrolyse aus erneuerbaren Energien erzeugt wird, stellt einen wesentlichen Baustein für die Verringerung der Treibhausgasemissionen und damit das Erreichen der eingangs beschriebenen Klimaschutzziele dar. Die Wirtschaftlichkeit von Projekten für grünen Wasserstoff wird entscheidend dadurch beeinflusst, ob und in welchem Umfang die EEG-Umlage, Stromsteuer, Netzentgelte und weitere staatlich veranlasste Strompreisbestandteile anfallen können. Im Folgenden soll daher auf einer abstrakten Ebene dargestellt werden, mit welchen Steuern, Abgaben und Umlagen entlang der Wertschöpfungskette (Erzeugung, Transport und Verbrauch von Wasserstoff) zu rechnen ist.

[52] Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.
[53] Jarass, in Jarass, BImSchG, 13. Auflage 2020, § 37a BImSchG, Rn. 5; so auch BT-Drs. 19/27435, Seite 1.
[54] BT-Drs. 19/29850, S. 4.

Wasserstofferzeugung

Für die Produktion von Wasserstoff in einem Elektrolyseur kann zunächst die **EEG-Umlage** anfallen. Hintergrund dafür ist, dass mit der Umwandlung des Stroms bei der Erzeugung des Wasserstoffs im Elektrolyseur ein Verbrauch stattfindet, der als Letztverbrauch angesehen wird.[55] Es stellt sich somit die Frage, ob für den Einsatz von Strom im Elektrolyseur Befreiungs- oder Entlastungstatbestände greifen können.

Sofern der Strom für den Elektrolyseur aus einer Erneuerbare-Energien-Anlage bezogen wird, die über eine Direktleitung mit dem Elektrolyseur verbunden ist, kommt insbesondere eine anteilige Reduzierung der EEG-Umlage auf 40 Prozent der regulär zu zahlenden Umlage nach § 61b EEG 2021 in Betracht, sofern eine Eigenversorgung vorliegt.

Mit dem Inkrafttreten des EEG 2021 am 01.01.2021 hat der Gesetzgeber zwei wesentliche Neuregelungen in Bezug auf die Wasserstofferzeugung im Elektrolyseur geschaffen. Nach **§ 64a Abs. 1 EEG 2021** kann bei einem Unternehmen, das einer Branche mit der laufenden Nummer 78 nach Anlage 4 zuzuordnen ist und bei dem die Herstellung von Wasserstoff den größten Beitrag zur gesamten Wertschöpfung des Unternehmens leistet, auf Antrag die EEG-Umlage auf mindestens 15 Prozent der regulär zu zahlenden EEG-Umlage begrenzt werden. Unter den Voraussetzungen des sog. „super cap“ kann die EEG-Umlage zudem auf 0,5 Prozent der Bruttowertschöpfung begrenzt werden (§ 64a Abs. 2 S. 3 EEG 2021). Unter den Voraussetzungen des **§ 69b Abs. 1 EEG 2021** kann alternativ darüber hinaus eine vollständige Befreiung von der EEG-Umlage für die **grüne** Wasserstofferzeugung erfolgen. § 69b Abs. 1 EEG 2021 ist aber nicht unmittelbar mit Inkrafttreten des EEG 2021 anwendbar, sondern erst wenn die Bundesregierung eine Verordnung erlassen hat, mit der die Anforderungen an die Herstellung von grünem Wasserstoff bestimmt worden sind (§ 69b Abs. 2 EEG 2021). Hierbei handelt es sich um die kürzlich beschlossene Erneuerbare-Energien-Verordnung (EEV). § 69b EEG 2021 sowie auch Teile des § 64a EEG 2021 (Anwendungsfall „nicht selbständiger Unternehmensteil“) müssen darüber hinaus auch noch beihilferechtlich genehmigt werden.

Die Kriterien für grünen Wasserstoff bezüglich der EEG-Umlage sind aktuell noch nicht identisch mit den Anforderungen an grünen Wasserstoff für den Verkehrssektor aus der RED II und dem delegierten Rechtsakt der Kommission.[56] Ziel des Gesetzgebers ist aber ein **möglichst einheitlicher Wasserstoffbegriff** für alle Nutzungspfade.[57]

Das Eingreifen einer Entlastung oder Befreiung von der EEG-Umlage stellt aufgrund der Höhe dieser Umlage – gegenwärtig sind dies 6,5 ct/KWh – bis auf Weiteres einen entscheidenden Faktor bei der Planung und Umsetzung von Wasserstoff-Elektrolyseprojekten dar. Es sollte aber auch bedacht werden, dass die EEG-Umlage ggf. 2025 oder zu einem möglichen späteren Zeitpunkt auch gänzlich entfallen könnte.

Netzentgelte können neben der EEG-Umlage nur dann anfallen, wenn der Strom für den Elektrolyseur aus dem Netz der allgemeinen Versorgung bezogen wird. Wird der Strom daher im Wege einer Direktleitung von der Stromerzeugungsanlage bezogen, können Netzentgelte nicht entstehen. Dasselbe gilt auch, wenn der Elektrolyseur „vor“ dem Netz der allgemeinen Versorgung betrieben wird, wobei sich im Einzelfall Abgrenzungsfragen dazu stellen können, ab wann eine Netznutzung vorliegt.[58] Sofern der Strom aus

[55] Vgl. BGH, NVwZ-RR 2010, 431, bestätigt durch NVwZ-RR 2013, 408; OLG Düsseldorf, ZNER2008, 380; *Lehnert/Vollprecht*, ZNER 2012, 356; *Heller,* EWeRK2013, 177; *Thomas/Altrock*, ZUR 2013, 579.

[56] Aktuell stellt die EEV noch reduzierte Anforderungen (etwa ohne Zusätzlichkeit, kaum räumliche Anforderungen sowie eine großzügige Systemdienlichkeitsregelung), siehe zu den unterschiedlichen Anforderungen an die Produktion von grünem Wasserstoff auch Stiftung Umweltenergierecht, „Anforderungen an die Produktion von grünem Wasserstoff“, abrufbar unter: https://stiftung-umweltenergierecht.de/wp-content/uploads/2021/07/Stiftung_Umweltenergierecht_Vergleich-del.-RA-und-EEV_Stand_2021-07-09.pdf

[57] BT-Drs. 19/29793, Seite 21; nach dem Entwurf der Kommission für die RED III ist geplant, die Anrechnungsvoraussetzungen aus Art. 27 der RED II auf alle energieverbrauchenden Sektoren anzuwenden.

[58] *Altrock/Thomas/Vollprecht*, Power-to-Heat – Kostenbelastungen, Regelenergie, Überschussstrom, EnWZ 106 (107).

dem Netz der allgemeinen Versorgung bezogen wird, kann je nach Einzelfall die Befreiung nach § 118 Abs. 6 S. 1 und 7 EnWG greifen. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass weiterhin umstritten ist, ob diese Netzentgeltbefreiung auch unabhängig von einer Rückverstromung oder sogar nur abhängig von einer Einspeisung des Stroms bzw. des erzeugten Gases in ein Energieversorgungsnetz greifen kann.[59] Der Bundesgerichtshof hat zudem entschieden, dass von der Netzentgeltbefreiung nach § 118 Abs. 6 EnWG nicht auch die gesetzlichen Umlagen (KWK-Umlage, Umlage nach § 19 Abs. 2 StromNEV, Offshore-Haftungsumlage, Umlage für abschaltbare Lasten) und die Entgelte für den Messstellenbetrieb, die Messung und die Abrechnung umfasst sind.[60]

Weiterhin kann bei der Elektrolyse auch die **Stromsteuer** anfallen. Nach § 9a Abs. 1 Nr. 1 StromStG kann auf Antrag allerdings eine (vollständige) Entlastung von der Stromsteuer gewährt werden für Strom, den ein Unternehmen des Produzierenden Gewerbes für die Elektrolyse entnommen hat. Bisher ist nicht endgültig geklärt, ob sämtliche Verbräuche des Elektrolyseurs entlastungsfähig sind oder etwa nur die Strommenge, die unmittelbar in die Elektrolyse fließt, d. h. der Strom, der an den Elektroden anliegt.[61]

Hinzuweisen ist schließlich auf **§ 27a EEG 2021**. Danach müssen die Betreiber von EEG-Anlagen, die durch Ausschreibung nach dem EEG gefördert werden, den in ihrer Anlage erzeugten Strom in das Netz für die allgemeine Versorgung einspeisen, soweit der Strom nicht durch die Anlage oder in den Neben- und Hilfsanlagen der Anlage oder zum Ausgleich physikalisch bedingter Netzverluste verbraucht wird. Verstößt ein Anlagenbetreiber gegen diese Vorgabe, entfällt der Förderanspruch für das gesamte Kalenderjahr, in dem der Verstoß erfolgt. Szenarien, in denen Strom vor der Einspeisung in das Netz für die Elektrolyse genutzt wird, werden damit zumindest bei ausschreibungspflichtigen Anlagen, die eine Förderung in Anspruch nehmen, durch diese Regelung ausgeschlossen, was ein erhebliches Hemmnis für die Sektorenkopplung darstellt.

Wasserstoffverteilung

Für die Kostenbelastungen hinsichtlich des Transports von Wasserstoff ist aus hiesiger Sicht vor allem relevant, ob das **Erdgasnetz** genutzt wird. Sofern dies der Fall ist, spricht viel dafür, dass dann die Energiesteuer gemäß § 38 EnergieStG entstehen kann. Denn Wasserstoff vermischt sich bei der Einspeisung in das Erdgasnetz mit den anderen darin befindlichen Gasen. Aufgrund des überwiegenden Erdgasanteils im Erdgasnetz wird gegenwärtig davon ausgegangen, dass das Gas, welches an anderer Stelle wieder entnommen wird, Erdgas darstellt. Im Einzelfall kommt allerdings eine Steuerentlastung nach § 47 Abs. 1 Nr. 3 i.V.m. 25 EnergieStG in Betracht. Da nach der bisherigen Auffassung eine Verwendung als Kraftstoff nur vorliegt, wenn eine Verbrennung erfolgt, stellt Wasserstoff oder das aus dem Erdgasnetz entnommene Gas keinen Kraftstoff dar, wenn es im Anschluss in einer Brennstoffzelle eingesetzt wird. Für den Transport des Wasserstoffs über Fahrzeuge (z. B. LKW) fällt keine Energiesteuer an.

Wasserstoffnutzung

Für die Nutzung des Wasserstoffs sind verschiedene Möglichkeiten denkbar. Soll der Wasserstoff zum Beispiel rückverstromt und der Strom wieder in das Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist werden, kann nach § 61l EEG 2021 je nach Einzelfall jedenfalls die EEG-Umlagezahlungspflicht bei

[59] *Stappert/Vallone/Groß*, RdE 2015, 62 (65); andere Ansicht: *Sailer*, ZNER 2012, 153 (156); *Thomas*, ZNER 2011, 608 (613); *Thomas/Altrock*, ZUR 2013, 579 (582).
[60] *BGH*, Beschluss vom 20.06.2017, EnVR 24/16, Leitsatz; nach der Literatur soll sich die Netzentgeltbefreiung gemäß § 118 Abs. 6 Satz 1 EnWG auch auf die weiteren Kostenpositionen Konzessionsabgabe, KWK-Umlage, § 19 Abs. 2 StromNEV-Umlage, Offshore-Umlage und AbLaV-Umlage erstrecken. Dies wird – kurz zusammengefasst – damit begründet, dass diese weiteren Kosten systematisch als Bestandteil der Netzentgelte anzusehen seien. Weiterführend hierzu u. a. *Rodi*, Behandlung von Stromspeicher im Stromsteuer- und Energiewirtschaftsrecht – rechtliche und ökonomische Untersuchung mit Reformvorschlägen.
[61] *Möhlenkamp*, in: Möhlenkamp/Milweski, § 9a StromStG, unter Bezugnahme auf die Zusammenfassung einer Dienstbesprechung der OFD Karlsruhe – Zoll- und Verbrauchssteuerabteilung – Energiesteuern mit Vertretern des BMF Referat III A 1 und Teilnehmern aus den Bezirken aller Oberfinanzdirektionen zu § 51 EnergieStG und § 9a StromStG vom 20. bis 23.11.2006.

der Ausspeicherung entfallen. Denn diese Norm soll verhindern, dass eine doppelte Belastung mit der EEG-Umlage bei Ein- und Ausspeicherung besteht.

Auch beim Einsatz von Wasserstoff in einer Brennstoffzelle wird grundsätzlich wieder Strom erzeugt und zum Antrieb der Verbrauchseinrichtung (z. B. Fahrzeug) verbraucht. Auch für diesen Vorgang kann daher grundsätzlich die EEG-Umlagepflicht entstehen. Es spricht jedoch viel dafür, dass hierfür eine vollständige Befreiung nach § 61a Nr. 2 EEG 2017 bzw. EEG 2021 greift, da das Fahrzeug insoweit als „Inselanlage“ angesehen werden kann.

Energiesteuer für die Nutzung von Wasserstoff in einer Brennstoffzelle fällt darüber hinaus nicht an. Hintergrund dafür ist, dass Wasserstoff, wenn er in einer Brennstoffzelle eingesetzt wird, nach der bisherigen Auffassung des BMF kein Energieerzeugnis im Sinne des Energiesteuergesetzes darstellt. Zunächst fällt Wasserstoff (Pos. 2804 der KN) nicht unter den Katalog des § 1 Abs. 2 EnergieStG. Mangels Verbrennung stellt Wasserstoff auch keinen Kraftstoff i. S. d. § 1 Abs. 3 S. 1 Nr. 1 EnergieStG dar.[62]

Soll der Wasserstoff auf die Treibhausgasminderungsquote angerechnet werden, müssen darüber hinaus die Anrechnungsvoraussetzungen und Nachweisanforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und der entsprechenden Verordnungen beachtet werden (s. o.). Wie bereits dargelegt, sind die Anforderungen an die Produktion von grünem Wasserstoff nach dem delegierten Rechtsakt zu Art. 27 RED II einerseits und der für die EEG-Umlage relevanten EEV andererseits noch nicht einheitlich, sodass grüner Wasserstoff (bisher) noch unterschiedlichen Qualitätsanforderungen unterliegen kann.

[62] *Bundesministerium der Finanzen*, „Dienstvorschrift zur energiesteuerrechtlichen Behandlung von Energieerzeugungsanlagen nach den §§ 2,3 und 53 Energiesteuergesetz“.

3. DIE H2-POTENZIALE DER EMSCHER-LIPPE-REGION

Die Analyse der Wasserstoffpotenziale bis zum Jahr 2030 ermöglicht es, eine erste Einschätzung für die Größenordnungen des zukünftigen Wasserstoffumsatzes in unserer Region zu erlangen. Die Potenzialanalyse stellt die theoretischen Potenziale unserer Region dar und hat daher keinen Anspruch an technische oder wirtschaftliche Machbarkeit. Um ein differenziertes Bild zu erhalten, werden die Potenziale für die drei Gebietskörperschaften Kreis Recklinghausen, die Stadt Gelsenkirchen und die Stadt Bottrop gesondert ausgewiesen (vgl. Abbildung 21).

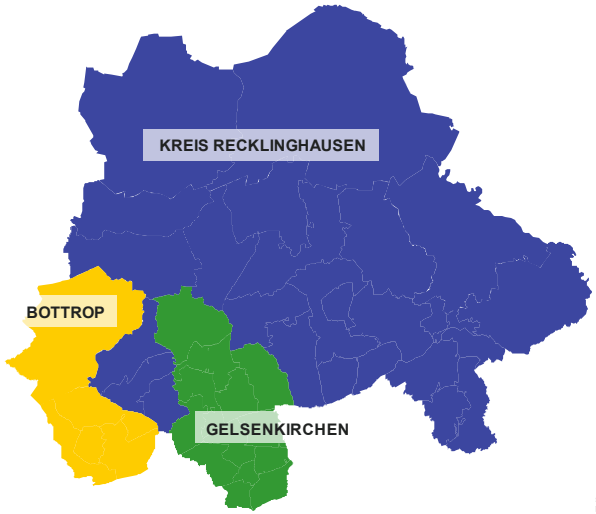


Abbildung 21: Aufteilung der Emscher-Lippe-Region für die Potenzialanalyse

Dafür werden zunächst die Potenziale ermittelt, die bis 2030 im Verkehrssektor anfallen. Anschließend werden die Potenziale für die Erzeugung von Wasserstoff bestimmt und mit den Bedarfspotenzialen verglichen. Am Ende des Kapitels werden aus den Ergebnissen Ableitungen für die Verteilung innerhalb der Region getroffen.

3.1 POTENZIAL FÜR WASSERSTOFFBEDARF IM VERKEHRSSEKTOR

Um die Bedarfspotenziale im Verkehrssektor zu ermitteln, werden zwei Szenarien erstellt: Das Szenario „Klimaziele“ beschreibt die zu erwartenden Anteile an emissionsfreien Fahrzeugen und damit den Wasserstoffbedarf, der anfällt, wenn die Klimaziele[63] erreicht werden sollen. Hierfür werden die Wasserstoffbedarfe aus wissenschaftlichen Studien abgeleitet, in denen eine Reduzierung der CO_2-Emissionen auf mindestens 95 Prozent bis 2050 vorausgesetzt wird. Als Referenz wird das TM-95-Szenario[64] der dena-Leitstudie herangezogen. Über die Anteile der Region an den deutschen Neuzulassungen[65] wird die Anzahl von Brennstoffzellenfahrzeugen in unserer Region bestimmt. Mithilfe der durchschnittlichen Fahrleistungen[66] je Fahrzeugklasse werden dann die Wasserstoffbedarfspotenziale abgeleitet.

Das Szenario „Regulatorik“ greift die Mindestanforderungen auf, die durch regulatorische Vorgaben an Fahrzeughersteller oder Flottenbetreiber gestellt werden.[67] Für den Verkehrssektor sind zwei Regularien maßgeblich: Einerseits die Verordnungen zur Festlegung von CO_2-Emissionsnormen der Kraftfahrzeuge, die durch die Fahrzeughersteller erfüllt werden müssen (vgl. *EXKURS: Der regulatorische Rahmen*). Die entsprechenden Vorgaben sind

[63] Mittlerweile ist das nationale Zieljahr zum Erreichen der Treibhausgasneutralität auf 2045 angepasst worden. Hierzu lagen zum Zeitpunkt der Durchführung der Potenzialanalyse jedoch keine aktualisierten Untersuchungen vor. Studien sind sich jedoch einig, dass ein höheres Ambitionsniveau mit einem steigenden Wasserstoffbedarf einhergeht. Das gilt voraussichtlich entsprechend für die hier dargestellten Bedarfspotenziale.

[64] Das EL95-Szenario (Elektrifizierung) beschreibt ebenfalls einen Pfad, der zur Reduktion der Treibhausgasemissionen um 95 Prozent führt. Für die folgenden Analysen im Verkehrssektor wird lediglich das TM95-Szenario (Technologiemix) herangezogen.

[65] Basis sind Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes.

[66] Fahrleistungserhebung Bundesanstalt für Straßenwesen.

[67] Zum Zeitpunkt der Durchführung der Potenzialanalyse war das Ziel der Treibhausgasqualität bis 2045 noch nicht formuliert.

in Abbildung 19 einzusehen. Für Flotten und Auftragsvergaben der öffentlichen Hand greift andererseits das Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz (SaubFahrzeugBeschG) als Umsetzung der europäischen Clean Vehicles Directive. Darin sind für die Zeiträume 2021 bis 2025 und 2026 bis 2030 Quoten für den Anteil an emissionsarmen [68] und emissionsfreien [69] Fahrzeugen bei Neubeschaffungen festgelegt (vgl. Abbildung 22). Die beiden Regularien formulieren keine spezifischen Quoten für Brennstoffzellenfahrzeuge. Auf Basis der in Kapitel 2 formulierten Vorteile von Brennstoffzellenfahrzeugen in bestimmten Anwendungen ist jedoch davon auszugehen, dass ein gewisser Anteil der emissionsfrei betriebenen Fahrzeuge mit einer Brennstoffzelle ausgerüstet sein wird. Für die Potenzialanalyse werden je Fahrzeugklasse spezifische Annahmen bzgl. des Anteils an Brennstoffzellenfahrzeugen getroffen (siehe Anlage).

	Beschaffungsquote für „saubere Fahrzeuge“****	
	02.08.2021 – 21.12.2025	01.01.2026 – 31.12.2030
PKW	38,5 %	
LNF*	38,5 %	
LKW**	10 %	15 %
Busse	45 %****	65 %****

* LNF (Leichte Nutzfahrzeuge: < 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht)

** LKW (Schwere Nutzfahrzeuge: > 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht)

*** Für PKW & LNF: bis 2026: 50 g $_{CO2}$/km; ab 2026: 0 g $_{CO2}$/km
Für LKW & Busse: Nutzung alternativer Kraftstoffe (Strom, Wasserstoff, Biokraftstoffe, synthetische und paraffinhaltige Kraftstoffe oder Gas [CNG, LNG, LPG, Biomethan]).

**** 50 % der sauberen Busse muss durch die Beschaffung emissionsfreier Busse erfüllt werden.

Abbildung 22: Beschaffungsquoten aus dem SaubFahrzeugBeschG[70]

Die ermittelten Wasserstoffbedarfe der beiden Szenarien zeigen einen deutlichen Unterschied. Die Gesamtpotenziale im Szenario „Klimaziele“ (3.261 t_{H2}/a) übersteigen die Gesamtpotenziale im Szenario „Regulatorik“ (1.300 t_{H2}/a) um mehr als das Doppelte. Ein Anteil von ca. 60 Prozent der Bedarfspotenziale entfällt in beiden Szenarien insgesamt auf den Kreis Recklinghausen. Dies folgt daraus, dass dort die meisten Fahrzeuge zugelassen sind bzw. die meisten Fahrzeuge jährlich zugelassen werden. Der Anteil in Gelsenkirchen liegt bei etwas mehr als einem Viertel, in Bottrop bei ca. 12 Prozent. Diese Verteilung lässt sich auf alle Fahrzeugklassen übertragen. Auffällig sind die hohen Bedarfspotenziale der PKW im Szenario „Klimaziele“. Dies liegt in den Annahmen der dena-Leitstudie begründet, die hohe Bestände an Brennstoffzellen-PKW für 2030 annimmt.

Die gegenwärtigen Marktentwicklungen in der Mobilität zeigen, dass vor allem mittelschwere bis schwere Fahrzeuge (LNF, SNF I, SNF II, Busse) mit Brennstoffzellen ausgerüstet werden. In deren Anwendungsbereichen, bspw. bei hohen Tagesfahrleistungen und hoher Transportlast, kann die Brennstoffzelle ihre Vorteile ausspielen. Die Verteilung im Szenario „Regulatorik“ spiegelt diese Entwicklungen des Marktes wider.

[68] Nutzung alternativer Kraftstoffe wie Strom, Wasserstoff, Biokraftstoffe, synthetische und paraffinhaltige Kraftstoffe oder Gas (CNG, LNG, LPG, Biomethan).
[69] Ausstoß weniger als 1 g CO_2/kWh (z. B. batterieelektrische oder Brennstoffzellen-Antriebe).

[70] https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2021/0001-0100/66-21.pdf;jsessionid=2BCA8F7A039016DA29A6D912C54176D9.2_cid365?__blob=publicationFile&v=1

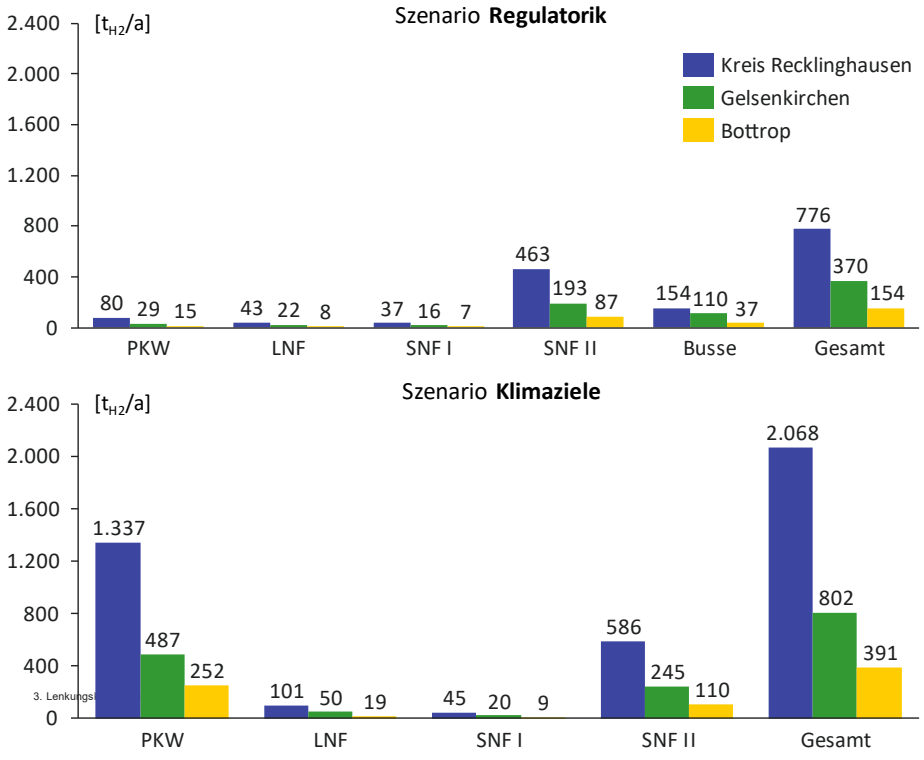


Abbildung 23: Wasserstoffbedarfe im Verkehrssektor im Jahr 2030[71,72,73,74]

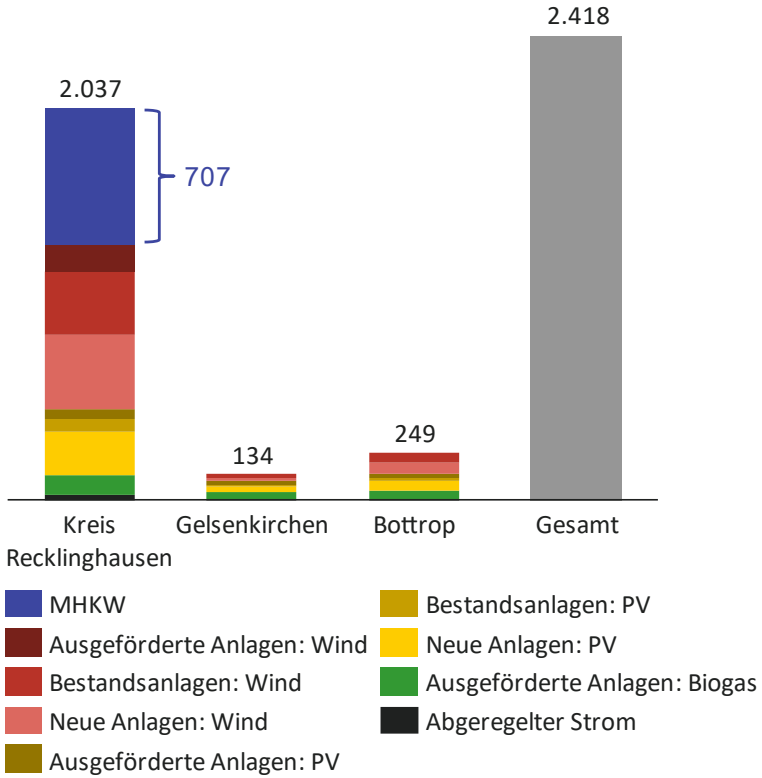


Abbildung 24: Wasserstofferzeugungspotenziale der Emscher-Lippe-Region im Jahr 2030 [t_{H2}/a][75]

3.2 POTENZIAL FÜR WASSERSTOFFERZEUGUNG

Die Potenziale für die Wasserstofferzeugung in unserer Region sind in Abbildung 24 dargestellt.

Insgesamt betragen die theoretischen Erzeugungspotenziale der Region 2.418 t_{H2}/a im Jahr 2030. Davon entfällt der Großteil von 84 Prozent auf den Kreis Recklinghausen. Werden die Potenziale aus Müllheizkraftanlagen (MHKW) herausgerechnet, liegen die Potenziale des Kreises Recklinghausen

[71] LNF = leichte Nutzfahrzeuge [< 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht (zGG)].
[72] SNF = schwere Nutzfahrzeuge [SNF I: 3,5 – 12 Tonnen zGG; SNF II: > 12 Tonnen zGG].
[73] Busse werden in der dena-Leitstudie nicht gesondert ausgewiesen. Legt man das Fahrzeuggewicht zugrunde, fallen sie in die Kategorie SNF II.

[74] Busse werden hier nicht gesondert nach Betrieb durch kommunale und privatwirtschaftliche Unternehmen unterschieden.
[75] Für ausgeförderte Windkraftanlagen wird für diese Übersicht eine Restlaufzeit von fünf Jahren angenommen.

bei 1.330 t_{H2}/a, was einem Anteil von 77 Prozent an der gesamten Emscher-Lippe-Region entspricht. Das hängt vor allem mit der Größe bzw. der ländlichen Struktur des Kreises Recklinghausen zusammen, die sich für die Installation von Windkraftanlagen und PV-Freiflächenanlagen eignet. Die Städte Bottrop und Gelsenkirchen sind dagegen von städtischer Struktur geprägt und das Platzangebot für EE-Anlagen ist gering.

Das größte Potenzial für die Erzeugung von Wasserstoff hat die Wasserelektrolyse mit erneuerbarem Strom. Ein großer Anteil davon entfällt auf das Heizkraftwerk Recklinghausen und das Müllheizkraftwerk der AGR. In der Potenzialanalyse wird angenommen, dass 50 Prozent des eingesetzten Abfalls im MHKW der AGR biogenen Ursprungs ist und der entsprechende Anteil des Stroms damit erneuerbar ist. Ein Anteil dieses erneuerbaren Stroms von 20 Prozent wird für die Erzeugungspotenziale herangezogen (somit insgesamt 10 Prozent des erzeugten Stroms). Für das Heizkraftwerk (HKW) Recklinghausen fließt ebenfalls ein Anteil des erzeugten Stroms von 10 Prozent in die Ermittlung der Erzeugungspotenziale. Während die AGR bereits in der Umsetzung für die Errichtung eines Elektrolyseurs ist, bietet auch das HKW Potenzial für eine zukünftige Wasserstofferzeugung, da für die Anlage 2026 der Zahlungsanspruch nach dem EEG[76] endet und deshalb neue Betriebskonzepte vonnöten sind. Das Projekt findet sich auch in Kapitel 4 (als Steckbrief) und 5 wieder.

Großes Potenzial in unserer Region haben Windkraftanlagen. So verfügt der Kreis Recklinghausen über relevante Stromerzeugungskapazitäten aus Wind, die für die Produktion von Wasserstoff eingesetzt werden können. Der Norden der Stadt Bottrop bietet Flächenpotenzial für die Installation weiterer Windkraftanlagen. Ausgeförderte Anlagen sind die Windkraftanlagen, die bis 2030 sukzessive aus dem 20-jährigen Zahlungsanspruch nach dem EEG fallen. Diese Anlagen weisen begrenzte und vor allem unsichere Restlaufzeiten auf.

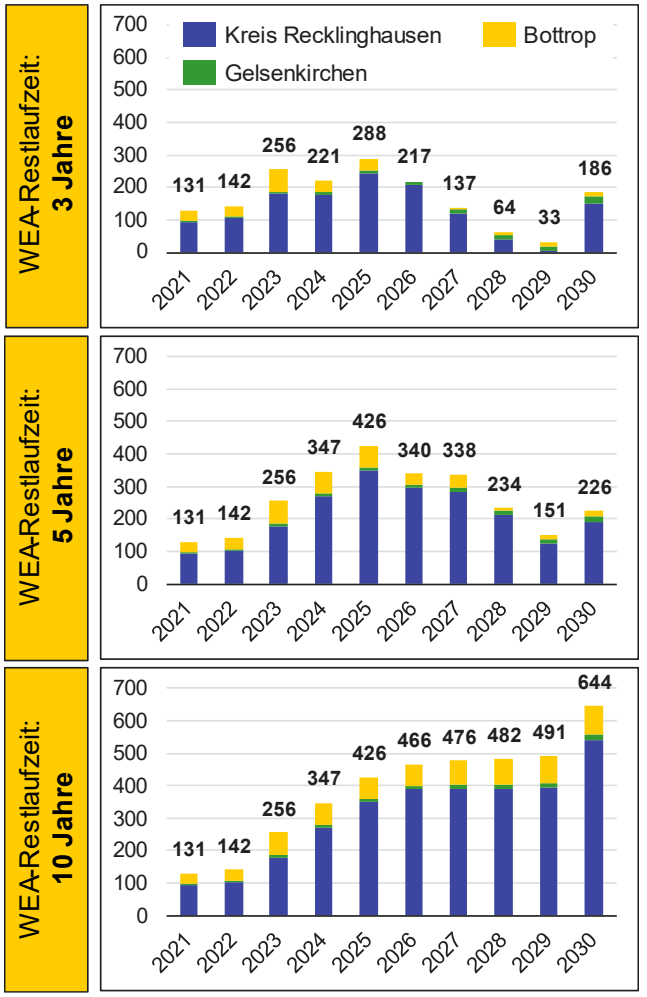


Abbildung 25: Wasserstofferzeugungspotenziale ausgeförderter Windkraftanlagen in Abhängigkeit von der Restlaufzeit der Anlagen von 2021 bis 2030 [t_{H2}/a]

[76] Erneuerbare-Energien-Gesetz.

Variiert die Restlaufzeit der ausgeförderten Windkraftanlagen beispielsweise zwischen drei und zehn Jahren, so resultiert das in Erzeugungspotenzialen[77] zwischen 103 t_{H2}/a und 561 t_{H2}/a im Jahr 2030 (vgl. Abbildung 25).

Der Weiterbetrieb ausgeförderter Anlagen leistet dann einen Beitrag zur Energiewende, wenn diese nicht ersatzlos abgebaut werden müssen, sondern wirtschaftliche Modelle für den Weiterbetrieb identifiziert werden können. Weitere Wasserstofferzeugungspotenziale ergeben sich aus bestehenden [78] und neu zu errichtenden [79] Windkraftanlagen. Für die Potenzialanalyse wird ein Anteil von 10 Prozent des Stroms aus bestehenden Anlagen und ein Anteil von 20 Prozent des Stroms aus neu zu errichtenden Anlagen für die Wasserstofferzeugung angenommen. Die resultierenden Potenziale betragen im Jahr 2030 402 bzw. 464 t_{H2}/a.

Vergleichsweise geringe Wasserstoffpotenziale entfallen in allen drei Regionen auf PV-Anlagen. In der Potenzialanalyse werden nur PV-Anlagen berücksichtigt, die eine Leistung von mehr als 100 Kilowatt$_{Peak}$ (kW_P) aufweisen. Ausgeförderte PV-Anlagen weisen laut Experten durchaus Restlaufzeiten von über zehn Jahren auf, die Wasserstofferzeugungspotenziale liegen insgesamt aber nur bei 82 t_{H2}/a im Jahr 2030 (Kreis Recklinghausen: 47, Gelsenkirchen: 20, Bottrop: 16). Grund hierfür ist, dass bis 2030 nur 28 PV-Anlagen mit einer Leistung von etwas weniger als 7 Megawatt$_{Peak}$ (MW_P) aus der EEG-Förderung fallen. Bestehende PV-Anlagen bieten im Jahr 2030 Wasserstoffpotenziale von 96 t_{H2}/a (Kreis Recklinghausen: 64, Gelsenkirchen: 8, Bottrop:16).[80] Bis 2030 neu errichtete PV-Anlagen, die über die im EEG festgeschriebenen Ausbauziele ermittelt werden, weisen im Jahr 2030 Erzeugungspotenziale von 312 t_{H2}/a auf (Kreis Recklinghausen: 229, Gelsenkirchen: 29, Bottrop: 54).[81]

In unserer Region fallen bis 2030 17 Biogasanlagen mit einer Leistung von insgesamt 5 MW_P aus der Förderung nach dem EEG. Aus Biogas kann, nach entsprechender Aufbereitung, über die Dampfreformierung Wasserstoff gewonnen werden. Es ergeben sich die in Abbildung 26 dargestellten jährlichen Wasserstofferzeugungspotenziale bis 2030. Da eine Anschlussförderung für Biogasanlagen mit hohen finanziellen Investitionen in technische Erweiterungen verbunden ist, nehmen diese voraussichtlich nur wenige Betreiber in Anspruch. Dadurch kann die Wasserstoffproduktion eine attraktive Alternative sein.

[77] Für die Potenzialanalyse wird ein Anteil von 50 Prozent für die Wasserstoffproduktion berücksichtigt. Die Anlagen werden teilweise abgebaut oder, im besseren Falle, durch ein Repowering erneuert, um wieder Zahlungen nach dem EEG in Anspruch zu nehmen.
[78] Anlagen, die nach dem 01.01.2010 errichtet worden sind.
[79] Anlagen, die aufgrund der deutschen Ausbauziele anteilig im Kreis Recklinghausen, Gelsenkirchen und Bottrop bis 2030 errichtet werden.
[80] Bestehende PV-Anlagen: Ein Anteil von 10 Prozent wird für die Nutzung zur Wasserstofferzeugung angenommen.
[81] Neu errichtete PV-Anlagen: Ein Anteil von 10 Prozent wird für die Nutzung zur Wasserstofferzeugung angenommen.

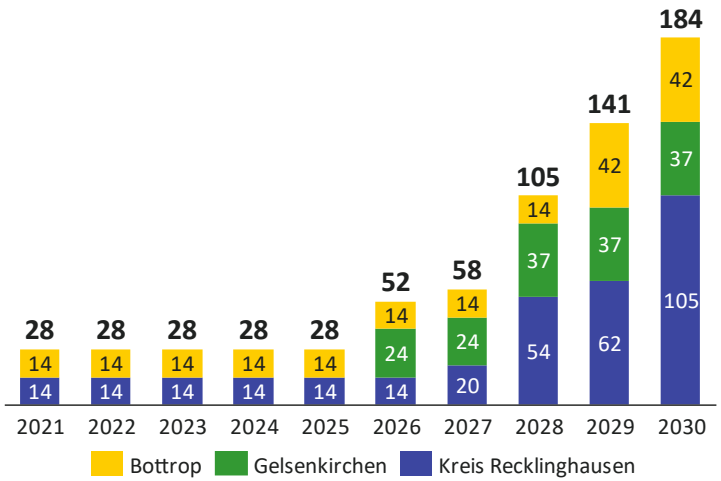


Abbildung 26: Wasserstofferzeugungspotenzial aus ausgeförderten Biogasanlagen [t_{H2}/a]

Die Nutzung von bestehenden oder in Zukunft errichteten Biogasanlagen erscheint kurz- bis mittelfristig unwahrscheinlich, da die Betreiber über EEG-Ausschreibungen hohe Vergütungssätze für die Stromeinspeisung erzielen können.

Exkurs: Wasserstoffgewinnung aus Grubengas

Eine Besonderheit unserer Region, als Teil des Ruhrgebiets, ist das hohe Aufkommen an Grubengas, das beim Abbau von Steinkohle freigesetzt wird. Auch in stillgelegten Zechen ist ein Restgasgehalt vorhanden. Grubengas ist ein Gasgemisch aus den Hauptbestandteilen Methan (CH_4), Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Stickstoff (N). Die Gaszusammensetzung schwankt sehr stark und der Methan-Anteil variiert zwischen 25 und 80 Prozent.[82,83] Es wird davon ausgegangen, dass in Deutschland durch die Freisetzung in Zechen bis 2035 1,57 Mrd. m^3 Methan in die Atmosphäre entweichen können.[84] Grubengas wird heutzutage abgesaugt und u. a. in Blockheizkraftwerken zur Erzeugung von Strom und Wärme eingesetzt.[85] Durch die Verbrennung wird das Methan zum großen Teil in CO_2 umgewandelt, wodurch sich die Klimaschädigung um den Faktor 21 im Gegensatz zum Entweichen in die Luft verringert.[86] Aufgrund dieser Verringerung der klimaschädlichen Wirkung des Gases wird die energetische Verwertung durch das EEG finanziell gefördert. In unserer Region fallen bis 2030 ca. 58 MW an elektrischer Leistung aus Grubengas aus der Förderung durch das EEG. Dieses Potenzial wäre theoretisch auch für die Wasserstoffproduktion nutzbar, wird in die Potenzialanalyse jedoch für diese Umsetzungsstudie nicht mitaufgenommen. Die Potenziale aus Grubengas sind nur für eine begrenzte Zeit verfügbar und aufgrund der schwankenden Gaszusammensetzung ist eine Dimensionierung der Anlagen für einen wirtschaftlichen Betrieb schwer realisierbar.[86] Zudem ist eine Nutzung des Wasserstoffs im Verkehr näher zu untersuchen.

3.3 GEGENÜBERSTELLUNG VON BEDARF UND NACHFRAGE

Die Gegenüberstellung der Erzeugungspotenziale und der Bedarfspotenziale fällt in Abhängigkeit der beiden Szenarien für die Wasserstoffpotenziale im Verkehr unterschiedlich aus (vgl. Abbildung 27).

Im Szenario „Regulatorik“ übersteigen die Erzeugungspotenziale unserer Region die Bedarfspotenziale im Verkehr um 32 Prozent. Zieht man zusätzlich die Potenziale der beiden Heizkraftwerke hinzu, übersteigen die

[82] Weitere Spurenstoffe: Ethan, Wassersoff, Helium und teilweise Schwefelwasserstoffe sowie Kohlensäure.
[83] https://www.bhkw-infozentrum.de/req/grubengas_entstehung.html
[84] https://www.wirtschaft.nrw/grubengas
[85] Ende 2019 waren in Deutschland 106 BHKW-Module mit einer elektrischen Leistung von 167 MW in Betrieb (https://www.wirtschaft.nrw/grubengas).
[86] Deutschland: Elektrizität aus Grubengas. Firstclimate. https://www.firstclimate.com/wp-content/uploads/2017/05/22-10-004_Grubengas_Deutschland_DE_VCS_Jan2017-1.pdf

Erzeugungs- die Bedarfspotenziale um fast das Doppelte. Innerhalb der einzelnen Regionen ist das Bild ähnlich. Lediglich im Stadtgebiet Gelsenkirchen sind die Erzeugungspotenziale zu gering, um die potenziellen Wasserstoffbedarfe des Verkehrssektors im Jahr 2030 zu decken. Über Importe innerhalb der regionalen Wasserstoffwirtschaft kann in dem Fall der Ausgleich der Unterschiede von Erzeugung und Bedarf erfolgen.

Anders ist die Situation im Szenario „Klimaziele“. Hier kommt es nur zu einer Unterdeckung der Bedarfspotenziale. Keine der drei Regionen kann die Bedarfspotenziale decken.

Vor dem Hintergrund der von der Bundesregierung veröffentlichten Nationalen Wasserstoffstrategie ist die Unterdeckung allerdings keine Überraschung. Deutschland erwartet für 2030 eine Deckung der Nachfrage durch inländische Produktion von ca. 15 Prozent (die übrigen 85 Prozent werden über Importe gedeckt). Übertragen auf unsere Region bedeutet diese Prognose, dass unsere Erzeugungspotenziale hervorragende Chancen bieten, große Teile der Wasserstoffnachfrage des Verkehrs durch Eigenproduktion zu decken. Daneben bedeutet auch der zukünftige Anschluss an GETH2 (vgl. Kapitel 1) eine zusätzliche Versorgungssicherheit.

Abbildung 27: Gegenüberstellung der Wasserstofferzeugungs- und Nachfragepotenziale in den Szenarien „Regulatorik" und „Klimaziele“ im Jahr 2030 [t_{H2}/a]

3.4 ABLEITUNGEN FÜR DIE VERTEILUNG VON WASSERSTOFF IN DER EMSCHER-LIPPE-REGION

Aus den Potenzialen der Wasserstoffnachfrage lassen sich erste Erkenntnisse für die Verteilung von Wasserstoff bis 2030 ableiten. In

Abhängigkeit von der Größe der Tankstellen, die bezüglich des maximalen Durchsatzes pro Tag variieren, und den Bedarfspotenzialen je Szenario ergeben sich unterschiedliche Tankstellenbedarfe. Zur Einordnung: Die Tankstelle der H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG in Herten hat zurzeit einen jährlichen Durchsatz von 100 bis 120 Tonnen Wasserstoff[87]. Im Szenario „Regulatorik“ werden für unsere Region zwischen 3 und 42 Tankstellen benötigt, im Szenario „Klimaziele“ zwischen 9 und 112 (vgl. Abbildung 28).[88]

		Tankstellenvariante			
		Sehr klein **XS**	Klein **S**	Mittelgroß **M**	Groß **L**
Zapfpunkte		1	1	2	4
Max. Durchsatz	**Pro Tag:**	80 kg	212 kg	420 kg	1.000 kg
	Pro Jahr:	29.200 kg	77.380 kg	153.300 kg	365.000 kg
Bedarf an H_2-Tankstellen	**Szenario Regulatorik:**	**42**	**16**	**8**	**3**
	Szenario Klimaziele:	**112**	**42**	**22**	**9**

Abbildung 28: Theoretischer Wasserstoff-Tankstellenbedarf abgeleitet aus den Bedarfspotenzialen[89]

[87] Aussage H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG.
[88] Die optimale Anzahl kombiniert mit optimaler Verteilung in der Region wird nicht berücksichtigt.
[89] Klassendefinition: Shell Wasserstoff-Studie: Energie der Zukunft? Nachhaltige Mobilität durch Brennstoffzelle und H_2. Wuppertal Institut. 2017.

4. DIE PROJEKTE IN DER EMSCHER-LIPPE-REGION

In der Emscher-Lippe-Region gibt es zahlreiche Akteure, die sich bereits heute mit Projekten zum Thema Wasserstoff in die Umsetzung begeben oder dies zukünftig anstreben. Die Roadmap für die Wasserstoffregion Emscher-Lippe skizziert bereits ein Maßnahmenportfolio zu den Handlungsfeldern Industrie, Mobilität, Quartiere, Forschung und Qualifizierung. Im Rahmen von HyExperts wurden explizit weitere Projekte im Bereich der Wasserstoffmobilität betrachtet. Hierzu wurde auf Teile der bestehenden Akteursstruktur der Wasserstoffkoordination oder des h2-netzwerk-ruhr e. V. zurückgegriffen, um Projekte zu identifizieren und neue Ideen anzustoßen. Neben der Identifikation und Verknüpfung von (potenziellen) Wasserstoffprojekten in Erzeugung, Verteilung und Nutzung in allen Facetten der Mobilität (ÖPNV, Entsorgung, Logistik, Individualverkehr) wurden weitere Möglichkeiten zur Stärkung der regionalen Wertschöpfung beleuchtet. Hier wurden wasserstoffbezogene Projekte von Komponentenherstellern und Dienstleistern identifiziert. Des Weiteren wurden mit verschiedenen Akteuren Aus- und Weiterbildungskonzepte zur Qualifizierung von Fachkräften für die Wasserstoffmobilität betrachtet.

4.1 IDENTIFIZIERUNG VON AKTEUREN UND PROJEKTEN

Um vorhandene sowie neue Akteure zu identifizieren und eine breite Grundlage für die Entwicklung eines Regionskonzepts zu schaffen, wurde eine Online-Umfrage durchgeführt. Die Zahl von insgesamt 66 Unternehmen und Organisationen, die sich an dieser Umfrage beteiligten, spiegelt das hohe Interesse am Thema Wasserstoff in unserer Region wider.

Aufbauend auf den Rückmeldungen der Online-Umfrage wurden mit den Akteuren bilaterale Gespräche geführt, um Details zu klären, die Projekte einzuordnen und gegebenenfalls weiterentwickeln zu können. In Ergänzung wurden über die vorhandene Akteursstruktur weitere Akteure eingebunden, die für die Entwicklung der Wasserstoffmobilität in der Region als relevant eingestuft wurden. So konnten in Summe 65 Projekte von 56 Akteuren identifiziert werden.

Wesentliche Erkenntnisse aus der Online-Umfrage

1. Es besteht ein hoher Informationsbedarf zum Thema

Die Rückmeldungen aus der Online-Umfrage zeigen unter anderem, dass ein deutlicher Bedarf an Informations- und Wissensvermittlung vorhanden ist: 61 Prozent der an der Umfrage beteiligten Akteure sahen sich rund um das Thema H_2-Technik „sehr gering“ bis „mäßig“ informiert. Bei Thema Wirtschaftlichkeit und Regulatorik sahen sich gar 72 Prozent „sehr gering“ bis „mäßig“ informiert. Gleichzeitig gaben 39 Prozent der Akteure an, ein Wasserstoffprojekt in der Emscher-Lippe-Region zu planen oder schon umzusetzen (vgl. Abbildung 29). Von den Akteuren, die ein Projekt planen, gaben 37 Prozent an, „sehr gering“ bis „mäßig“ über das Thema H_2-Technik informiert zu sein. 59 Prozent gaben an, „sehr gering“ bis „mäßig“ über das Thema H_2-Wirtschaftlichkeit/-Regulatorik informiert zu sein.

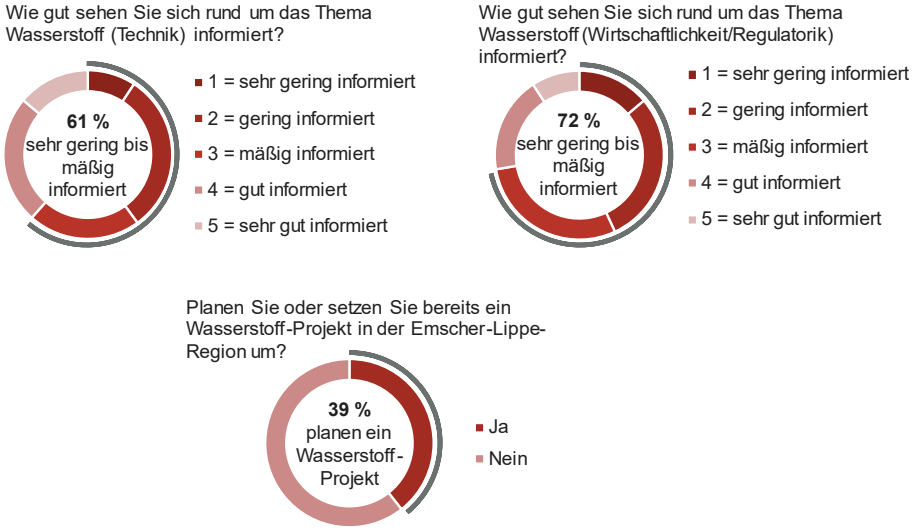


Abbildung 29: Ergebnisse aus der Online-Umfrage

2. Bei Komponentenherstellung, Beratung und Qualifizierung gibt es bereits eine fundierte Expertise

Rund 30 Prozent der Akteure, die sich an der Umfrage beteiligten, hatten bereits praktische Erfahrungen mit Wasserstoff sammeln können. Bemerkenswert hierbei ist, dass die Akteure in den Bereichen Komponentenherstellung, Beratung und Qualifizierung bereits zu 65 Prozent praktische Erfahrungen vorweisen konnten. Dies zeigt, dass unsere Region bei der (Weiter-)Entwicklung von Wasserstofftechnologien und -projekten auf ein breites Fachwissen und einen fundierten Erfahrungsschatz zugreifen kann.

4.2 STRUKTURIERUNG DER PROJEKTE

Die in der Region identifizierten Projekte decken den gesamten Bereich der Wasserstoffwertschöpfungskette ab. Je nach Art der Wertschöpfung wurden die Projekte einer der in Abbildung 30 dargestellten fünf Kategorien zugeordnet:

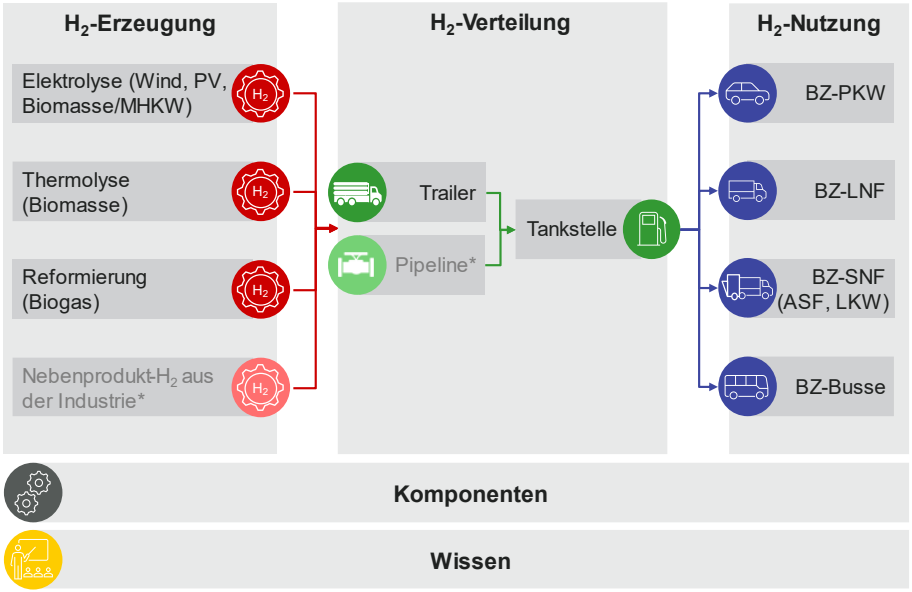


Abbildung 30: Projektkategorien und Beispiele in der HyExperts-Region Emscher-Lippe

- **Erzeugung:** Für die Erzeugung von Wasserstoff werden in der Region verschiedene Technologien zum Einsatz kommen, die in Kapitel 2.2 beschrieben wurden. Vorrangiges Konzept ist die Wasserelektrolyse mit Strom aus Erneuerbare-Energie-Anlagen. Neben Photovoltaik und Windenergie wird insbesondere die Nutzung von Strom aus Müllheizkraftwerken (MHKW) oder Biomasseheizkraftwerken (BMHKW) umgesetzt. In einem thermischen Verfahren soll Wasserstoff zudem direkt aus Biomasse hergestellt werden. Ein weiteres Projekt erzeugt Wasserstoff über Dampfreformierung aus Biogas. Zudem bieten lokale Industriestandorte die Möglichkeit, Nebenproduk-Wasserstoff aus

den dortigen Prozessen aufzubereiten und für die Mobilität bereitzustellen. Perspektivisch kann Wasserstoff bei Unterdeckung auch über Importe in die Region gelangen – hierzu bietet sich die Nutzung der existierenden Wasserstoffpipeline an.

- **Verteilung:** Kurz- und mittelfristig wird die Distribution von Wasserstoff in der Region vorrangig über Trailer erfolgen. In einzelnen Projekten wird dennoch die Nutzung einer Pipeline untersucht. Diese Demonstrationsprojekte sollen die Basis für einen langfristig effizienten Transport großer Mengen an Wasserstoff legen. Anknüpfungspunkte können dabei die geplante Pipeline aus dem Projekt GETH2[8] oder die bestehende Pipeline [90] der AirLiquide Deutschland GmbH sein. Die Bereitstellung des Wasserstoffs für den Verkehrssektor erfolgt über mehrere Tankstellenprojekte, die die vorhandene Tankstelle in Herten ergänzen und den Nutzern eine möglichst flächendeckende Infrastruktur bieten sollen.
- **Nutzung:** Der Einsatz von Wasserstoff in der Mobilität soll in allen verfügbaren Fahrzeugklassen erprobt werden. Mehrere kommunale ÖPNV- und Entsorgungsbetriebe werden kurzfristig Busse und Abfallsammelfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb in ihre Flotten integrieren. Zudem haben sich private Unternehmen die Erprobung von Brennstoffzellen-LKW als Ziel gesetzt. Einige Unternehmen planen zudem die Beschaffung und den Einsatz von Brennstoffzellen-PKW und leichten Nutzfahrzeugen. Aktuell sind in unserer Region bereits 20 Brennstoffzellen-PKW zugelassen, die zusammen schon eine Laufleistung von ca. 500.000 km erbracht haben.
- **Komponentenherstellung:** Neben dem Unternehmen Cummins Inc., das ab diesem Jahr in Herten Brennstoffzellensysteme für Züge und Nutzfahrzeuge produzieren wird, planen weitere Komponenten-hersteller, im Bereich Wasserstoff Kapazitäten auf- und Expertise auszubauen.
- **Wissen:** Die zahlreichen Projekte in der Kategorie Wissen spiegeln das ausgeprägte Know-how unserer Region wider. Über Aus- und Fortbildungsmaßnahmen soll dieses Know-how multipliziert und die Region als Talentschmiede für Wasserstoff-Fachkräfte etabliert werden.

Die Aufteilung der insgesamt 65 identifizierten Projekte auf die Kategorien ist in Abbildung 31 dargestellt. Mit 23 Projekten (35 Prozent) nimmt die Nutzung dabei den größten, die Erzeugung mit 8 Projekten (12 Prozent) den geringsten Anteil ein. Diese Verteilung spiegelt den Charakter der Projekte wider: Erzeugungsprojekte sind in der Regel zentral und großskalig, Nutzungsprojekte bestehen eher aus wenigen Fahrzeugen und verteilen sich auf viele Akteure.

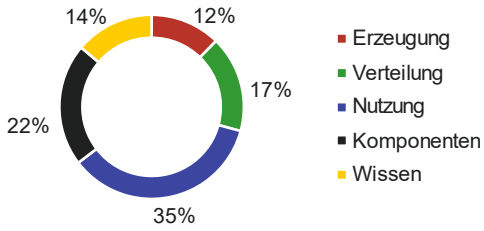


Abbildung 31: Aufteilung der Projekte nach Kategorie

Bestimmte Projekte haben einen hohen Mehrwert für die Region

Unter der Vielzahl der identifizierten Projekte gibt es einige, die aufgrund ihrer Innovationskraft und Relevanz für die Wasserstoffstrategie der Region hervorzuheben sind. Diese können als Leuchttürme in der Region eine besondere Signalwirkung haben und gleichzeitig wichtige Erkenntnisse für Folgeprojekte liefern. Für die Bewertung werden folgende Kriterien herangezogen:

[90] https://de.airliquide.com/unser-equipment/wasserstoffanlagen

- **Gesundheit und Klimaschutz:** Durch die Einsparung von lokalen Feinstaub-, NO_X- und CO_2-Emissionen tragen Projekte direkt zum ersten übergeordneten Ziel des Projektes HyExperts *Klimaschutz* bei. Da dieser Beitrag durch den Ersatz fossiler Kraftstoffe durch Wasserstoff geleistet wird, ist dieser Aspekt ausschließlich für Nutzungsprojekte relevant.
- **Regionale Wertschöpfung:** Neben direkten Wertschöpfungseffekten wie Gewinn- oder Umsatzsteigerungen und Arbeitsplatzeffekten sind weitere Kriterien wie Innovations- und Strahlkraft, Sichtbarkeit und Übertragbarkeit zu berücksichtigen. Zudem fließt die Relevanz des Projektes für das Regionskonzept in die Bewertung ein.
- **Realisierung:** Relevante Kriterien für die Realisierungswahrscheinlichkeit sind die technologische Reife und die Wirtschaftlichkeit des Projekts, die regulatorischen Anreize und Hürden sowie die Perspektive für eine zeitnahe Umsetzung.

Neben diesen Leuchttürmen gibt es weitere, weniger sichtbare Projekte, die trotzdem einen enorm hohen Stellenwert für die Region haben können. So bietet beispielsweise das hohe Maß an vorhandener Expertise bei Beratungsunternehmen und Komponentenherstellern die ideale Basis für eine schnelle Entwicklung von Projekten in der Wasserstoffmobilität und trägt direkt und indirekt zur regionalen Wertschöpfung bei.

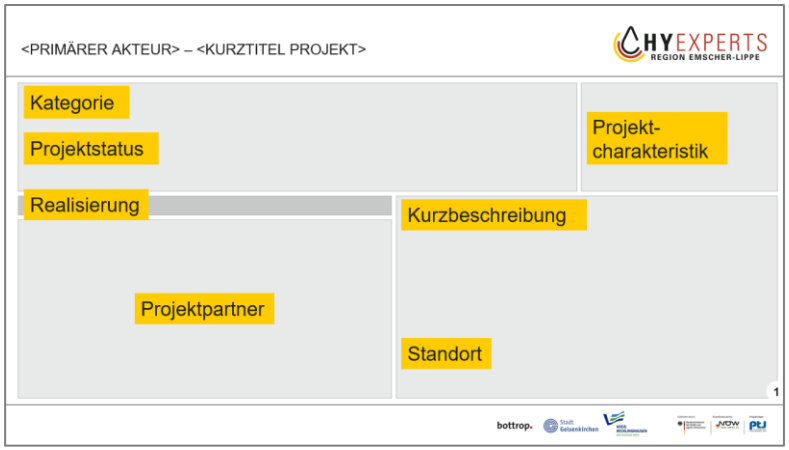
Insgesamt wurden in ausführlichen Gesprächen und Abstimmungen gemeinsam mit den jeweiligen Akteuren die Projekte und Projektansätze diskutiert, teilweise konkretisiert und für 45 bewertete Projekte in ausführliche Projekt-Steckbriefe überführt. Die Projekt-Steckbriefe haben mehrere Ziele: Zum einen dienen sie dazu, die Projekte und Projektansätze unserer Region systematisch aufzubereiten, um so eine schnelle Sichtbarkeit für interessierte Geschäftspartner*innen oder Kund*innen zu schaffen. Zum anderen sollen sie eine schnelle Verknüpfung von Projekten ermöglichen. Dafür ist insbesondere Seite fünf des Steckbriefes gedacht: Dort haben die Akteure skizziert, was das eigene Projekt anderen Akteuren bieten kann und was andererseits für den Erfolg ihres Projektes noch fehlt. Dadurch können die Akteure passende Anknüpfungspunkte identifizieren und proaktiv zu einer Vernetzung beitragen.

4.3 DIE PROJEKT-STECKBRIEFE

Die Projekt-Steckbriefe sind als eigenständiges Dokument als Nachschlagewerk angehangen.

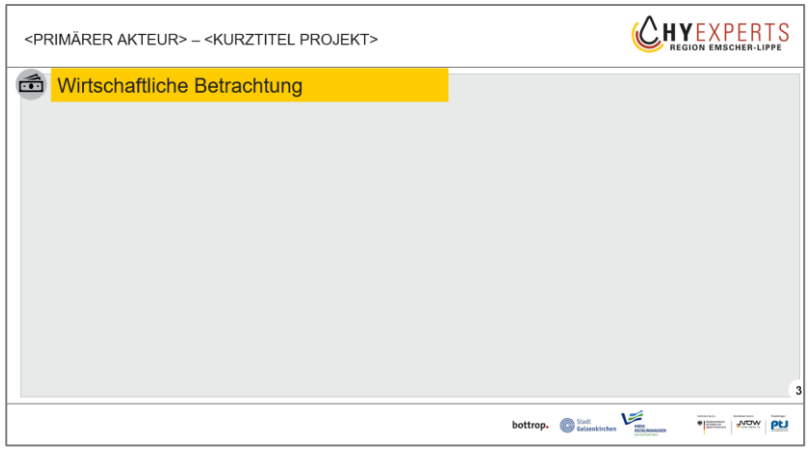
Der Aufbau der Projekt-Steckbriefe:

Seite 1: Allgemeine Informationen



Seite 2: Technische Beschreibung / Konzeptskizze

Seite 3: Wirtschaftliche Betrachtung



Seite 4: Regulatorik

Seite 5: Was bieten Sie? / Was brauchen Sie?

Seite 6: Umsetzungsmaßnahmen

5. DAS UMSETZUNGSKONZEPT

Die beiden Ziele „Klimaschutz“ und „Regionale Wertschöpfung“ durch Wasserstofftechnologien und -mobilität sind dann erreichbar, wenn die identifizierten Projekte unserer Region entlang der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette ineinandergreifen: Wasserstofferzeuger benötigen Wasserstoffverbraucher und umgekehrt. Zudem sind beide Wertschöpfungsstufen auf eine funktionierende Wasserstoffverteil-infrastruktur angewiesen. Komponentenhersteller und Akteure im Bereich Qualifizierung und Wissen nehmen Einfluss auf alle Wertschöpfungsstufen.

Für unsere Region ist daher zu prüfen, welche Akteursstruktur und welche konkreten Projekte vorliegen (Abschnitt 5.1). In diesem Abschnitt werden auch Aktivitäten aufgeführt, für die kein Projekt-Steckbrief (vgl. Kapitel 4) vorliegt, um ein möglichst umfangreiches Bild der Region zu erhalten. Aus den einzelnen Projekten/Aktivitäten ergeben sich Herausforderungen und Chancen beim Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft, aus denen sich Handlungsempfehlungen ableiten lassen (Abschnitt 5.2). Darauf aufbauend wird eine übergeordnete Struktur skizziert, welche die zentralen Herausforderungen zur erfolgreichen Umsetzung der Wasserstoffmobilität in unserer Region adressiert (Abschnitt 5.3).

5.1 ERGEBNISSE DER PROJEKTE

Erzeugung

Auf der Wertschöpfungsstufe Erzeugung sind in unserer Region insgesamt sieben Projekte bzw. Projektansätze vorhanden (vgl. Tabelle 1). Ein besonderes Merkmal unserer Region ist die Vielfältigkeit der Technologien, die zur Herstellung von Wasserstoff eingesetzt werden. Neben der Elektrolyse existieren Projekte zur Wasserstofferzeugung über Dampfreformierung von Biogas und Thermolyse. Dadurch decken unsere Region und ihre Akteure ein breites Know-how in der Wasserstofferzeugung ab. Die Projekte befinden sich in verschiedenen Entwicklungsstadien. Einige erreichen bereits die Umsetzungsphase, beispielsweise die Errichtung eines Elektrolyseurs am MHKW der AGR Abfallentsorgungs-Gesellschaft Ruhrgebiet mbH oder die Umstellung einer Dampfreformierungsanlage der Messer Industriegase GmbH auf zertifiziertes Biogas. Andere mögliche Projekte, wie die Installation eines Elektrolyseurs am Biomasseheizkraftwerk Recklinghausen, befinden sich dagegen noch in der Ideenphase. Wiederum andere Projekte berücksichtigen die Wasserstoffmobilität bisher nicht in ihren Planungen als primären Abnehmer für den erzeugten Wasserstoff. Das ist zum Beispiel beim geplanten Elektrolyseur am WASAG-Gelände in Haltern am See oder der Thermolyse in Herten der Fall. Wasserstoff als Beiprodukt aus der Industrie (Kokerei/Chemiepark) wird in dieser Studie nicht berücksichtigt, da unklar ist, ob der Wasserstoff an Nutzer aus dem Verkehrssektor weitergeleitet wird. Der Elektrolyseur des Anwenderzentrums h2herten ist nur für Forschungszwecke vorgesehen, sodass der Wasserstoff nicht veräußert werden kann.

Tabelle 1: Übersicht der Projekte/Projektansätze auf der Wertschöpfungsstufe Erzeugung

Nr.	Projekt / Akteur	Erzeugung	Realisierung
kein Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit der Erzeugungsmengen			
1	**Dampfreformierung** Messer Industriegase GmbH	0,4 t_{H2}/Tag *(150 t_{H2}/a)*	Geplant: 2021
2	**Elektrolyse** AGR Abfallentsorgungs -Gesellschaft Ruhrgebiet mbH	1,2 t_{H2}/Tag *(440 t_{H2}/a)*	Geplant: Ende 2022
3	**Thermolyse** Concord Blue Engineering GmbH	6,3 t_{H2}/Tag *(2.300 t_{H2}/a)*	Geplant: Anfang 2024
4	**Elektrolyse** Emschergenossenschaft/Lippeverband (EGLV)	0,86 t_{H2}/Tag *(315 t_{H2}/a)*	Keine Angaben
5	**Elektrolyse** Konsortium aus SW Haltern + 4 Partner	0,17 t_{H2}/Tag *(63 t_{H2}/a)*	Keine Angaben
6	**Elektrolyse** Ökotech Ingenieurgesellschaft mbH	k. A.	Keine Angaben
7	**Edukte für die Wasserstoff-Erzeugung** Kommunale Servicebetriebe Recklinghausen	k. A.	Keine Angaben
8	Beiprodukt-H2 aus der Industrie Kokerei Prosper/Chemiepark Marl	k. A.	In Betrieb
Verfügbare Erzeugungsmengen gesamt		**2,63 t_{H2}/Tag** ***(968 t_{H2}/a)*** exkl. Thermolyse **8,93 t_{H2}/Tag** ***(3.268 t_{H2}/a)*** inkl. Thermolyse	

Abbildung 32: Regionale Verteilung der Projekte bzw. Projektansätze auf der Wertschöpfungsstufe Erzeugung in der Emscher-Lippe-Region

Die Erzeugungsmengen[91] aller Projektansätze belaufen sich auf 2,63 t_{H2} pro Tag. Wird das Thermolyse-Projekt der Concord Blue Engineering GmbH in Herten realisiert, steigen die Erzeugungsmengen auf 8,93 t_{H2} pro Tag. Die räumliche Verteilung der Projekte und Projektansätze zeigt, dass ein Großteil der Projekte/Projektansätze im stärker verdichteten und industrialisierten Süden unserer Region angesiedelt ist (vgl. Abbildung 32).

Verteilung

Im Laufe von HyExperts wurden insgesamt zwölf relevante Projekte auf der Wertschöpfungsstufe Verteilung identifiziert (vgl. Tabelle 2). Die Reife reicht dabei von bereits umgesetzten Projekten, wie der Wasserstofftankstelle in Herten oder der Trailerabfüllung am Industriepark Marl, bis hin zu vielversprechenden Ansätzen, die einen Teil der zukünftigen regionalen Verteilinfrastruktur bilden können. Die Projekte decken die wichtigsten Funktionen einer kompletten Verteilinfrastruktur ab:

- Abfüllstationen für Trailertransporte,
- Trailertransporte,
- Pipelines und
- Wasserstofftankstellen.

Der Blick auf die existierenden und geplanten Projekte zeigt: Die Region ist grundsätzlich gut aufgestellt für den Roll-out von Wasserstofffahrzeugen. In den Städten Gladbeck, Gelsenkirchen, Herten und Marl sollen bis zum Jahr 2025 öffentliche Tankmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Darüber hinaus werden zwei Betriebshoftankstellen für die Brennstoffzellenbusse der Vestischen Straßenbahnen GmbH in Bottrop und Herten geplant. Die Realisierung ist von der Fahrzeugbeschaffung abhängig. Hervorzuheben ist die Projektidee einer intermodalen Tankstelle im Stadthafen Gelsenkirchen: Hier soll die Betankung von Straßenfahrzeugen, Zügen und Schiffen ermöglicht werden. Zudem ist die Versorgung der Tankstelle mit Wasserstoff über eine Pipeline angedacht. Notwendigkeiten und Vorschläge für den

[91] Unter Vorbehalt und den gegenwärtigen Abschätzungen der Akteure im jetzigen Projektstatus; Abweichungen der Produktionsmengen nach oben oder unten möglich.

zusätzlichen Ausbau der Tankstelleninfrastruktur werden in Kapitel 5.2 dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht der Projekte/Projektansätze auf der Wertschöpfungsstufe Verteilung

Nr.	Projekt / Akteur	Druckstufe	Realisierung
1	**H2-Tankstelle Herten** H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG	350 bar 700 bar	Seit 2018 in Betrieb
2	**H2-Tankstelle Herten** AGR Abfallentsorgungs -Gesellschaft Ruhrgebiet mbH	350 bar 700 bar	Geplant: Ende 2022
3	**Trailer-Abfüllstation** AGR Abfallentsorgungs -Gesellschaft Ruhrgebiet mbH	200 bar - 300 bar	Geplant: Ende 2022
4	**H2-Tankstelle Herten** Vestische Straßenbahnen GmbH	350 bar	Geplant: Bis 2023
5	**H2-Tankstelle Marl** H2 Green Power & Logistics GmbH	350 bar 700 bar	Geplant: Bis 2024 / 2025
6	**Wasserstoffpipeline** GET H2	Noch unklar	Geplant: Bis 2024
7	**Intermodale Tankstelle Hafen Gelsenkirchen** Wissenschaftspark Gelsenkirchen	350 bar 700 bar	Geplant: Bis 2025
8	**Trailerverteilung** Klaeser Internationale Fachspedition und Fahrzeugbau GmbH	200 bar - 500 bar	Geplant: Bis 2025
9	**H2-Tankstelle Gladbeck** Innovationszentrum Wiesenbusch	350 bar 700 bar	Noch unklar
10	**H2-Tankstelle Bottrop** Vestische Straßenbahnen GmbH	350 bar	Noch unklar
11	**Wasserstoff-Pipeline** Air Liquide Deutschland GmbH	25 bar	In Betrieb
12	**Trailer-Abfüllstation** Air Liquide Deutschland GmbH	200 bar - 300 bar	In Betrieb

Abbildung 33: Regionale Verteilung der Projekte bzw. Projektansätze auf der Wertschöpfungsstufe Verteilung in der Emscher-Lippe-Region

Nutzung

Für den Einsatz von Wasserstoff in der Mobilität wurden in HyExperts insgesamt über 30 Projekte identifiziert. Um die Aktivitäten in der Region übersichtlich darzustellen, wurden diese in folgende Fahrzeugsegmente geclustert:

- ÖPNV-Busse,

- Abfallsammelfahrzeuge,
- Personenkraftwagen (PKW),
- leichte Nutzfahrzeuge (LNF),
- schwere LKW (LKW),
- Züge (Güterloks) und
- Schiffe.

Die Projekte zu den BZ-Bussen und BZ-Abfallsammelfahrzeugen sind teilweise schon weit fortgeschritten: So hat das Verkehrsunternehmen Vestische Straßenbahnen schon konkrete Schritte zur weiteren Erprobung der Technologie ab 2023 eingeleitet. Um die nötigen Fahrzeuge zu beschaffen, wurde eine Kooperation mit den Verkehrsbetrieben aus Oldenburg und Bremerhaven geschlossen, in der fünf BZ-Busse optional (unter Vorbehalt einer 80-Prozent-Förderung) ausgeschrieben wurden. Eine Beschaffung von BZ-Abfallsammelfahrzeugen wird gleich von fünf Entsorgungsunternehmen der Region verfolgt: Die AGR Abfallentsorgungs-Gesellschaft Ruhrgebiet mbH, die Kommunalen Servicebetriebe Recklinghausen, der Zentrale Betriebshof in Herten, die GELSENDIENSTE sowie die BEST AöR befinden sich in der Beschaffungsphase und werden in den nächsten zwei bis drei Jahren mehr als zehn Brennstoffzellenfahrzeuge auf die Straße bringen. Weitere Entsorgungsunternehmen sind interessiert.

Schon heute setzen einige Unternehmen der Region BZ-PKW ein. Aufgrund der bisher noch relativ geringen Auswirkungen auf die Wasserstoffnachfrage werden diese nicht explizit aufgeführt.

In den Segmenten LNF und LKW zeigen mehrere, vorrangig private Unternehmen Interesse an einem Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen in ihrer Flotte. Da BZ-LNF und -LKW bisher am Markt kaum verfügbar sind, liegt der Fokus hier auf der Beschaffungsvorbereitung und Organisation von Betankungsmöglichkeiten. Logistiker und Speditionen, die im Verband der Chemischen Industrie NRW (VCI), dem Handelsverband Deutschland (HDE) oder dem Verband für Verkehrswirtschaft und Logistik (VVWL) organisiert sind, können sich an der LKW-Initiative des Landes NRW beteiligen. Das Ziel der Initiative ist es, die Nachfrage zu bündeln und so für Hersteller von BZ-LKW sowie Tankinfrastrukturbetreiber interessant zu werden. Eine ähnliche Initiative für die Beschaffung von BZ-LNF für Handwerker könnte mit der Unterstützung der Kreishandwerkerschaften realisiert werden.

Im Stadthafen Gelsenkirchen wird mit mehreren Partnern der Einsatz von BZ-LKW, BZ-Güterloks und BZ-Schiffen untersucht. Unter Mitarbeit der Wissenschaftspark Gelsenkirchen GmbH sowie der Wasserstoffkoordination der WiN Emscher-Lippe wird ein Förderprojekt angestrebt.

Der Einsatz von Wasserstoff in Regionalzügen wird aktuell eruiert. Hierzu sind Abstimmungen mit den lokalen SPNV-Aufgabenträgern Zweckverband Westfalen-Lippe (NWL) und Verkehrsverbund Rhein-Ruhr AöR (VRR) geplant, um die Möglichkeiten einer Umstellung von Diesel- auf Brennstoffzellenzüge auszuloten. Auch der mögliche Einsatz von Brennstoffzellen in Flurförderfahrzeugen wird grundsätzlich weiterverfolgt. Im Rahmen dieser Studie wurden allerdings keine konkreten Projekte identifiziert.

Die Nutzungsprojekte konzentrieren sich hauptsächlich auf den bevölkerungsreicheren südlichen Teil der Emscher-Lippe-Region (vgl. Abbildung 34). Insbesondere die sehr konkreten Projekte (dunkelblau) kumulieren sich um die Stadt Herten, da hier schon heute eine Betankungsmöglichkeit vorhanden ist und die geplante Hochleistungstankstelle der AGR weitere Kapazitäten ermöglicht. Die weniger konkreten Projektansätze (hellblau) hängen sowohl von der Marktverfügbarkeit der gewünschten Fahrzeuge als auch von der Entwicklung einer flächendeckenden Tankstelleninfrastruktur ab. Letztere wird in Kapitel 5.2 betrachtet.

Tabelle 3: Übersicht der Projekte/Projektansätze auf der Wertschöpfungsstufe Nutzung

Nr.	Projekt / Akteur	Erzeugung	Realisierung
1	**BZ-Abfallsammelfahrzeuge** AGR Abfallentsorgungs -Gesellschaft Ruhrgebiet mbH	0,07 t_{H2}/Tag *(14 t_{H2}/a)*	Ab 2021 / 2022
2	**BZ-Abfallsammelfahrzeuge** Kommunale Servicebetriebe Recklinghausen	0, 02 t_{H2}/Tag *(4 t_{H2}/a)*	Geplant: 2022
3	**BZ-Abfallsammelfahrzeuge** Zentraler Betriebshof Herten (ZBH)	0, 02 t_{H2}/Tag *(4 t_{H2}/a)*	Geplant: 2022
4	**BZ-Abfallsammelfahrzeug** GELSENDIENSTE	0, 01 t_{H2}/Tag *(2 t_{H2}/a)*	Geplant: 2022
5	**BZ-Busse** Vestische Straßenbahnen GmbH	0,15 t_{H2}/Tag *(50 t_{H2}/a)*	Geplant: 2023
6	**BZ-Abfallsammelfahrzeug** BEST AöR	0, 01 t_{H2}/Tag *(2 t_{H2}/a)*	Geplant: 2023
7	**Weitere BZ-Busse** Weitere Busbetreiber	0, 02 t_{H2}/Tag *je Fahrzeug*	*Bis ca. 2025*
8	**Weitere BZ-Abfallsammelfahrzeuge** Weitere Entsorgungsunternehmen	0, 01 t_{H2}/Tag *je Fahrzeug*	*Bis ca. 2025*
9	**BZ-PKW** Verschiedene	*je nach Einsatz*	*Bis ca. 2025*
10	**BZ-LNF** Verschiedene (z. B. Adolf Faber)	*je nach Einsatz*	*Bis ca. 2025*
11	**BZ-LKW** Verschiedene (z. B. AStrans, Klaeser, Norbert Redemann, Fernmeldebau Baumann)	*je nach Einsatz*	*Bis ca. 2025*
12	**BZ-Güterlok** Verschiedene	*je nach Einsatz*	*Noch unklar*
13	**BZ-Schiff** Verschiedene	*je nach Einsatz*	*Noch unklar*

Abbildung 34: Regionale Verteilung der Projekte (dunkelblau) bzw. Projektansätze (hellblau) auf der Wertschöpfungsstufe Nutzung in der Emscher-Lippe-Region

Komponenten

Die Wertschöpfungsstufe Komponenten ist in regionalen H_2-Erzeugungs- oder Nachfrageprojekten nur indirekt sichtbar, weshalb den entsprechenden Akteuren und ihren Aktivitäten häufig eine geringe Aufmerksamkeit zukommt. Dabei können gerade diese Akteure (oftmals sogenannte „Hidden Champions“) einen wesentlichen Beitrag zu regionaler Wertschöpfung leisten. Zum einen können gänzlich neue Unternehmen entstehen, die

entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette Geschäftsfelder erschließen, zum anderen können bestehende Akteure ihre Geschäftsfelder erweitern. Dadurch können regionale Wertschöpfungspotenziale nicht nur erhalten, sondern kann auch zusätzliche Wertschöpfung generiert werden. Die Akteure unserer Region in der Wertschöpfungsstufe Komponenten bilden ein breites Spektrum ab (vgl. Tabelle 4). Unternehmen wie ProPuls GmbH oder die Neiko GmbH & Co. KG konzipieren vor allem Komponenten für die Wertschöpfungsstufen Erzeugung und Verteilung.

Tabelle 4: Übersicht der Projekte/Projektansätze auf der Wertschöpfungsstufe Komponenten

Nr.	Projekt / Akteur	Realisierung
1	**Vertrieb Brennstoffzellen- PKW** Autohaus GLÜCKAUF GmbH & Co. KG	Verfügbar
2	**Vertrieb Brennstoffzellen- PKW** Borgmann GmbH	Verfügbar
3	**Vertrieb Brennstoffzellen- PKW** TCB Automobile GmbH	Verfügbar
4	**H2-Technologieentwicklung& Dienstleistungsprodukte** ProPuls GmbH	Verfügbar
5	**Hochdruckkomponenten** Neiko GmbH & Co. KG	k.A.
6	**Kompensatoren für Wasserstoff-Technologien** Handelsvertretung Flexomat	Verfügbar
7	**Anwenderzentrum h2herten** u. a.: HyRef GmbH, Cummins Inc.	Verfügbar
8	**Vertrieb Brennstoffzellen- Baumaschinen** Hyundai Baumaschinen Nord GmbH	k.A.

Viele Unternehmen unserer Region sind bereit, Brennstoffzellenfahrzeuge in unterschiedlichsten Fahrzeugklassen zu vertreiben. Diese gute Basis sollte genutzt und weiterentwickelt werden. Dafür sollten die Akteure dabei unterstützt werden, weiterhin einen guten und strukturierten Überblick der Aktivitäten des Wasserstoffmarktes zu erhalten. Das hilft den Akteuren, auf Basis von realen Kundenbedarfen Entscheidungen für zukünftige Geschäftsmodelle und Produktsparten zu treffen.

Abbildung 35: Regionale Verteilung der Projekte bzw. Projektansätze auf der Wertschöpfungsstufe Komponenten in der Emscher-Lippe-Region;
** Mehrere Standorte in der Emscher-Lippe-Region, hier exemplarische Auswahl*

Die regionale Verteilung zeigt, dass in allen drei Gebietskörperschaften Akteure der Wertschöpfungsstufe Komponenten niedergelassen sind.

Insbesondere Anbieter von Brennstoffzellen-PKW haben häufig mehrere Niederlassungen, an denen ein Fahrzeug erworben werden kann. Einschränkend sind hier die Fahrzeugverfügbarkeiten, da die Modelle mit Brennstoffzellenantrieb zurzeit noch in geringen Stückzahlen hergestellt werden.

Wissen

In unserer Region gibt es zahlreiche Akteure, die den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft mit Expertise begleiten können. Hier ist an erster Stelle die Wasserstoffkoordination der WiN Emscher-Lippe GmbH zu nennen, die seit 2020 als kompetenter Ansprechpartner zur Verfügung steht. Des Weiteren bieten diverse Beratungsunternehmen Know-how bei der Projektierung von Infrastruktur- und Fahrzeugprojekten.

Um die regionale Wertschöpfung langfristig zu sichern und noch zu steigern, bauen mehrere ansässige Akteure ihre Konzepte zur Aus- und Weiterbildung von zukünftigen Fachkräften aus. In unserer Region legen verschiedene Berufskollegs zunehmend den Fokus auf die Themen erneuerbare Energien und Wasserstoff. Dafür findet eine zunehmende Vernetzung der Akteure statt. Im Mobilitätsbereich bietet die Vestische Innung des Kfz-Gewerbes Recklinghausen und Gelsenkirchen schon heute die überbetriebliche Ausbildung in der Hochvolt- und Wasserstofftechnik. Beispielsweise soll in Kooperation mit den Berufskollegs und der Westfälischen Hochschule der Aufbau eines Bildungs- und Innovationscampus im Sinne der Roadmap für die Emscher-Lippe-Region H_2EL unterstützt werden.

Tabelle 5: Übersicht der Projekte/Projektansätze auf der Wertschöpfungsstufe Wissen

Nr.	Projekt / Akteur	Realisierung
1	**Anwenderzentrum h2herten** HTVG GmbH	Realisiert
2	**Ausbau F&E h2herten u. Projektierung** HYCON GmbH	Realisiert
3	**Fachkräfte Kfz-Gewerbe** Vestische Kfz-Innung	In Planung
4	**Ausbildung und Beratung** Arbeitsagentur Recklinghausen	In Planung
5	**Qualifizierung und Bildung** Deutscher Gewerkschaftsbund	In Planung
6	**Beratung zu H2-Logistik** J. Fedrowitz - Consulting	Realisiert
7	**Prüfung und Qualifizierung** TÜV Rheinland Industrie Service	Realisiert
8	**Beratung Infrastruktur** IBL Projektmanagement GmbH	Realisiert
9	**Vernetzung der H2-Aktivitäten im Ruhrgebiet** h2-netzwerk-ruhr e. V.	Realisiert
10	**H2-Koordination** WiN Emscher-Lippe GmbH	Realisiert

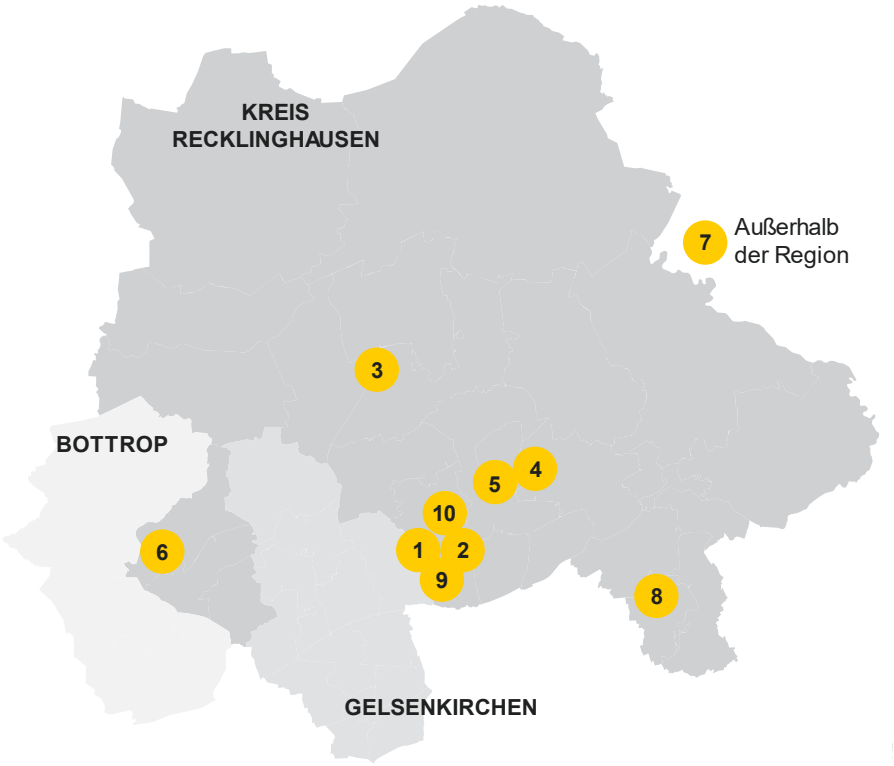


Abbildung 36: Regionale Verteilung der Projekte bzw. Projektansätze auf der Wertschöpfungsstufe Wissen in der Emscher-Lippe-Region

5.2 VON EINZELPROJEKTEN ZU EINER VERNETZTEN WASSERSTOFFWIRTSCHAFT

Die Vernetzung der Wertschöpfungsstufen, insbesondere die Erzeugung mit der Nutzung, ist wesentlich für den Erfolg der Wasserstoffaktivitäten in unserer Region. Die Verknüpfung der regionalen Wasserstoffaktivitäten wird für das Zusammenspiel zwischen Erzeugung und Nachfrage betrachtet. Zudem wird ein zweiter Fokus auf die Infrastrukturen bzw. Tankstellen als physisches Bindeglied zwischen Erzeugung und Verbrauch gelegt.

1. Verknüpfung von Erzeugung und Nachfrage

Um konkrete Erkenntnisse und Ableitungen zu erhalten, wird im Folgenden eine Projektauswahl näher beleuchtet. Diese Auswahl basiert auf mehreren Kriterien, zu denen unter anderem eine geplante Umsetzung bis 2025 zählt. Zudem werden nur Projekte näher betrachtet, die einen tatsächlichen Beitrag zum Verkehrssektor liefern (und somit nicht in anderen Sektoren ihren Hauptfokus haben).

Bis 2025 werden nach aktuellem Stand voraussichtlich drei Erzeugungsprojekte in Betrieb gehen (vgl. Abbildung 37). Während sich die Umstellung der Dampfreformierung der Messer Industriegase GmbH auf zertifiziertes Biogas und die Errichtung eines Elektrolyseurs am MHKW der AGR Abfallentsorgungs-Gesellschaft Ruhrgebiet mbH bereits in der Umsetzung befinden, ist das Thermolyse-Projekt noch in der Planungsphase. Die Abbildung zeigt, dass mit diesen Projekten Ende 2022 bereits 1,6 Tonnen Wasserstoff pro Tag (t_{H2}/d) für den Verkehrssektor bereitgestellt werden können. Sollte auch die Thermolyse in Herten bis zum Jahr 2024 in die Umsetzung gelangen, steigt die verfügbare Wasserstoffmenge auf 7,9 t_{H2}/d.

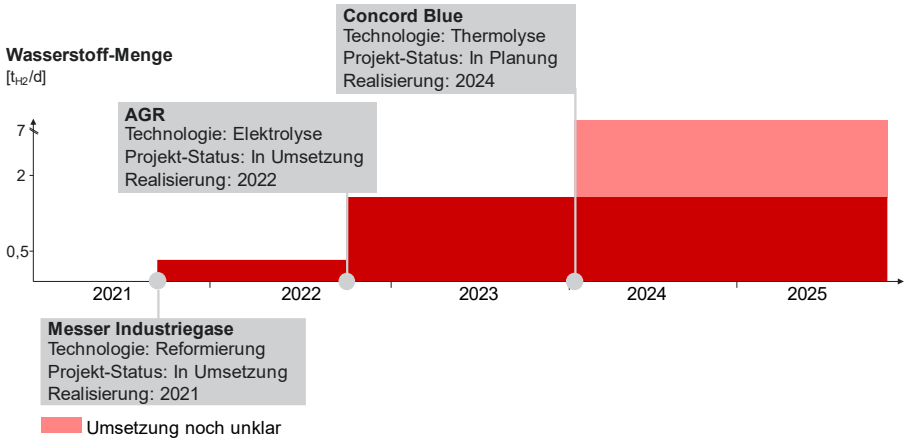


Abbildung 37: Wasserstofferzeugungsprojekte und -erzeugungsmengen bis 2025 [t_{H2}/d][92]

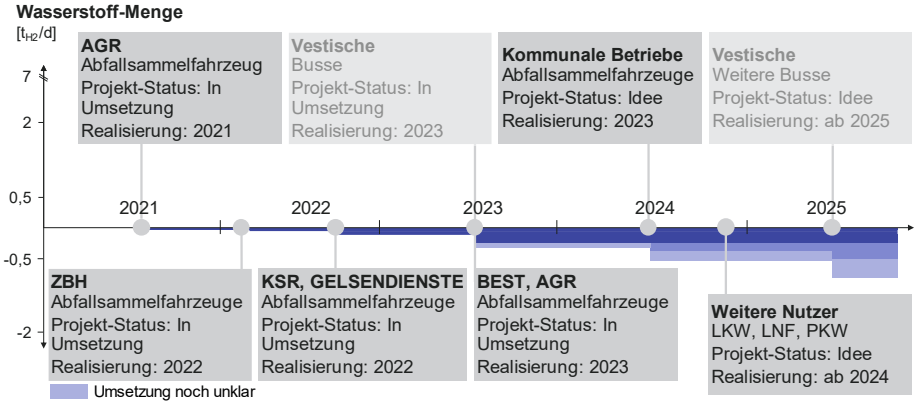


Abbildung 38: Wasserstoffnutzungsprojekte und -nutzungsmengen bis 2025 [t_{H2}/d]

Bei der zeitlichen Betrachtung der Nutzungsprojekte (vgl. Abbildung 38) werden hauptsächlich die für die kurzfristigen Bedarfe relevanten Nutzfahrzeugbeschaffungen berücksichtigt. Die bekannten Projekte der kommunalen Unternehmen, die sich in der Umsetzung befinden, erzeugen bis 2025 einen Wasserstoffbedarf von voraussichtlich etwa 0,28 t_{H2}/d. Durch weitere, aktuell im Ideenstatus befindliche Projekte erhöht sich der Bedarf auf etwa 0,5 t_{H2}/d. Zudem kommen ab ca. 2024 die Bedarfe hinzu, die durch LNF- und LKW-Beschaffungen privater Unternehmen entstehen. Dennoch wird sich der gesamte Bedarf in der Region bis 2025 unter 1,0 t_{H2}/d bewegen.

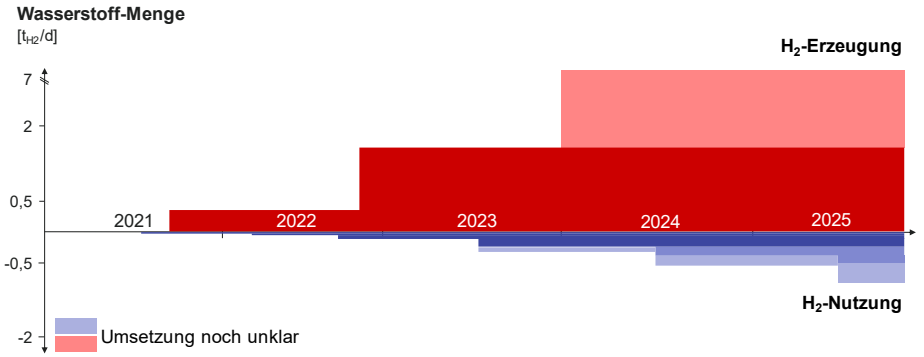


Abbildung 39: Gegenüberstellung der Erzeugungs- (positive y-Achse) und Nachfragemengen (negative y-Achse) im Verkehrssektor bis 2025 [t_{H2}/d][92]

Stellt man die erwarteten Erzeugungs- und Nachfragemengen des Verkehrssektors gegenüber, so gibt es im zweiten Halbjahr 2021 eine kurze Phase, in der die Nachfrage die regionalen Erzeugungskapazitäten übersteigt. Für diesen Zeitraum bietet die Tankstelle der H2 MOBILITY in Herten eine Betankung mit importiertem Wasserstoff, sodass im Idealfall keine Erzeugungslücke auftritt. Grundsätzlich verfügt unsere Region bis mindestens zum Jahr 2025 über einen deutlichen Erzeugungsüberschuss[93]

[92] Vereinfachte Darstellung auf Basis der Projektkennzahlen.

[93] Bei Gegenüberstellung mit dem Verkehrssektor.

von etwa 1,5 bis 7,8 t_{H2}/d (vgl. Abbildung 39). Auch unter der Annahme, dass weitere Fahrzeuge bzw. Fahrzeugflotten hinzukommen, werden die Erzeugungsmengen mittelfristig ausreichen, um die Nachfrage aus der Mobilität zu decken. Für einen Ausblick bis 2030 kann die Potenzialanalyse herangezogen werden (vgl. Abbildung 40). Die Gegenüberstellung von H_2-Erzeugung und -Bedarf zeigt, dass bei konservativer Entwicklung (Szenario „Regulatorik“) die Bedarfspotenziale nur dann durch die regionale Erzeugung gedeckt werden können, wenn das Thermolyse-Projekt realisiert wird. Liegt das Szenario „Klimaziele“ zugrunde, übersteigen die Bedarfspotenziale die Erzeugungsmengen der H_2-Erzeugungsprojekte, deren Inbetriebnahme bis 2025 geplant ist.

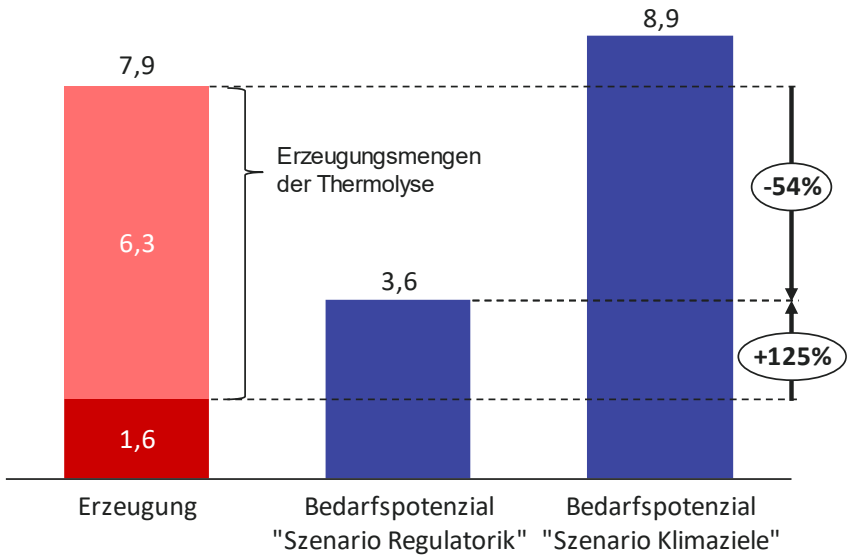


Abbildung 40: Gegenüberstellung der Bedarfspotenziale im Jahr 2030 und der Erzeugungsmengen auf Basis der Aktivitäten in der Emscher-Lippe-Region in [t_{H2}/d]

Insgesamt entsteht eine Diskrepanz zwischen einem anfänglichen Erzeugungsüberschuss bis mindestens 2025 und einer möglichen Unterdeckung ab 2030. Für unsere Region bedeutet dies, dass für die Mittel- bis Langfrist weitere H_2-Erzeugungsprojekte unterstützt werden sollten. Die Elektrolyseprojekte auf dem WASAG-Gelände, an der Kläranlage Bottrop und am Biomasseheizkraftwerk Recklinghausen (vgl. Abbildung 32) lassen darauf schließen, dass in der Region weitere Akteure gewillt sind, Erzeugungskapazitäten zur Verfügung zu stellen.

2. Transportkonzepte und Tankstellen

Zur optimalen Verknüpfung von Erzeugung und Verbrauch müssen bei der Verteilinfrastruktur folgende zwei Komponenten betrachtet werden:

- Der effiziente Transport zu den Bedarfsstellen über Trailer oder Pipelines
- Die Bereitstellung einer flächendeckenden Tankstelleninfrastruktur

Für den Transport des Wasserstoffs von den Erzeugungspunkten zu den Tankstellen in der Region spielen neben den Transportmengen die gegebenen Randbedingungen, wie z. B. die Entfernung zu einer vorhandenen Pipeline, eine Rolle. Unsere Region bietet ideale Voraussetzungen, um verschiedene Transportkonzepte einzusetzen und zu testen. So können kleine und mittlere Tankstellen per Trailer versorgt werden. Dies ist für Transportmengen von unter 1 t_{H2}/d in der Regel die wirtschaftlichste Option. Die Trailerversorgung wird für die vorhandene Tankstelle in Herten sowie für die zwei geplanten Tankstellen in Gladbeck und Bottrop angewandt. Größere Tankstellen mit einem Umsatz von deutlich mehr als 1 t_{H2}/d oder einem Standort an einem vorhandenen Pipelinestrang können effizient über eine Wasserstoffpipeline versorgt werden. Die unmittelbare Nähe zur vorhandenen Wasserstoffpipeline weisen in der Region drei der geplanten Tankstellen auf: die öffentlichen Tankstellen am Industriepark in Marl und im Stadthafen Gelsenkirchen sowie die Betriebshoftankstelle der Vestischen Straßenbahnen in Herten. Für diese Tankstellen wird die mittel- bis langfristige Versorgung über die Pipeline angestrebt. Im Übergangszeitraum und als Back-up wird auch eine Traileranlieferung eingeplant.

Die Tankstelle der AGR wird direkt am Erzeugungsstandort am RZR Herten errichtet. Für diesen Fall ist kein gesondertes Transportkonzept notwendig – entsprechende Speicherkapazitäten zur Sicherstellung der Einsatzfähigkeit und ein Anlieferplatz für Trailer für eine Back-up-Versorgung sind dennoch anzuraten.

Abbildung 41: Existierende und geplante Wasserstofftankstellen in der Region und angedachte Versorgungskonzepte

Um die Hürden für (potenzielle) Nutzer*innen von Wasserstofffahrzeugen zu verringern, wird eine möglichst flächendeckende Tankstelleninfrastruktur angestrebt. Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Umfragen ergaben, dass von den meisten Akteuren Anfahrtswege von maximal 5 bis 10 km akzeptiert werden. Anhand dieser Randbedingung wurden die Nutzungsprojekte mit den Tankstellenprojekten abgeglichen und die Qualität der Abdeckung abgeleitet. Hierbei wurde auch eine bestehende Tankstelle in Essen-Katernberg direkt an der Stadtgrenze Gelsenkirchens berücksichtigt.

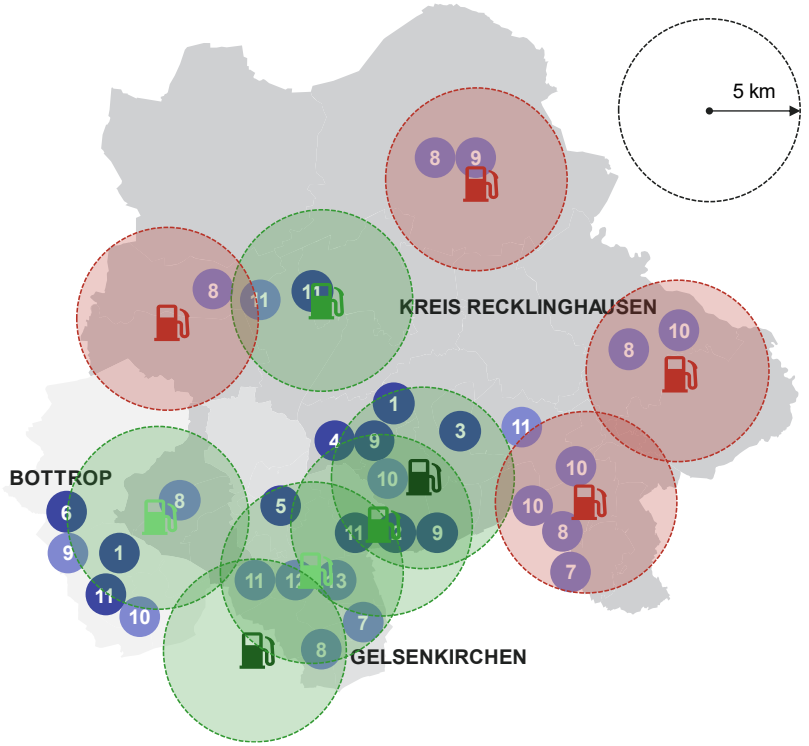


Abbildung 42: Abdeckung der Nutzungsprojekte in HyExperts durch öffentliche Tankstellen (grün) und zusätzlich benötigte öffentliche Tankstellen (rot)

Eine Abdeckung durch die heutigen Tankstellenprojekte wäre in den Städten Bottrop, Gelsenkirchen, Gladbeck, Herten und Marl – zumindest teilweise – gegeben. In den Städten Castrop-Rauxel, Datteln, Dorsten und Haltern am

See bestehen Deckungslücken, die für die weitere Planung von Tankstellen zu berücksichtigen sind. Mögliche Standorte könnten sein:

- Nahe der A 42 oder der A 2 in Castrop-Rauxel
- An der B 235 Datteln und/oder am Kanal (perspektivisch zum Bunkern von Schiffen)
- Nahe der A 31 in Dorsten
- Nahe der A 43 in Haltern

Bei der weiteren Planung von Tankstellen sind sowohl die Bedarfe als auch die Aktivitäten in den benachbarten Städten und Regionen zu berücksichtigen. Insbesondere am südlichen Rand der Emscher-Lippe-Region gibt es Überschneidungen mit Tankstellenprojekten im weiteren Ruhrgebiet.

5.3 ABLEITUNGEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Basierend auf den vorgestellten Analysen sowie bilateralen Abstimmungen und mehreren Workshops mit den Akteuren der Region wurden Herausforderungen und Chancen für die Region auf dem Weg zu einer vernetzten Wasserstoffwirtschaft abgeleitet. Darauf aufbauend wurden Handlungsempfehlungen erarbeitet, die beschreiben, wie die Region den Durchbruch der Wasserstoffmobilität forcieren kann. Im Folgenden werden die Herausforderungen und Chancen sowie die Handlungsempfehlungen in die Kategorien Erzeugung, Verteilung, Nutzung und Wissen dargelegt. Einige dieser Handlungsempfehlungen sind explizit auf weitere Regionen übertragbar, die den Einsatz von Wasserstoff in der Mobilität vorantreiben wollen.

5.3.1 Erzeugung

Herausforderungen und Chancen

- Im Vergleich zu den Bedarfen besteht in der Region ein anfänglicher Erzeugungsüberschuss.
- Kurz- bis mittelfristig birgt der Erzeugungsüberschuss die Gefahr eines Verdrängungswettbewerbs der Erzeugungsprojekte.
- Der Erzeugungsüberschuss könnte sich um das Jahr 2030 zu einer Unterdeckung der regionalen Bedarfe umkehren.
- Die Erzeugungspotenziale aus Wind und PV können stärker als bisher geplant ausgeschöpft werden.

Handlungsempfehlungen

E.1 **Verdrängungswettbewerb von Erzeugern verhindern**

Durch den kurz- bis mittelfristig zu erwartenden Erzeugungsüberschuss besteht das Risiko, dass die regionalen Wasserstofferzeuger für einen begrenzten Zeitraum stark um die Abnehmer im Verkehrsbereich konkurrieren müssen. Der Konkurrenzkampf wird über den Wasserstoffpreis ausgetragen und die Akteure vom Markt verdrängen, die höhere Grenzkosten aufweisen. Dieser Verdrängungswettbewerb ist aus mehreren Gründen zu vermeiden: Zum einen sind Erzeugungsprojekte durch die Nutzung lokaler Ressourcen in hohem Maße für regionale Wertschöpfung verantwortlich. Zum anderen hat der Abgleich mit den Bedarfspotenzialen gezeigt, dass die Wasserstoffbedarfe langfristig steigen werden und die Erzeugungskapazitäten gegen Ende des Jahrzehnts benötigt werden können (vgl. Abbildung 40). Bestehen dann nationale und globale Lieferketten für günstigen Wasserstoff, sind die wirtschaftlichen Hürden für aufkommende regionale Erzeugungsprojekte gegebenenfalls (zu) hoch. Von einer starken regionalen Wasserstoffwirtschaft aber profitiert die ganze Region und damit jeder einzelne Akteur. Es gilt daher, sie schon heute zu unterstützen und für die Zukunft sicher aufzustellen.

Um einem Verdrängungswettbewerb entgegenzuwirken, kann eine *regionale Plattform* angedacht werden, die als Nukleus für einen wachsenden Wasserstoffmarkt dient, in dem Angebot und Nachfrage bedarfsgerecht zusammengeführt werden. Diese Plattform könnte drei Funktionen erfüllen:

1. Die Plattform garantiert jedem Erzeuger die Abnahme (und den Nutzenden die Verfügbarkeit) von Wasserstoff.
2. Die Plattform garantiert jedem Akteur gering schwankende und gut kalkulierbare Wasserstoffpreise.
3. Über die Plattform könnte eine gemeinsame Vermarktung von regionalem Wasserstoff erfolgen und dazu beitragen, neue Nutzer*innen für die Wasserstoffmobilität zu gewinnen.

So kann jeder Erzeuger seinen Wasserstoff zu für ihn wirtschaftlichen Preisen an die Plattform veräußern. Dadurch erhält jeder Erzeuger die Möglichkeit, sein individuelles Projekt umzusetzen und durch konkurrenzfähige Wasserstoffpreise an einer Wasserstoffwirtschaft partizipieren zu können.

E.2 Wasserstofferzeugungspotenzial von Windkraft- und PV-Anlagen nutzen

Die Potenzialanalyse hat gezeigt, dass unsere Region über ein Wasserstofferzeugungspotenzial in Höhe von ca. 1.500 t_{H2}/a aus Windkraft- und PV-Anlagen verfügt. In unserer Region beschäftigen sich bereits zwei Projektansätze mit der Nutzung von Windkraft- und PV-Anlagen zur Wasserstofferzeugung. In unserer Region sollten Strategien entwickelt werden, um zusätzliche Potenziale zu heben und weitere Akteure zur Wasserstofferzeugung mit Ökostrom zu motivieren. Die sukzessive Verbesserung der regulatorischen Bedingungen für die Einbindung von Windkraft- und PV-Anlagen in Wasserstofferzeugungskonzepte kann dabei erste Anreize geben. Eine *zentrale Stelle* (vgl. Kapitel 5.4) kann Betreibern von Windkraft- oder PV-Anlagen mit Beratungsangeboten zu regulatorischen und wirtschaftlichen Fragestellungen unterstützen. Auch *Konzepte zum Weiterbetrieb ausgeförderter Anlagen* können von den Betreibern gemeinsam entwickelt werden. Bspw. könnte perspektivisch die Leistung räumlich voneinander getrennter, ausgeförderter Anlagen aggregiert und zur zentralen Wasserstofferzeugung genutzt werden.

E.3 Wasserstoff Abnehmern aus anderen Sektoren bereitstellen

Eine weitere Option ist die *Abgabe des Wasserstoffs an Akteure aus anderen Sektoren*. Aufgrund der großen Erzeugungsmengen ihrer Thermolyse plant Concord Blue zum Beispiel die Abgabe des Wasserstoffs an industrielle Unternehmen. In der Industrie kann Wasserstoff energetisch oder stofflich genutzt werden, Gaskraftwerke können, je nach Eignung der Dampfturbinen, dem Erdgas Wasserstoff beimischen. Fraglich ist in anderen Sektoren jedoch die Zahlungsbereitschaft für regional hergestellten Wasserstoff.

E.4 Wasserstoffüberschüsse in angrenzende Regionen „exportieren“

Die Ausgangslage eines Erzeugungsüberschusses ist ein besonderes Merkmal der Emscher-Lippe-Region. Viele Regionen verfügen über keine oder nur einzelne Erzeugungsprojekte, häufig noch im Ideenstatus. Da auch diese Regionen Brennstoffzellenfahrzeuge anschaffen möchten, können die Erzeuger unserer Region den *Export des Wasserstoffs* dorthin organisieren. Beispielhaft ist hier die Nachbarregion Essen zu nennen, in der in den kommenden Jahren die Wasserstoffnachfragemengen die Erzeugungsmengen voraussichtlich übersteigen werden (siehe dazu auch HyExperts Essen)[94]. Der Transport von Wasserstoff in andere Regionen kann durch bilaterale Verträge zwischen einem Erzeuger und einem Abnehmer gestaltet werden. Aus Sicht der gesamten Wasserstoffwirtschaft in unserer Region wäre jedoch ein strukturierter Export durch Abstimmung der Erzeuger in der Region erstrebenswert. Dadurch lässt sich eine Balance zwischen Wasserstoffnutzung in der Emscher-Lippe-Region und dem Export herstellen

[94] https://www.lokalkompass.de/muelheim/c-wirtschaft/ruhrbahn-kuendigt-komplette-umstellung-auf-wasserstoffbusse-an_a1578590

und schützt die regionalen Akteure vor Benachteiligung (siehe Handlungsempfehlung E.1).

E.5 **Anreize für die Nachfrage kreieren**

Der Export von Wasserstoff kann, je nach Distanz zum Abnehmer, hohe Transportkosten[95] mit sich bringen. Aus diesem Grund sollten zusätzlich Anreize für regionale Akteure geschaffen werden, ihre Fahrzeugflotten auf Brennstoffzelle umzustellen – sofern sie batterieelektrischen Fahrzeugen im individuellen Einsatzfall überlegen sind.[96] So kann die Wasserstoffnachfrage erhöht werden. Durch die in Kapitel 2 und 3 beschriebenen regulatorischen Vorgaben haben bestimmte Akteure direkt Handlungsdruck. Eine *Sensibilisierung von Fahrzeugflottenbetreibern für das Überangebot an Wasserstoff* kann die Bereitschaft für die Beschaffung von BZ-Fahrzeugen erhöhen, da die Versorgungssicherheit der Fahrzeuge gewährleistet werden kann. Dazu ist es jedoch notwendig, eine entsprechende Tankinfrastruktur aufzubauen, die die Versorgung mit Wasserstoff sicherstellt (siehe Themenblock *Infrastruktur/Tankstellen*). Darüber hinaus sollten die Akteure bei der Einwerbung von Fördermitteln unterstützt werden, um die Mehrkosten der Brennstoffzellenfahrzeuge gegenüber konventionell angetriebenen Fahrzeugen zu senken.

5.3.2 Verteilung

Herausforderungen und Chancen

- Eine unzureichende öffentliche Tankstelleninfrastruktur ist einer der Hauptfaktoren, der die Beschaffung von Fahrzeugen hemmt. In der Region besteht ein hoher Ausbaubedarf, um Akteure außerhalb von Herten Betankungsmöglichkeiten zu bieten.
- Für Infrastrukturbetreiber spielt die Planungssicherheit eine große Rolle, weshalb insbesondere Flottenbetreiber als attraktive Abnehmer im Fokus stehen. Eine hohe und gesicherte Abnahme verbessert die Auslastung und ist Grundlage für die Wirtschaftlichkeit von Infrastrukturprojekten.
- Genehmigungsverfahren für Wasserstofftankstellen gestalten sich mitunter langwierig. Dies liegt unter anderem an der komplexen Abstimmung mit den zuständigen Bauämtern und Zulassungsbehörden.

Handlungsempfehlungen

V.1 **Kooperationen mit Tankstellenbetreibern eingehen**

Für den Aufbau von Tankstellen bietet sich das Unternehmen H2 MOBILITY, das den Aufbau der öffentlichen Wasserstofftankstellen in Deutschland koordiniert, als Kooperationspartner für Tankstellenprojekte an. Mit einem Nachfragekonzept, das 25 t_{H2} im ersten und 50 t_{H2} im dritten Jahr garantiert, sowie einer finanziellen Beteiligung über ein Co-Investment oder einen Abnahmevertrag können der Bau und der Betrieb der Tankstelle sowie das Marketing in die Hand eines erfahrenen Akteurs gegeben werden. Neben der H2 MOBILITY kommen weitere private Tankstellenbetreiber infrage, die die Errichtung und den Betrieb von öffentlichen oder nicht-öffentlichen Tankstellen anbieten. Hier wäre auch eine Informationsbereitstellung über eine zentrale Stelle denkbar.

V.2 **Infrastruktur gemeinsam planen und nutzen**

Um Infrastrukturbetreibern eine Planungssicherheit zu geben und die Kosten für den Bezug von Wasserstoff zu senken, kann es sinnvoll sein, *Tankstellenprojekte mit mehreren Abnehmern gemeinsam zu planen*. So kann z. B. über eine Kooperation mehrerer Flottenbetreiber eine höhere

[95] Transportkosten bei einer Strecke von 20 Kilometern: ca. 1 €/kg_{H2}; eigene Berechnungen.
[96] Für die Entscheidung zwischen Brennstoffzellenfahrzeugen und batterieelektrischen Alternativen sind im Regelfall anwenderspezifische Analyse durchzuführen, die Aspekte wie Ökologie, Ökonomie, Versorgungssicherheit und auch Akzeptanz beim zu bedienenden Personal einbeziehen.

Abnahmemenge und optimalere Auslastung der Infrastruktur erreicht werden. Aus demselben Grund sollte geprüft werden, inwiefern Betriebshoftankstellen für weitere Akteure zugängig gemacht werden können. Dies kann auch über die Grenzen der Region passieren, z. B. Richtung Herne oder Essen.

V.3 **Vereinfachte Genehmigungsverfahren ermöglichen**

Die Genehmigungsverfahren für Wasserstofftankstellen sollten vereinfacht und beschleunigt werden. Unter anderem ist es dazu hilfreich, wenn Unternehmen dazu ermuntert werden, bei ihren Tankstellenprojekten bereits sehr frühzeitig die entsprechenden Kommunen und Zulassungsbehörden anzusprechen und einzubinden. Die Bereitstellung eines *zentralen Genehmigungsleitfadens* für Akteure könnte überdies dabei helfen, Genehmigungsverfahren in der Region effizienter abzuwickeln.

V.4 **Regionalen Wasserstoff vermarkten**

In Einklang mit der Erzeugung kann auch an Wasserstofftankstellen oder anderen Zapfpunkten regionaler Wasserstoff vermarktet werden. Dies garantiert einerseits kurze Transportwege und den Erzeugern eine gesicherte Abnahme und bietet darüber hinaus die Möglichkeit für eine finanzielle und imagesteigernde Verwertung über das entsprechende Marketing.

Auch überregionale Akteure können in die lokale Vermarktung einbezogen werden. So hat H2 MOBILITY im Projekt HyExperts signalisiert, dass sie an der Vermarktung von grünem Wasserstoff aus der Region interessiert ist.

V.5 **Wasserstoffangebot langfristig durch Importinfrastruktur sichern**

Durch den Aufbau einer Importinfrastruktur sollte das Wasserstoffangebot langfristig gesichert werden. Hier stellt sich die Region aktuell gut auf: Durch die Umsetzung des Projekts GETH2 (vgl. Steckbrief) kann über eine H_2-Pipeline Wasserstoff aus Norddeutschland oder den Niederlanden importiert und über die vorhandene regionale Pipeline oder per Trailer verteilt werden.

V.6 **Teilnahme am THG-Quotenhandel prüfen**

Die Treibhausgasminderungs-Quote für Kraftstoff-Inverkehrbringer wird von derzeit 6 Prozent bis zum Jahr 2030 schrittweise auf 25 Prozent steigen (vgl. Exkurs in Kapitel 2). Betreiber von Tankstellen, die Wasserstoff in den Verkehr bringen, können am THG-Quotenhandel teilnehmen. Durch den Verkauf von Quoten an die Quotenverpflichteten (z. B. Mineralölunternehmen) können zusätzliche Erlöse generiert werden. Zum Erreichen der erforderlichen Mindestmenge zur Teilnahme am THG-Quotenhandel können über entsprechende Dienstleistungsunternehmen Quoten kumuliert werden.

5.3.3 Nutzung

Herausforderungen und Chancen

- Die Beschaffung von BZ-Fahrzeugen gestaltet sich bei einigen Fahrzeugklassen schwierig, da teilweise lediglich geringe Stückzahlen oder nur Prototypen am Markt verfügbar sind.
- Anschaffungskosten und Betriebskosten: Anfangsinvestitionen beim Einstieg in eine neue Fahrzeugtechnologie bedeuten für Unternehmen oftmals hohe Kosten und ein hohes Risiko.
- Marktmacht der Fahrzeughersteller: Fokus aktuell auf batterieelektrischen Fahrzeugen, hohe Preise für BZ-Fahrzeuge in geringen Stückzahlen.
- Ein Servicenetz und eine bedarfsgerechte Werkstattinfrastruktur für Instandhaltungsdienstleistungen sind notwendig.
- Langfristig könnte sich, u. a. durch den steigenden Bedarf der Industrie, das Verhältnis aus regionalem H_2-Angebot und H_2-Nachfrage umkehren, sodass eine Unterdeckung der Region entsteht.

Handlungsempfehlungen

N.1 **Fördermöglichkeiten bekannt machen und nutzen**

Um die Mehrkosten bei der Fahrzeug- und Infrastrukturbeschaffung zu reduzieren, können verschiedene Fördermittel auf landes-, bundes- und EU-Ebene genutzt werden. In der Regel werden hierbei die Investitionsmehrkosten gegenüber der Referenztechnologie (z. B. Dieselfahrzeug) gefördert. Sowohl für Einzel- als auch für Verbundvorhaben können Anträge gestellt werden. Finanzierungsgebote in Form von zinsgünstigen Darlehen werden beispielsweise von der KfW Bank und der NRW.BANK angeboten.

Um Nutzer*innen den Zugang zu Fördermitteln zu erleichtern, sollten *aktuelle Übersichten und Hilfestellungen zu Fördermöglichkeiten und -aufrufen über eine zentrale Stelle kommuniziert werden*. Hierzu kann mit landesweiten und nationalen Stellen (z. B. NRW.Energy4Climate und NOW) kooperiert werden.

N.2 **Neue Finanzierungs- und Nutzungsmodelle denken**

Zur Reduktion des Risikos von Unternehmen beim Einstieg in die neue Fahrzeugtechnologie sollten Alternativen zum Kauf genutzt werden. *Neben klassischen Leasingmodellen wie der Langzeitmiete bieten sich, gerade für private Unternehmen, sogenannte Pay-per-Use-Modelle an*. Pay-per-Use steht für ein nutzungsabhängiges Leasingmodell, d. h., die Zahlung erfolgt entsprechend der Nutzung der Fahrzeuge, zum Beispiel in Euro pro Kilometer. Bei beiden Varianten werden hohe Erstinvestitionen und somit Einstiegshürden vermieden. Die Fahrzeuge könnten durch eine klassische Fahrzeugvermietung, ein Joint Venture oder einen Förderverein angeschafft und angeboten werden. Lokale Akteure sollten dabei unterstützt werden, entsprechende Angebote auf- und auszubauen.

N.3 **Kooperative Beschaffungen anstoßen**

Durch die *Bildung von Einkaufs- oder Interessengemeinschaften zur Beschaffung von Fahrzeugen* können Anwender ihre Marktmacht gegenüber den Fahrzeugherstellern steigern. Eine Bündelung der Nachfrage durch den Zusammenschluss mehrerer Unternehmen oder Kommunen kann Skaleneffekte und somit auch günstigere Einkaufskonditionen ermöglichen. Zudem werden Hersteller stimuliert, entsprechende Fahrzeugtypen zu entwickeln und anzubieten.

Beispiele für Beschaffungskooperationen gibt es bei Einkaufsgemeinschaften von BZ-Bussen (Vestische Straßenbahnen mit Bremerhavener Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH und Verkehr und Wasser GmbH Oldenburg), BZ-Abfallsammelfahrzeugen (KSR mit den Entsorgungsbetrieben der Städte Bochum, Duisburg, Herne und Paderborn) und LKW (LKW-Initiative des Landes NRW mit den Verbänden VCI, HDE, VVWL – vgl. Steckbrief). Gerade für die kommunalen Entsorgungsdienste besteht durch die gemeinsame Beschaffung von Abfallsammelfahrzeugen ein kurzfristiges Potenzial in der Region. Auch für Handwerksbetriebe bietet sich diese Möglichkeit an. Über eine Kumulierung von Fahrzeugen, z. B. angestoßen über die Kreishandwerkerschaften, können für Hersteller attraktive Stückzahlen entstehen. Hier sollten auch ausdrücklich Akteure außerhalb der Region mit eingebunden werden, um sinnvolle Kooperationen zu bilden.

Als Best-Practice-Beispiel für die kooperative Beschaffung von LKW kann das Konzept der H2 Energy in der Schweiz herangezogen werden. Hier wurde über ein Joint Venture mit Hyundai und ein Pay-per-Use-Modell die Beschaffung von 1.600 LKW bis 2025 angestoßen.[97]

[97] https://h2energy.ch/2020/07/08/worlds-first-fuel-cell-heavy-duty-truck-hyundai-xcient-fuel-cell-heads-to-europe-for-commercial-use/, abgerufen am 05.08.2021.

N.4 **Kommunale Unternehmen als Pioniere etablieren**

Kommunale Flottenbetreiber können als „First Mover" den Grundstein für den Durchbruch der Wasserstoffmobilität legen. Die Beschaffung von größeren Mengen, insbesondere bei schweren Nutzfahrzeugen, stimuliert über Stückzahlen die Aktivitäten der Fahrzeughersteller sowie der Zuliefererindustrie. Zudem wird direkt der Aufbau der Tankstelleninfrastruktur angeregt, da eine planbare und hohe Auslastung garantiert werden kann. Dadurch werden auch die Marktvoraussetzungen für privatwirtschaftliche Unternehmen wie Logistik- und Speditionsunternehmen sowie Mobilitätsdienstleister verbessert.

Kommunen und kommunale Unternehmen sollten dementsprechend eine ambitionierte Umsetzung der Quoten für die Neubeschaffungen der Clean Vehicles Directive anstreben – mit batterieelektrischen und wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen.

N.5 **Instandhaltungskonzepte, Werkstätten und Personal aufbauen**

Um die Hürden beim Aufbau von Werkstätten und Personal sowie der Instandhaltung von Fahrzeugen zu senken, sollten in der Einführungsphase von Wasserstofffahrzeugen *gemeinsame Konzepte* erarbeitet und vorhandene Ressourcen möglichst vielen Akteuren zugängig gemacht werden. So könnten beispielsweise Wasserstoffwerkstätten für kommunale Partnerbetriebe oder benachbarte private Betriebe geöffnet werden. Durch die Übernahme von Instandhaltungsdienstleistungen können sich für Unternehmen neue Geschäftsfelder ergeben.

5.3.4 Wissen

Herausforderungen und Chancen

- Im Wettbewerb als Wirtschaftsstandort für Wasserstofftechnologien konkurriert die Region mit weiteren Wasserstoffregionen in Deutschland und der Welt um innovative Unternehmen.
- Für die Wartung und Instandhaltung von Brennstoffzellenfahrzeugen ist spezifische Fachkunde erforderlich. Neben den wasserstoffbezogenen Themen wie Druckgasspeicherung und Explosionsschutz ist auch das Thema Hochvolt zu beachten.
- Trotz Aufklärung bestehen teilweise Hemmungen beim Kontakt mit dem Thema Wasserstoff (Einstellungsakzeptanz) und bei der aktiven Einbringung mit Projekten (Handlungsakzeptanz).[98]

Handlungsempfehlungen

W.1 **Anwenderzentrum erweitern und stärken**

Um ein attraktiver Wirtschaftsstandort für Wasserstofftechnologien zu bleiben, sollte der Leuchtturm Anwenderzentrum h2herten gestärkt werden. Zudem können dem Anwenderzentrum bei einem fortschreitenden Wachstum der Wasserstoffwirtschaft neue Aufgaben und Kompetenzen zukommen (siehe Kapitel 5.4).

W.2 **Maßnahmen zur Ausbildung von Fachkräften bündeln**

Als weiterer Standortfaktor sollte die Ausbildung (hoch)qualifizierter Wasserstoff-Fachkräfte unterstützt werden. Grundsätzlich ist zu empfehlen, das Thema Qualifizierung von Fachkräften mit den einschlägigen Aus- und Weiterbildungseinrichtungen gemeinsam abzustimmen und voranzutreiben.

[98] U. Schneider und E. Dütschke, „Wasserstoff als neuer Energieträger: HYACINTH: Europaweite Akzeptanzbefragung", HZwei: Das Magazin für Wasserstoff und Brennstoffzellen, pp. 31–33, Januar 2017.

Einige relevante Akteure der Region haben ihre Aktivitäten und Bedürfnisse in den Steckbriefen dargelegt. Diese sollten in die in der Roadmap H_2EL beschriebenen Qualifizierungsmaßnahmen mit eingebunden werden.

W.3 **Öffentlichkeitsarbeit und Akzeptanzmaßnahmen forcieren**

Durch umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit wie Thementage oder Roadshows kann die Einstellungs- und Handlungsakzeptanz zum Thema Wasserstoff weiter gesteigert werden. Zudem hat sich gezeigt, dass ein direkter Kontakt mit der Technologie, z. B. bei Brennstoffzellenbussen oder in Taxis bzw. Car-Sharing-Fahrzeugen, zu einer Steigerung der Akzeptanz führen kann.

5.4 REGIONALE STRUKTUREN

Nach der Betrachtung der Herausforderungen und Chancen und den entsprechenden Handlungsempfehlungen werden in diesem Kapitel Vorschläge zu übergeordneten Strukturen vorgestellt, die den Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft fördern und beschleunigen können.

Grundsätzlich verfügt unsere Region über zahlreiche, vielversprechende Aktivitäten im Bereich Wasserstoff. Das gilt einerseits für die strategische Managementebene – seit 2020 existiert eine Wasserstoffstrategie für die Emscher-Lippe-Region und im Juli 2021 wurde eine entsprechende Wasserstoff-Roadmap veröffentlicht –, andererseits für die projektspezifische Ebene, wie Kapitel 5.1 aufzeigt. Auf Projektebene ist festzuhalten, dass sich die identifizierten Projekte aktuell in unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden, die im Folgenden in drei unterschiedliche „Flugebenen“ systematisiert werden (vgl. Abbildung 43).

Auf **Flugebene A** befinden sich Projekte, die ein weit fortgeschrittenes Entwicklungsstadium aufweisen. Diese Projekte befinden sich zum Teil schon in der Umsetzung oder haben zumindest eine Investitionsentscheidung getroffen. Für die entsprechenden Akteure stehen vor allem die Erprobung und der Erfahrungsaustausch mit anderen Projekten im gleichen Entwicklungsstadium im Vordergrund, weniger die strategische Ausrichtung. In dieser Phase benötigen diese Akteure einen klaren Fokus auf die verbleibenden Schritte zur Projektumsetzung. Räume für allgemeine strategische Ausrichtungen einer Region oder grundlegende Diskussionen zu Wasserstofftechnologien lenken von einer zielgerichteten, zeitnahen Umsetzung ab. Daher kann eine hohe öffentliche Aufmerksamkeit aus verschiedenen Richtungen schnell zu einer Verunsicherung der Akteure führen.

Flugebene A:
Beschreibung:
Projekte und Aktivitäten, die weit entwickelt sind (Investitionsentscheidung getroffen und/oder in Umsetzung).
Unterstützungsbedarf:
Gering. Beschaffung, Einführung und Erprobung stehen im Vordergrund.

Projekte, die sich auf Zwischenstufen befinden.

Flugebene B:
Beschreibung:
Projekte, die im Ideenstatus und derinternen Diskussion sind (und/oder noch keine Unterstützung benötigen).
Unterstützung:
Häufig noch keine Unterstützung notwendig. Der Fokus liegt auf der internen Konkretisierung der Ideen. Bedarf an Wasserstoff-Basiswissen.

Abbildung 43: Unterschiedliche Entwicklungsstadien der Projekte

Auf **Flugebene B** befinden sich die meisten Projekte im Ideenstatus. Die entsprechenden Akteure benötigen allgemeine und projektspezifische Informationen, um daraus weitergehende Überlegungen zu technischer oder wirtschaftlicher Machbarkeit anzustellen. Informationen zu Technologien, Herstellern und Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten dienen dabei als

Grundlage. Zur Eingliederung in vorhandene Strategien und Umsetzungskonzepte sollte ihnen ein Überblick über existierende und regionale Aktivitäten und Strukturen gegeben werden.

Projekte auf der Zwischenstufe der beiden Flugebenen befinden sich in der Vorbereitung- oder Planungsphase und benötigen in der Regel externe Expertise, um die Umsetzungsplanung voranzutreiben. Auf dieser Zwischenstufe befinden sich aktuell nur wenige Projekte in unserer Region.

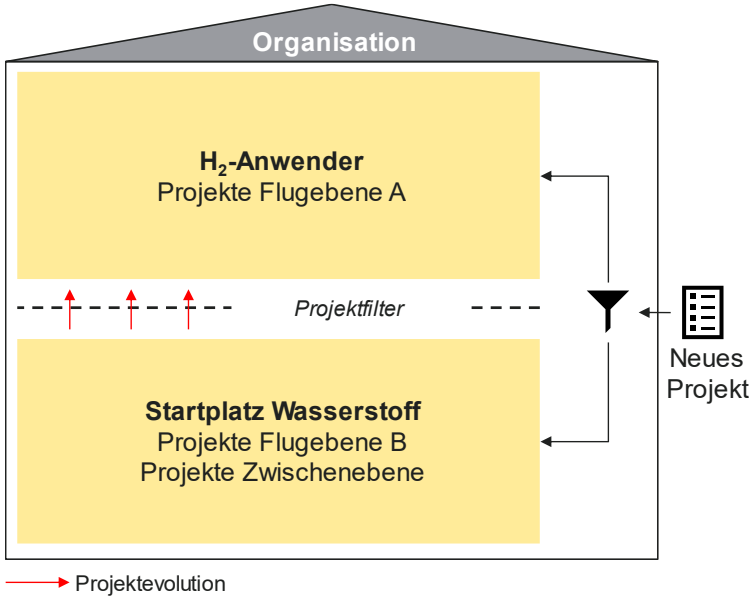


Abbildung 44: Aufbau und Struktur des H_2-Anwenderkreises

Um die Bedürfnisse der Projekte auf den verschiedenen Flugebenen und die Aktivitäten auf der Managementebene zu strukturieren und miteinander zu synchronisieren, schlagen wir den Aufbau eines **H_2-Anwenderkreises** vor.

Der H_2-Anwenderkreis richtet sich sektorenübergreifend an regionale Akteure jeder Wertschöpfungsstufe. Auf der Wertschöpfungsstufe Nutzung liegt der Fokus auf Akteuren und Projekten der Mobilität. Der Anwenderkreis soll dazu dienen, die einzelnen Akteure bedarfsgerecht zu unterstützen, um erstens Projekte effizient umsetzen und zweitens Erfahrungen weitergeben zu können. Wie Abbildung 44 veranschaulicht, setzt sich der Anwenderkreis aus zwei Stufen zusammen: den „H_2-Anwendern“ und dem „Startplatz Wasserstoff“. Welcher Stufe ein Akteur bzw. sein Projekt zugeordnet wird, entscheidet der sogenannte „Projektfilter“. Als Koordinator des Ganzen ist eine „Organisation“ vorgesehen. Im Folgenden wird der H_2-Anwenderkreis in seinen Ausprägungen beschrieben. Zudem wird dargestellt, auf Basis welcher Kriterien die Projektzuordnung erfolgt und wie sich der H_2-Anwenderkreis organisieren kann.

Organisation

Ziel:

1. Koordination der gesamten Struktur des H_2-Anwenderkreises und Durchführung der organisatorischen Aufgaben für die H_2-Anwender, den Projektfilter und den Startplatz Wasserstoff.
2. Erarbeitung und Veröffentlichung von Broschüren und Leitfäden zur Information über Technologie und Aktivitäten.

Verantwortung:

- Der*die Rollenverantwortliche muss über ausreichende zeitliche und personelle Kapazitäten verfügen, da die gesamte Struktur laufend organisiert und weiterentwickelt werden muss. Empfehlung: Die Wasserstoffkoordination der WiN Emscher-Lippe wäre eine vorhandene Einheit, an der die Organisation angegliedert werden könnte. Die genaue Zusammensetzung ist zu definieren, höchstwahrscheinlich benötigen die Wasserstoffkoordinator*innen Unterstützung.

Räumlichkeiten:

- Vorschlag: Anwenderzentrum h2herten
  Doncaster-Platz 5–7
  45699 Herten

Aufgaben:

- Schaffung einer ganzheitlichen, akteurszentrierten Struktur in der Region und Bündelung/Vernetzung der verschiedenen Aktivitäten.
- Repräsentanz der regionalen Bedürfnisse auf Landes- und Bundesebene. Dafür ggf. Abstimmungen mit anderen H_2-Regionen in NRW, um aktiven Austausch mit Bund und Land aufzubauen. Ziel ist, dass die Bedürfnisse in neue Förderrichtlinien eingehen und regionale Akteure Einfluss auf die Entwicklung übergeordneter Strategien erhalten.
- Organisation/Koordination von:
  - Veranstaltungen und Seminaren (bedarfsorientiert)
  - Wasserstoff-Basiswissen (bedarfsorientiert)
  - Leitfäden, bspw. für die Genehmigung von Elektrolyseuren oder Wasserstofftankstellen
  - Tools (siehe „Startplatz Wasserstoff“)
  - Beschaffungsinitiativen
  - Einholung externer Expertise
  - Information/Update der kommunalen Verwaltungen

Die kürzlich veröffentlichte Wasserstoff-Roadmap der Emscher-Lippe-Region und der Abschluss des HyExperts-Projektes, in dem zahlreiche Wasserstoff-Aktivitäten der Region in Steckbriefen erfasst worden sind, sollten als Grundlage für die Etablierung des H_2-Anwenderkreises genutzt werden.

H_2-Anwender

Auf der Stufe „H_2-Anwender“ befinden sich Projekte und Akteure aus Flugebene A, d. h. Projektvorhaben, die zeitnah realisiert werden sollen, sich in Umsetzung befinden oder auch schon umgesetzt worden sind.

Ziele:

1. Erfahrungsaustausch über die Anwendung von Wasserstoff-technologien und die Umsetzung von Projekten.
2. Abstimmungen, wie die Vernetzung der Projekte und der Infrastruktur vorangetrieben und deren wirtschaftliche und technische Hürden gesenkt werden können.

Voraussetzung:

- Sicherstellung eines geschlossenen Raumes, in dem Gedanken und Ideen ungezwungen entwickelt werden können. Dafür muss absolute Vertraulichkeit unter den Akteuren und der Organisation gewährleistet sein (z. B. über Vertraulichkeitserklärungen).
- Die Akteure sollten von Aktivitäten abseits des operativen Geschäfts (z. B. Öffentlichkeitsarbeit) zunächst größtenteils abgeschirmt bzw. bei Bedarf zielgerichtet unterstützt werden.

Aufgaben/Nutzen für die Akteure:

- Regelmäßiger Austausch, der sich an den individuellen Bedarfen der Akteure orientiert. Dabei kann der Erfahrungsaustausch auf allen Ebenen erfolgen:
  - strategische Überlegungen auf Management-Ebene (z. B. Aufbau von Marktstrukturen, Umstellungsstrategien),
  - operative Überlegungen und Erfahrungen (z. B. Projekt-entwicklung, Ausschreibungen etc.),
  - Erfahrungen von direkten Anwendern der Wasserstoff-technologien (z. B. Fahrer, Werkstattpersonal, Ingenieure).
- Gegenseitige Unterstützung bei der (gemeinsamen) Beschaffung und Einholung von Fördermitteln, projektspezifische Fragestellungen.
- Gemeinsame Abwicklung von Genehmigungsprozessen.

- Ist der Anwenderkreis etabliert, können auch Akteure aus anderen Regionen für Austausche oder die regionsübergreifende Vernetzung der Aktivitäten mitaufgenommen werden (die Zustimmung der H_2-Anwender vorausgesetzt).

Startplatz Wasserstoff

Der Startplatz Wasserstoff dient als Anlaufstelle für Projekte der Flugebene B und der Zwischenebene.

Ziele:

1. Unterstützung bei der Initiierung und Weiterentwicklung von Projekten durch die Organisation.
2. Vernetzung der Projekte, damit die Akteure voneinander wissen und voneinander lernen können sowie erste Verknüpfungen zwischen den Projekten entwickeln, um dadurch wirtschaftliche oder technische Synergieeffekte zu heben.

Aufgaben/Nutzen für die Akteure:

- Bereitstellung von Wasserstoff-Basiswissen (z. B. Technologiesteckbriefe, regelmäßige bedarfsorientierte Seminare) durch die Organisation.
- Unterstützung bei der Weiterentwicklung der Projektansätze durch die Organisation.
  - Bereitstellung von Leitfäden und Tools, bspw. zur Abschätzung von Wasserstoffbedarfen einer Fahrzeugflotte.
  - Vermittlung von Unterstützung von projektspezifischen Fragestellungen, wie Fördermöglichkeiten oder wirtschaftliche und technische Machbarkeitsstudien.
- Vernetzung der Projektansätze in der Region, um durch Synergieeffekte die Wirtschaftlichkeit zu steigern und somit Realisierungswahrscheinlichkeiten zu erhöhen.
  - Bereitstellung einer gepflegten Datenbank aller Aktivitäten (Projekt-Steckbriefe aus Kapitel 4 können als Grundlage dienen). Darin könnte aufgeführt werden, was der jeweilige Akteur innerhalb der Wasserstoff-Wertschöpfungskette anbieten kann und was er benötigt. Bei Genehmigung oder Wunsch des Akteurs könnten für Interessierte auch Ort und Kontaktdaten hinterlegt werden.
  - Matching und Vernetzung der Akteure auf Basis der projektspezifischen Bedarfe (Prämisse: Beide Akteure stimmen ausdrücklich zu).
- Ist der Startplatz Wasserstoff etabliert, können auch Akteure aus anderen Regionen für die regionsübergreifende Vernetzung der Aktivitäten mitaufgenommen werden.

Projektfilter

Ziele:

1. Orientierungshilfe für neue Projektansätze innerhalb der regionalen Struktur, um bedarfsgerechte Unterstützung zu ermöglichen.
2. Auswahl, welche Akteure sich für die Stufe der H_2-Anwender qualifizieren.

Mögliche Kriterien für die Aufnahme bei den H_2-Anwendern:

- Hat der neue Akteur Vorarbeiten vorzuweisen (z. B. eine techno-ökonomische Machbarkeitsstudie o. Ä.)?
- Hat der Akteur eine Investitionsentscheidung getroffen?
- Geht ein Akteur in die Erprobung, Beschaffung oder den Bau von Anlagen?
- Generell: Bringt der Akteur einen Mehrwert für den bestehenden H_2-Anwenderkreis mit?

Wichtig: Die genannten Kriterien dienen lediglich als Hilfestellung zur Entscheidungsfindung. Über die Aufnahme weiterer Akteure entscheidet jeweils der bestehende H_2-Anwenderkreis. Die kürzlich erfolgte Veröffentlichung der Wasserstoff-Roadmap der Emscher-Lippe-Region sollte als Startschuss für die Etablierung des H2-Anwenderkreises genutzt werden. Die im Rahmen dieser HyExperts-Studie geleistete Vorarbeit, insbesondere

die Erfassung der regionalen Wasserstoff-Aktivitäten in Form von Steckbriefen, bildet eine gute Grundlage dafür.

Ein möglicher erster Anlass könnte ein HyPerformer-Antrag sein

Für das letzte Quartal des Jahres 2021 ist die Ausschreibung des Förderaufrufes für das HyPerformer-Programm angekündigt. In HyPerformer werden Projekte durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) bei der Umsetzung von regionalen Wasserstoffkonzepten durch Investitionszuschüsse in Millionenhöhe gefördert. Da die Förderung auf die zeitnahe Umsetzung konkreter Wasserstoffprojekte abzielt, sollten bei der Ermittlung eines Bewerber-Konsortiums jene Akteure treibende Kraft sein, die letztlich eine Investitionsentscheidung treffen und innerhalb des HyPerformer-Projektes Wasserstofftechnologien beschaffen. Der H_2-Anwenderkreis kann die relevanten H_2-Anwender unserer Region zusammenbringen und mit weiteren interessierten Akteuren – auch außerhalb der Region – ein Konzept für die Bewerbung für HyPerformer entwickeln. Die Organisation des H_2-Anwenderkreises könnte dabei folgende Aufgaben übernehmen:

- Koordinierung des Gesamtprozesses
- Netzwerkmanagement zum Koordinator des Förderaufrufes
- Inhaltlicher Entwurf des Gesamtkonzeptes (= der Bewerbung)
- Ggf. Einbindung weiterer Stakeholder, z. B. aus anderen Regionen

Im Falle eines Zuschlags könnte der H_2-Anwenderkreis eine zentrale Rolle bei der internen Koordination der Projekte übernehmen.

Auf diese Weise könnte die Zugkraft der HyPerformer-Förderung wesentlich dazu beitragen, die vorgeschlagenen Strukturen in der Region zeitnah aufzubauen und damit die Grundlagen für die weitere erfolgreiche Entwicklung einer starken Wasserstoffwirtschaft vor Ort zu schaffen. Dieses Momentum gilt es nun zu nutzen.

FAZIT UND AUSBLICK

Die vorliegende Studie zeigt, dass unsere Region durch ihre vielfältigen Aktivitäten auf allen Stufen der Wasserstoff-Wertschöpfungskette (Erzeugung, Verteilung, Nutzung, Komponenten, Wissen/Qualifizierung) sehr gut aufgestellt ist. Mittelfristig könnten die regionalen Erzeugungsmengen sogar die Wasserstoffbedarfe des Verkehrs übersteigen. Das ist insbesondere davon abhängig, wie sich das Angebot und damit der Hochlauf an Brennstoffzellenfahrzeugen entwickelt. Letzteres geht einher mit dem schnellen Aufbau einer bedarfsorientierten Wasserstoffinfrastruktur.

Um mittel- bis langfristig einen positiven Einfluss auf den Klimaschutz und die regionale Wertschöpfung zu haben, müssen die einzelnen Wasserstoff-Aktivitäten der Region in eine eng vernetzte Wasserstoffwirtschaft übergehen. Es entsteht ein Markt, der Angebot und Nachfrage ausbalanciert und den Ausbau der Infrastruktur entsprechend steuert. Die Entwicklung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft ist bei einem Markthochlauf der entsprechenden Technologien vorprogrammiert. Erste Verzahnungen von Projekten in der Region und darüber hinaus bilden sich bereits aus. Um Reibungsverluste, beispielsweise einen Verdrängungswettbewerb der Erzeuger, zu vermeiden, möchten wir diese Entwicklungen und die Akteure bestmöglich unterstützen!

Dafür haben wir innerhalb von HyExperts den sogenannten H_2-Anwenderkreis konzipiert. Der H_2-Anwenderkreis soll die unterschiedlichen Bedürfnisse der Akteure in der Emscher-Lippe-Region unterstützen. Wir empfehlen zur Moderation des Anwenderkreises die Nutzung der Strukturen der Wasserstoffkoordination der WiN Emscher-Lippe GmbH. Viele Projektansätze befinden sich noch in der Planungs- bzw. Konzeptionierungsphase, einige Projekte sind bereits in der Umsetzung. Der Anwenderkreis soll daher akteursspezifische Unterstützung bereitstellen. Den Kern des H_2-Anwenderkreises bilden die Akteure, die in die Erprobung der Wasserstofftechnologien gehen. Diese benötigen zum einen den intensiven Erfahrungsaustausch bezüglich des Umgangs mit den neuartigen Technologien und sind zum anderen wesentlich an der strategischen Weiterentwicklung der regionalen Wasserstoffwirtschaft beteiligt. Die Tagung des ersten H_2-Anwenderkreises ist bereits in Planung und soll die angestoßene Entwicklung in der Region verstetigen.

ANHANG

Annahmen zur Analyse der Wasserstoffpotenziale (Kapitel 3)

Wasserstofferzeugung

Tabelle 6: Parameter für die Ermittlung der Wasserstofferzeugungspotenziale

	Wirkungsgrad	Verhältnis Energieeinsatz					
Elektrolyse	63 %						
Dampfreformierung		1,81 kWh_{H2}/kWh_{el}					
	Energieträger	**Verfahren**	**(Rest-)Wirkungsgrad**	**Volllaststunden p. a.**	**Restlaufzeit**	**Minimale Anlagengröße**	**Verfügbarkeit für H2-Erzeugung**
Ausgeförderte Anlagen	Wind	EL[99]	95 %	2.200	5 Jahre	alle	50 %
	PV	EL	80 %	900	10 Jahre	> 0,1 MW	100 %
	Biomasse	DF[100]	100 %	7.000	10 Jahre	> 0,1 MW	10 %
Bestehende Anlagen	Wind	EL	100 %	2.200	20 Jahre	> 0,1 MW	10 %
	PV	EL	100 %	900	20 Jahre	> 0,1 MW	10 %
	Biomasse	DF	100 %	7.000	20 Jahre	> 0,1 MW	0 %
	Bio-HKW	EL	100 %	-101	20 Jahre	-	10 %
	MHKW	EL	100 %	-[101]	20 Jahre	-	10 %
Neue Anlagen	Wind	EL	100 %	2.200	20 Jahre	alle	20 %
	PV	EL	100 %	900	20 Jahre	> 0,1 MW	10 %
	Biomasse	DF	100 %	7.000	20 Jahre	alle	0 %

[99] EL: Elektrolyse.
[100] DF: Dampfreformierung.
[101] Berechnung über die jährlich erzeugten Strommengen.

Tabelle 7: Quoten von Brennstoffzellenfahrzeugen an emissionsarmen/-freien Fahrzeugen im Szenario „Klimaziele“

Fahrzeugklasse	In den Jahren 2021–2025	In den Jahren 2026–2030
PKW	0,5 %	1,0 %
LNF [bis 3,5 t zGG]	3,0 %	4,0 %
SNF I [3,5 – 12 t zGG]	12,5 %	50,0 %
SNF II [ab 12 t zGG]	12,5 %	50,0 %
Busse	12,5 %	50,0 %

HYEXPERTS

REGION EMSCHER-LIPPE

bottrop.

Stadt Gelsenkirchen

KREIS RECKLINGHAUSEN
DER VESTISCHE KREIS

Gefördert durch:
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:
NOW GMBH.DE

Projektträger:
ptj Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

www.regioklima.de/klimaschutz/wasserstoff