

HIER. HEUTE. H2.

Ein Beitrag im Wettbewerb „Modellkommune/-region Wasserstoffmobilität NRW“

Teil 1 | Endbericht



**KOMPETENZREGION
WASSERSTOFF**
Düssel.Rhein.Wupper



KOMPETENZREGION
WASSERSTOFF
Düssel.Rhein.Wupper

Auftraggeber

Landeshauptstadt Düsseldorf
Der Oberbürgermeister
Amt für Umwelt- und Verbraucherschutz

Verantwortlich:
Thomas Loosen

Düsseldorf, August 2020

erstellt durch

Becker Büttner Held Consulting AG (BBHC) Hauptauftragnehmer

Agrippinawerft 26-30, 50678 Köln

Projektteam: Dr. Hanno Butsch, David Siegler, Nikolas Beneke, Fabian Rottmann,
Philipp Jahnke, Tim Scherwath

Becker Büttner Held (BBH)

Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater PartGmbH

Magazinstraße 15-16, 10179 Berlin

Projektteam: Dr. Martin Altmann, Christine Kliem

ZBT - Zentrum für Brennstoffzellen-Technik GmbH

Carl-Benz-Straße 201, 47057 Duisburg

Projektteam: Joachim Jungsbluth, Georg Dura, Dorothee Lemken

motum GmbH – Kommunikationskonzepte und Präsentationsdesign

Königstr. 30, 22767 Hamburg

Projektteam: Jule Claussen, Rüdiger Buchholz, Tina Broda

gefördert durch:

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Universität Duisburg-Essen

Institut für Mobilitäts- und Stadtplanung / Zentrum für Logistik und Verkehr (ZLV)

Universitätsstr. 15, 45141 Essen

Projektteam: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Wittowsky, Maik Luksch, Andreas Hoene



INHALT

Grußwort	4
Zusammenfassung	6
HIER	11
Wer wir sind	11
Wir sind lebendiger Ballungsraum	11
Wir sind innovative Wirtschaftsregion	12
Wir sind stark frequentierter Verkehrsknotenpunkt	12
Wir sind Europas Logistikzentrum.....	12
Die Initiatoren.....	12
Was uns antreibt	13
Einleitung	13
Was uns herausfordert	14
Einleitung	14
CLUSTER: Erzeugung	16
CLUSTER: Anwendung.....	19
CLUSTER: Infrastruktur	24
CLUSTER: Ausbildung.....	25
Fazit	26
Was wir haben	27
Einleitung	27
CLUSTER: Erzeugung	27
CLUSTER: Anwendung.....	37
CLUSTER: Infrastruktur	39
CLUSTER: Ausbildung.....	41
Fazit	42
HEUTE	43
Was wir wollen	43
Einleitung	43
Identität – Wer ist die Kompetenzregion und was tut sie?	43
Der Masterplan.....	49
Fazit	53

Wie wir denken	54
Einleitung	54
CLUSTER: Erzeugung.....	54
CLUSTER: Anwendung	59
CLUSTER: Infrastruktur	61
CLUSTER: Ausbildung	65
Übertragbarkeit auf andere Kommunen	68
H2	69
Was wir tun.....	69
Die Schlussfolgerung	69
Der Haken an der Geschichte.....	70
Die Kompetenzregion Wasserstoff und der H2.Enabler	72
Der H2.Enabler	73
Kommunikationsstrategie	78
Was es nutzt	82
Der H2.Enabler im Modell.....	82
Beitrag zur Minderung von Treibhausgasemissionen	90
Das Kosten-Nutzen-Verhältnis.....	92
Der Beitrag für die Region	94
Wohin wir wollen.....	96
Was jetzt noch fehlt.....	98
Glossar	99
Anhang	100

GRÜßWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,

vor Ihnen liegt das Feinkonzept der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper. Unser Beitrag zum Wettbewerb „Modellkommune/-region Wasserstoffmobilität NRW“. Wir beschreiben darin konkrete Pfade für die Erzeugung, Verteilung und Anwendung von Wasserstoff im Mobilitätsbereich – und wie diese in unserer Region umgesetzt werden können. Um einen regionalen Wasserstoff-Markt anzustoßen, haben wir mit dem H2.Enabler ein Instrument entwickelt, das lokale Erzeugungskapazität und Anwendungsbedarfe auf wirtschaftliche Weise in Einklang bringt und damit potenzielle Synergien in ökonomische Vorteile verwandeln kann. Unser langfristiges Ziel einer sich selbst tragenden Wasserstoffmobilität ist damit ein gutes Stück näher gerückt.

Auf dem gemeinsamen Weg vom Grob- zum Feinkonzept, ist noch viel mehr entstanden, das den vorliegenden Seiten nicht direkt zu entnehmen ist. Deswegen möchten wir Sie einladen zu einem Blick in den Maschinenraum der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper.

Eine vertrauensvolle Zusammenarbeit: Die beteiligten Körperschaften finden für sich jeweils sehr unterschiedliche Startbedingungen vor. Durch den vertrauensvollen Austausch wurden gemeinsame Fragestellungen identifiziert und Verständnis für die Positionen des jeweils anderen entwickelt. So wie Wasserstoff ein Baustein im zukünftigen Energiesystem sein wird, so kann sich das vorliegende Konzept zu einem Baustein der (auch über-)regionalen Zusammenarbeit entwickeln. Gerade im Mobilitätssektor sind die Fragestellungen so vielschichtig, dass wir sie allein nicht beantworten können – gemeinsam können wir jedoch viel schaffen.

Verlässliche und produktive Partnerschaften: Eine besondere Bedeutung für die Lernkurve, die auf dem Weg zur vorliegenden Feinkonzeption durchlaufen wurde, kommt den assoziierten Partnern zu. Durch Workshops, Einzelgespräche und die Gründung von Initiativen füllen sie die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper mit Leben und Praxiserfahrung. Wir möchten daher ihre Rolle besonders würdigen und uns für die überaus erfolgreiche Kooperation bedanken. Übrigens: Nicht alles, was zum Thema Wasserstoff in der Region passiert, ist schon so spruchreif, dass es Teil dieser Feinkonzeption werden konnte – wir freuen uns daher schon auf die Projekte, die nachfolgen werden.

Ein gegenseitiges Versprechen: Wir wollen gemeinsam Lösungsansätze für eine nachhaltige Verkehrswende auf der Grundlage von Wasserstoff entwickeln. Dafür haben wir unterschiedliche Meilensteine passiert – und mit jedem davon ist unser Projekt an Köpfen und Ideen reicher geworden. In Gesprächen mit dem Land, der EnergieAgentur.NRW und auch den anderen Teilnehmenden im Wettbewerb ist deutlich geworden, wie viel Potenzial, aber auch wie viel Arbeit in der Umsetzung steckt. Deswegen ist unsere Arbeit mit dem vorliegenden Konzept nicht beendet – sie geht nun erst richtig los.

Wir wünschen Ihnen beim Lesen des Konzeptes, dass Sie viel Neues entdecken und dabei auch Anknüpfungspunkte für Ihre eigenen Ideen finden. Vieles ist vielleicht auch bekannt, wird aber in einen neuen Zusammenhang gesetzt. So entstehen neue Lösungsräume. Als KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper freuen wir uns darauf, unser Konzept in die Tat umzusetzen. Und gemeinsam mit den Regionen Steinfurt und Köln das Thema Wasserstoffmobilität für ganz Nordrhein-Westfalen entscheidend voran zu bringen.

Der Steuerkreis der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper

Dr. Thomas Griebe

Abteilungsleiter Umweltamt der Stadt Duisburg

Stephan Andres

Stabsstelle für Wirtschaft-, Europa- und Fördermittelangelegenheiten der Stadt Duisburg

Margit Roth

Amt für Umwelt- und Verbraucherschutz der Landeshauptstadt Düsseldorf

Judith Litzenburger

Kommunikation Energiewirtschaft bei den Stadtwerken Düsseldorf AG

Rolf Dollase

ehemals Kommunikation Politik und Entwicklung bei den Stadtwerken Düsseldorf AG

Marcus Temburg

Amt für Entwicklungs- und Landschaftsplanung des Rhein-Kreis Neuss

Matthias Ohi

Leiter Erzeugung Strom und Fernwärme der WSW Energie & Wasser AG



KOMPETENZREGION
WASSERSTOFF
Düssel.Rhein.Wupper

Andreas Meyer

Leiter Technik Bus der WSW mobil GmbH

Willy Görtz

Projekte, stv. Betriebsleiter der AWG Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH Wuppertal

Markus Schewitza

Geschäftsführer der AIR LIQUIDE Advanced Technologies GmbH

Joachim Schütte

Business Control & Commercial Project Manager der AIR LIQUIDE Advanced Technologies GmbH

Dr. David Rüdiger

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Logistik, Verkehr und Umwelt am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik



Landeshauptstadt
Düsseldorf



STADT WUPPERTAL



ZUSAMMENFASSUNG

Nordrhein-Westfalen hat sich auf den Weg gemacht, um die klimafreundliche Wasserstoff-Technologie im Verkehrsbereich voranzutreiben, und dazu den Wettbewerb „Modellkommune/-region Wasserstoff-Mobilität NRW“ gestartet. Gesucht wird eine Region, die zeigen kann, wie wasserstoffbasierte Mobilität erfolgreich in der Praxis umgesetzt wird, und die damit zum Vorbild für andere Gemeinden, Kreise und Regionen werden kann. Das vorliegende Feinkonzept versteht sich in diesem Kontext als Wettbewerbsbeitrag der Kommunen Duisburg, Düsseldorf, Wuppertal und Rhein-Kreis Neuss sowie der Stadtwerke Düsseldorf und Wuppertal und des Unternehmens Air Liquide. Als „KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf, Rhein, Wupper“ (im Folgenden auch: „Kompetenzregion Wasserstoff“ bzw. „Kompetenzregion“) sind wir davon überzeugt, zum Ausgangspunkt einer regional wertschöpfenden Wasserstoffwirtschaft werden zu können, die landesweite Strahlkraft entwickelt und überdies tragfähige Geschäftsmodelle für die Zukunft etablieren wird.

Die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf, Rhein, Wupper

Unsere Region umfasst mit knapp 2 Millionen Einwohnerinnen und Einwohnern rund 10 Prozent der Landesbevölkerung von Nordrhein-Westfalen und repräsentiert mit einem breiten Spektrum unterschiedlichster Wirtschafts- und Lebensräume auch seine ganze Vielfalt – auf kleinstem Raum. Industrie, Handel und Landwirtschaft, Ballungszentren und ländliche Räume sind hier in der Region gleichermaßen vertreten und prägen unser Leben und Arbeiten. Auch der Strukturwandel beschäftigt uns. Zusammengefasst gilt daher: Was bei uns funktioniert, kann beispielhaft für Nordrhein-Westfalen stehen.

Wir sind das Logistikzentrum Europas: zu Lande, zu Wasser und in der Luft. Mehr als jeder zehnte LKW in Deutschland fährt durch die Region, die nicht von ungefähr über das dichteste Autobahnnetz in ganz Deutschland erschlossen ist. Jede Woche treffen außerdem rund 50 Güterzüge aus China ein, und an den Häfen Duisburg und Neuss werden gut 45 Prozent des Umschlags der größten deutschen Binnenhäfen erbracht. Der Flughafen Düsseldorf erreicht 100.000 Tonnen Luftfracht pro Jahr. Kurz: Im Bereich Transport und Logistik sind wir stark und verfügen damit zugleich über ein enormes Potenzial, in diesem Bereich mit neuen Ideen und Technologien CO₂-Emissionen zu reduzieren. Hier setzt unser Konzept maßgeblich an.

Auch der Nahverkehr bietet Chancen, Emissionen zu verringern. Allein über 1.000 Busse fahren hier im Auftrag der kommunalen Betreiber. In der Region leisten wir über 10 Prozent aller im ÖPNV zurückgelegten Kilometer in ganz NRW. Übrigens fahren außerdem 8 Prozent aller deutschen Berufspendler in oder durch die Region.

In der Kompetenzregion Wasserstoff arbeiten die regionale Politik, Verwaltung, Energiewirtschaft und Industrie gemeinsam daran, Lösungsansätze für eine nachhaltige Verkehrswende auf der Grundlage von Wasserstoff zu entwickeln. Sowohl während der Grobkonzeption wie auch der Feinkonzeption erwies sich die gemeinsame Idee als starke Triebkraft für eine intensive Zusammenarbeit und einen kreativen Austausch mit hoher Eigendynamik. So konnten wir bereits über 50 Unternehmen aus allen Wertschöpfungsbereichen als assoziierte Partner für die Kompetenzregion gewinnen. Weitere werden folgen.

Unsere Ziele: Klimaschutz und regionale Wertschöpfung

Alle Aktivitäten der Kompetenzregion sind aus zwei zentralen Zielen abgeleitet: Klimaschutz und regionale Wertschöpfung.

KLIMASCHUTZ: Im Rahmen des Wettbewerbes geht es darum, konkrete Beiträge sowie eine Entwicklungsperspektive zur Reduktion der CO₂-Emissionen im Verkehr unter Einsatz der Wasserstofftechnologien zu schaffen. Diesbezüglich sind zwei Aspekte von Bedeutung:

1. Es müssen **ausreichende Brennstoffzellenfahrzeuge** auf die Straße gebracht werden, um die lokalen Emissionen zu senken.
2. Es muss sichergestellt werden, dass auch der **Produktionspfad des Wasserstoffs klimaschonend** ist, um über den Sektor Verkehr hinaus einen nachhaltigen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

REGIONALE WERTSCHÖPFUNG: Innerhalb der Region sind vor allem der Rhein-Kreis Neuss und Duisburg stark vom Strukturwandel betroffen. Wir wollen daher gezielt Perspektiven für regionale Wertschöpfungsströme schaffen, an denen lokale Akteure partizipieren können. Nur so kann eine eigenständige Wasserstoffwirtschaft in der Region initiiert werden, die perspektivisch auch ohne zusätzliche Förderung Wachstum in die Region trägt. Daneben wird durch regionale Wertschöpfung

auch grundsätzlich die Akzeptanz neuer Technologien und der Energiewende gefördert (*Akzeptanz durch Wertschöpfung¹*)

H₂-Allianz zur regionalen Erzeugung von Wasserstoff

Unsere Region besitzt ein großes Potenzial an Wind- und PV-Energieanlagen, die in den kommenden Jahren schrittweise aus der EEG-Förderung fallen. Für das Jahr 2030 sind so ca. 130 MW an Post-EEG-Wind- und -PV-Leistung zu erwarten. Es bietet sich an, diese Potenziale zur Erzeugung von Wasserstoff zu nutzen, zumal die Anlagen vornehmlich in den vom Strukturwandel am direktesten betroffenen Kommunen Duisburg und Rhein-Kreis Neuss liegen. Ein wirtschaftlich attraktives Konzept zur Nachnutzung dieser Anlagen kann daher den Rückbau bestehender EE-Kapazitäten verhindern und zugleich Wertschöpfungsoptionen in der Region erhalten.

Allerdings ist es aufgrund von Laufzeitrisiken und vieler kleinteiliger Standorte nicht realistisch, an den einzelnen Post-EEG-Anlagen jeweils direkt Wasserstoff zu produzieren. Um den wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten und auch den Anwendern von Wasserstofftechnologien (z. B. Busse oder Abfallsammelfahrzeuge) eine sichere Versorgung anbieten zu können, bedarf es einer verlässlichen Grundstruktur. Hierfür bietet sich ein Netzwerk aus MHKW an, die an verschiedenen Standorten der Region in Betrieb sind. Das notwendige technische und wirtschaftliche Know-how ist hier bereits grundsätzlich vorhanden. Auch können die künftig eingesetzten H₂-Abfallsammelfahrzeuge direkt vor Ort betankt werden, so dass zumindest im ersten Schritt kostspielige Transportinfrastrukturen für den Wasserstoff vermieden werden.

Auf Grundlage dieser Überlegung wurde ein intelligentes Wasserstofferzeugungskonzept für die ganze Region entwickelt und im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit analysiert und optimiert. Dabei agieren mehrere Erzeugungsstandorte im Verbund, um in der Markthochlaufphase die Produktionskosten für Wasserstoff und damit auch Eintrittshürden gerade für kleinere Anwender zu senken. Mehrere MHKW bilden die Grundstruktur, die perspektivisch ein Maximum an Post-EEG-Strom aus der

Region zur Elektrolyse einbinden soll. Hierzu gilt es auch, geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen.

Sechs in der Region ansässige MHKW haben sich dieser „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ bereits angeschlossen. Das Ziel: gemeinsam die Verbundidee voranzutreiben und bis 2030 mindestens 6 MW an dezentralen Elektrolyseeinheiten aufzubauen. Damit können bereits 10 Prozent des in der Region anfallenden H₂-Bedarfes sicher abgedeckt werden.

Auch außerhalb der Kompetenzregion Wasserstoff zeigt sich bereits die Anschlussfähigkeit des Konzepts. So haben bereits vier weitere MHKW-Betreiber ihr Interesse bekundet, sich der „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ anzuschließen. Dies belegt eine grundsätzliche Übertragbarkeit des Konzepts und öffnet zudem Türen für eine sukzessive Erweiterung der entwickelten Strukturen.

Anwendungsschwerpunkte in der Kompetenzregion Wasserstoff

Grundsätzlich ist die Wasserstofftechnologie im Verkehrsbereich sehr vielseitig einsetzbar. Aufgrund der bestehenden Regulatorik – insbesondere der Clean Vehicles Directive (CVD) und der CO₂-Flottenverordnung – rechnen wir mit der stärksten Nachfrage in den Segmenten schwere Nutzfahrzeuge, leichte Nutzfahrzeuge, Busse und Sonderfahrzeuge (z. B. Müllsammel- und Straßenreinigungsfahrzeuge).

Die konkrete Nachfrage ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Im Austausch mit diversen Akteuren konnten zwei Anwendergruppen mit grundsätzlich unterschiedlicher Ausgangslage identifiziert werden.

- **ÖFFENTLICHE AUFTRAGGEBER:** Der Handlungsdruck ist durch die CVD deutlich größer und daher sind die Überlegungen zum konkreten Handeln stark entwickelt.
- **PRIVATWIRTSCHAFT:** Grundsätzlich besteht in vielen Bereichen großes Interesse an Brennstoffzellenfahrzeugen. Handlungsdruck in diesem Bereich ergibt sich eher aus Kundenansprüchen als aus verpflichtenden regulatorischen Vorgaben. Daher ist die konkrete Handlungsbereitschaft in dieser

¹ https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2017/GP_JOULE-Machbarkeitsstudie_Akzeptanz-durch-Wertschoepfung.pdf

Gruppe aktuell etwas weniger ausgeprägt. Die Corona-Krise hat mit teilweise gravierenden Auswirkungen auf die wirtschaftliche Lage der Unternehmen die verfügbaren Spielräume zusätzlich verengt.

Zudem wurde ersichtlich, dass in vielen Fahrzeugsegmenten die Technologiereife und Verfügbarkeit der Fahrzeuge derzeit nicht den Ansprüchen der Endanwender genügen. Um diesen Umständen zu begegnen, wurden je Fahrzeugsegment Beschaffungsinitiativen gegründet, die eine gemeinsame Positionierung entsprechend der aktuellen Marktlage zum Ziel haben. Sie spiegeln die Anwendungsschwerpunkte in der Kompetenzregion.

- **BUSSE:** Analog zur „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ wurde eine „H₂-Allianz: Die Betreiber des ÖPNV“ gegründet. Gemeinsam wurde darin das Ziel vereinbart, bis 2030 mindestens 140 Brennstoffzellenbusse auf die Straßen der Kompetenzregion zu bringen.
- **SCHWERE NUTZFAHRZEUGE:** In diesem Segment wurde eine Beschaffungsinitiative gegründet und auch eine Kooperation mit dem Projekt Hy-Truck veranlasst. Ziel dieses Projektes ist es, bis zu 1.000 LKW bis 2025 auf die Straße zu bringen – 200 davon in der Kompetenzregion. Die Beschaffungsinitiative erarbeitet gemeinsame Spezifikationen der benötigten Fahrzeuge und ähnliche Themen.
- **SONDERFAHRZEUGE:** In der Region werden 3–7 BZ-Abfallsammelfahrzeuge neu angeschafft und gehen in den Testbetrieb. Diese Anwendungen sind eng verknüpft mit den Aktivitäten der „H₂-Allianz: Die Erzeuger“.

Infrastruktur – neuartiges Konzept auf Basis von 500-bar-Containern

Die Region verfügt mit derzeit sieben Wasserstofftankstellen und der rund 240 km langen Rhein-Ruhr-Wasserstoffpipeline über eine in Deutschland einmalige Infrastruktur für die Wasserstoffmobilität. Alle zukünftigen Aktivitäten können darauf aufbauen.

In Anbetracht der dargestellten Anwenderschwerpunkte besteht vorrangig Bedarf an weiterer Infrastruktur für leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Sonderfahrzeuge und Busse. Dies sind beispielsweise Tankstellen, die mit dem Betankungsdruck von 350 bar betrieben werden, und neue Betankungsprotokolle für höhere Tankmen-

gen. Hinzu kommen vor allem in der Markthochlaufphase auch dezentrale Tankinfrastrukturen für kleine Fahrzeugflotten. Hiermit sind erste initiale Tankstellen z. B. auf Betriebshöfen für erste Testflotten gemeint.

Die Kompetenzregion Wasserstoff hat für diese Zwecke ein neuartiges modulares Infrastrukturkonzept vorgelegt, das auf der flexiblen Nutzung von 500-bar-Containern basiert. Das Konzept setzt bei den Ergebnissen der „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ an und ermöglicht es, mit großer Flexibilität weitere Tankstellen in der Region aufzubauen und mit Wasserstoff aus den geplanten Erzeugungsanlagen zu versorgen. Auf diese Weise soll eine passgenau mitwachsende Infrastruktur realisiert werden, die den regionalen Anwenderbedarfen gerecht wird, die jeweiligen Erzeugungskapazitäten ausschöpft und damit auch insgesamt wirtschaftliche Endpreise an der Zapfsäule ermöglicht.

Ausbildungsstrategie in der Kompetenzregion Wasserstoff

Um eine Wasserstoffwirtschaft auch tatsächlich nachhaltig in der Region zu verankern und den Standort für Unternehmen attraktiv zu machen, sollen auch spezielle Aus- und Weiterbildungsstränge für Fachpersonal in den neuen Technologiefeldern entwickelt werden. Mit dem Zentrum für Brennstoffzellentechnologie in Duisburg (ZBT), das auch an der Entwicklung des vorliegenden Feinkonzepts beteiligt war, befindet sich eines der in diesem Bereich angesehensten Forschungsinstitute Deutschlands in der Kompetenzregion.

Berufliche Aus- und Weiterbildungskonzepte sind derzeit noch nicht etabliert, so dass die Ausbildung für Betrieb und Wartung von Brennstoffzellenfahrzeugen aktuell vornehmlich in den Unternehmen selbst erfolgt und sich inhaltlich am individuellen Bedarf orientiert. In Zusammenarbeit mit dem Berufsbildungszentrum Dormagen sollen jetzt standardisierte Aus- und Weiterbildungsgänge entwickelt werden, die für alle ÖPNV-Betreiber der Region attraktiv sind. Künftig sollen dann Anwender- und Erzeugerseite gleichermaßen adressiert werden: So soll die Region Fachpersonal für den Verkehrsbereich und für den Betrieb von Elektrolyseuren ausbilden.

Das Modul H2.Enabler

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass es neben einem technisch-ökonomischen Gesamtkonzept und engagierten Akteuren auch weiterer günstiger Rahmenbedingungen bedarf, um neue Technologien in eine breite Anwendung zu bringen. Daher wurden neben der konzeptionellen Arbeit in den einzelnen Clustern auch gezielt die Interessen und Bedarfe aller Akteure im Hinblick auf offene Schnittstellen und zusätzliche Unterstützung hin analysiert und entsprechende Angebote entwickelt. Als Ergebnis dieser Analyse wird ein innovatives Geschäftsmodell vorgestellt, das einer regionalen Wasserstoffwirtschaft den entscheidenden zusätzlichen Schub verleihen kann: der H2.Enabler.

Das Angebot des H2.Enablers besteht im Wesentlichen darin, Angebots- und Nachfrageseite der im Entstehen begriffenen Wasserstoffwirtschaft aktiv zu bündeln und beide Seiten gezielt zusammenzubringen. Anstehende Investitionsentscheidungen insbesondere im Hinblick auf den Ausbau von Erzeugungsinfrastruktur und die Bedarfe der Anwender werden so auf eine klare Grundlage gestellt sowie ein abgestimmtes gemeinsames Vorgehen aller Akteure forciert. Eine entsprechende Kommunikationsstrategie soll den Aufbau dieses Geschäftsmodells unterstützen und weitere Partner gewinnen.

Die Initiatoren der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper sehen in dieser grundlegend neuen Geschäftsidee die Chance, eine regionale Wasserstoffwirtschaft von vornherein anhand ökonomischer Faktoren aufzubauen und damit einen dynamischen Wachstumskern in Nordrhein-Westfalen zu setzen.

Zielbeiträge im Überblick

Die technologisch-ökonomischen Lösungsansätze wurden gemeinsam mit der Intelligenz des H2.Enablers in einem Modell simuliert, um die Validität des Konzeptes zu prüfen. Die Modellrechnung hat für das vorliegende Konzept die folgenden Zielbeiträge ergeben.

- Bis 2030 können mit 5234 t Wasserstoff pro Jahr ca. 93 Prozent des im Verkehr nachgefragten Wasserstoffs in der Region selbst erzeugt werden.

- Dabei kann mit einem CO₂-Fußabdruck von 0,36 im Jahr 2025 bzw. 0,79 kg CO₂/kg H₂ im Jahr 2030 ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz im Verkehrsbereich geleistet werden. Abhängig von der Entwicklung der Wasserstoffnachfrage werden im Zeitraum 2025 bis 2035 so bis zu 744.110 t CO₂ in der Kompetenzregion eingespart.²
- Zugleich kann durch das Konzept ein wesentlicher Beitrag zur regionalen Wertschöpfung erbracht werden: Mit Wasserstoffproduktionskosten unter 6 €/kg H₂³ werden konkurrenzfähige Preise für den Einsatz im Verkehrsbereich erreicht.

² Annahme einer linear steigenden H₂-Erzeugung von 2025 bis 2035 basierend auf den prognostizierten Stützjahren 2025 und 2030.

³ Unter der Annahme der Befreiung aller strombezogenen Abgaben und Umlagen.



Unsere Highlights

- **Vermeidung von 744.110 t CO₂-eqa** im Sektor Mobilität im Zeitraum 2025 bis 2035.
- **Über 50 Interessensbekundungen (Letter of Interest (regional und über-regional), Statements der H₂-Allianzen)**: Dank intensiver Einbindung von Unternehmen und Institutionen in zwei Großveranstaltungen, Vielzahl unternehmensspezifischer Fragebögen und zahlreichen bilateralen Gesprächen.
- **Hohe Übertragbarkeit des Masterplans** und der allgemeinen Analyseerkenntnisse auf andere Regionen. Diese zeigt sich unter anderem im Interesse des ITAD sowie von vier MHKW-Betreibern außerhalb der Region.
- **Erfolgreiche Initiation von H₂-Allianzen** Betreiber und ÖPNV sowie Beschaffungsinitiativen in der Region
- **Wissenschaftliche Validierung** des Konzeptes mithilfe des Simulationsmodells R2EnSysMod (Renewable und Regional ENergy SYStem Modell).
- **Umfassendes Kommunikationskonzept** sowie begleitende Kommunikation bereits während der Feinkonzepterstellung.

Benötigte Rahmenbedingungen

Die hier entwickelten Strukturen und Konzepte sollten langfristig wirtschaftlich tragfähig sein und ohne Subventionen auskommen. Für die Phasen Marktvorbereitung und -hochlauf ist kurz- und mittelfristig jedoch damit zu rechnen, dass diese nicht ohne Förderungen von Land, Bund und EU sowie die Anpassung des regulatorischen Rahmens realisierbar sind.

Denkbar sind eine Reduzierung von Abgaben und Umlagen auf Strom aus Post-EEG-Anlagen bei Netzdurchleitung, die Übernahme der Kosten für netzgebundene Abgaben und Umlagen des Post-EEG-Stroms, Förderung der Investitionskosten für Elektrolyseure, Brennstoffzellenfahrzeuge, H₂-Tankstellen sowie Transporttechnologien, um einen schnellen Markthochlauf zu gewährleisten. Ein zentraler Schritt ist ein zeitnahe Aufbau und Initialbetrieb des H₂-Enablers.

Die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper wird sich gemeinsam mit den assoziierten Partnern um entsprechende Förderungen bemühen und hofft auf eine Unterstützung des Landes NRW.

HIER

Im Herzen von Nordrhein-Westfalen, in der Region zwischen Düssel, Rhein und Wupper, haben sich die Kommunen, die städtischen Energieversorger und zahlreiche Wirtschaftspartner zusammengetan, um die Wasserstofftechnologie insbesondere im Verkehrsbereich voranzutreiben. Es geht darum, die verschiedenen Technologien im Zusammenspiel zu erproben, Distributionswege zu entwickeln, voneinander zu lernen und Schritt für Schritt ein funktionierendes und wirtschaftliches Wasserstoff-Gesamtsystem aufzubauen. So wollen wir aktiven Klimaschutz und Wertschöpfung in unserer Region verbinden und zudem die Energiewende durch eine wirtschaftlich sinnvolle Integration von Post-EEG-Strom voranbringen.

Wie das funktionieren kann, ist im folgenden Feinkonzept dargelegt. In drei großen Hauptkapiteln zeigen wir den Weg in eine regionale Wasserstoffwirtschaft, die als Modell und Vorbild für Nordrhein-Westfalen dienen kann: Hier. Heute. H2.

WER WIR SIND

Die Kompetenzregion Wasserstoff umfasst das Gebiet von Duisburg, Düsseldorf, Wuppertal sowie den Rhein-Kreis Neuss. Bereits heute verfügt diese Region über ein breites Portfolio unterschiedlicher Wasserstoff-Projekte und Infrastrukturen.

- Fünf öffentliche sowie zwei unternehmenseigene Wasserstofftankstellen werden bereits in der Region betrieben, weitere vier öffentliche Wasserstofftankstellen liegen im direkten Umkreis.
- Die Stadtwerke Wuppertal haben 2020 eine Flotte von zehn Wasserstoffbussen in den Linienbetrieb gestellt, den Wasserstoff liefert das MHKW Korzert in Cronenberg.
- Henkel in Düsseldorf plant den sukzessiven Ersatz der PKW- und LKW-Flotte durch Brennstoffzellenfahrzeuge.
- In der gesamten Region werden H₂-Abfallsammelfahrzeuge angeschafft und in den Testbetrieb übernommen.
- Air Liquide unterhält die rund 240 km lange Rhein-Ruhr-Wasserstoffpipeline in der Region, eine von derzeit nur zwei Wasserstoffpipelines in ganz Deutschland.

- Zahlreiche weitere Wasserstoff-Projekte befinden sich in der Planung oder im Aufbau.

Wasserstoff bewegt uns also nicht erst seit kurzem. Die hierbei gesammelten Erfahrungen und Kompetenzen zu bündeln, zu vernetzen und auch mit neuen Partnern und kreativen Lösungen weiter auszubauen, ist die Idee der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper.

Auch unabhängig von konkreten Vorhaben bietet unsere Region ideale Voraussetzungen dafür, als Kompetenzregion Wasserstoff vorbildhafte und übertragbare Lösungen für das Land Nordrhein-Westfalen zu entwickeln und umzusetzen. Ein Blick auf zentrale Daten zeigt, wer wir sind und wie wir leben und arbeiten.

Wir sind lebendiger Ballungsraum

- Städtische und ländliche Räume sind in der Region vertreten, ihre Entwicklung bildet eine Blaupause für ganz NRW.
- 10 Prozent der Landesbewohner*innen haben hier ihr Zuhause: Über 1,9 Millionen Einwohner*innen leben in der Region, die Bevölkerungsdichte ist dreimal so hoch wie in Gesamt-NRW.
- 4 der 15 NRW-Gemeinden und kreisfreien Städte mit der höchsten Anzahl von Einpendler*innen pro Tag liegen in der Region.
- 15 Prozent aller Studierenden in NRW sind an einer Hochschule in der Kompetenzregion eingeschrieben.
- Die Region rechnet bis 2040 mit einem Bevölkerungswachstum von rund 5 Prozent – ganz im Gegensatz zu den vielen deutschen Regionen, deren Bevölkerungszahlen sinken.
- Über 30 Millionen Menschen leben im Pendel- und Einzugsbereich von 150 Kilometern.

Wir sind innovative Wirtschaftsregion

- Über 90.000 Unternehmen prägen die Wirtschaftskraft der Region, darunter 14 Weltmarktführer in Maschinen- und Anlagenbau, Chemie, Verarbeitung und Automotive. Mit Air Liquide ist ein Global Player der Wasserstoffwirtschaft in Düsseldorf vertreten.
- Mit einem Bruttoinlandsprodukt von über 96 Milliarden Euro erbringt die Region 15 Prozent der Wirtschaftsleistung von ganz NRW.
- Die angrenzende Metropolregion Rhein-Ruhr liegt mit 14,3 Prozent aller in Deutschland gegründeten Start-ups auf Rang 2 der Gründungsaktivitäten.
- Ambitionierte Strukturwandelprojekte wie im Zweckverband Landfolge Garzweiler forcieren die Ansiedlung innovativer Umwelttechnologien.
- 6 Prozent aller NRW-Erwerbstätigen der Umweltwirtschaft arbeiten allein in der Region Düsseldorf.

Wir sind stark frequentierter Verkehrsknotenpunkt

- 10 Prozent aller ÖPNV-Personenkilometer in NRW werden allein durch die vier größten ÖPNV-Betreiber der Region Düsseldorf, Duisburg, Neuss und Wuppertal erbracht.
- 8 Prozent aller Berufspendelnden in Deutschland sind in der Kompetenzregion unterwegs, bei einem Anteil von nur 0,33 Prozent an der Landesfläche.
- 11 Prozent der in NRW zugelassenen LKW entfallen auf die Kompetenzregion. Bei den PKW sind es beinahe 10 Prozent, in der Sprinterklasse rund 8 Prozent.
- Die Region liegt im Zentrum des dichtesten Autobahnnetzes in Deutschland. Über 11 Prozent der in NRW gefahrenen LKW-Kilometer entfallen auf die Region.

Wir sind Europas Logistikzentrum

- Zu Lande: Fünf Autobahnen sowie die unmittelbare Nähe zu den BeNeLux-Ländern sorgen für eine einzigartige Anbindung in der Mitte Europas.

- Auf der Schiene: Rund 30 Prozent des schienengebundenen chinesisch-europäischen Handels wird über Duisburg abgewickelt, rund 40 Güterzüge verkehren pro Woche zwischen Duisburg und der Volksrepublik.
- Zu Wasser: Allein Duisburg und Neuss bewältigen 45 Prozent des gesamten Umschlagvolumens der 15 größten deutschen Binnenhäfen. Der Duisburger Hafen ist mit einem Umschlag von ca. 11.000 Containern pro Tag bzw. über 20.000 Frachtschiffen und ca. 40.000 Güterzügen im Jahr der größte Binnenhafen der Welt.
- In der Luft: Mit über 21 Millionen Passagieren und 100.000 Tonnen Luftfracht pro Jahr verfügt Düsseldorf über den drittgrößten Flughafen in Deutschland.

Man sieht: Unsere Region zeigt im Kleinen, wofür Nordrhein-Westfalen auch im Großen steht. Das gilt für Stärken und Potenziale und gleichermaßen für die Herausforderungen, die der anstehende nachhaltige Strukturwandel in unserer Region mit sich bringen wird. Unsere Konzepte und Lösungsansätze sind daher regional und passgenau und zugleich übertragbar auf den größeren Kontext sowie ähnliche Strukturen, wie sie überall in Nordrhein-Westfalen zu finden sind.

Die Initiatoren

Die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper wurde ins Leben gerufen durch die Kommunen Duisburg, Düsseldorf, Wuppertal sowie den Rhein-Kreis Neuss, die Stadtwerke Düsseldorf, die Wuppertaler Stadtwerke und das Unternehmen Air Liquide.

Logos der Partner Diese Runde der Initiatoren spricht und handelt gemeinsam für die im Entstehen begriffene Kompetenzregion Wasserstoff und hat den Konzeptionsprozess bis zur Fertigstellung getragen und inhaltlich begleitet.



WAS UNS ANTREIBT

Einleitung

Der Aufruf zum Wettbewerb „Modellkommune/-region Wasserstoff-Mobilität NRW“ passt auf die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper wie maßgeschneidert: Das dichteste Autobahnnetz Deutschlands, der ausgeprägte Pendelverkehr und vor allem die wirtschaftliche Bedeutung der Logistik führen dazu, dass der Verkehrssektor ein integraler Bestandteil des Wohlstandes der Region ist. Um diesen zu sichern und die Auswirkungen des Strukturwandels aufzufangen, bedarf es ökologisch und ökonomisch nachhaltiger Lösungen für Verkehr und Wirtschaft. Der Wettbewerb adressiert ebendiese Ziele. Folglich weist die Kompetenzregion Wasserstoff eine starke intrinsische Motivation auf, voranzugehen und die Weichen für die Zukunft zu stellen.

Aus der geschilderten Ausgangslage lassen sich für die Region zwei spezifische Zielsetzungen auf dem Weg zur Modellregion Wasserstoff-Mobilität ableiten.

ZIEL 1 | KLIMASCHUTZ

Im Rahmen des Wettbewerbes geht es darum, konkrete Beiträge sowie eine Entwicklungsperspektive zur Reduktion der CO₂-Emissionen im Verkehr unter Einsatz von Wasserstofftechnologien aufzuzeigen. Diesbezüglich sind zwei Aspekte zu berücksichtigen:

- A. Es müssen ausreichende Brennstoffzellenfahrzeuge auf die Straße, Schiene und Wasser gebracht werden, um lokalen emissionsfreien Verkehr zu ermöglichen.
- B. Es muss sichergestellt werden, dass auch der Produktionspfad des Wasserstoffs klimaschonend ist, um über den Sektor Verkehr hinaus einen nachhaltigen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

ZIEL 2 | REGIONALE WERTSCHÖPFUNG

Die Kompetenzregion Wasserstoff ist vor allem im Rhein-Kreis Neuss sowie in der Region Duisburg stark vom Strukturwandel betroffen. Daher sind Perspektiven für regionale Wertschöpfungsströme zu kreieren, an denen lokale Akteure partizipieren

können. Durch die Partizipation der Menschen in der Region an der Wertschöpfung wird zudem die Akzeptanz neuer Technologien und der Energiewende gefördert (*Akzeptanz durch Wertschöpfung*⁴). Regionale Wertschöpfung und Akzeptanz sind somit sich selbst verstärkende Faktoren.

Das Feinkonzept der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper hat sich daher das Ziel gesetzt, Klimaschutz und regionale Wertschöpfung Hand in Hand mit den lokalen Akteuren gemeinsam zu entwickeln.

⁴ https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2017/GP_JOULE-Machbarkeitsstudie_Akzeptanz-durch-Wertschoepfung.pdf

WAS UNS HERAUSFORDERT

Einleitung

Die zu erreichenden Ziele sind nun klar. Nun geht es darum, zu verstehen, welche Herausforderungen es auf dem Weg dieser Ziele zu bewältigen gilt. Die Herausforderungen können vielfältig sein und umfassen beispielsweise Aspekte wie Technologieverfügbarkeiten, die Bedarfe potenzieller Anwender oder die Frage, welche regulatorischen Voraussetzungen für die wirtschaftliche und klimafreundliche Produktion von Wasserstoff erfüllt sein müssen. Die identifizierten Herausforderungen werden nachfolgend den beiden definierten Zielen zum Klimaschutz im Verkehr und der Schaffung von regionaler Wertschöpfung zugeordnet. Aus den Herausforderungen ergeben sich die Aufgaben, die durch die Kompetenzregion Wasserstoff adressiert und gelöst werden müssen.

Ziel 1 | Herausforderungen und Fragestellungen, um KLIMASCHUTZ im Verkehr voranzutreiben

A: Nullemissions-Brennstoffzellenfahrzeuge

- In welchen Anwendungsbereichen haben H₂-Fahrzeuge einen impliziten Vorteil gegenüber anderen Nullemissionsfahrzeugen?
- Wer sind die Akteure, die das unternehmerische Risiko eines Pioniers eingehen möchten (und müssen) und aufwendigere Beschaffungsprozesse und anfängliche Mehrkosten nicht scheuen? Wie können diese identifiziert und eingebunden werden?
- Bei Hochlauf der Wasserstoff-Mobilität stehen die Anwender vor der Herausforderung, dass Bedarf und Nachfrage das Angebot deutlich übersteigen. Wie kann es gelingen, möglichst viele Anwendungen zu bündeln, um die Region für Anbieter attraktiv zu machen und über Skalen Kostensenkungseffekte für Beschaffung und Infrastruktur zu erreichen?
- Wie werden die Betankungsinfrastrukturen mit der Beschaffung der Fahrzeuge wachsen und den Bedürfnissen der Anwender entsprechen?

B: Klimaschonender Wasserstoff

- Um einen nachhaltigen Klimaeffekt zu erreichen, muss der CO₂-Fußabdruck des verwendeten Wasserstoffs von Beginn an so niedrig wie möglich sein und dann schrittweise reduziert werden. Wie können sich ländliche und urbane Räume beim Aufbau einer grünen Wasserstoff-Erzeugung ergänzen?
- Gleichzeitig dürfen die Kosten für die Verwendung des Wasserstoffes im Verkehr nicht über denen der Referenzkosten (Diesel) liegen. Wie setzen sich die Kosten von Wasserstoff zusammen und welche Flexibilitäten gibt es?

Ziel 2 | Herausforderungen und Fragestellungen, um REGIONALE WERTSCHÖPFUNG zu erzielen

- In Bezug auf Wasserstofftechnologien im Verkehrsbereich ist die regionale Wertschöpfung in erster Linie in der Erzeugung und Verteilung des Wasserstoffs angesiedelt. Wie kann der Anteil des regional erzeugten Wasserstoffs maximiert werden?
- Kann regionaler Wasserstoff mit importiertem Wasserstoff konkurrieren? Welche Möglichkeiten gibt es, den regionalen Mehrwert herauszustellen und kostenkompetitive Ansätze zu entwickeln?
- In zweiter Linie können regionale Wertschöpfungen in den Bereichen Ausbildung, Wartung und Instandhaltung geschaffen werden bzw. kompensieren ansonsten wegfallende Arbeitsplätze. In welchen Teilen der H₂-Wertschöpfungskette entstehen welche Arbeitsplätze und wie kann es gelingen, möglichst viele davon in der Region anzusiedeln.

Um den formulierten Herausforderungen und Fragestellungen in der Kompetenzregion erfolgreich zu begegnen, werden sie in den nachfolgenden Kapiteln des Feinkonzeptes entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette eingeordnet, bewertet und es werden Lösungswege für die Modellregion aufgezeigt. Die Aufteilung der Wertschöpfungskette erfolgt anhand von vier Clustern (Erzeugung, Anwendung, Infrastruktur und Ausbildung, siehe Abbildung 1, Folgeseite).

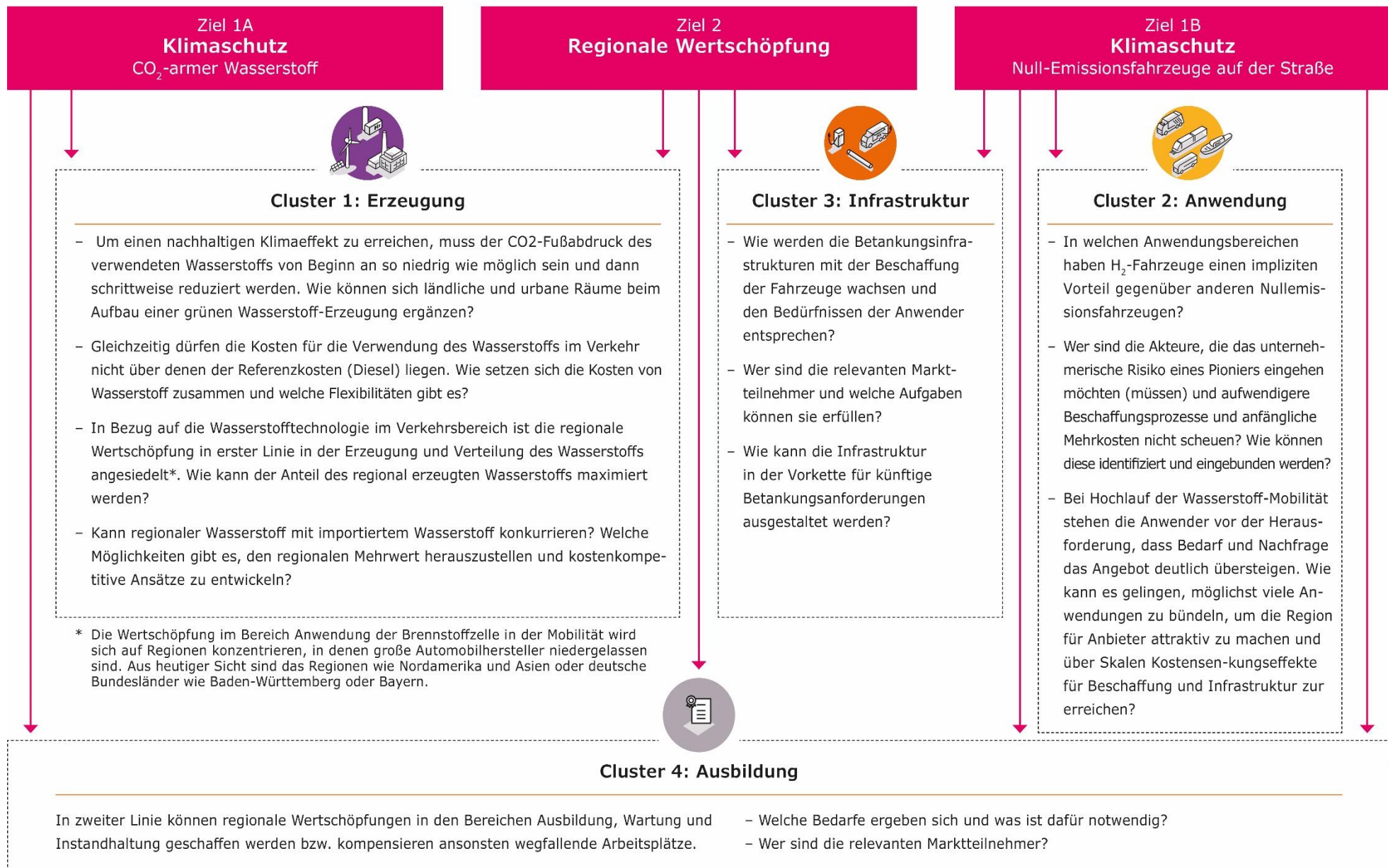
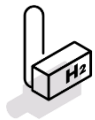


Abbildung 1: Zusammenspiel von Zielen sowie Herausforderungen und Fragestellungen in den Clustern



CLUSTER: Erzeugung

Wasserstoff ist nicht unter allen Umständen klimaschonender als andere Energieträger. Je nach Erzeugungspfad (im Folgenden auch Produktionspfad genannt) des Wasserstoffs können die Treibhausgasemissionen stark schwanken. Grundsätzlich kann zwischen zwei wesentlichen Produktionspfaden unterschieden werden. Bei der Dampfreformierung von Erdgas wird Methan (CH_4) in die beiden Bestandteile Kohlenstoff und Wasserstoff zerlegt. Das Verfahren ist technisch ausgereift und wird zurzeit für den großen Teil des weltweit erzeugten Wasserstoffs eingesetzt⁵. Allerdings fallen bei der Dampfreformierung 9.000 Gramm CO_2 pro Kilogramm Wasserstoff an. Um eine Dekarbonisierung im Bereich der Wasserstoffherstellung zu ermöglichen, sollte perspektivisch ein Wechsel von der Dampfreformierung hin zu mit grünem Strom betriebener Elektrolyse als Standardverfahren erfolgen. Die Wasserstoffherstellung mittels Dampfreformierung wird daher in den folgenden Betrachtungen nicht weiter berücksichtigt.

Bei der Wasserelektrolyse wird Wasserstoff durch die elektrochemische Aufspaltung von Wasser generiert. Um die Spaltung der Wassermoleküle herbeizuführen, wird Strom eingesetzt. Somit ist der CO_2 -Fußabdruck der elektrochemischen Spaltung des Wassers mithilfe eines Elektrolyseurs von der Herkunft beziehungsweise dem CO_2 -Fußabdruck des eingesetzten Stroms abhängig. Die verschiedenen Emissionen für die Dampfreformierung und die Elektrolyse bei verschiedenen Strombezügen können Abbildung 2 entnommen werden. Wird für die Erzeugung des Wasserstoffs ein Elektrolyseur eingesetzt, der den Strom aus dem deutschen Strommix (2019 ca. 469 g CO_2/kWh ⁶) bezieht, entfallen auf einen Kilogramm Wasserstoff ca. 25.000 Gramm CO_2 . Erfolgt der Strombezug hingegen aus Windkraftanlagen, kann der CO_2 -Fußabdruck erheblich gesenkt werden. Der Einsatz des Elektrolyseverfahrens ist also ökologisch dann sinnvoll, wenn er mit erneuerbarem Strom erfolgt.

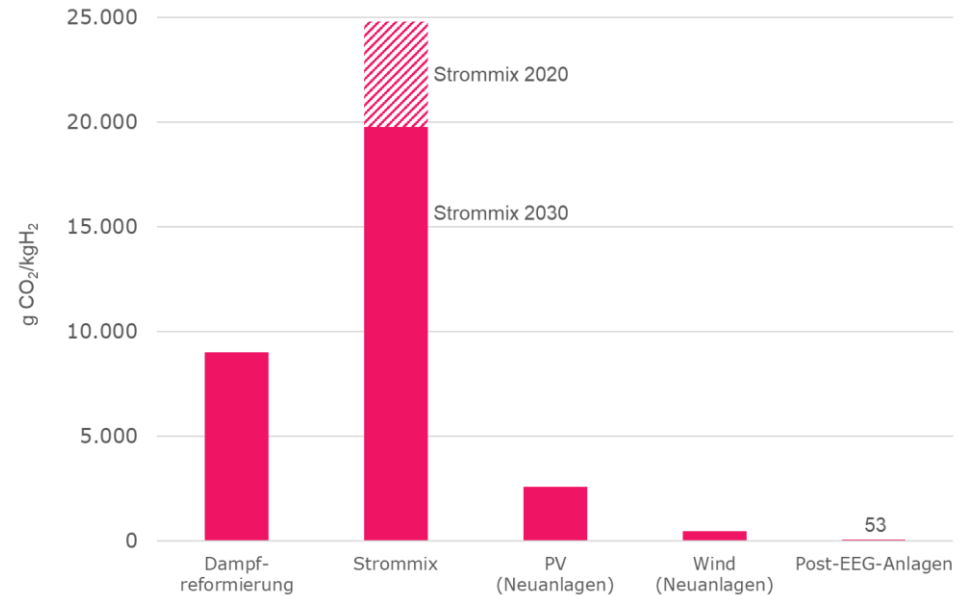


Abbildung 2: CO_2 -Intensität von Wasserstoff nach Produktionspfad⁷

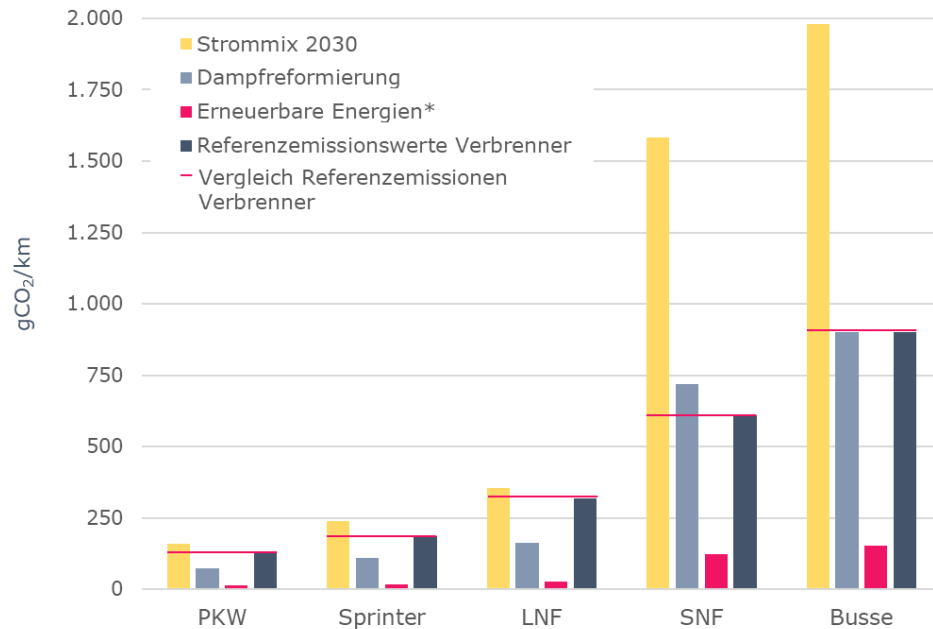
Um den Klimaeffekt verschiedener Wasserstoffproduktionspfade besser einordnen zu können, gilt es einen Blick auf den Sektor Verkehr zu werfen. In Abbildung 3 sind die CO_2 -Emissionen in Abhängigkeit von den Wasserstoffproduktionspfaden für verschiedene Fahrzeugklassen im Vergleich mit den Referenzemissionswerten konventioneller Verbrenner dargestellt⁸. Die Grafik unterstreicht, dass der Wasserstoffherzeugungspfad entscheidend für die Zielerreichung ist. Weder die Wasserelektrolyseure unter der Verwendung des deutschen Strommixes noch die Dampfreformierung stellen eine nachhaltige und damit langfristige Alternative dar.

⁵ <https://www.springerprofessional.de/betriebsstoffe/verfahrenstechnik/woher-kommt-der-wasserstoff-/17201618>

⁶ Angaben des MWIDE.

⁷ Eigene Berechnung auf einer mit der MWIDE abgestimmten Datenbasis.

⁸ Entsprechend den Angaben des MWIDE zu den Emissionswerten konventioneller Fahrzeuge (siehe Teil 2: Methodik).



*50 % PV, 50 % Wind (Neuanlagen)

Abbildung 3: CO₂-Emissionen nach Fahrzeugklasse in Abhängigkeit vom Wasserstoffproduktionspfad und Referenzemissionswerte im Vergleich⁹

Neben dem CO₂-Fußabdruck des erzeugten Wasserstoffs entscheiden auch die Kosten darüber, welcher Produktionspfad für Wasserstoff sich langfristig durchsetzt. Gerade im Verkehrsbereich sind die regulatorischen Handlungsdrücke für die Endanwender nicht so drastisch, als dass sie deutlich höhere Kosten für saubere Kraftstoffe, u. a. Wasserstoff, in Kauf nehmen würden. Damit sich umweltfreundliche Kraftstoffe im Verkehrssektor durchsetzen, müssen sich entweder deren Kosten an den Vergleichskosten des Referenzkraftstoffs (Diesel) orientieren oder aber der gesellschaftliche Mehrwert klimaschonender Technologien muss stärker honoriert

werden, so dass Investitionsentscheidungen auf einer breiteren Entscheidungsgrundlage als der reinen Wirtschaftlichkeit getroffen werden können.

Einer der größten Kostenfaktoren für die Wasserstoffproduktionskosten sind zurzeit die Investitions- (ca. 1.000 €/kW zzgl. Baukosten) und Betriebskosten eines Elektrolyseurs. Eine Herausforderung wird sein, der Technologie einen Markthochlauf zu ermöglichen. Dazu können Maßnahmen Anstoß geben, die in der Nationalen Wasserstoffstrategie oder auf europäischer Ebene als Teil des Pakets „European Green Deal“ beschlossen wurden.

Eine weitere Herausforderung für die Wirtschaftlichkeit eines Elektrolyseurs sind die aktuellen Strombezugskosten bzw. der derzeitige regulatorische Rahmen. Abbildung 4 zeigt drei Szenarien, die die Wasserstoffproduktionskosten für verschiedene Strombezugskosten überschlägig abbilden. Im aktuellen regulatorischen Rahmen sind für den Betrieb eines Elektrolyseurs in der Regel verschiedene Stromnebenkosten zu entrichten, zu denen ein ermäßigter Stromsteuersatz¹⁰, netzentgeltgekoppelte Abgaben und die EEG-Umlage gehören. Dadurch liegen die Produktionskosten bei ungefähr 10 Euro pro kg (Netzentgelte sind nicht berücksichtigt, da bei Bezug von Netzstrom mit Herkunftsnachweisen eine Netzentgeltbefreiung greift). Die Höhe und die aufzubringenden Nebenkostenanteile können durch das Strombezugsmodell variieren. Bei Eigenversorgungsmodellen per Direktleitung bezahlt der Betreiber zum Beispiel keine Stromsteuer und netzentgeltgekoppelte Abgaben, und die EEG-Umlage wird um 60 Prozent reduziert. Dennoch ist ein wirtschaftlicher Betrieb unter den derzeitigen regulatorischen Rahmenbedingungen schwierig. Ohne die Entrichtung von sämtlichen Stromnebenkosten würden die Wasserstoffproduktionskosten um ca. 50 Prozent auf unter 6 Euro pro Kilogramm sinken. Können zusätzlich die Produkte Wärme und Sauerstoff abgesetzt werden, die ebenfalls bei der Wasserelektrolyse anfallen, können weitere 0,60 Euro pro Kilogramm eingespart werden. Eine geeignete Standortwahl des Elektrolyseurs hat also eine hohe Bedeutung in Bezug auf die Höhe der Wasserstoffproduktionskosten.

⁹ Eigene Berechnung auf Basis von abgestimmten Daten mit dem MWIDE.

¹⁰ Ermäßigter Steuersatz nach § 9b StromStG für Unternehmen des produzierenden Gewerbes.

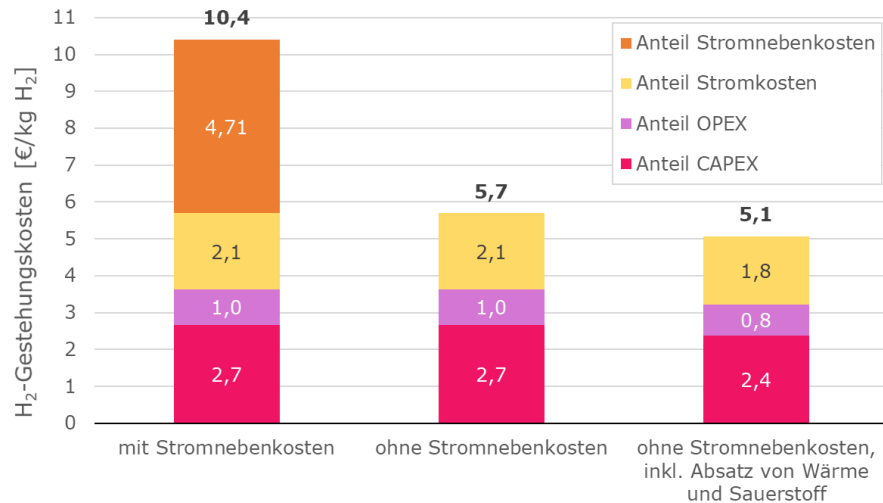


Abbildung 4: Exemplarische Berechnung der Wasserstoffproduktionskosten in Abhängigkeit von den Strombezugskosten und den Absatzmärkten¹¹

Einen hohen Einfluss auf die Kosten haben auch die Auslastungsgrade des Elektrolyseurs. In Abbildung 5 sind die Wasserstoffproduktionskosten in Abhängigkeit von verschiedenen Auslastungsgraden dargestellt. Bei einer geringen Auslastung eines Elektrolyseurs müssen diese Kosten entsprechend auf eine geringe produzierte Wasserstoffmenge umgelegt werden und treiben die Wasserstoffproduktionskosten somit in die Höhe. Die Erhöhung der Auslastung sorgt für einen Rückgang der Wasserstoffproduktionskosten. Die CAPEX reduzieren sich, da diese auf größere Mengen Wasserstoff umgelegt werden können. Auf Grund der höheren Auslastung sinkt die Flexibilität am Strommarkt zu agieren und somit steigen die Stromkosten leicht an. Das stellt in Bezug auf die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energieerzeugern, wie Windkraftanlagen oder Photovoltaik, eine große Herausforderung dar, da diese nur Volllaststunden zwischen 1.000 bis 3.000 h/a aufweisen¹².

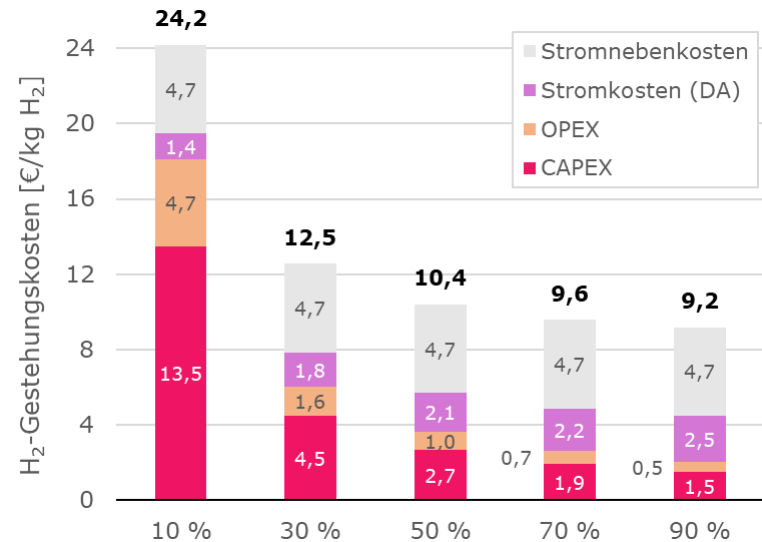
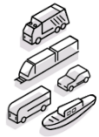


Abbildung 5: Wasserstoffproduktionskosten in Abhängigkeit des Auslastungsgrades des Elektrolyseurs

Neben den ökologischen und ökonomischen Herausforderungen in der Wasserstoffherzeugung muss der Wasserstoff, der in Mobilitätsanwendungen eingesetzt werden soll, sehr hohen Reinheitsgraden entsprechen. Brennstoffzellen sind aufgrund der niedrigen Umsetzungstemperaturen sehr empfindlich gegenüber Restbestandteilen und Verunreinigungen, die sich auf Leistung und Lebensdauer auswirken. Die Qualität bzw. der Reinheitsgrad für Wasserstoff, der als Kraftstoff eingesetzt wird, ist in der DIN EN-Norm 17124 festgelegt. Dort sind maximale Konzentrationen für Schwefelverbindungen, Halogene und andere Verunreinigungen definiert. Dies sehr hohen Ansprüche an die Reinheit des Wasserstoffs bedingen entsprechend kostenintensiver Aufbereitungen, die sich auf die Produktionskosten des Wasserstoffs niederschlagen.

¹¹ Eigene Berechnungen auf Basis des Stromhandelspreises aus 2019; Kennzahlen Elektrolyseur: Leistung: 1 MW; CAPEX: 3.000.000 €; Auslastung: ca. 50 %.

¹² Studie IndWEde – Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme. NOW GmbH. 2018.



CLUSTER: Anwendung

Zum Erreichen der Klimaschutzziele und den entsprechenden regulatorischen Vorgaben (z.B. Clean Vehicle Directive), aber auch durch Themen wie Luftqualität (siehe Debatte um Dieselfahrverbote) und Lebensqualität (Reduktion von Lärmemissionen) weist der Verkehrssektor einen hohen Handlungsdruck auf. Ein Teil der Lösung stellen emissionsarme Antriebe da. Neben der rein batterie-elektrischen Mobilität kommt der BZ eine Schlüsselrolle zu. Nachfolgend werden Anwendungen betrachtet, die für H2-Mobilität geeignet sind.

Vorteile und Einsatzgebiete von Brennstoffzellenfahrzeugen

Im Rahmen einer sinnvollen Einführung von BZ-Fahrzeugen in der Kompetenzregion gilt es in erster Instanz¹³ die Vorteile gegenüber alternativen Null-emissionsfahrzeugen, insbesondere gegenüber batterieelektrischen Fahrzeugen zu identifizieren, um optimale Einsatzgebiete der Technologie auszumachen. Die wesentlichen Vorteile sind in * Antrieb mit synthetischen Kraftstoffen zu deren Herstellung Wasserstoff benötigt wird (Abbildung 6) aufgeführt.







	 PKW	 Bus	 LKW	 Zug	 Gabelstapler	 Schiff*
Reichweite	Höhere Reichweite	Höhere Reichweite	Höhere Reichweite	Höhere Reichweite		Höhere Reichweite
Betankung	Kürzere Betankungszeit	Kürzere Betankungszeit	Kürzere Betankungszeit	Kürzere Betankungszeit	Kürzere Betankungszeit	Kürzere Betankungszeit,
Gewicht			Geringeres Gewicht → höhere Nutzlast			Geringeres Gewicht → höhere Nutzlast
Sonstiges		Keine Routenbeschränkung (bspw. auch hüglige Fahrrouten möglich)		Keine Oberleitungen notwendig	Geringerer Platzbedarf, sichereres Handling, geringe Netzbelastung (keine Ladespitzen im Schichtbetrieb)	Gute Anwendbarkeit auch in schlechten Netzgebieten, höhere Leistung

Abbildung 6: Vorteile von Brennstoffzellenfahrzeugen gegenüber batterieelektrischen Fahrzeugen¹⁴

¹³ BZ steht im Folgenden für Brennstoffzelle.

¹⁴ Eigene Darstellung auf Basis von Hydrogen Council, 2020 (https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2020/01/Path-to-Hydrogen-Competitiveness_Full-Study-1.pdf).

In Abhängigkeit des Fahrzeuggewichts und der gestellten Anforderungen an die Fahrleistung ergeben sich je nach Fahrzeugtyp unterschiedliche Antriebstechnologien, die den zukünftigen Markt vermutlich dominieren werden.

So werden Schiffe und Flugzeuge zukünftig mit synthetischen Kraftstoffen betrieben, die wiederum auf Basis von Wasserstoff hergestellt werden. Diese verfügen über eine höhere volumetrische Energiedichte und ermöglichen kleinere Tanks, haben in der Herstellung aber höhere Umwandlungsverluste als reiner Wasserstoff.




Für Busse und LKW ist die Nutzung von Brennstoffzellenfahrzeugen mittelfristig am wahrscheinlichsten, da für diese Fahrzeugklassen der reine Batteriebetrieb aufgrund von Batterievolumen und -gewicht keine ausreichenden Reichweiten ermöglicht. Auch die hier nicht gelisteten Sonderfahrzeuge sind mittelfristig den brennstoffzellenbetriebenen Anwendungen zuzuordnen, da ihr Fahrtenprofil und das Fahrzeuggewicht denen der Busse ähneln.

Vor allem für kleinere PKW ist davon auszugehen, dass sich hier die bereits stark verbreiteten rein batterieelektrischen Fahrzeuge durchsetzen.

Regulatorische Handlungsdrücke

Bisher sind nur sehr wenige Nullemissionsfahrzeuge (vor allem Brennstoffzellenfahrzeuge) auf der Straße. Das liegt einerseits daran, dass im Vergleich zu konventionellen Technologien die Anschaffung von Nullemissionsfahrzeugen aktuell noch mit höheren Kosten sowie einem zeitlichen Mehraufwand verbunden ist. Entsprechend gilt es Akteure zu identifizieren, die bereit oder ein Stück weit gezwungen sind, die Ausbreitung der Brennstoffzellentechnologie voranzubringen.

Auftraggeber, die dem europäischen Vergaberecht unterliegen, erfahren direkte regulatorische Handlungsdrücke durch die Clean Vehicles Directive (CVD) (Richtlinie EU 2019/1161)¹⁵. Für diese schreibt die CVD den Anteil an sauberen und emissionsfreien Fahrzeugen bei der Fahrzeugbeschaffung vor. Die Quoten für die Fahrzeugklassen Sprinter, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), schwere Nutzfahrzeuge (SNF) und Busse sind in Tabelle 1 dargestellt.

	Ab 08/2021	2026 -2030
Neuanschaffungsquote		
Sprinter* 	38,5 %	38,5 %
LNF & SNF* 	10 %	15 %
Busse* 	45 %**	65 %**

*Definitionen der Verordnung wurden auf die Klassendefinitionen der Kompetenzregion übertragen.
** Mindestens 50 % davon müssen emissionsfreie Fahrzeuge sein.

Tabelle 1: Beschaffungsquoten, die für Deutschland laut der Clean Vehicles Directive ab 2021 gelten und auf die Fahrzeugklassendefinition der Kompetenzregion übertragen worden sind.

Exkurs zur Herleitung von Tabelle 1:




In der CVD werden leichte und schwere Nutzfahrzeuge sowie Busse unterschieden. Die Fahrzeugklassen der Kompetenzregion werden anders definiert und der Tabelle entsprechend auf die CVD übertragen. Eine detaillierte Beschreibung der Fahrzeugklassendefinition finden Sie in Teil 2: Methodik. Die Beschaffungsquote der Sprinter von mindestens 38,5 Prozent von 2021 bis 2026 bezieht sich auf Fahrzeuge, die nicht mehr als 50 g CO₂/km und 80 Prozent der Feinstaubmengen u. a. von NO_x ausstoßen dürfen. Ab 2026 müssen mindestens 38,5 Prozent der angeschafften Fahrzeuge Nullemissionsfahrzeuge sein. Die Quoten der LNF/SNF beziehen sich in beiden Zeiträumen auf Fahrzeuge, die mit Wasserstoff, batterieelektrisch (beinhaltet Plug-in-Hybride), Erdgas (CNG, LNG und Biogas)¹, flüssige Biokraftstoffe, synthetische Kraftstoffe und LNG betrieben werden. Bei Bussen muss mindestens die Hälfte der jeweiligen Quoten durch emissionsfreie Busse erfüllt werden. Die übrigen 50 Prozent können mit Bussen aufgefüllt werden, die saubere Antriebe haben. Darunter fallen Hybride, Erdgasverbrenner oder Antriebe, die biogene oder synthetische Kraftstoffe nutzen.

¹⁵ Weiterführende Informationen zur CVD finden Sie in Teil 2 Methodik.

Wie die CVD in nationales Recht umgesetzt wird und welche Akteure im Detail betroffen sind, ist aktuell noch im politischen Entscheidungsprozess. Es ist aber davon auszugehen, dass viele Akteure, die dem Vergaberecht unterliegen (Stadtwerke, Verwaltungen etc.), den Vorgaben der CVD entsprechen müssen.

Weitere regulatorische Handlungsdrücke betreffen den Endanwender indirekt. So sind Fahrzeughersteller durch die CO₂-Flottenverordnung ((EU) 2019/631 und 2019/1242) gezwungen, zunehmend mehr emissionsfreie Fahrzeuge auf den Markt zu bringen, um die festgelegten CO₂-Emissionsdurchschnittswerte für neu zugelassene Fahrzeuge bzw. einen gewissen Flottenanteil an Nullemissionsfahrzeugen an neu zugelassenen Fahrzeugen zu erreichen¹⁶.

Auch Kraftstoffherzeuger/-anbieter unterliegen verschiedenen Regularien, die zum Handeln zwingen. Die 37. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes schreibt es Kraftstoffinverkehrbringern vor, die THG-Emissionen ihrer Kraftstoffe ab dem Jahr 2020 um mindestens 6 Prozent zu senken. Eine Verschärfung dieser Zielvorgabe ist in politischer Diskussion. Des Weiteren schreibt die RED II (Richtlinie (EU) 2018/2001) eine Steigerung der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch des Verkehrssektors um mindestens 14 Prozent bis 2030 vor.

		Ab 2020	Ab 2025		Ab 2030	
		Emissionszielwert	Emissionszielwert	Flottenanteil***	Emissionszielwert	Flottenanteil***
PKW*		95 g CO ₂ /km	81 g CO ₂ /km	15 %	59 g CO ₂ /km	35 %
Sprinter*		147 g CO ₂ /km	125 g CO ₂ /km	15 %	101 g CO ₂ /km	30 %
LNF & SNF*		Kein Ziel definiert	85 % des Bezugswerts**		30 % des Bezugswerts	

*Definitionen der Verordnungen wurden auf die Klassendefinitionen der Kompetenzregion übertragen.
 ** Der Bezugswert muss von OEMs gemäß der Verordnung (EU) 2018/956 gemessen werden.
 *** Für jeden Prozentpunkt, um den ein Hersteller den Schwellenwert an verkauften Elektrofahrzeugen überschreitet, erhält er eine Erleichterung des Flottengrenzwerts um 1 %. Maximal ist ein Bonus von 5 % möglich.

Tabelle 2: Zielwerte der CO₂-Flottenverordnung

¹⁶ Weiterführende Informationen zu CO₂-Flottenverordnung finden Sie in Teil 2: Methodik

Da weder die OEM noch die Kraftstoffherzeuger/-anbieter direkte Anwender der Technologien sind, ist hier eine direkte Aussage dazu, wer die Fahrzeuge am Ende nutzt, nicht ohne weiteres abzuleiten. Gerade die CO₂-Flottenverordnung wird die Ausweitung des Angebots von Brennstoffzellenfahrzeugen auf dem Markt jedoch in absehbarer Zeit treiben. Für den Markteintritt von neuen BZ-Fahrzeugen der OEM gilt es deshalb in der Kompetenzregion ein gutes Umfeld zu schaffen, so dass die Region davon profitieren und möglichst viele Fahrzeuge auf die Straße bringen kann. Auch die Kraftstoffherzeuger/-anbieter sind an einem solchen Umfeld interessiert.

Die Gründe, warum individuelle Endanwender diese Pionierrolle einnehmen könnten, sind vielschichtig (vgl. Abbildung 7).

Neben regulatorischen Vorgaben können, vor allem im privaten Bereich, die eigene Überzeugung oder das technische Interesse Motivatoren für die Investition in Null-emissionsfahrzeuge sein. Bei Unternehmen und Einrichtungen kann zusätzlich die Außendarstellung eine Rolle spielen. Gerade im Bereich Logistik und ÖPNV können Kundinnen und Kunden einen möglichst klimafreundlichen Transport verlangen. Die Gründe, warum individuelle Endanwender diese Pionierrolle einnehmen könnten, sind vielschichtig (vgl. Abbildung 7).

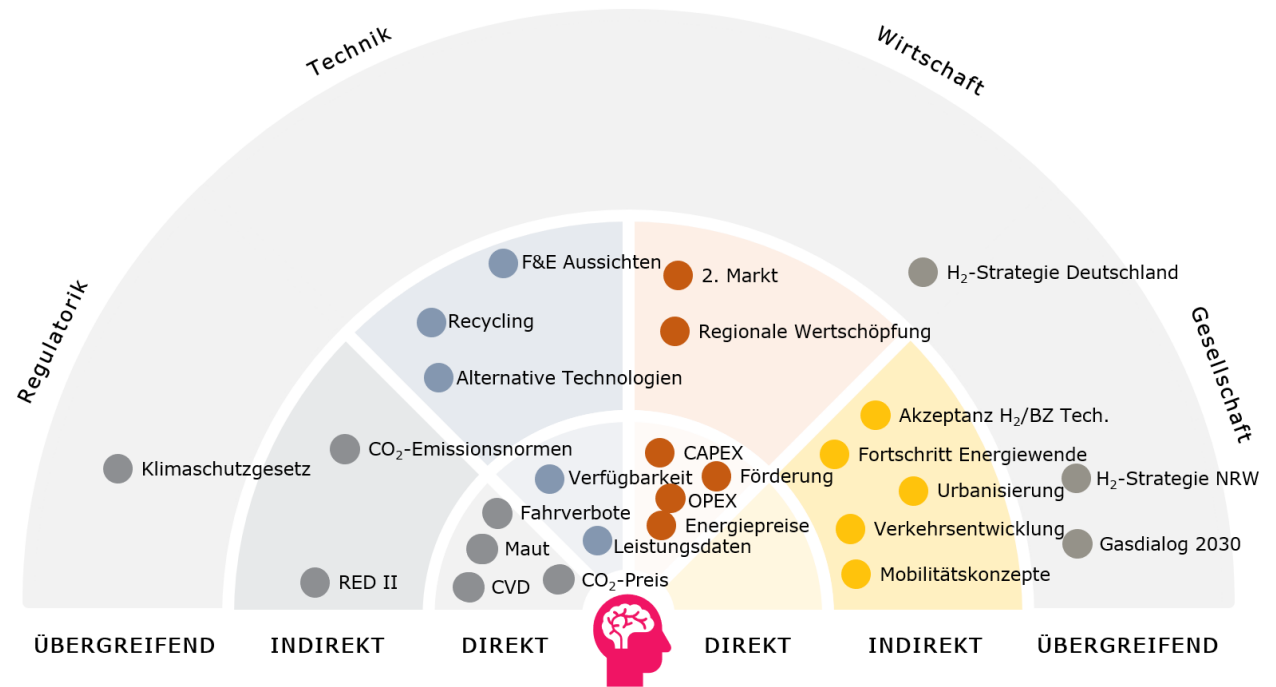


Abbildung 7: Einflussfaktoren auf das Handeln der Endanwender

Technologie- und Marktverfügbarkeit von Brennstoffzellenfahrzeugen

Ein weiterer Grund für die geringe Verbreitung von Brennstoffzellenfahrzeugen auf den Straßen sind die fehlende Technologieverfügbarkeit und das geringe Angebot von Fahrzeugen auf dem Markt. Die Brennstoffzellentechnologie ist in vielen Bereichen des Verkehrsbereiches noch in der Phase einer Marktvorbereitung. Dies hat zur Konsequenz, dass außer Gabelstaplern alle anderen Segmente wie PKW, LNF, SNF, Züge und Schiffe in einer Brennstoffzellenausführung nur bedingt am Markt verfügbar sind. Der Hydrogen Council¹⁷ hat die globalen Phasen der Markteinführung für verschiedene Segmente bereits 2017 bewertet (vgl. Abbildung 8).

Den aktuellen Entwicklungen entsprechend bedarf die Einschätzung des Hydrogen Council, zumindest für den deutschen Markt, einer gewissen Anpassung. Es zeigt sich, dass der Markthochlauf von PKW nicht so schnell vorankommt, wie es jahrelang postuliert wurde, und die Gesamtproduktionskapazitäten auf dem globalen Markt überschaubar sind. Hyundai und Toyota sind die beiden Fahrzeughersteller, die über die größten Produktionskapazitäten von Brennstoffzellenfahrzeugen verfügen. 2019 hat Hyundai 6.300 Hyundai Nexo produziert und plant für 2020 eine Produktion von 13.000 Fahrzeugen¹⁸. Toyota hat 2017 2.700 Toyota Mirai abgesetzt und plant für die neue Generation dieses Modells ab 2020 eine jährliche Produktion von 30.000 Fahrzeugen^{19,20}. Bei deutschen und europäischen Fahrzeugherstellern bestehen aktuell

noch keine Serienproduktionen für Fahrzeuge. Aktuell begrenzt sich die Produktion ausschließlich auf Demonstrationsfahrzeuge. Dies schlägt sich aktuell in der Entscheidung Daimlers nieder, sich zukünftig stärker der Sparte für schwere Nutzfahrzeuge zu widmen und die Brennstoffzellen-Aktivitäten im Bereich PKW weniger stark zu forcieren²¹. Die Technologiereife im Bereich LNF, SNF und Sonderfahrzeuge ist jedoch aktuell noch nicht gegeben, um einen Mengenmarkt bedienen zu können. Aufgrund verschiedener Fördermaßnahmen des Bundes²² und der Europäischen Kommission²³ ist die Technologiereife bei Bussen am weitesten fortgeschritten und trifft gleichzeitig auf einen konkreten Bedarf bei den Anwendern.

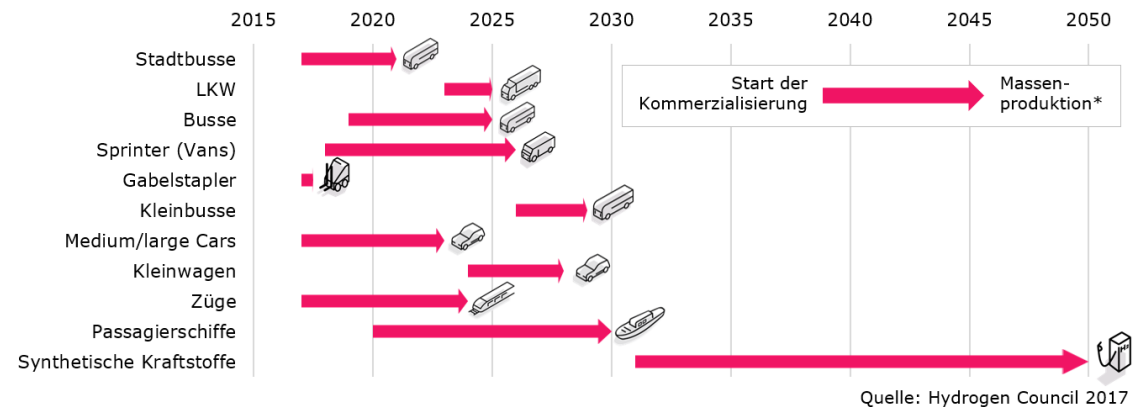


Abbildung 8: Technologiereife verschiedener BZ-Fahrzeugtypen²⁴

¹⁷ <https://hydrogencouncil.com/en/>

¹⁸ <https://ecomento.de/2020/06/15/hyundai-kosten-fuer-wasserstoff-elektrofahrzeuge-sollen-sinken/>

¹⁹ <https://www.autogazette.de/toyota/mirai/wasserstoff/wasserstoff-technologie-fuer-zukunft-der-mobilitaet-989397987.html>

²⁰ https://global.toyota/en/newsroom/corporate/20966057.html?adid=ag478_mail&padid=ag478_mail

²¹ <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/mercedes-glc-f-cell-brennstoffzelle-aus/>

²² <https://www.now-gmbh.de/de/bundesfoerderung-wasserstoff-und-brennstoffzelle>

²³ <https://www.fch.europa.eu/>

²⁴ https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-Scaling-up_Hydrogen-Council_2017.compressed.pdf



CLUSTER: Infrastruktur

Im Cluster Infrastruktur werden die Herausforderungen adressiert, die sich aus den Zielen ergeben, Nullemissionsfahrzeuge auf die Straße zu bringen (A I) und regionale Wertschöpfung zu generieren (B). Die Infrastruktur dient dabei als zentrales Bindeglied zwischen der Erzeugung von Wasserstoff und der Anwendung in Brennstoffzellenfahrzeugen. Der folgende Abschnitt untergliedert die Infrastrukturbestandteile nach H₂-Tankstellen und der Verteilung bzw. Belieferung der Tankstellen mit Wasserstoff.

H₂-Tankstellen

Die Betankung von Fahrzeugen mit Wasserstoff stellt andere Anforderungen an die Tankstelle als eine Betankung mit konventionellen Kraftstoffen wie Benzin oder Diesel.

Eine wesentliche Herausforderung im Kontext der Wasserstofftankstellen besteht in den Betankungsprotokollen. Diese sind für einen eher geringen Wasserstoffdurchsatz und wenige Betankungen pro Tag ausgelegt, da der Anwendermarkt sehr klein ist. Zudem eignen sich die Protokolle wenig für eine kontinuierliche Abnahme durch Schwerlastverkehr (Busse, LKW). So gilt das Betankungsprotokoll nach SAE J2601 nur für Betankungen mit maximal 10 kg Wasserstoff bei 700 bar bzw. bis 6 kg bei 350 bar. LKW-Betankungen sind somit nicht abgebildet, die Protokollentwicklung für Heavy-Duty-Anwendungen ist jedoch derzeit in Bearbeitung. Folglich ist es eine wichtige Aufgabe die sehr gute Infrastruktur der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper an die sich veränderten Ansprüche anzupassen und Lösungen zu entwickeln.

Erschwerend kommt hinzu, dass es für Heavy-Duty-Anwendungen noch keine Standards bzgl. der verwendeten Druckniveaus (350, 500, 700 bar) oder Tankgrößen gibt. Darüber hinaus ist unter anderem auch Flüssigwasserstoff für Fernlastwagen in der Diskussion. Es lässt sich konstatieren, dass die bestehende Tankstelleninfrastruktur nicht mit der zu erwarteten Nachfrage, insbesondere aus dem Schwerlastbereich, kompatibel ist.

Auch die Skalierung von bestehenden PKW-Tankstellen für die Deckung einer steigenden Nachfrage ist aufgrund der komplexen Technik nicht ohne weiteres möglich. Insbesondere kostenintensive Komponenten wie Kühlung und Kompressor können

hier zum Engpass werden, da bei hoher Frequentierung z. B. je nach Kühlkonzept die geforderten Temperaturen bei sogenannten B2B-Betankungen²⁵ nicht eingehalten werden können⁷ bzw. die Kompression nicht schnell genug erfolgen kann. Die technische Komplexität verbunden mit den hohen Kosten stellt vor allem zu Beginn der Markthochlaufphase eine Herausforderung dar, da die Auslastung der Tankstellen in dieser Phase noch gering sein wird.

Der Platzbedarf für Wasserstofftankstellen wird zukünftig ebenfalls eine Herausforderung sein und ist bei der Planung und Dimensionierung der Infrastruktur mitzudenken. Um einem Hochlauf von Brennstoffzellenfahrzeugen gerecht zu werden, müssen die Tankstellen entsprechend erweitert werden können. Dabei ist auch der Platzbedarf der Speicher in die Überlegungen miteinzubeziehen, da diese meist oberirdisch installiert werden und gegebenenfalls erweiterbar sein müssen.

Verteilung/Belieferung von Tankstellen

Da Tankstellen für die unterschiedlichen Fahrzeugklassen (Nutzfahrzeuge, PKW usw.) dort errichtet werden, wo ein hoher Durchsatz zu erwarten ist und die Nähe zu Fahrzeug-Ballungsräumen gegeben ist, bedarf es einer effizienten Logistik- und Transportinfrastruktur.

Für die Verteilung bzw. Belieferung von Tankstellen mit Wasserstoff können grundsätzlich drei Transportvarianten genutzt werden. Der erste Weg sieht den Transport von gasförmigem Wasserstoff (G) und der zweite den Transport von flüssigem Wasserstoff per Trailer (L) vor. Bei der dritten Variante erfolgt der Transport über Pipelines (P).

Innerhalb des gasförmigen Transports kann wiederum unterschieden werden zwischen sogenannten Tube-Trailern, die bei ca. 200 bar arbeiten, und Container-Trailern, die bei ca. 500 bar arbeiten.

Beim Transport von flüssigem Wasserstoff (LH₂) stehen per LKW zwar Transportkapazitäten von bis zu 3.500 kg zur Verfügung, allerdings findet die Verflüssigung selbst an wenigen zentralen großtechnischen Standorten statt und ist sehr energieaufwendig (ca. 30 Prozent des Energieinhaltes von Wasserstoff ist für die Verflüssigung notwendig). Zudem würden zusätzliche Komponenten innerhalb der

²⁵ B2B: Back-to-Back-Betankung von 2 oder mehr Fahrzeugen ohne zeitlichen Abstand.

Tankstellentechnik benötigt, weshalb der Transport von flüssigem Wasserstoff zur Verteilung von in der Region produziertem Wasserstoff nicht geeignet ist.

Aktuell erfolgt die Belieferung der vorhandenen Wasserstofftankstellen daher gasförmig. Im Allgemeinen werden Tube-Trailer mit 200 bar und einer maximalen Transportkapazität von ca. 530 kg²⁶ genutzt. Übliche Kapazitäten sind hier ca. 250 kg. Aufgrund der Überströmtechnik bei der Umfüllung von Wasserstoff ist der Ausnutzungsgrad mit einer maximalen Umfüllmenge aus dem Tankwagen in die stationären Gasspeicher der Tankstelle von nur ca. 60 Prozent des mitgeführten Wasserstoffs gering. Der restliche Anteil des transportierten Wasserstoffs verbleibt im Rahmen des Umfüllvorgangs als Kissengas²⁷ ungenutzt in den Tubes. Daraus ergibt sich bei einer konventionellen Wasserstofftankstelle eine Befüllung mit einem 200-bar-Tube-Trailer von rund 170 kg. Der Umfüllprozess dauert ca. 30 Minuten, bei der die heutigen Wasserstofftankstellen in der Regel nicht gleichzeitig für eine Betankung von Fahrzeugen nutzbar sind (vgl. auch CLUSTER: Infrastruktur).

Für einen Markthochlauf von LKW und Bussen und einem entsprechend höheren Wasserstoffbedarf sind derlei Konzepte mittelfristig nicht geeignet, da LKW Wasserstoffbedarfe von 50–80 kg und Busse von 30–40 kg pro Betankung und pro Fahrzeug aufweisen. Damit können bei dieser Option der Infrastrukturversorgung nur ca. 2–4 Fahrzeuge pro Traileranlieferung an einer Tankstelle betankt werden, bevor die Tankstelle wieder nachgefüllt werden muss. Daneben entstehen durch häufige und lange Umfüllprozesse hohe Kosten.

Trotz der genannten Herausforderungen ist die Anlieferung von gasförmigem Wasserstoff per Trailer im Vergleich zu den beiden anderen Transportoptionen in einem wesentlich fortgeschritteneren Entwicklungsstadium. Zudem ist der gasförmige Transport in der Praxis bereits in breiter Erprobung und somit der Erfahrungswert stetig wachsend. Aus diesen Gründen erscheint diese Transportoption für einen Markthochlauf am sinnvollsten und wird im Folgenden daher auch vordergründig betrachtet.



CLUSTER: Ausbildung

Mit einem Hochlauf der Wasserstofftechnologie ist auch mit einem breiten Bedarf an qualifiziertem Personal auf verschiedensten Bildungsebenen zu rechnen, der nicht auf bestimmte Wertschöpfungsbereiche beschränkt ist.

Die Ausführung ist jedoch mit einigen Herausforderungen verbunden. So muss das benötigte Know-how und qualifiziertes Personal für die Region gewonnen werden und die Kompetenzregion muss sich beim Aufbau der Ausbildungsinfrastrukturen gegen nationale und internationale Konkurrenz durchsetzen. In der konkreten Umsetzung müssen neue Ausbildungsgänge entwickelt oder bestehende Ausbildungsgänge identifiziert werden, bei denen entweder ein Modul der Ausbildung aufgebaut oder eine Weiterbildung etabliert wird.

Die Ausgestaltung und die Entwicklung der Inhalte des Ausbildungs- und Weiterbildungsangebots müssen frühzeitig forciert werden, da erhebliche Zeitspannen von der Erstellung eines Ausbildungskonzeptes über die Ausbildung selbst bis zum anerkannten Abschluss entstehen können.

²⁶ Töpler, J.; Lehmann, J. (Hrsg.): *Wasserstoff und Brennstoffzelle*. Springer Berlin, Heidelberg, 2014 – ISBN 978-3-642-37417-2.

²⁷ Krieg, Dennis: *Konzept und Kosten eines Pipelinesystems zur Versorgung des deutschen Straßenverkehrs mit Wasserstoff*, Schriften des Forschungszentrums Jülich Reihe Energie & Umwelt. Jülich: Forschungszentrum Jülich, 2012 – ISBN 978-3-89336-800-6.



Fazit

Im Cluster **Erzeugung** besteht die zentrale Herausforderung darin, klimaschonenden („grünen“) Wasserstoff in ausreichenden Mengen herzustellen und dabei die Wasserstoffproduktionskosten so zu minimieren. Die Kosten der Wasserstoffherstellung mithilfe der Wasserelektrolyse unterliegen enorm hohen Schwankungen. Sie sind abhängig von Skaleneffekten, dem Standort und der Auslastung des Elektrolyseurs sowie den Strombezugskosten. Insbesondere zur Befreiung von den Stromnebenkosten bei Nutzung von Post-EEG-Strom bedarf es regulatorischer Anpassungen.

Auf den Cluster **Anwendung** hat die Kompetenzregion Wasserstoff die geringste Einflussmöglichkeit, da die Beschaffung von Fahrzeugen direkt von der Marktverfügbarkeit abhängt. Zurzeit ist die Verfügbarkeit von Brennstoffzellenfahrzeugen in beinahe allen Fahrzeugklassen sehr gering und mitunter mit langen Wartezeiten verbunden. Eine direkte Einflussnahme der Region ist zudem gering, da die großen Fahrzeugentwickler und -hersteller überwiegend im Süden Deutschlands oder sogar außerhalb Europas in Amerika oder Asien sitzen. Der Fokus der Fahrzeughersteller verschiebt sich dabei etwas weg vom BZ-PKW in Richtung Nutz- und Sonderfahrzeuge, in denen Brennstoffzellenfahrzeuge vor allem ihre Stärke von höheren Reichweiten bei hohen Leistungen im Vergleich zu einem reinem Batterieantrieb besser ausspielen können. Die Flottenbetreiber, insbesondere von Bussen, Nutz- und Sonderfahrzeugen, müssen flexibel auf sich ändernde regulatorische Rahmenbedingungen (Beispiel Clean Vehicles Directive) reagieren können. Um frühzeitig die notwendigen Fahrzeugkapazitäten zu erhalten, müssen die Akteure der Region Ansätze entwickeln, um sich auf einem wandelnden und stark umworbene Anbietermarkt gut zu positionieren.

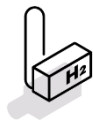
Um die Cluster Erzeugung und Anwendung zu verbinden, muss eine flexible, effiziente und kostenoptimierte **Infrastruktur** für die Verteilung und Betankung von Wasserstoff in der Region entwickelt werden. Zu den wesentlichen Herausforderungen an den Tankstellen zählen nicht vorhandene Betankungsprotokolle, ein hoher Platzbedarf für die Wasserstoffspeicherung sowie die Skalierbarkeit und Anpassung von bestehenden PKW-Tankstellen auf steigende Nachfragen. Zudem stellen begrenzte Transportkapazitäten bei gasförmigem Wasserstoff sowie zeitaufwendige Umfüllprozesse weitere Hürden dar.

Der Cluster **Ausbildung** eröffnet große Chancen für die Schaffung von regionaler Wertschöpfung. Um diese Chancen wahrzunehmen, muss die Entwicklung von qualifiziertem Personal und Kompetenzen in der Region stattfinden. Diese muss an die Entwicklung in den übrigen Clustern angepasst werden. Daneben ist der strukturierte Aufbau von entsprechenden Ausbildungs- und Weiterbildungsangeboten notwendig.

WAS WIR HABEN

Einleitung

Nachdem sowohl die Ziele als auch die damit einhergehenden Herausforderungen betrachtet wurden, geht es jetzt darum, die vorhandenen Potenziale zu analysieren.



CLUSTER: Erzeugung

Hinsichtlich der Zielsetzung, eine regionale Wertschöpfung zu generieren, spielt die Erzeugung von Wasserstoff eine besondere Rolle. In keinem anderen Aktionscluster ist mit vergleichbaren Wertschöpfungspotenzialen zu rechnen.

Entsprechend wird der Anspruch definiert, die Wasserstofferzeugungspotenziale in der Region zu identifizieren, die in Anlehnung an das energiewirtschaftliche Ziel-dreieck definierten Kriterien genügen: „GRÜN“, „KOSTENEFFIZIENT“ und „VERLÄSSLICH“ (vgl. Abbildung 9).

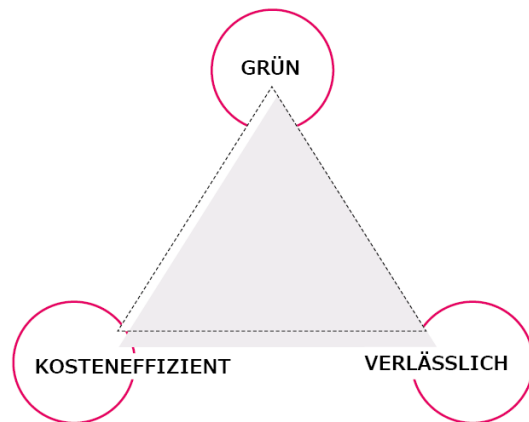


Abbildung 9: Kriterien des Zieldreiecks der Wasserstofferzeugung

GRÜN

In erster Linie sollte sichergestellt werden, dass die Erzeugung des Wasserstoffs möglichst klimaneutral erfolgt bzw. der CO₂-Fußabdruck des erzeugten Wasserstoffs zumindest unterhalb des WtW²⁸-CO₂-Fußabdrucks von konventionellen Kraftstoffen liegt. Dieser kann, je nach Anwendung, zwischen 164,5 g CO₂/km (PKW) und 1.052,5 g CO₂/km (Busse)²⁹ liegen. Folglich ist auch immer zu untersuchen, in welchem Bereich der erzeugte Wasserstoff zum Einsatz kommen sollte, um den besten Klimaeffekt zu erreichen.

KOSTENEFFIZIENT

Die Kosten der Erzeugung werden hauptsächlich durch die Investitions- und Betriebskosten eines Elektrolyseurs bestimmt: Die Einflussmöglichkeiten auf die Investitionskosten sind begrenzt. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass diese bei fortschreitendem Markthochlauf weiter sinken werden. Hinsichtlich der Betriebskosten gilt es intelligente Lösungen zu finden, so dass die Wasserstoffproduktionskosten sich den Referenzkosten im Verkehrsbereich (7,16 €/kg H₂³⁰) annähern. Das Zielkriterium sollte ganzheitlich betrachtet werden und bezieht entsprechend die komplette Prozesskette zur Erzeugung von Wasserstoff ein.

VERLÄSSLICH

Neben dem CO₂-Fußabdruck und den zu bezahlenden Preisen ist die Versorgungssicherheit ein wesentlicher Aspekt für den Endanwender. Diese muss gewährleistet sein, damit potenzielle Anwender sich für ein Brennstoffzellenfahrzeug entscheiden. Dies gilt vor allem für wirtschaftlich betriebene Fahrzeugflotten, wie z. B. Busse, LKW oder Abfallsammelfahrzeuge. In der Betrachtung der Erzeugungspotenziale gilt es daher auch, die Versorgungssicherheit mit Wasserstoff zu garantieren.

Letztendlich müssen alle drei Aspekte des Zieldreiecks in Einklang gebracht werden. Nicht jede Erzeugungsquelle wird die drei Aspekte gleichermaßen bedienen können, und die Gewichtung der drei Kriterien kann sich über die Zeit verschieben.

²⁸ Well-to-Wheel: Direkte und indirekte Emissionen eines Energieträgers über den kompletten Pfad der Bereitstellung bis zum Einsatz im Fahrzeug.

²⁹ Quelle: HBEFA 4.1 in Abstimmung mit dem MWIDE.

³⁰ Vergleichskosten von konventionellem Kraftstoff bei gleichen Auslegungsbedingungen.

In der folgenden Analyse der regionalen Erzeugungspotenziale für die Wasserstoff- und Strombezugsquellen werden die Kategorien ‚Erneuerbare Energien‘, ‚Konventionelle Stromerzeugung‘ und ‚Wasserstoff als industrielles Beiprodukt‘ hinsichtlich der Aspekte „GRÜN“, „KOSTENEFFIZIENT“ und „VERLÄSSLICH“ des Zieldreiecks untersucht.

Erneuerbare Energien

In der Kompetenzregion Wasserstoff sind insgesamt ca. 1,4 GW Leistung an erneuerbaren Energien installiert (vgl. Abbildung 10). Ungefähr 746 MW der Gesamtkapazität sind Photovoltaikanlagen (> 50 %) und 555 MW der Gesamtkapazität Windenergieanlagen (ca. 40 %). Die verbleibenden 10 Prozent setzen sich aus Biomasse- und Wasserkraftanlagen zusammen. In Bezug auf die Anzahl der Anlagen besteht mit mehr als 37.000 Anlagen ein deutliches Übergewicht bei der Photovoltaik (gegenüber 308 Windkraftanlagen).

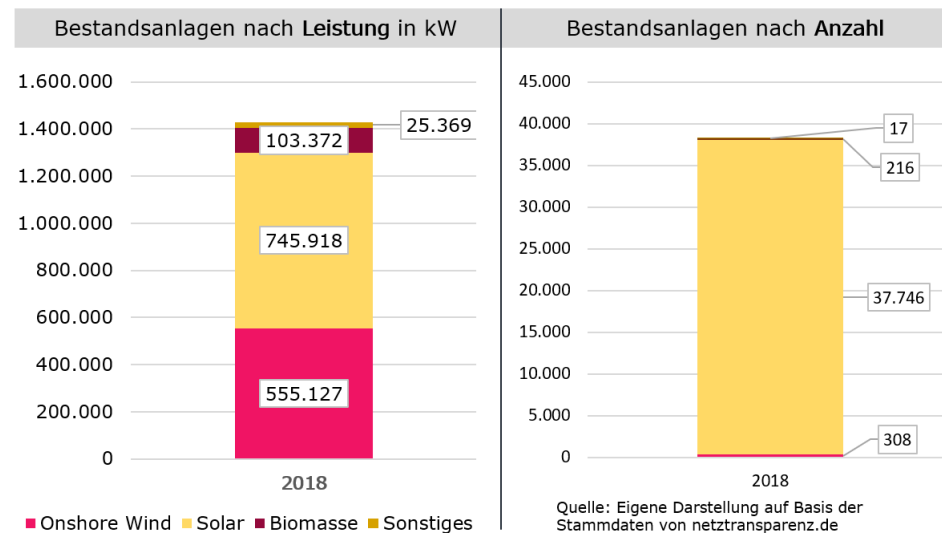


Abbildung 10: Installierte Leistung erneuerbarer Energien in der Region Düssel.Rhein.Wupper im Jahr 2018

Was lässt sich aus diesen Zahlen ableiten? Zum einen, dass die durchschnittliche Anlagengröße im Bereich der Photovoltaik bei ca. 20 kW_{peak} (entspricht 0,02 MW) liegt. Weiterhin ist davon auszugehen, dass die Anlagen von vielen einzelnen Akteuren betrieben werden, dieser Bereich eher kleinteilig ist und man viele Akteure erreichen müsste, um das Erzeugungspotenzial zu heben. Im Bereich der Windkraft ist die Situation anders: Die mittlere Anlagengröße liegt bei 1,8 MW (entspricht 1.800 kW), die Akteurslandschaft ist kleiner und überschaubarer. Dieser Umstand sollte in die Überlegung, welche Potenziale ggf. für die Erzeugung von Wasserstoff genutzt werden können, einfließen.

Die in Abbildung 10 dargestellten Kapazitäten für erneuerbare Energien stehen allerdings nicht uneingeschränkt zur Erzeugung von grünem Wasserstoff zur Verfügung. Aktuell erhalten alle Anlagen eine Vergütung des Stroms nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Anlagenbetreiber in dem fixen Förderregime bis zum Auslaufen der EEG-Förderung verbleiben werden.

Da die Akteure und die Ausgangslagen für einen Weiterbetrieb der erneuerbaren Energieanlagen für Wind und Photovoltaik unterschiedlich sind, wird an dieser Stelle eine Unterscheidung zwischen den beiden Technologien vorgenommen.

Wie gut genügen Windkraftanlagen den Kriterien zur Wasserstoffherzeugung?

In der Kompetenzregion³¹ fallen bis 2030 insgesamt 188 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 285 MW aus der EEG-Förderung. Die Region Duisburg und der Rhein-Kreis Neuss sind hiervon in besonderem Maße betroffen, insgesamt stellen diese beiden Regionen ca. 90 Prozent der Gesamtkapazität.

Aus Abbildung 11 ist ersichtlich, dass vor allem in den kommenden fünf Jahren bis 2025 die Windkraftanlagen aus der EEG-Förderung fallen. Im Zeitraum von 2025 bis 2030 ist der Wegfall hingegen etwas moderater.

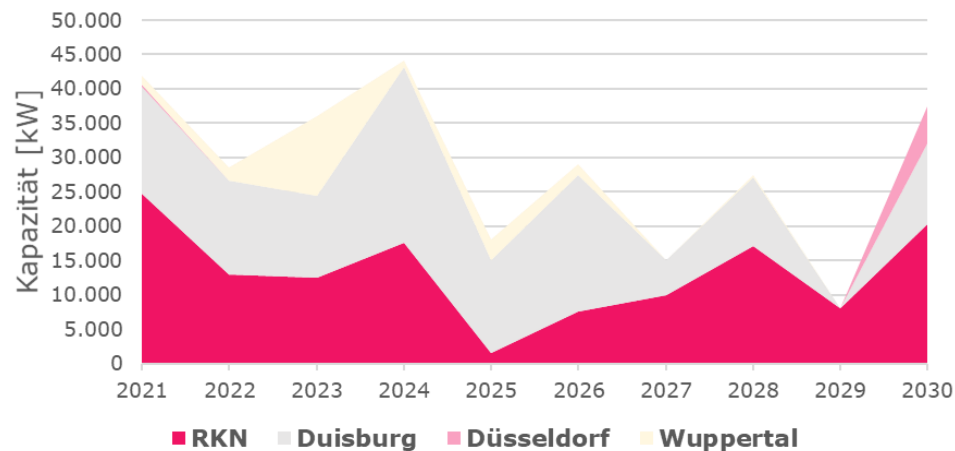


Abbildung 11: Windkraftanlagen, die in der Region Düssel.Rhein.Wupper in den kommenden 10 Jahren aus der EEG-Förderung fallen³²

Grundsätzlich haben die Windkraftanlagenbetreiber drei Optionen, wobei die letzte Option aus systemischer Sicht zu vermeiden ist:

- ♦ **REPOWERN:** Die bestehende Anlage wird rückgebaut und durch eine größere Anlage ersetzt. Unter Berücksichtigung der zu erreichenden Klimaziele der Bundesregierung ist diese Option die erstrebenswerteste Variante. Dadurch, dass größere Anlagen kleinere Anlagen ersetzen, wird die gesamte installierte Leistung an erneuerbaren Energien de facto erhöht. Allerdings können nur ca. 50 Prozent der bestehenden Anlagen repowert werden. Dies liegt vornehmlich daran, dass alle planungs- und genehmigungsrechtlichen Prozesse erneut durchlaufen werden müssen. Diese haben sich aber seit der Installation der ersten Anlage deutlich verändert, so dass Repowering oft nicht möglich ist. Laut Fachagentur Windenergie an Land³³ sind ca. 76 Prozent der nicht repowerten Anlagen auf diesen Grund zurückzuführen. Weitere Aspekte sind Anlagentechnik, Flächensicherung und Wirtschaftlichkeit.
- ♦ **WEITERBETRIEB:** Die Windanlage wird nach Auslaufen der EEG-Förderung weiterbetrieben. Hierzu muss der Anlagenbetreiber die technische Eignung der Anlage durch ein sogenanntes Weiterbetriebs- oder Laufzeitverlängerungsgutachten nachweisen. Folglich ist der Weiterbetrieb mit entsprechenden Investitionen verbunden. Für einen wirtschaftlichen Weiterbetrieb der Anlagen muss mit Erlösanforderungen zwischen 3,57 und 5,00 ct/kWh gerechnet werden³⁴. Da diese Erlöse an der Strombörse zukünftig eher unwahrscheinlich erscheinen, gilt es neue Vermarktungswege für den erneuerbaren Strom zu finden, die den Weiterbetrieb der Post-EEG-Windanlagen im Sinne der Energiewende garantieren.
- ♦ **STILLEGUNG:** Die Anlage wird stillgelegt und vollständig rückgebaut. Nach Baugesetzbuch (BauGB) § 35 Abs. 5 besteht eine Rückbauverpflichtung für Betreiber von Windanlagen, d. h., die Anlagenbetreiber müssen auch entsprechende Rückstellungen bereithalten, um nach Betriebsende

³¹ Hier sind die PLZ-Gebiete 40, 41, 42 und 47 untersucht worden.

³² Eigenen Darstellung auf Basis der Daten von Netztransparenz.de

³³ Fachagentur Windenergie an Land: Was tun nach 20 Jahren?

³⁴ Deutsche Windguard, Weiterbetrieb von Windenergieanlagen nach 2020.

den Rückbau zu finanzieren. Die Höhe der Rückstellungen ist nicht bundeseinheitlich geregelt und variiert stark von Bundesland zu Bundesland. In NRW ist im Windenergie-Erlass³⁵ geregelt, dass 6,5 Prozent der Gesamtinvestitionskosten des Vorhabens als Sicherheitsleistungen anzusetzen sind.

- Folglich scheinen von den Windanlagen der Region ca. 50 Prozent repowert werden zu können.
- Für die wirtschaftliche Vermarktung des Stroms ist es von großer Bedeutung, mit welcher verbleibenden Betriebszeit und mit welchen Volllaststunden der Anlagen zu rechnen ist. Diese Parameter sind ausschlaggebend für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und die Erarbeitung neuer Geschäftsmodelle in Bezug auf die grüne Wasserstoffherzeugung. Im Rahmen der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper wurden daher erste Voruntersuchungen zur erwartbaren Restbetriebslaufzeit nach der EEG-Förderung durchgeführt³⁶. Im Ergebnis wurde für die Post-EEG-Anlagen in der Region eine mittlere Restbetriebslaufzeit von 3 Jahren und durchschnittlich 2.200 Volllaststunden pro Jahr ermittelt. Je nach Zustand der Einzelanlagen kann die Restbetriebszeit zwischen einem und max. sieben Jahren schwanken.

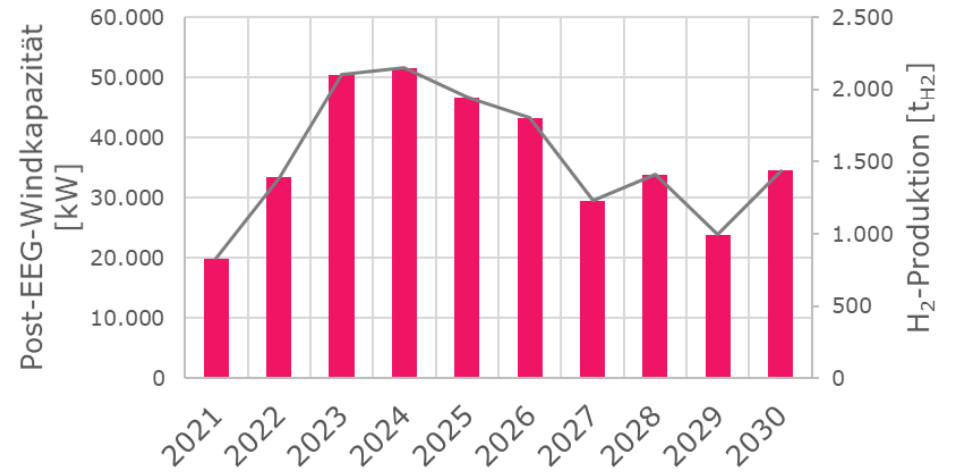


Abbildung 12: Die tatsächlich zu erwartende Post-EEG-Windkapazität und die daraus resultierenden Wasserstoffmengen in der Kompetenzregion in Abhängigkeit von der Restbetriebslaufzeit

In Abbildung 12 ist die verfügbare Kapazität an Windenergie in der Region Düssel.Rhein.Wupper dargestellt³⁷. In dieser Betrachtung stehen die Post-EEG-Windanlagen immer nur für drei Jahre zur Verfügung. Mit dieser Einschränkung ist ersichtlich, dass die verfügbare Kapazität in den Anfangsjahren von 2021 bis 2024 stark von ca. 20 MW auf ca. 50 MW ansteigt und bis 2030 wiederum sukzessive auf ca. 35 MW absinkt.

Bei den angenommenen Volllaststunden könnten in den zehn Jahren des Betrachtungszeitraums im Mittel ca. 1.500 t Wasserstoff pro Jahr produziert werden³⁸. Vorausgesetzt, dass dieser Strom bilanziell oder (in den Fällen, in denen das technisch und wirtschaftlich darstellbar ist) physisch bei der Elektrolyse eingesetzt werden kann.

³⁵ https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_vbl_detail_text?anw_nr=7&vd_id=16977

³⁶ Gemeinsam mit dem assoziierten Partner windtest grevenbroich GmbH.

³⁷ Unter der Annahme, dass 50 Prozent der Windkraftanlagen nicht repowert werden.

³⁸ In dieser Betrachtung wurde entsprechend den Vorgaben des MWIDE ein Wirkungsgrad von 52,9 kWh/kgH₂ angenommen.

Pro Kilogramm Wasserstoff ergäbe sich ein CO₂-Fußabdruck von 52,9 g CO₂³⁹. Entsprechend kann der aus mit Windstrom gespeistem Elektrolyseverfahren produzierte Wasserstoff einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich beitragen. Somit ist dieser Produktionspfad sehr „GRÜN“.

Aufgrund der begrenzten und risikobehafteten Restbetriebslaufzeiten sowie der Volatilität des Windes kann der Strom allerdings nicht „VERLÄSSLICH“ bereitgestellt werden.

Wie bereits diskutiert, haben der Standort und die Betriebsart des Elektrolyseurs starken Einfluss auf die entstehenden Kosten. Sollte die Elektrolyse direkt an der Windanlage betrieben werden, bestünde die Möglichkeit, weitestgehend von Ablagen und Umlagen befreit zu werden. Dem entgegen steht jedoch eine sehr geringe Gesamtauslastung des Elektrolyseurs von ca. 25 Prozent im Falle einer ausschließlichen Speisung durch Windstrom. Dadurch wirken sich die Kapitalkosten stark auf die Wasserstoffproduktionskosten aus. Eine zentrale Elektrolyse, für die Post-EEG-Strom hinzugekauft wird, wäre bei Preisen von 3,57 bis 5 ct/kWh attraktiv für die Post-EEG-Anlagenbetreiber. Wird der Post-EEG-Windstrom jedoch über das Netz der öffentlichen Versorgung transportiert, fallen gemäß aktueller Rechtslage Netzentgelte und Umlagen an. Dann ist keine wirtschaftliche Produktion des Wasserstoffs abbildbar. Ausschlaggebend für dieses Geschäftsmodell ist, welche regulatorischen Maßnahmen diesbezüglich auch im Rahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie ergriffen werden. Diese Unsicherheiten führen zu einer mittleren Bewertung der Kategorie „KOSTENEFFIZIENT“, da politische Will, solche Modelle zu ermöglichen, formuliert ist.



Abbildung 13: Bewertung von Post-EEG-Windkraftanlagen für eine Wasserstoffherzeugung

³⁹ Angaben des MWIDE: CO₂-Emissionen von Post-EEG-Windanlagen 1 g CO₂/kWh.

Wie gut genügen PV-Anlagen den Kriterien zur Wasserstoffherzeugung?

In der Kompetenzregion fallen bis 2030 insgesamt 11.145 PV-Anlagen mit einer Gesamtkapazität von 162 MW aus der EEG-Förderung. Die mittlere Anlagengröße über die kommenden 10 Jahre liegt bei 10 kWp. In den ersten fünf Jahren wird die durchschnittliche Anlagengröße kleiner ausfallen und in den letzten fünf Jahren zunehmend größer werden. Es fallen somit zu Beginn des Jahrzehnts vornehmlich kleinere Aufdachanlagen von Privatpersonen aus der Förderung, deren Anlagenbetrieb weniger professionalisiert ist, als dies bei Windkraftanlagenbetreibern der Fall ist. Wie aus Abbildung 14 ersichtlich, sind auch im Bereich der Photovoltaik vor allem der Rhein-Kreis Neuss und Duisburg betroffen und vereinen über 90 Prozent der Gesamtkapazität der aus der Förderung fallenden Anlagen. Weiterhin ist auffällig, dass die Post-EEG-Kapazitäten ab 2027 stark ansteigen.

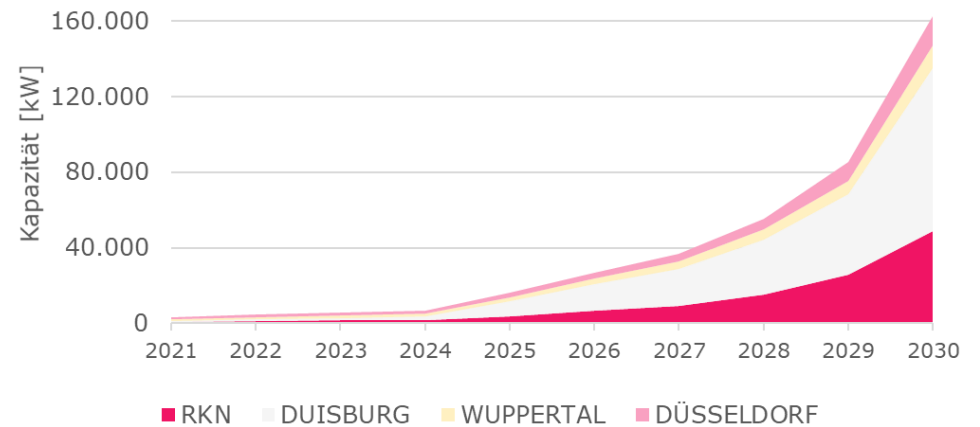


Abbildung 14: PV-Anlagen, die in den kommenden zehn Jahren aus der EEG-Förderung fallen werden, aufgelöst nach Region

Die Ausgangslage bei Betreibern von PV-Anlagen ist eine etwas andere als bei Windanlagen: Technisch gesehen sind PV-Anlagen deutlich langlebiger, da sie nicht so stark durch mechanische Belastungen beansprucht werden. Es ist davon auszugehen, dass Post-EEG-Anlagen auch noch weitere 10 Jahre betrieben werden können, die Wirtschaftlichkeit vorausgesetzt. PV-Anlagen der ersten Generation wurden auf 100 Prozent Einspeisung ins Netz ausgelegt, da die Vergütung von bis zu 50 ct/kWh sehr lukrativ war. Mit dem Wegfall der EEG-Förderung ist davon auszugehen, dass der Großteil der Anlagen so umgerüstet wird, dass der erzeugte Strom zur Eigenversorgung genutzt werden kann. Ohne zusätzlichen Batteriespeicher kann von einer Eigenverbrauchsquote von ca. 30 Prozent ausgegangen werden⁴⁰. Für die verbleibenden 70 Prozent des PV-Stroms gibt es Stand heute noch keine tragbaren Vermarktungsmöglichkeiten. Da auch alte PV-Anlagen Wartungs- und Instandhaltungskosten verursachen, ist ein lukrativer oder mindestens kostendeckender Weiterbetrieb der PV-Anlagen nur durch eine entsprechende Vergütung des Reststroms zu gewährleisten.

In Abbildung 15 sind die verfügbaren Strommengen in Abhängigkeit der beschriebenen Ausgangslage dargestellt⁴¹. Theoretisch könnten durch PV-Strom aus Post-EEG-Anlagen in den kommenden zehn Jahren ca. 4000 t Wasserstoff erzeugt werden. Die jährliche Erzeugungsrate steigt bis 2030 exponentiell auf ca. 1.600 t Wasserstoff pro Jahr an⁴².

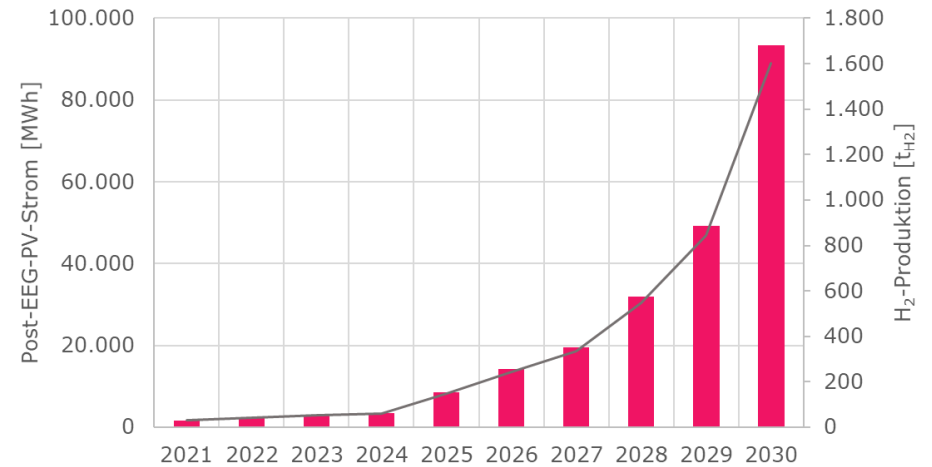


Abbildung 15: Verfügbarer Post-EEG-PV-Strom und die daraus resultierenden Wasserstoffmengen

In der Gesamtbewertung kann man festhalten, dass der durch den Einsatz von PV-Strom aus Post-EEG-Anlagen produzierte Wasserstoff mit 52,9 g CO₂/kg H₂ ebenfalls einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann und als sehr „GRÜN“ klassifiziert werden kann⁴³.

Da der Akteurskreis im Vergleich zu Wind sehr kleinteilig ist, ist der Zugang zum Strom vergleichsweise komplex. Eine Einzelakquise, wie dies bei Wind möglich erscheint, ist in diesem Bereich schwer zu realisieren. Es wird also darauf ankommen, entsprechend flächendeckende und attraktive Angebote zu schaffen, die eine Nutzung des Post-EEG-PV-Stroms ermöglichen. Aufgrund der Langlebigkeit der PV-Module ist von einem konstanteren Zuwachs von PV-Leistung auszugehen, der zugleich auch mit einer größeren Sicherheit zur Verfügung steht. Die Volatilität der

⁴⁰ <https://www.volker-quaschnig.de/software/unabhaengig/index.php>

⁴¹ In der Kalkulation wurde von einem Restwirkungsgrad der Anlagen von 80 Prozent und einem Eigenverbrauchsanteil von 30 Prozent ausgegangen.

⁴² In dieser Betrachtung wurde entsprechend der Vorgaben des MWIDE ein Wirkungsgrad von 52,9 kWh/kg H₂ angenommen.

⁴³ Annahme der CO₂-Emissionen von Post-EEG-PV-Anlagen: 1 g CO₂/kWh.

Sonneneinstrahlung bleibt jedoch bestehen, so dass der Strombezug nur mittelmäßig bis wenig „VERLÄSSLICH“ ist.

Eine Elektrolyse an dem Standort von PV-Anlagen zu installieren, erscheint in den kommenden zehn Jahren wenig sinnvoll, da die Anlagen zu klein sind und vornehmlich bei privaten Betreibern bestehen. Daher bleibt die Lösung, den Strom über das Netz der öffentlichen Versorgung an einen zentraleren Punkt zu transportieren. Dies geht nach bestehender Rechtslage jedoch mit verschiedenen regulatorischen Abgaben und Umlagen einher, die den Strombezug vergleichsweise teurer gestalten. Diese Belastungen müssten deutlich reduziert werden, damit eine wirtschaftliche Wasserstoffherzeugung ermöglicht wird. Der Strombezug von PV-Anlagen ist daher insgesamt als mittelmäßig bis wenig „KOSTENEFFIZIENT“ einzuschätzen.



Abbildung 16: Bewertung von Post-EEG-PV-Anlagen für eine Wasserstoffherzeugung

Konventionelle Stromerzeugung

Die Erzeugung von Wasserstoff mit Strom aus erneuerbaren Energien ist, insbesondere bei Einbindung von Post-EEG-Anlagen, mit großen Risiken und Schwierigkeiten hinsichtlich der Versorgungssicherheit verbunden.

Unter diesen Gesichtspunkten macht es Sinn, sich auch konventionelle Stromerzeugungsanlagen als potenzielle Erzeugungsstandorte genauer anzuschauen. Diese Standorte haben das notwendige Personal, um eine Elektrolyseanlage zu betreiben, und können ggf. auch die Abwärme eines Elektrolyseurs weiterverwenden. Aller-

dings sind nicht alle konventionellen Stromerzeugungen gleichermaßen für den Betrieb eines Elektrolyseurs geeignet. Im Folgenden werden drei Kraftwerkstypen hinsichtlich ihrer Eignung als zentrale Erzeugungsstandorte bewertet:

- **STEIN- UND BRAUNKOHLEKRAFTWERKE** fallen aufgrund des sehr hohen CO₂-Fußabdrucks von 935 bzw. 1.105 g CO₂-eq/kWh^{44,45} von vornherein aus den Überlegungen heraus. Weiterhin werden diese Anlagen entsprechend dem kürzlich beschlossenen Kohleausstiegsgesetz⁴⁶ sukzessive stillgelegt, so dass bis spätestens 2038 eine vollständige Beendigung der Kohleverstromung erfolgt sein wird.
- **GASKRAFTWERKE** werden durch den Wegfall von Kohle- und Atomkraftwerken für die Stromerzeugung an Bedeutung gewinnen. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen CO₂-Emissionen des Stroms aus Gaskraftwerken i. H. v. 640 g CO₂/kWh⁴⁷ könnte an diesen Standorten Wasserstoff mit einem CO₂-Fußabdruck von knapp 34 kg CO₂/kg H₂ produziert werden. Diskutiert werden muss jedoch auch über die Entwicklungsperspektiven der fossilen Gasversorgung. Sollen die Klimaziele erreicht werden, muss auch das Gas nachhaltig erzeugt werden. Dies kann neben Biogas durch synthetische Gase geschehen. Synthetische Gase wiederum basieren auf der Erzeugung nachhaltigen Wasserstoffs. Diesen Strom zur Erzeugung von Wasserstoff zu nutzen, ergäbe wenig Sinn. Aus diesen Überlegungen heraus können Gaskraftwerke im besten Fall als Übergangsort zur Erzeugung von Wasserstoff dienlich sein. Im weiteren Verlauf des Feinkonzeptes wird diese Option nicht betrachtet.
- **MÜLLHEIZKRAFTWERKE (MHKW)** zeichnen sich in erster Linie dadurch aus, dass sie ohnehin anfallende Abfälle weiterverwerten. Da trotz stetiger Bemühungen der Müllvermeidung und des Recyclings ein erheblicher nicht wiederverwendbarer Restmüllbestand verbleibt, bietet es sich an, die im Müll enthaltene wertvolle Energie zu nutzen. 50 Prozent der brennbaren

⁴⁴ Die Werte berücksichtigen den gesamten Kraftwerkslebenszyklus und wurden als Mittelwerte aus den angegebenen kW-Spannen berechnet.

⁴⁵ <https://www.bundestag.de/resource/blob/406432/70f77c4c170d9048d88dcc3071b7721c/wd-8-056-07-pdf-data.pdf>

⁴⁶ <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/173/1917342.pdf>

⁴⁷ <https://www.bundestag.de/resource/blob/406432/70f77c4c170d9048d88dcc3071b7721c/wd-8-056-07-pdf-data.pdf>

Inhaltsstoffe im Restabfall, der in MHKW entsorgt wird, sind ohnehin organischen Ursprungs⁴⁸ und damit CO₂-neutral. Durch die Substitution fossiler Energieträger in den Bereichen Strom und (Fern-)Wärme⁴⁹ leistet die thermische Abfallverwertung damit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz: In Deutschland werden dadurch jährlich rund 6 Mio. t CO₂-eq⁵⁰ eingespart.

Im Folgenden wird das Potenzial zur Wasserstoffproduktion durch MHKW genauer betrachtet.

Müllheizkraftwerke

Durch die energetische Nutzung von ohnehin anfallendem und zu großem Teil aus organischem Material bestehendem Abfall steht an den MHKW ein vergleichsweise grüner Strom mit einem Emissionsfaktor von 20 g CO₂-eq/kWh⁵¹ bereit. Das Kilogramm Wasserstoff lässt sich mit einem relativ geringen CO₂-Fußabdruck rund 1 kg CO₂ herstellen. Dieser Wert reduziert sich, verwendet man 100 % des MHKW-Grünstroms.

Bei der Umsetzung erfolversprechender Eigenversorgungskonzepte kann der Strom durch die Vermeidung von Netzentgelten, Stromsteuer, netzentgeltgekoppelten Abgaben und EEG-Umlage zudem kostengünstig bereitgestellt werden.

In der Kompetenzregion gibt es insgesamt 6 MHKW (vgl. Abbildung 18), die 2019 insgesamt eine Energiemenge von 898.609 MWh/a für das Stromnetz bereitgestellt haben (Wuppertal: 86.777 MWh/a⁵², Düsseldorf: 213.284 MWh/a⁵³, Solingen: 63.006 MWh/a⁵⁴, Krefeld: 99.069 MWh/a⁵⁵, Kamp-Lintfort: 94.350 kWh/a⁵⁶, Oberhausen: 342.123 kWh/a). Lediglich im Rhein-Kreis Neuss gibt es kein MHKW. Unter der Annahme einer vollständigen Stromnutzung der MHKW ergibt sich daraus ein

theoretisches Erzeugungspotenzial von ca. 17.000 t Wasserstoff⁵⁷ pro Jahr. Da auch in Zukunft weiterhin große Mengen an nicht-recycelbarem Abfall anfallen werden, ist davon auszugehen, dass MHKW auch langfristig als zuverlässige H₂-Erzeugungsstandorte zur Verfügung stehen werden.

Werden MHKW als Produktionsstandorte des elektrolytisch hergestellten Wasserstoffs in Betracht gezogen, können neben einem günstigen, zuverlässigen und vergleichsweise grünen Strombezug weitere Synergien genutzt werden. Neben der Erzeugung von Strom haben MHKW eine hohe Bedeutung für die regionale Wärmeversorgung. Normalerweise wird ein Teil der bei der Verbrennung des Abfalls anfallenden Energie in Form von Wärme in ein Fernwärmenetz eingespeist. Entsprechend existiert an MHKW oftmals die notwendige Infrastruktur, um auch die beim Elektrolyseprozess anfallende Abwärme durch eine Einspeisung in das bereits bestehende Wärmenetz nutzbar zu machen. Je nach Art der Bilanzierung können die Wasserstoffproduktionskosten durch die zusätzlichen wirtschaftlichen Erlöse aus dem Wärmeverkauf gesenkt sowie der CO₂-Fußabdruck⁵⁸ des erzeugten Wasserstoffs durch die zusätzliche Bereitstellung von Wärme reduziert werden.

⁴⁸ <https://www.zv-tad.de/mhkw/co2-reduzierung/>

⁴⁹ *Nutzung der Verbrennungswärme bei der Abfallentsorgung sowie Nutzung der Abwärme bei der Stromerzeugung.*

⁵⁰ <https://www.itad.de/service/pressemitteilungen/bundesregierung-abfallverbrennung-s-enkt-treibhausgase-und-gefaehrdet-recycling-nicht>

⁵¹ Wert in Abstimmung mit MWIDE festgelegt.

⁵² <https://www.itad.de/ueber-uns/anlagen/wuppertal>

⁵³ <https://www.itad.de/ueber-uns/anlagen/duesseldorf>

⁵⁴ <https://www.itad.de/ueber-uns/anlagen/solingen>

⁵⁵ <https://www.itad.de/ueber-uns/anlagen/krefeld>

⁵⁶ <https://www.itad.de/ueber-uns/anlagen/asdonkshof>

⁵⁷ In dieser Betrachtung wurde entsprechend den Vorgaben des MWIDE ein Elektrolyseaufwand von 52,9 kWh/kg H₂ angenommen.

⁵⁸ Siehe Das Kosten-Nutzen-Verhältnis

Weiterhin sind an den MHKW potenzielle Abnehmer des Wasserstoffs direkt vorhanden: Abfallsammelfahrzeuge müssen aufgrund der CVD zunehmend emissionsfrei betrieben werden. Hierbei kommen aufgrund des hohen Fahrzeuggewichts vor allem BZ-Fahrzeuge⁵⁹ infrage. Werden also am Ort der Wasserstoffherstellung ebenfalls Betankungsmöglichkeiten bereitgestellt, könnten die Müllfahrzeuge ein Abladen des Mülls an den MHKW mit einer Wasserstoffbetankung verbinden. Der Natur von MHKW folgend, sind diese zudem vornehmlich an eher dicht besiedelten Standorten vorzufinden. Dies hat den Vorteil, dass auch weitere Anwender, wie etwa Linienbusse, nicht weit von der potenziellen Wasserstoffbereitstellung entfernt wären und diese ohne größeren Fahraufwand nutzen könnten.

An dieser Stelle lohnt sich ein Blick nach Wuppertal. Die Wuppertaler Stadtwerke haben hier gemeinsam mit der Abfallwirtschaftsgesellschaft das Projekt H2-W ins Leben gerufen. Der am MHKW elektrolytisch hergestellte Wasserstoff kann durch die vor Ort errichtete H₂-Tankstelle auch direkt dem Endanwender bereitgestellt werden. Seit Juni 2020 beziehen 10 BZ-Linienbusse der WSW mobil den lokal hergestellten, grünen Wasserstoff. Nächstes Jahr sollen 10 weitere dazukommen.



Abbildung 17: Bewertung von MHKW für eine Wasserstoffherzeugung

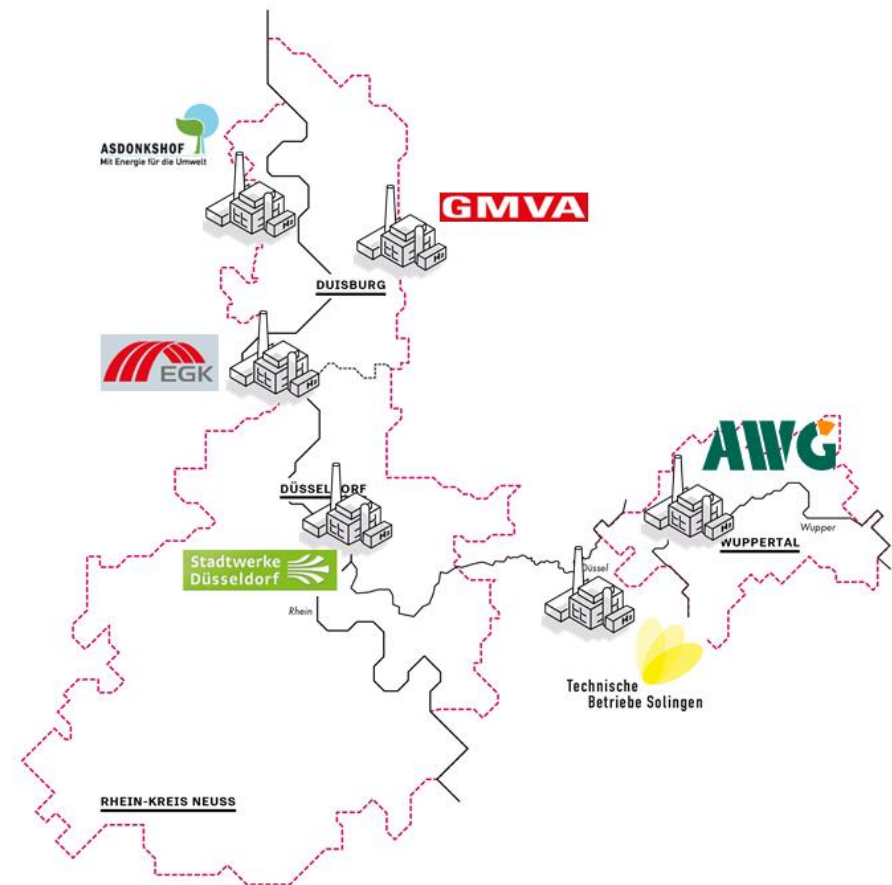


Abbildung 18: Die sechs MHKW und betreibenden Unternehmen in der Kompetenzregion

⁵⁹ Für die meisten Anwendungsfälle sind hierfür Brennstoffzellenfahrzeuge erforderlich, da durch reinen Batteriebetrieb die notwendige Leistung nicht zur Verfügung gestellt werden kann.

Wasserstoff als industrielles Beiprodukt

In der Kompetenzregion sind einige Industrieunternehmen ansässig, die bereits seit Jahren chloralkalische Elektrolysen betreiben. Diese werden zur Herstellung von Chlorgas und Kalilauge für weitere chemische Prozessschritte genutzt. Wasserstoff fällt in diesem Zusammenhang als Nebenprodukt an. Durch den großindustriellen Maßstab und die hohen Betriebsstunden dieser Anlagen ist in der Kompetenzregion mit Kapazitäten zwischen 5.000 bis 15.000 t H₂ pro Jahr zu rechnen⁶⁰.

Der Großteil des anfallenden Wasserstoffs wird aktuell zur Bereitstellung von Prozesswärme genutzt und zu Teilen in die Luft abgeblasen. Sollte der erzeugte Wasserstoff nicht mehr zur Bereitstellung von Prozesswärme, sondern alternativ im Verkehrssektor als Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge zum Einsatz kommen, müsste die Prozesswärme durch Erdgas erzeugt werden. Daher muss für den Wasserstoff als industrielles Beiprodukt ein Emissionswert entsprechend dem CO₂-Fußabdruck von Erdgas (202 g CO₂/kWh) angesetzt werden. Theoretisch gibt es weitere Alternativen (Großwärmepumpen, industrielle Abwärme...) mit vergleichbarem Aufwand wird es in vielen Fällen aber Erdgas sein. In Summe kann auf diese Weise Wasserstoff mit einem CO₂-Fußabdruck von ca. 10,7 kg CO₂/kg H₂ hergestellt werden. Im Vergleich zu den Emissionswerten eines PKW mit Verbrennungsmotor (ca. 20 kg CO₂/100 km) könnte durch den Einsatz des Wasserstoffs im Verkehrsbereich ein größerer Klimanutzen entstehen als in der Bereitstellung von Prozesswärme. Aktuell stellt sich jedoch die Frage, wie Industrieunternehmen mit den dadurch steigenden CO₂-Fußabdrücken ihrer Produkte umgehen können. Eine Anrechnung des klimaschonenden Effektes durch den Einsatz des Wasserstoffs im Verkehrsbereich ist aktuell nicht möglich und hält einige Industrieunternehmen davon ab, diesen Weg einzuschlagen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass die genauen Kapazitäten an industriellem Wasserstoff als Beiprodukt aktuell nicht hinlänglich bekannt sind. Die Dimensionen liegen aber im Maßstab einiger Tausend Tonnen Wasserstoff pro Jahr und könnten somit einen wesentlichen Beitrag zu einer regionalen Wasserstoffversorgung leisten. Die Problematik der Anrechenbarkeit des positiven Klimaeffektes bleibt aktuell jedoch bestehen und hält die jeweiligen Akteure davon ab, proaktiv in diese Richtung zu gehen. Aus den genannten Gründen wird Wasserstoff als industrielles Beiprodukt für die weitere Betrachtung nicht weiter berücksichtigt, soll aber für eine perspektivische Wasserstoffwirtschaft nicht vernachlässigt werden.

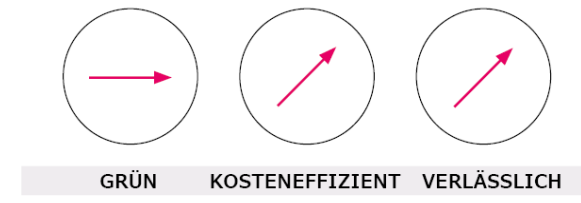
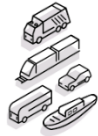


Abbildung 19: Bewertung vom Beiprodukt Wasserstoff als Wasserstoffquelle

⁶⁰ Abschätzung nach Auswertung bilateraler Gespräche.



CLUSTER: Anwendung

Aktuell gibt es in der Kompetenzregion bis auf wenige PKW und Busse keine Brennstoffzellenfahrzeuge. Für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft ist es entscheidend zu wissen, wie sich zukünftige Bestände an Brennstoffzellenfahrzeugen entwickeln werden, da aus diesen der resultierende Wasserstoffbedarf direkt abgeleitet werden kann. Die aktuellen Flottenstrukturen der Akteure in der Region geben zudem darüber Auskunft, ob die Gesamtnachfrage eher von wenigen großen Akteuren ausgehen oder sich auf viele kleine Akteure verteilen wird.

Prognostizierte Brennstoffzellenfahrzeug-Nachfrage in der Kompetenzregion

Die Prognose zukünftiger BZ-Fahrzeugbestände in der Region erfolgt für eine realistische Planbarkeit auf Grundlage der bestehenden regulatorischen Rahmenbedingungen nach Fahrzeugklasse für die Stützjahre 2025 und 2030 (vgl. Abbildung 20, siehe auch Potenzialermittlung in Teil 2: Methodik). Die auf diese Weise prognostizierten Bestände sind allerdings nicht ausreichend, um die anvisierten Klimaziele zu erreichen.






	 PKW	 Sprinter	 LNF	 SNF	 Busse	Gesamt
Bis 2025	938	315	-	-	104	1.356
Bis 2030	3.873	983	273	400	253	5.782

Abbildung 20: Kumulierte Anzahl zukünftiger Brennstoffzellenfahrzeuge in der Kompetenzregion (Basisszenario)

Es ist ersichtlich, dass BZ-PKW gegenüber anderen BZ-Fahrzeugen in ihrer Gesamtbestandszahl deutlich dominieren. Während für PKW ein Bestand von fast 4.000 BZ-Fahrzeugen im Jahr 2030 prognostiziert wird, bewegen sich die Bestände der anderen Fahrzeugklassen alle im Bereich von wenigen bis einigen Hundert.

⁶¹ Eigene Berechnung.

In Bezug auf die daraus zu erwartenden Wasserstoffverbräuche der verschiedenen Klassen wird der Fokus jedoch nicht auf dem PKW-Bereich liegen. Der zukünftige Wasserstoffbedarf in der Kompetenzregion wird vor allem durch schwere Nutzfahrzeuge und Busse bestimmt werden (vgl. Abbildung 21). Neben den höheren spezifischen Verbräuchen ist dies vor allem auf die höhere Fahrleistung pro Jahr zurückzuführen.

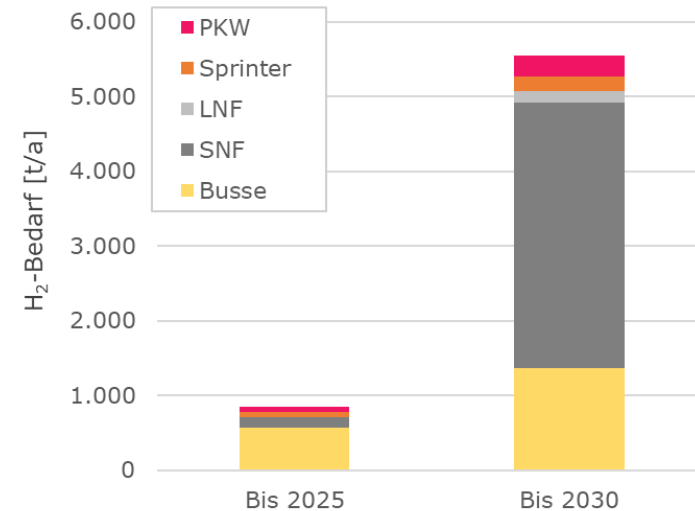


Abbildung 21: Jährlicher Wasserstoffbedarf verschiedener Fahrzeugklassen⁶¹

Fahrzeugflottenstrukturen von Akteuren in der Kompetenzregion

Befragungen haben eine starke Heterogenität hinsichtlich der aktuellen Flottenstrukturen bei Akteuren aus der Kompetenzregion aufgezeigt (nicht repräsentativ, vgl. auch Kapitel **WIE WIR DENKEN** und Teil 2 Methodik).

Bei den PKW liegen die aktuellen Flottengrößen zwischen 4 und 1.500 Fahrzeugen. Die jährlichen Kilometerleistungen variieren erheblich von 8.000 bis zu 120.000 km im Jahr, ebenso wie die geforderten Mindestreichweiten von 30 bis 500 km. Während heute bei den befragten Unternehmen schon mehr als 100 batterie-elektrische Fahrzeuge im Einsatz sind, gibt es derzeit für Brennstoffzellenfahrzeuge nur Absichtserklärungen für den Kauf bzw. das Leasing. Dieser Umstand konnte in der Region trotz der bestehenden Tankstelleninfrastruktur nicht behoben werden und begründet sich auch durch das eingeschränkte Fahrzeugangebot. Vereinzelt liegt die Zögerlichkeit in der Anschaffung auch an den fehlenden Fahrzeugen deutscher Premiumhersteller.

Auch bei den LKW weisen die Akteure der Region sehr unterschiedliche Flottenstrukturen von 2 bis hin zu 480 Fahrzeugen und Fahrleistungen von 18.000 bis hin zu 180.000 km/a auf. Die Art der Fahrzeuge variiert stark von einfachen LKW über Sattelzugmaschinen bis hin zu Sonderfahrzeugen, wie z. B. Abfallsammelfahrzeuge. Bisher sind bei den LKW noch keine batterie-elektrischen Fahrzeuge im Einsatz, es gibt jedoch Planungen für ein 18t-Verteilfahrzeug. Aufgrund des mangelnden Angebotes sind derzeit keine BZ-Fahrzeuge im Einsatz. Trotz sehr großen Interesses an der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie gibt es noch keine konkreten Beschaffungspläne.

Im Bereich der Busse gibt es nur eine geringe Anzahl an befragten Akteuren bei gleichzeitig sehr unterschiedlichen Einsatzbereichen im ÖPNV oder z. B. am Flughafen. Die Flottengrößen reichen von 33 bis hin zu 480 Bussen. Das Bus-Cluster ist besonders interessant, da es in diesem Bereich schon BZ-Fahrzeuge unterschiedlicher Hersteller gibt. Im Jahr 2020 sollen in der Kompetenzregion 10 Fahrzeuge in Wuppertal eingesetzt werden, ebenso wie 15 batterie-elektrische Busse.



CLUSTER: Infrastruktur

Im Bereich der Tankstelleninfrastruktur existieren, im Gegensatz zu den ausreichend vorhandenen Benzin- und Dieseltankstellen, in der Kompetenzregion zurzeit nur 5 Wasserstofftankstellen, davon zwei in Düsseldorf, eine in Duisburg, eine in Ratingen und eine in Wuppertal. Direkt angrenzend, am Rhein-Ruhr-Zentrum in Mülheim sowie in Mönchengladbach, befindet sich jeweils eine weitere Wasserstofftankstelle (vgl. Abbildung 22). Zukünftig soll in Duisburg beim ZBT eine nicht-öffentliche Tankmöglichkeit errichtet werden, eine weitere öffentliche Wasserstofftankstelle für Duisburg befindet sich aktuell in der Vorplanung. Im Rahmen des Förderprojektes für die Wuppertaler Brennstoffzellenbusse ist zudem eine weitere Wasserstofftankstelle in Wuppertal angedacht.

Zur Betankung von 350 bar Anwendungen (bspw. Busse oder LKW) befinden sich in der Region insgesamt drei Wasserstofftankstellen (zwei in Düsseldorf und eine in Wuppertal). Die Wuppertaler Tankstelle ist jedoch nicht öffentlich. Dieser Umstand bedeutet häufig weite und zeitaufwendige Fahrten für die Fahrzeugbetankung aus anderen Bereichen der Kompetenzregion.

Die in der Vorplanung befindliche neue Tankstelle in Duisburg soll hingegen auch für die Betankung von Bussen ertüchtigt werden. Für geplante Heavy-Duty-Anwendungen und LKW sind aufgrund der fehlenden Spezifikationen zurzeit weder Tankstellen in der Kompetenzregion vorhanden noch in Planung.

Es ist ersichtlich, dass die Wasserstofftankstellendichte sehr gering ist. Anforderungen an die Standorte sind dabei die Abdeckung von Hotspots, wie z. B. Gewerbegebiete mit entsprechenden Fahrzeugflotten, Logistikschwerpunkte, Häfen oder aber die Nähe zu Autobahnen. Zur Versorgung der Tankstellen mit Wasserstoff bedarf es einer entsprechenden Verteilungsinfrastruktur. Neben Trailer-Transporten kann diese Versorgung prinzipiell auch über Pipelines bzw. ein Gasnetz erfolgen.

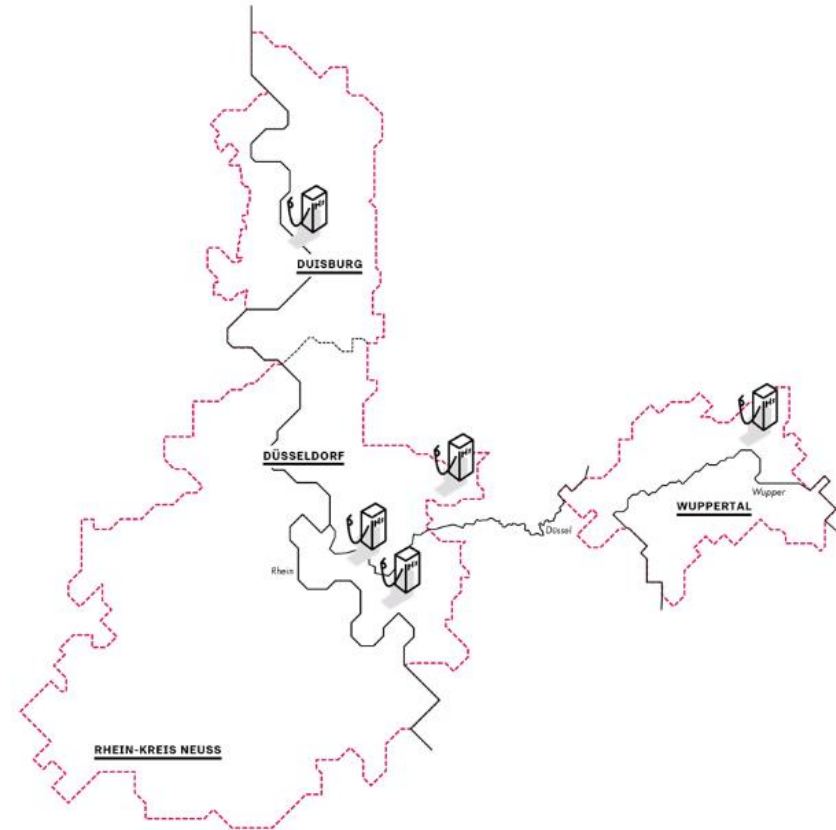
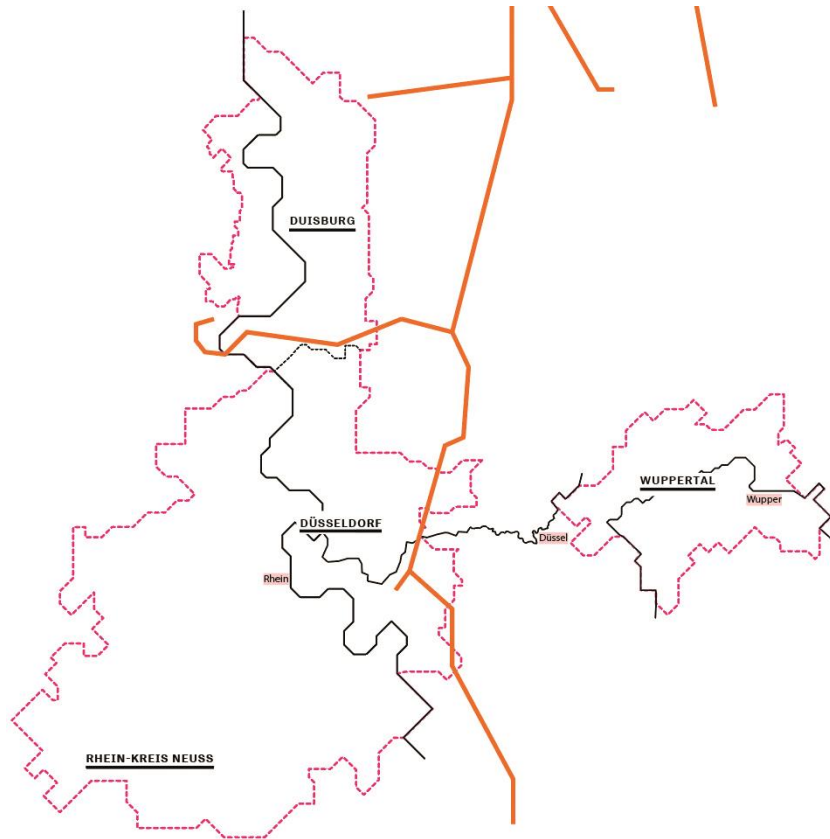


Abbildung 22: Wasserstofftankstellen in der Region (h2.live)



Aktuell verläuft eine insgesamt ca. 240 km lange und private Wasserstoffpipeline der Firma AirLiquide mit einem Nenndruck von 25 bis 30 bar⁶² vom Ruhrgebiet durch die Kompetenzregion bis nach Leverkusen (vgl. Abbildung 23). Diese Pipeline bietet die Möglichkeit, auch große Mengen an Wasserstoff mit vergleichsweise geringem Aufwand zu transportieren. Aktuell wird eine Wasserstofftankstelle in Düsseldorf von dieser Pipeline versorgt. Die Auskoppelung von Wasserstoff aus einer derartigen Pipeline ist jedoch nicht einfach an jeder Stelle möglich. Darüber hinaus liegen einige geeignete Tankstellenstandorte der Kompetenzregion nicht in direkter Nähe zur Pipeline. Hinzu kommt, dass Wasserstoff aus einer Pipeline neben der notwendigen Komprimierung noch für Mobilitätsanwendungen aufgereinigt werden müsste.

Neben der Nutzung von reinen Wasserstoffpipelines besteht, unter der Voraussetzung gewisser Ertüchtigungen und Umwidmungen von Teilen des Erdgasnetzes, auch die Möglichkeit der Nutzung von ehemaligen Erdgaspipelines zum Transport von Wasserstoff. Der Umfang der notwendigen Anpassungen und Maßnahmen variiert dabei je nach Ausgangssituation. Ein wirtschaftlicher Betrieb ist jedoch erst ab einer gewissen Durchsatzmenge möglich. Erste Projekte hierzu sind bereits in der Kompetenzregion angedacht. Auch hierbei wären jedoch noch eine Aufbereitung und Kompression des Wasserstoffs notwendig, die einen hohen technischen Aufwand und entsprechenden Investitionsbedarf an der Tankstelle mit sich bringen.

Abbildung 23: Schematische Darstellung der Wasserstoffpipeline NRW (chemieatlas.de, abgerufen 07.05.2020)

⁶² Krieg, Dennis: Konzept und Kosten eines Pipelinesystems zur Versorgung des deutschen Straßenverkehrs mit Wasserstoff, Schriften des Forschungszentrums Jülich Reihe Energie & Umwelt. Jülich: Forschungszentrum Jülich, 2012 — ISBN 978-3-89336-800-6.



CLUSTER: Ausbildung

Ausgehend von den unterschiedlichen Anforderungen und Partnern, die in den Prozess der Aus- und Weiterbildung involviert werden müssen, wurden in der Kompetenzregion bereits erste Ansätze von punktuellen Weiterbildungen und Qualifizierungen in unterschiedlichen Bildungsbereichen getätigt.

UNIVERSITÄTEN / HOCHSCHULEN

Im tertiären Bildungsbereich kann die Universität Duisburg-Essen mit dem Zentrum für Brennstoffzellentechnik auf eine der führenden europäischen Forschungseinrichtungen für Brennstoffzellen, Wasserstofftechnologien und Energiespeicher zurückgreifen. Kurse zum Thema Wasserstoff und Brennstoffzelle sind seit Jahren Bestandteil der Lehre.

BERUFS-AUS- UND -WEITERBILDUNGEN

Allgemein stehen mit mehreren berufsbildenden Schulen und verschiedenen Berufsbildungszentren (z. B. BBZ Dormagen) in der Region ausreichend Einrichtungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung bereit.

Mit dem Basisseminar Wasserstofftechnologien existiert bereits ein konkretes Weiterbildungsangebot, welches in Kooperation mit der Faun-Gruppe in Duisburg am ZBT durchgeführt wird. In dieser firmenspezifischen Schulung werden die Grundlagen der Wasserstofftechnik für die Nutzung der wasserstoffbetriebenen Abfallsammel Fahrzeuge der Firma Faun in einem eintägigen Seminar vermittelt und durch verschiedene Praxisbeispiele abgerundet.

Des Weiteren haben die Stadtwerke Wuppertal ein erstes Modul für die Qualifizierung des Wartungspersonals für die Busse und die Tankstelle aufgebaut. Die gewonnenen Erfahrungen aus den Schulungen bei den Stadtwerken Wuppertal können zudem aufbereitet und von zentraler Stelle aus für die weiteren Entwicklungen an anderen Standorten nutzbar gemacht werden.

Darüber hinaus ist jedoch bereits konkretes Interesse an der Umsetzung von Aus- und Weiterbildungen im Bereich Wasserstoff von verschiedener Seite geäußert worden. Am BBZ Dormagen besteht bspw. konkret das Interesse an der Entwicklung eines Ausbildungsgangs zum/zur „chemischen Techniker*in“, der dort etabliert werden könnte.

SCHULEN

Im Rahmen der Durchführung der sogenannten FuelCellBox⁶³ als wiederkehrendes Schüler- und Lehrerprojekt besteht auch bereits in Schulen die Möglichkeit der Beschäftigung mit dem Thema Wasserstoff. Hier können bereits erste Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten der Technik erfahren werden. Dieser Wettbewerb wird durch Industrie und Forschung aus der Kompetenzregion sowie Arbeit im Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW bereits seit Jahren aktiv unterstützt.

Insgesamt bestehen innerhalb der Kompetenzregion erhebliche Potenziale im Bereich der Aus- und Weiterbildung, die für die Region und umliegenden Bereiche nutzbar gemacht werden können. An konkreten Umsätzen mangelt es jedoch noch. Entsprechend gilt es die guten Ansätze zu koordinieren und zusammenzuführen, so dass der aufkommende Bedarf an Fachkräften für die Zukunft bedient werden kann. Aus diesem Wissensvorsprung kann mittel- bis langfristig auch ein Standortvorteil für die Kompetenzregion Wasserstoff generiert werden.

⁶³ <https://www.energieagentur.nrw/brennstoffzelle/fuelcellbox>

Fazit

Die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf, Rhein, Wupper bietet die grundsätzlichen Voraussetzungen für die Etablierung einer funktionierenden, regionalen Wasserstoffwirtschaft. Insgesamt verfügt die Region 2030 über ein Potenzial von Post-EEG-Strom zur **Erzeugung** von 3.000 t Wasserstoff jährlich. Mangels wirtschaftlicher Alternativen würden diese Anlagen, sofern nicht im Rahmen der Wasserstoffproduktion genutzt, vermutlich frühzeitig rückgebaut werden und ungenutzt bleiben. Durch ihr Netzwerk an MHKW bietet die Region darüber hinaus geeignete Standorte für die Integration der Post-EEG-Anlagen in ein sicheres, verlässliches und wirtschaftlich interessantes Gesamtsystem. Perspektivisch ist zudem die Einbindung der regionalen Kapazitäten an industriellem Beiprodukt-Wasserstoff (5.000 bis 15.000 t H₂ pro Jahr) denkbar.

Aktuell gibt es in der Kompetenzregion bis auf wenige PKW und Busse keine Brennstoffzellenfahrzeuge in **Anwendung**. Bedingt durch die CVD wird die zukünftige Wasserstoffnachfrage vorerst vermutlich von Sonderfahrzeugen wie Müllsammel- oder Straßenreinigungsfahrzeugen und Bussen des ÖPNV ausgehen. In einer zweiten Phase wird durch eine steigende Bedeutung der CO₂-Flottenverordnung auch eine verstärkte Wasserstoffnachfrage in den Bereichen LNF und SNF entstehen. Trotz der mengenmäßigen Überlegenheit der Wasserstoff-PKW werden die schweren Fahrzeugklassen, bedingt durch die höheren Leistungsbedarfe, die bis 2030 dominierenden Nachfrager darstellen. Diese sollten, aufgrund der größeren Klimaeffekte, auch in den Fokus der Strategie der Kompetenzregion rücken. Entsprechende Fahrzeugflotten sind in der Region vorhanden, wengleich mit sehr unterschiedlichen Ausprägungen hinsichtlich Anzahl oder jährlicher Laufleistung.

Die Kompetenzregion besitzt das engmaschigste Wasserstofftankstellennetz Deutschlands⁶⁴. Allerdings ist die bestehende **Infrastruktur** aktuell nicht auf die Bedarfe von Müllfahrzeugen, Bussen oder LNF und SNF ausgelegt. Sie bietet jedoch eine günstige Grundstruktur und kann an die zukünftigen Bedürfnisse der Anwender adaptiert werden. Durch die Zunahme neuer Anwendungen wie Busse und LKW werden jedoch auch neue Tankstellen in der Nähe der potenziellen Verbraucher (bspw. Gewerbegebiete) notwendig werden. Der Aufbau eines dichteren Tankstellennetzes, die Entwicklung von Tankprotokollen und der Aufbau von Tankstellen für

die Heavy-Duty-Betankung an geeigneten Standorten sind entsprechend unabdingbar. Zur Verteilung des Wasserstoffs an die Tankstellen bestehen in der Region zudem bisher noch keine passenden flexiblen Infrastruktur- und Betankungskonzepte, die sich einem kontinuierlichen Markthochlauf anpassen können.

Im Bereich der **Ausbildung** gibt es bereits erste Schulungs- und Ausbildungskonzepte. Hier gilt es, auf diesen aufzubauen und weitere bedarfsgerechte Angebote frühzeitig zu entwickeln.

⁶⁴ <https://h2.live/tankstellen>

HEUTE

WAS WIR WOLLEN

Einleitung

In den folgenden Kapiteln wird das Selbstverständnis der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper dargestellt. Außerdem wird der Masterplan entwickelt und erläutert, mit welchen konkreten Maßnahmen dieser umgesetzt werden kann.

Identität – Wer ist die Kompetenzregion und was tut sie?

Die Kompetenzregion wird bereits in der Konzeptionsphase durch ein starkes Engagement der Initiatoren und eine außerordentliche Dynamik des Themas getragen. Es besteht Einigkeit unter den Akteuren, diese besondere Zusammenarbeit gemeinsam fortzusetzen und zu verstetigen. Dazu gilt es unter anderem, einen öffentlichen Auftritt sowie eine innere Organisationsform zu ermitteln, die geeignet sind, die gesetzten Ziele möglichst umfassend in der Region und darüber hinaus zu realisieren. Dafür soll mit dem vorliegenden Konzept ein Fundament gelegt werden.

Das Anliegen der Kompetenzregion

Wir schaffen in der Kompetenzregion ein fruchtbares Umfeld und einen Markt für Wasserstoff-Projekte – im Verkehrssektor und darüber hinaus. Dabei ermuntern wir Unternehmen, Wasserstofftechnologien zu erproben und unterstützen sie mit Erfahrung und Netzwerk. Projekte aus den Bereichen Produktion, Transport/Bereitstellung und Anwendung/Verbrauch von Wasserstoff sollen miteinander vernetzt und ggf. zu einer Kooperation geführt werden. Darüber hinaus sollen weitere Aktivitäten die Wasserstofftechnologie in der Kompetenzregion insgesamt voranbringen und dafür auch auf andere Regionen übertragbare Konzepte und Formate entwickelt und umgesetzt werden. Diese und weitere Aktivitäten der Kompetenzregion ergeben sich unmittelbar aus unserem gemeinsamen Anliegen, das wir als **Mission Statement** formuliert haben.

Mission Statement

Die Region zwischen Düssel, Rhein und Wupper ist Europas Logistikzentrum und geprägt durch vielfältige urbane und ländliche Räume, Industrien und Betriebe.

Als KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper wollen wir sie bis 2030 zum Leitbild für ganz NRW entwickeln, um den Klimaschutz und einen nachhaltigen Strukturwandel voranzubringen. Hier und heute gestalten wir ein wirtschaftlich-wertschöpfendes Wasserstoffsystem für den Verkehrssektor und darüber hinaus:

- Wir nutzen die Wasserstofftechnologie in der Logistik, für Flottenverkehre und Sonderfahrzeuge, auf Straßen, Schienen und Wasserwegen und starten mit ersten Projekten den Aufbau einer entwicklungsfähigen Wasserstoffinfrastruktur einschließlich regionaler Erzeugung. Dabei steht auch die Einbindung von Post-EEG-Strom auf der Agenda.
- Wir schaffen organisatorische Strukturen, um die Erzeugung und Nachfrage von Wasserstoff in der Kompetenzregion in Einklang zu bringen und einen Markt zu initiieren.
- Wir schaffen ein Umfeld für Pilotprojekte und Early Mover, um diese in die Region zu holen und von der Idee bis zur Investitionsentscheidung zu begleiten.

Die Kompetenzregion als Plattform für Wissenstransfer

Um diese Anliegen auf breiter Ebene zu verwirklichen, muss die Region einerseits konkrete Unterstützungsangebote machen und andererseits zu jeder Zeit anschlussfähig für neue Ideen und Projekte sein. Die Kompetenzregion soll dazu wie eine Art Club funktionieren, der Unternehmen grundsätzlich offensteht, um ihre Rolle und Chancen für (Verkehrs-)Projekte mit Wasserstoff-Technologie zu definieren – von der Idee bis zur Umsetzung.

Die Kompetenzregion als kommunikativer Akteur

Als Kompetenzregion ist es eines unserer zentralen Anliegen, allen Akteuren und Beteiligten einen direkten Mehrwert im Hinblick auf die Weiterentwicklung ihrer Wasserstoff-Projekte im Verkehrsbereich (und darüber hinaus) zu bieten. Um diesen Anspruch nach außen hin deutlich zu machen, ist ein konsistenter und eigenständiger Auftritt notwendig. Dieser besteht aus zwei Teilen:

- ein äußeres Erscheinungsbild (Logo, Corporate Design), mit dem sich alle Beteiligten identifizieren und hinter dem sich alle versammeln,
- nach innen und außen wahrnehmbare Aktivitäten, die die Kompetenzregion insgesamt voranbringen.



Die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper tritt als eigenständiger Akteur auf, um einerseits neue Partner und Unterstützer anzusprechen und diesen die Vorteile zu vermitteln, die eine „Mitgliedschaft“ bieten kann. Andererseits werden die Mitglieder mit ihren Projekten aktiv unterstützt. Darüber hinaus wird die Kompetenzregion im gemeinschaftlichen Interesse agieren, indem Netzwerkarbeit oder Partnerschaften initiiert werden, von denen die Mitglieder profitieren.

Organisation und Struktur

Um die oben genannten Aktivitäten zu entwickeln, soll eine geeignete Organisationsform für die Kompetenzregion gefunden werden. Prinzipiell wären dazu ein lockerer Zusammenschluss von Einzelakteuren oder eine eigenständige neu zu gründende Organisation im Sinne einer Geschäftsstelle o. Ä. denkbar. Die bisher im Rahmen der Feinkonzeption gemachten Erfahrungen sprechen dabei deutlich für das zweite Modell.

Eine mögliche Arbeitsstruktur hierfür könnte wie folgend aussehen:

- Eine Geschäftsstelle ist die „Adresse“ und das „Gesicht“ der Kompetenzregion. Sie entwickelt eigene Aktivitäten, um die Kompetenzregion technisch und wirtschaftlich auszubauen.
- Assoziierte Partner als Teil der Kompetenzregion haben Zugang zu verschiedenen Unterstützungsleistungen, die über die Geschäftsstelle koordiniert werden.
- Ein Kreis von Interessenten befindet sich in Kontakt mit der Geschäftsstelle, um z.B. eigene Projektideen zu diskutieren.

In der Umsetzungsphase gilt es, eine Organisations- und entsprechende Rechtsform zu entwickeln und in ein tragfähiges Geschäftsmodell zu überführen. Dabei ist es beispielsweise denkbar, dass assoziierte Partner zu privilegierten „Kunden“ werden, die bestimmte Leistungen qua Status erhalten und andere Leistungen gegen Entgelt in Anspruch nehmen können.

Logo und Absender

Im Zuge der Feinkonzeption wurde für die Kompetenzregion bereits eine Wort-Bild-Marke einschließlich daraus abgeleitetem Auftritt entwickelt und auch in der Kom-

munikation während der Konzeptionsphase eingesetzt. Die Marke ist modular aufgebaut und bleibt so auch für spätere Erweiterungen der Kompetenzregion (vgl. Was wir tun) verwendbar.



Abbildung 24: Logo der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper

Der als Ortsmarker visualisierte Claim HIER.HEUTE.H2 steht bei der Visualisierung im Vordergrund. Er kann für verschiedene Anwendungen auch unabhängig von der Bezeichnung der Kompetenzregion eingesetzt werden. Der Claim wird zur eigentlichen Marke, die als Klammer verschiedene Aktivitäten und Absender zusammenbringt (vgl. Kommunikationsstrategie

Die Farbgebung hebt sich von allen im Bereich Wasserstoff zu findenden sonstigen Elementen stark und selbstbewusst ab.

Zur Kommunikation während der Konzeptionsphase wurde bereits ein grundlegendes Corporate Design sowie ein erstes Set von Informationsmedien entwickelt (siehe Anhang / **Kommunikation**

Einbindung externer Initiativen und Serviceangebote

Die Kompetenzregion setzt auf zahlreichen Initiativen und Angeboten auf, die es im Land NRW und auf Bundesebene bereits gibt. Diese werden in unterschiedlicher Weise für die Arbeit der Kompetenzregion berücksichtigt und darin eingebunden, um Synergien optimal nutzen zu können.

Von grundlegender Bedeutung ist dabei, Doppelstrukturen und -ansprachen sowie Parallel-Angebote zu vermeiden. Zugleich gilt es, als koordinierender Akteur alle Fäden in der Hand zu behalten, um die integrative Wirkung der Kompetenzregion optimal entfalten zu können. Dazu ist es aus kommunikativer Sicht notwendig, eine aktive Schnittstellenfunktion zwischen Projekten und Partnern in der Region und

den zahlreichen H2-Initiativen und Netzwerken wahrzunehmen. Eine mögliche Abgrenzung ist hierbei der Fokus auf das operative Geschäft. Schnittstellen zu bestehenden Angeboten ergeben sich dann aus dem Bedarf an Netzwerkarbeit und Fördermittelberatung.

Die Kompetenzregion vermittelt weiter, hakt aber auch nach und begleitet Projekte, die auf der Suche nach Unterstützung sind, bis diese ihr Ziel erreicht oder Alternativen entwickelt haben.

Die folgenden Akteure und Plattformen wurden im Konzeptionsprozess als mögliche Kooperationspartner identifiziert und teilweise bereits angesprochen.

● **EnergieAgentur.NRW**

Angebote und mögliche Themen der Zusammenarbeit: Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff, Elektromobilität, Initiative H2-Bus, KompetenzAtlas; Schulen: Schülerwettbewerbe FUELCELLBOX / FUELCELLBOX Konzeptwettbewerb, Lehrerseminare

● **Initiative IN4climate.NRW**

Angebote und mögliche Themen der Zusammenarbeit: Wasserstoff in der industriellen Nutzung, z. B. Stahlproduktion; Kooperationsmöglichkeiten insbesondere im Bereich der Erzeugung und wissenschaftlichen Expertise (SCI4climate.NRW)

● **Elektromobilität.NRW**

Angebote und mögliche Themen der Zusammenarbeit: Informationsangebot zum Thema Wasserstoff und Brennstoffzelle, Informationen zu Fördermöglichkeiten

Einbindung von Unternehmen und anderen Institutionen

Um sicherzustellen, dass das vorliegende Feinkonzept sowie die grundlegende Ausrichtung der Kompetenzregion den Handlungsdrücken und Bedürfnissen der vor Ort ansässigen Akteure entsprechen, wurde von Anfang an ein enger Austausch zu den

Akteuren der Kompetenzregion gesucht. Hierzu wurden vor allem drei Pfade eingeschlagen:

- Öffentliche Workshops
- Unternehmensindividuelle Fragebögen
- Bilaterale Gespräche

Diese enge und stetige Vernetzung äußert sich beispielsweise in der sehr regen Unterstützung des Projektes: So haben über 50 Unternehmen⁶⁵ eine spezifische Interessensbekundung (Letter of Interest; LOI) abgegeben:

- 6 Unternehmen im Rahmen der „H₂-Allianz: Die Erzeuger“
- 5 Unternehmen als Kooperationspartner der „H₂-Allianz: Die Erzeuger“
- 4 Unternehmen im Rahmen der „H₂-Allianz: Die Unternehmen des ÖPNV“
- 40 Unternehmen als grundsätzliche Partner des Projekts entsprechend der spezifischen Kompetenz des jeweiligen Unternehmens

Dabei zeigt sich, dass die interessierten Akteure alle Wertschöpfungsstufen abdecken – von der Erzeugung bis zur Nutzung (vgl. Abbildung 25). Die Einteilung in die einzelnen Sektoren der Wertschöpfungskette orientiert sich dabei an den konkreten Komponenten des Modellprojektes, in denen die interessierten Akteure zukünftige Maßnahmen oder Anknüpfungspunkte sehen. Unter „übergreifend“ werden in diesem Sinne Akteure zusammengefasst, die insbesondere eine beratende oder forschende Funktion über die gesamten Wertschöpfungsstufen hinweg anstreben.

Die Akteurslandschaft ist darüber hinaus vielfältig geprägt und geht teilweise sogar über die nationalen Grenzen hinaus: Vom lokalen Autohaus und innovativen Start-ups über etablierte Unternehmen wie die Stadtwerke Düsseldorf und die Wuppertaler Stadtwerke bis hin zu großen Automobilherstellern wie Toyota wird das Projekt aktiv unterstützt und ein Beitrag zur Entwicklung des Konzepts eingebracht. Die Interessensbekundungen sind am Ende des Dokumentes angehängt.

⁶⁵ Teilweise liegen Doppelnennungen über die unterschiedlichen Gremien vor.

Eine besondere Bedeutung wird der „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ sowie der „H₂-Allianz: Die Unternehmen des ÖPNV“ zuteil.

Die **H2-ALLIANZ: DIE ERZEUGER** setzt sich aus den sechs MKW-Betreibern der Region zusammen. Diese haben sich zusammengetan, um gemeinschaftlich an einem regionalen Erzeugungskonzept für klimafreundlichen Wasserstoff zu arbeiten und Synergien zwischen den MKW bei der Planung, Errichtung und dem Betrieb der Elektrolyse-Anlagen zu identifizieren.

Die **H2-ALLIANZ: DIE UNTERNEHMEN DES ÖPNV** wurde durch die vier Unternehmen Duisburger Verkehrsgesellschaft, Rheinbahn, Stadtwerke Neuss und Wuppertaler Stadtwerke gegründet. Die Allianz diskutiert gemeinschaftliche Optionen für den Einsatz von Brennstoffzellenbussen, stößt ggf. gemeinsame Beschaffungen an und entwickelt gemeinsame Projekte.

Damit wollen die Allianzen das Thema des vor Ort erzeugten und genutzten Wasserstoffs aktiv vorantreiben und ein integraler Bestandteil der Wasserstoffwirtschaft in der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper werden.

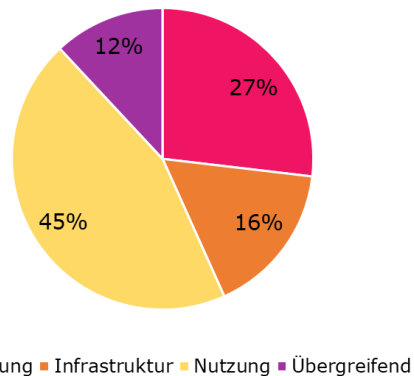


Abbildung 25: Zuordnung der Unternehmen, die einen LOI eingereicht haben, zu Wertschöpfungsstufen

Workshops

Die Kompetenzregion hat im Projektzeitraum drei öffentliche Veranstaltungen durchgeführt. Ziele waren unter anderem die Vernetzung der Akteure, die Weitergabe von Informationen zu den Potenzialen der Wasserstofftechnologien sowie die Ableitungen von konkreten Lösungen zur Bewältigung der Hindernisse beim Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft.

Am 7. November fand bei den Stadtwerken Düsseldorf die erste der drei Workshops statt. Bei der Veranstaltung „Wasserstoff-Mobilität in Firmenflotten und Pendlerverkehren“ informierten sich über 110 Teilnehmerinnen und Teilnehmer auf Einladung der Stadtwerke, der Landeshauptstadt Düsseldorf und von AIR LIQUIDE Advanced Technologies. Fahrzeughersteller, Unternehmen, die Mobilität organisieren und Fuhrparkbetreiber kamen so zusammen. Bei einem Testdrive bestand die Möglichkeit, Brennstoffzellen-PKW Probe zu fahren.



Abbildung 26: Erster Workshop am 19. November 2019 bei den Stadtwerken Düsseldorf.

Der zweite Workshop fand am 20. November 2019 in Duisburg im Zentrum für BrennstoffzellenTechnik statt. 28 Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden zunächst über Wasserstofftechnologien, deren Entwicklungsstand sowie die Vor- und Nachteile gegenüber Alternativtechnologien informiert. Am Nachmittag wurden in zwei parallel stattfindenden Gruppen die Bedürfnisse von „Erzeugern“ und „Anwendern“ erfasst. Hierzu wurden regulatorische, aber auch wirtschaftliche Rahmenbedingungen formuliert, die einerseits die Kompetenzregion, aber auch die Bundesregierung erfüllen müssen, damit Wasserstofftechnologien zielführend angewendet werden können. Diese Erkenntnisse sind wichtiger Bestandteil des vorliegenden Feinkonzeptes.



Abbildung 27: Dritter Workshop in der Kreisverwaltung Grevenbroich

Aufgrund des hohen Interesses an einer Verstärkung und Vertiefung des gemeinsamen Austauschs durch die Workshopteilnehmenden wurde ein dritter Workshop am 6. März 2020 in Grevenbroich durchgeführt. Trotz vereinzelter Absagen aufgrund der einsetzenden Corona-Krise⁶⁶ haben eine Vielzahl an Teilnehmenden die Ideen der Kompetenzregion aktiv diskutiert und weiterentwickelt. Vor allem externe Expert*innen von H2MOBILITY, Air Liquide Advanced Technologies, Faun, E-Trucks Europe und Clean Energy Partnership (in Personalunion mit Audi) sorgten dafür, dass Anwendungsfälle praxisnah besprochen wurden und die Teilnehmenden wesentliche Informationen zu Marktverfügbarkeiten erhielten.

Unternehmensindividuelle Fragebögen

Um ein vertieftes Verständnis über die Bedürfnisse und auch konkreten Vorhaben der Akteure – die zu einem großen Teil auch bei einem oder beiden Workshops anwesend waren – zu erlangen, wurden unternehmensindividuelle Fragebögen erstellt und versendet. Diese gliedern sich in die Themen Erzeugung, PKW, LKW, Busse und Material-Handling. Ziel hierbei war es, zum einen Information darüber zu gewinnen, wie der aktuelle Stand bzgl. Mobilität in der Kompetenzregion ist, und zum anderen das Wissen und die Einstellung zur wasserstoffbasierten Mobilität zu erfassen. Beispielsweise wurden Flottengrößen, Erneuerungsraten oder aber benötigte Reichweiten ebenso abgefragt wie die Marketingwirkung von BZ-Fahrzeugen oder die Bereitschaft, Mehrpreise für die H₂-Technik zu zahlen. Individuelle Handlungsdrücke und Hemmnisse wurden ebenfalls aufgenommen. Um einen Hochlauf in der Kompetenzregion auch zeitlich bewerten und unterstützen zu können, wurden die Informationen jeweils für die Jahre 2021, 2025 und 2030 abgefragt.

Insgesamt wurden von 28 Firmen über 48 Fragebögen ausgefüllt. Davon jeweils 17 Fragebögen für die Bereiche PKW und LKW, 6 im Bereich Erzeugung sowie je 4 für die Bereiche Busse und Material-Handling. Der zeitliche Aspekt wurde bei der Beantwortung der Fragen häufig vernachlässigt, da entweder bei den Unternehmen keine entsprechenden Planungen vorlagen oder aber diese nicht nach außen kommuniziert werden sollten. Dennoch lieferten die Fragebögen interessante Erkenntnisse bzgl. der Wasserstoffmobilität in der Region:

⁶⁶ Über die Durchführung oder Absage des Workshops wurde projektintern ausführlich diskutiert. Da gemeinsam mit der Kreisverwaltung Neuss ein nach damaligem Stand bestmögliches Hygienekonzept entwickelt werden konnte, ist die Entscheidung für die Durchführung des Workshops gefallen.

Für den Bereich der Wasserstofferzeugung ergibt die Auswertung der Fragebögen ein hohes Potenzial bei einer großen Diversität der technologischen Erzeugungspfade: Elektrolyse am Müllheizkraftwerk, Elektrolyse über EE-Strom aus Windkraftanlagen, H₂-Erzeugung als Beiprodukt in der chemischen Industrie, aber auch H₂ aus konventioneller Reformierung von Erdgas sind die rückgekoppelten Möglichkeiten in der Kompetenzregion. Bei deren Erschließung werden Überlegungen hinsichtlich Ökologie (grün), Ökonomie (kosteneffizient) sowie Versorgungssicherheit (verlässlich) berücksichtigt (vgl. CLUSTER: Erzeugung).

Im Bereich PKW gibt es trotz der starken Konkurrenzsituation mit batterie-elektrischen Fahrzeugen ein großes Interesse an BZ-Fahrzeugen. Mehr als 70 Prozent sehen BZ-Fahrzeuge hilfreich für ihr Marketing. Während heute ca. 60 Prozent noch einen Mehrpreis für entsprechende Fahrzeuge akzeptieren, dürfen 2030 die Lebenszykluskosten nicht mehr höher sein. Die derzeitige Infrastruktur wird unterschiedlich wahrgenommen, da nur einige wenige Unternehmen in akzeptabler Entfernung zu Wasserstofftankstellen liegen. Außer bei städtischen Unternehmen, bei denen die CVD greift, werden kaum Handlungsdrücke gesehen, abgesehen von allgemeinen klimapolitischen Zielen. Die größten Hemmnisse werden in den Kosten und der Infrastruktur ausgemacht. Es zeigt sich aber auch, dass hier das mangelnde Fahrzeugangebot ein Hemmnis ist. Der einzige deutsche BZ-PKW von der Firma Daimler wird nicht weiter hergestellt und die Akzeptanz von asiatischen Wagen (z. B. Toyota Mirai oder Hyundai Nexa) ist insbesondere im Dienstwagenbereich gering.

Bei LKW sind die Ausrichtungen der Unternehmen ähnlich wie bei PKW. Es herrscht ein sehr großes Interesse, sicher auch, da hier die batterie-elektrische Konkurrenz gering ist. Zudem werden bei den Handlungsdrücken neben der CVD für öffentliche Unternehmen auch Kundenanforderungen nach einer grünen Logistik genannt. Mehrkosten werden in unterschiedlicher Höhe akzeptiert, insbesondere wenn die Lebenszykluskosten, z. B. durch Förderung oder Steuer- bzw. Mautersparnisse, nahezu vergleichbar sind. Die Akteure sehen Hemmnisse in den Kosten, im mangelnden Fahrzeugangebot und der Infrastruktur. Gerade hier zeigen sich aber auch Optionen für die Standortwahl beim Infrastrukturaufbau, da viele Flotten im „Return to Base“-Modus operieren und zudem Synergien mit benachbarten Unternehmen erkannt werden.

Durch die geringe Anzahl Fragebögen bei Bussen und den gleichzeitig sehr unterschiedlichen Einsatzbereichen im ÖPNV oder z. B. am Flughafen können keine allgemeinen Aussagen getroffen werden. Gerade Anwender aus dem öffentlichen

Bereich sehen aber hohe Handlungsdrücke durch die CVD. Der Handlungsdruck ist zudem dadurch gegeben, dass die Einsatzzeiten der Fahrzeuge weit über zehn Jahre liegen und somit schon heute aktiv Beschaffungen diskutiert werden müssen. Gleichzeitig muss gerade im öffentlichen Bereich die Wirtschaftlichkeit gegeben sein oder durch Fördergelder ermöglicht werden. Für definierte Strecken treten batterie-elektrische Busse in Konkurrenz zu BZ-Bussen.

Für Fahrzeuge des Material-Handlings gab es nur wenige beantwortete Fragebögen, so dass hier keine speziellen Handlungsempfehlungen abgeleitet werden können.

Bilaterale Gespräche

Parallel wurden bei Bedarf bilaterale Telefongespräche, Vor-Ort-Termine und Arbeitsworkshops zwischen der Kompetenzregion und interessierten Stakeholdern durchgeführt. Hierdurch konnten den Unternehmen hilfreiche Informationen übermittelt, aber auch gemeinsam Lösungen für die anstehenden Herausforderungen erarbeitet werden. Beispielhaft kann hier ein Workshop mit der Firma Windtest und weiteren Windkraftprojektierern genannt werden. Auf Basis dieses Austausches können die technischen und ökonomischen Potenziale von Post-EEG-Windkraftanlagen zielgerichteter für die H₂-Erzeugung genutzt werden (vgl. CLUSTER: Erzeugung).

Der Masterplan

Zur Erreichung der übergeordneten Projektziele wurde auf Basis der Dialoge mit den Akteuren und der eigenen Analysen ein Masterplan definiert (vgl. Abbildung 27). Dieser zeigt die langfristige Strategie der Kompetenzregion auf und dient gleichzeitig als Leitfaden für die Ableitung geeigneter Maßnahmen zur Zielerreichung.

Die Etablierung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft in der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper wird viele Akteure zusammenbringen, einen umfangreichen Bedarf an Infrastruktur zur Bereitstellung und Verteilung des Wasserstoffs mitbringen und ausgeprägtes Know-how zum Betrieb und Unterhalt der Anlagen sowie eine entsprechende Nachfrage nach Wasserstoff in der Region erfordern. Um dies zu ermöglichen, werden folgende Kriterien an den Masterplan gestellt:

- **Versorgungssicherheit mit H2:** Damit Verbraucher sich für die Investition in BZ-Fahrzeuge entscheiden, muss ihnen Wasserstoff mit definierten CO₂-Intensitäten garantiert werden.
- **Zugang zu H2-Technologien:** Damit Akteure Zugang zu den noch begrenzt verfügbaren H₂-Technologien erlangen, müssen ihre Nachfragen gebündelt werden, um die Nachfragemacht gegenüber den Anbietern zu steigern.
- **Wirtschaftlichkeit beim Markthochlauf:** Der Aufbau derartig neuer Systeme bringt oft ein „Henne-Ei-Problem“ mit sich. Weil Technologien vergleichsweise teuer sind, werden sie nur wenig nachgefragt. Hierdurch wiederum verharren die Kosten auf einem hohen Niveau, weil kaum Skaleneffekte erzielt werden⁶⁷. Um dennoch einen Markthochlauf zu ermöglichen, ist dort anzusetzen, wo die Regulatorik hohe Handlungsdrücke erzeugt und Fördermittel vorhanden sind. Hierdurch können über Pilotprojekte Skaleneffekte für folgende Akteure erzielt werden. Gleichzeitig sind innovative Pfade aufzufinden, die Initialkosten auch für First Mover senken.

- **Skalierbarkeit des Systems:** Um der geschilderten Abhängigkeitsrelation gerecht werden zu können, ist ein kontinuierlich wachsender Markt erforderlich, der der benötigten technologischen Entwicklung ausreichend Zeit einräumt und gleichzeitig durch Pilotprojekte die notwendigen Kostendegressionen im Markt ermöglicht. Um dieser Marktentwicklung gerecht zu werden, müssen die Systemkomponenten (insb. die Infrastruktur) die notwendige Skalierbarkeit mitbringen, um mit dem Markt mitzuwachsen.

Die aufgestellten Kriterien werden im Masterplan – dargestellt in Abbildung 28 auf der Folgeseite – in den drei Phasen **Marktvorbereitung**, **Markthochlauf** und **Marktexpansion** berücksichtigt.

⁶⁷ Hierbei handelt es sich um eine vereinfachte Darstellung. Weitere Aspekte, wie technologische Entwicklungen oder Regulatorik, beeinflussen den Markthochlauf ebenfalls.

		PHASE 1: Marktvorbereitung	PHASE 2: Markthochlauf	PHASE 3: Marktexpansion
		Schaffung von lokalen, vertikal-integrierten H ₂ -Konzepten	Kapazitätsaufbau und Vernetzung	Flexibles überregionales Gesamtsystem
 Cluster 1: Erzeugung	Erzeugung H ₂	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionierung von H₂-Erzeugungsanlagen abgestimmt auf H₂-Verbrauchsmengen (Anlagenauslastung von min 50 %, da hohe spezifische CAPEX für Erstinvestition notwendig) - Standort der H₂-Erzeugungsanlagen idealerweise in Synergie mit anderen Sektoren (techn. Kapazitäten, Know-how / Personal vor Ort, Nutzbarkeit von Nebenprodukten wie Wärme und O₂) 	<ul style="list-style-type: none"> - Schrittweise Erhöhung der Elektrolysekapazität an bestehenden Anlagen – Anreize durch: <ul style="list-style-type: none"> - Wachsender Verbrauch in gesamter Modellregion - Zunehmender Wert flexibler Stromnachfrage - Leistungszuwachs integrierter Post-EEG Anlagen - Installation weiterer Elektrolysesysteme an neuen Standorten (min. 50 % Auslastung) - Einbindung von industriellem Beiprodukt-H₂ 	<ul style="list-style-type: none"> - Verfügbarkeit von Flexibilitätpotentialen für Strommarkt (sinkende Relevanz der Elektrolyseauslastung durch Erreichen maximaler Kapazitäten bestehender Anlagen) - Entstehung weiterer Anlagen, dort wo wirtschaftliche Anreize / lokale Verbräuche vorhanden sind (bspw. Häfen, Industrie, EE-Parks etc.) - Integration überregionaler EE-H₂-Erzeugungskapazitäten (Import)
	Erzeugung Strom	<ul style="list-style-type: none"> - Basis jedoch Nutzung von hoch verfügbarem und möglichst klimaschonendem Strom (Ausgleich fluktuierender EE zur Sicherstellung hoher Auslastung Elektrolyse) - Einbindung von Post-EEG Anlagen (Sicherstellung Klimaschutzziel, Nutzung H₂ zur Finanzierung des Weiterbetriebs der Post-EEG Anlagen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung der Anzahl und Leistung eingebundener Post-EEG Anlagen, die durch integrierte H₂-Geschäftsmodelle finanziert werden können 	<ul style="list-style-type: none"> - Marktdienlichkeit durch Flexibilität in Elektrolysen (günstige Erzeugung von H₂ durch Produktion in Zeiten hoher EE-Einspeisung & niedriger Strompreise) - Möglichst vollständige Integration von Post-EEG Anlagen in H₂-Erzeugungskonzepten - ggf. Möglichkeit des Neubaus weiterer EE Anlagen außerhalb EEG durch H₂-Geschäftsmodelle
 Cluster 2: Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> - Bildung von Verbrauchszentren mit wenigen Verbrauchern, die allerdings einen hohen spezifischem Verbrauch aufweisen - Idealerweise Nutzung gleichartiger Flotten (Schaffung von Synergien bei Beschaffung / Betrieb / Instandhaltung etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Entstehung neuer Verbraucher, rund um die 1. Verbrauchszentren (Vorteil der Nutzung bestehender Infrastrukturen, Entstehung von Synergiepotential mit Erstanwendern bei technologiespezifischen Fragestellungen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Breite Anwendung von H₂ in verschiedenen Mobilitätsanwendungen und von verschiedenen Akteuren - Verteilung des H₂-Verbrauchs in gesamter Region, Zentren analog der urbanen Strukturen - Erweiterung der H₂-Anwendungen in andere Sektoren (Industrie, Wärme etc.) 	
 Cluster 3: Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> - Idealerweise 1:1 Zuordnung von H₂-Erzeugung und -Verbrauch (Betankung direkt bei Elektrolyse, sofern räumliche Voraussetzungen gegeben) - Etablierung von Low-Cost HRS für Versorgung dezentraler Verbraucher 	<ul style="list-style-type: none"> - Beginnende Vernetzung zwischen den lokalen Zentren (Etablierung konstanter Lieferketten, gemeinsame Back-up etc.) - Entstehung neuer Betankungsmöglichkeiten auch außerhalb von Erzeugungsstandorten 	<ul style="list-style-type: none"> - Effektive / effiziente Organisation von Transport und Speicherung durch übergreifende Instanz - Vernetzung auch mit Erzeugern und Verbrauchern außerhalb Region - Etablierung eines flächendeckende und bedarfsgerechten Tankstellennetzes 	
 Cluster 4: Ausbildung	<ul style="list-style-type: none"> - Identifikation von notwendigen Ausbildungsfeldern - Entwicklung von Ausbildungskonzepten - Konzepte zur Gewinnung von Fachpersonal 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementierung der Ausbildungskonzepte - Gewinnung von Fachpersonal 	<ul style="list-style-type: none"> - Erweiterung Ausbildungskonzepte auf andere Sektoren 	

Abbildung 28: Masterplan⁶⁸

⁶⁸ Die KOMPETENZREGION WASSERTSOFF Düssel.Rhein.Wupper hat sich dazu entschieden zunächst keine konkreten Zeitangaben zu den jeweiligen Marktphasen anzugeben. Dies begründet sich in den höchst unterschiedlichen Entwicklungsgeschwindigkeiten in den jeweiligen Clustern und den dynamischen und zum Teil schwerlich vorhersehbaren Marktentwicklungen.

Marktvorbereitung

Erzeugung H₂

Aktuell stellen die Kapitalkosten eines Elektrolyseurs noch den wesentlichen Treiber der Wasserstoffproduktionskosten dar (vgl. Was uns herausfordert - CLUSTER: Erzeugung). Durch hohe Auslastungsgrade des Elektrolyseurs können diese Kosten auf eine größere Wasserstoffproduktionsmenge umgelegt werden. Entsprechend sollte vor allem in der frühen Umsetzungsphase darauf geachtet werden, die Dimensionierung der Elektrolyseanlagen auf die erwarteten Wasserstoffverbrauchsmengen abzustimmen, um hohe Auslastungsgrade und vertretbare Wasserstoffproduktionskosten zu gewährleisten.

Eine weitere Möglichkeit, die kritische Kenngröße der Wasserstoffproduktionskosten beeinflussen zu können, ist der Verkauf von Nebenprodukten, wie Wärme oder Sauerstoff. Diesbezüglich sollte bei der Standortwahl eines Elektrolyseurs auf Synergiepotenziale in Form von möglichen Absatzkanälen dieser Nebenprodukte geachtet werden. Dies gilt auch für die Verfügbarkeit von technischem Know-how am gewählten Standort, welches für den anspruchsvollen Betrieb der Anlagen vonnöten ist.

Aus diesen Gründen fokussiert der Masterplan in der Marktvorbereitung auf vertikal integrierte Projekte, die einzelne Startpunkte für die entstehende Wasserstoffwirtschaft bilden. In Bezug auf die Kompetenzregion sind dies insbesondere die MHKW und die teilweise schon vorhandenen Elektrolysekapazitäten.

Erzeugung Strom

Ein positiver Beitrag zum Klimaschutz ist ein zentrales Element der Zieldefinition (vgl. Was uns antreibt). Dies legt die Integration von klimaschonendem Strom aus Post-EEG-Anlagen nahe, um gleichzeitig den aus der EEG-Förderung fallenden Anlagen ein Finanzierungsmodell für den Weiterbetrieb zu bieten und so einen vorzeitigen Anlagenrückbau zu verhindern.

Um gleichzeitig jedoch die erforderlichen hohen Auslastungsgrade des Elektrolyseurs sicherstellen zu können, bedarf es als Grundversorgung, neben der fluktuativen Stromproduktion aus den Post-EEG-Anlagen, der Einbindung von Strom aus hoch verfügbaren Erzeugungsanlagen wie bspw. MHKW. Diese sollten jedoch auch den Aspekt der Klimaverträglichkeit mitbringen (vgl. Was wir haben - CLUSTER: Erzeugung).

Anwendung

Um die Installation von kleinen Elektrolyseuren mit vergleichsweise hohen spezifischen Investitionskosten, oder alternativ einen zusätzlich Transportaufwand, zu vermeiden, sollten Verbrauchszentren mit wenigen Verbrauchern, aber hohem spezifischem Verbrauch als bevorzugte Absatzmärkte in direkter Nähe zur Wasserstoffherzeugung in den Fokus rücken.

Durch gleichartige Verbraucherflotten können darüber hinaus Synergieeffekte bei der Beschaffung und dem Betrieb sowie der Instandhaltung erzielt werden.

Infrastruktur

Die in der frühen Phase noch geringen Wasserstoffumschlagmengen in der Kompetenzregion rechtfertigen keine ausgeprägte Transportinfrastruktur des Wasserstoffs. Entsprechend sollte zu Beginn eine 1:1-Zuordnung der Wasserstoffbetankung der Verbrauchszentren direkt bei der Wasserstoffproduktion, sprich der Elektrolyse angestrebt werden. Um den Kostenaufwand gering zu halten, bieten sich hierfür dezentrale Low-Cost-H₂-Tankstellen an. Diese sollen durch geeignete technische Auslegungen mit reduzierten Komponenten zu einer starken Kostenreduzierung beitragen.

Ausbildung

Geeignete Ausbildungsgänge für Wasserstoffanwendungen sind in der Kompetenzregion aktuell noch nicht verfügbar (vgl. CLUSTER: Ausbildung). Entsprechend ist es wichtig, die notwendigen Ausbildungsfelder in einem nächsten Schritt zu identifizieren sowie geeignete Ausbildungskonzepte zu entwickeln. Da dieser Prozess eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, kann es ggf. notwendig sein, kurz- bis mittelfristig Fachpersonal aus anderen Bereichen oder Regionen zu engagieren.

Markthochlauf

Erzeugung H₂

Mit fortschreitender Marktentwicklung wird ein steigender Wasserstoffverbrauch in der Region erwartet (vgl. Was wir haben - CLUSTER: Anwendung). Diese Entwicklung deckt sich mit dem mittelfristigen Leistungszuwachs von aus der EEG-Förderung fallenden Stromerzeugungsanlagen (vgl. Abbildung 11 und Abbildung 14). Gleichzeitig wird einer flexiblen Stromnachfrage in Zeiten von Überschussstrom im Netz, durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien, ein zunehmender Wert beigemessen. Diesen Entwicklungen sollte einerseits durch eine schrittweise Erhöhung der Elektrolysekapazitäten an bestehenden Anlagen begegnet werden. Andererseits könnten durch die Installation weiterer Elektrolyseure an anderen Orten neu entstehende Verbrauchszentren erschlossen werden. Hierbei müssen jedoch weiterhin ausreichende Auslastungsgrade der Systeme zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit gewährleistet werden können. Darüber hinaus könnte in dieser Phase auch die Einbindung von industriellem Beiprodukt-Wasserstoff als ergänzende Komponente interessant werden.

Erzeugung Strom

Zur Deckung der steigenden Wasserstoffnachfrage bietet sich die Erhöhung der Anzahl und Leistung von eingebundenen Post-EEG-Anlagen an, denen damit gleichzeitig die Antwort auf wirtschaftliche Weiterbetriebmöglichkeiten nach Auslauf der Förderung gegeben wird.

Anwendung

Grundsätzlich sollte die in der frühen Marktphase bereits installierte Infrastruktur sowie das lokal generierte Know-how bestmöglich in späteren Phasen genutzt werden. Diesbezüglich bietet sich die Ansiedlung von neuen Verbrauchern rund um die ersten Verbrauchszentren an, von denen aus eine Marktausbreitung zu erwarten ist.

Infrastruktur

Die steigenden Wasserstoffumschlagmengen rechtfertigen ab einer bestimmten Menge eine beginnende Vernetzung zwischen den lokalen Zentren. Dadurch können, durch die gemeinsame Nutzung von Infrastrukturen, auf Backup-Kapazitäten zurückgegriffen und Produktions- und Nachfrageschwankungen unterschiedlicher Hotspots ausgeglichen werden.

Ausbildung

Die in der frühen Phase entwickelten Ausbildungskonzepte gilt es nun im Markthochlauf zu implementieren und durch die zusätzliche Gewinnung von Fachpersonal zu komplettieren.

Marktexpansion

Erzeugung H₂

Mit zunehmender Wasserstoffnachfrage werden die installierten Elektrolyseanlagen an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen. Ein Betrieb nahe an der Volllast würde dabei Abhilfe in Bezug auf die Problematik zu geringer Auslastungsgrade und damit verbunden hoher Wasserstoffproduktionskosten schaffen. Diese Tatsache ermöglicht, aufgrund eines flexibleren Betriebs der Elektrolyseure, entsprechende Netzdienlichkeiten für den Strommarkt.

Eine steigende Nachfrage könnte zudem auch die Entstehung weiterer Anlagen, teilweise auch außerhalb des Verkehrssektors wie bspw. in der Industrie, begünstigen.

Eine gegebenenfalls verbleibende Unterdeckung der Wasserstoffnachfrage müsste daraufhin über Importe erfolgen, welches gleichzeitig die Integration des regionalen Marktes in überregionale Erzeugungskapazitäten erfordern würde.

Erzeugung Strom

Der allgemein zunehmende Ausbau der erneuerbaren Energien wird Zeiten hoher Einspeiseleistungen in das Netz mit niedrigen Strommarktpreisen zukünftig häufiger werden lassen. Die in gewissen Maßen vorhandene Betriebsflexibilität der Elektrolyseure könnte diese Preisschwankungen am Strommarkt nutzen. Dadurch würde systemdienlich gearbeitet und niedrigere Wasserstoffpreise könnten an Verbraucher weitergegeben werden.

Langfristig ist zudem denkbar, dass durch den wachsenden Wasserstoffbedarf eine nahezu vollständige Integration von Post-EEG-Anlagen erreicht werden kann.

Bei dem parallel zur Marktentwicklung zunehmenden technologischen Fortschritt und entsprechender Kostendegressionen für die Elektrolyseanlagen kann langfristig auch die Integration von neuen EE-Anlagen wirtschaftlich möglich werden.

Anwendung

Der Wasserstoffverbrauch, der sich auf die gesamte Kompetenzregion erstrecken wird, wird eine breite Wasserstoffanwendung von unterschiedlichen Akteuren in verschiedenen Mobilitätsanwendungen mit sich bringen.

Durch die zu erwartenden Kostendegressionen ist die Ausweitung der Anwendung darüber hinaus auch in andere Sektoren, wie die Industrie oder den Wärmesektor, denkbar.

Infrastruktur

Die steigenden Umschlagmengen und die zunehmende Komplexität der Wasserstofflogistik werden eine zentrale Organisation des Transports und der Speicherung durch eine übergeordnete Instanz nahelegen. Der Importbedarf wird zudem eine Abstimmung und Vernetzung mit Erzeugern und Verbrauchern außerhalb der Kompetenzregion erfordern.

Das Tankstellennetz wird sich bedarfsgerecht an den geografischen Nachfragezentren orientieren, sich gleichzeitig jedoch optimalerweise flächendeckend über die gesamte Kompetenzregion erstrecken, so dass allen interessierten Verbrauchern in der Region ein Zugang zum Energieträger Wasserstoff ermöglicht wird.

Ausbildung

Im Rahmen der Ausweitung der Wasserstoffnutzung auf andere Sektoren wie die Industrie und den Wärmesektor sollten langfristig auch die Ausbildungskonzepte auf weitere Sektoren ausgeweitet werden.

Fazit

Wie ersichtlich ist, erfordert die Umsetzung des Masterplans ein gut orchestriertes Zusammenspiel von vielen Akteuren. Auch aus diesem Grund wurden die Akteure der Kompetenzregion in seine Entwicklung mit einbezogen. Zudem bedarf es **langfristig angesetzter Fördermaßnahmen** aus Politik und Wirtschaft, die zur Überwindung der ausgemachten Herausforderungen, insbesondere in der Anfangsphase, beitragen und den Akteuren eine langfristige Planungssicherheit bieten.

WIE WIR DENKEN

Einleitung

Aufbauend auf der Zielrichtung, den identifizierten Potenzialen in der Kompetenzregion und den Erkenntnissen des Masterplans werden die konkreten Maßnahmen zu dessen Umsetzung dargestellt und diskutiert.



CLUSTER: Erzeugung

Um gleichzeitig dem Anspruch einer klimaschonenden und lokalen Erzeugung gerecht zu werden und regionale Wertschöpfung zu generieren, bedarf es des Einsatzes des Wasserelektrolyseverfahrens, welches mit einem möglichst hohen Anteil erneuerbaren Stroms gespeist wird (vgl. „Was uns herausfordert – CLUSTER: Erzeugung“).

Die ausschließliche Nutzung erneuerbaren Stroms aus Post-EEG-Anlagen zur Wasserstoffproduktion kann die Anforderungen aus dem Zieldreieck (vgl. Abbildung 9) jedoch nicht vollends zufriedenstellend erfüllen. Insbesondere die Aspekte der Versorgungssicherheit sowie der Wirtschaftlichkeit der Wasserstoffbereitstellung stellt die erneuerbaren Stromproduzenten vor eine enorme Herausforderung. Grund hierfür sind die begrenzten und risikobehafteten Restbetriebslaufzeiten der Anlagen, die mitunter großen Entfernungen zu potenziellen Verbrauchern sowie die Volatilität der Stromproduktion aus Wind und Sonne. PV-Anlagen sind aufgrund ihrer starken Dezentralisierung sowie ihrer geringen Größe und entsprechend geringen lokalen Leistung als Standort für eine Elektrolyseanlage direkt am Ort der Stromproduktion ungeeignet. Windparks mit mehreren Anlagen bieten demgegenüber auf den ersten Blick eine bessere Ausgangssituation. Jedoch gehen Windanlagenbetreiber aktuell von Restlebensdauern nach Ende der EEG-Vergütung zwischen null und sieben Jahren aus, konservative Schätzungen sagen einen Mittelwert von nur ca. drei Jahren voraus. Sollte die Installation der Elektrolyseanlage direkt am Ort der Stromproduktion verfolgt werden, würde dies unweigerlich regelmäßig einen notwendigen Rückbau der Elektrolyseanlage am Ort der außer Betrieb gehenden Windanlagen sowie einen Umzug und Wiederaufbau am Ort von neu aus der EEG-Förderung fallenden Windanlagen bedeuten. Dies wäre mit enormen Kosten verbunden und stünde im Widerspruch zur notwendigen Wirtschaftlichkeit.

Sofern die Möglichkeit eines wirtschaftlich attraktiven Repowerings besteht, entfällt durch den Ersatz der Anlage normalerweise die Relevanz der Ermittlung der Restlebensdauer. Zur Bestimmung der Möglichkeit eines Repowerings sind jedoch gesonderte Abklärungen notwendig. Sofern diese Möglichkeit nicht besteht, bedarf es neben der Ermittlung der individuellen erwarteten Restlebensdauer zudem eines Laufzeitverlängerungs- bzw. Weiterbetriebsgutachtens einer Anlage. Für die Durchführung der oben genannten Abklärungen bzw. die Erstellung eines entsprechenden Gutachtens befindet sich das notwendige Know-How durch die windtest grevenbroich GmbH bereits unter den assoziierten Partnern der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF.

Ein weiterer Nachteil der Installation eines Elektrolyseurs an einer Post-EEG-Anlage ist, dass diese oftmals eher dezentral und in großer Entfernung von Wasserstoffverbrauchern – wie BZ-Bussen des ÖPNV oder der Industrie – verortet ist. Hierdurch ergibt sich die Notwendigkeit des kostenintensiven Wasserstofftransports und/oder zusätzlicher Fahrten für die Betankung der BZ-Fahrzeuge am Standort des Elektrolyseurs.

Um die Versorgungssicherheit der Anwender und gleichzeitig eine Senkung der umzulegenden Kapitalkosten zu erwirken, können die in der Region vorhandenen MHKW eingesetzt werden. Diese gewährleisten eine gute Regelbarkeit in Bezug auf den Zeitpunkt und die Menge der Strombereitstellung und stehen langfristig als Stromquelle bereit. Darüber hinaus erfüllen sie durch den hohen Anteil der verbrannten biogenen Abfälle den Aspekt der umweltschonenden Stromerzeugung und entsprechend der Wasserstoffbereitstellung (vgl. „Was wir haben – CLUSTER: Erzeugung – MHKW“). Den MHKW wird somit vor allem für die frühen Phase der Marktvorbereitung (vgl. „Der Masterplan“) eine enorme Bedeutung zuteil.

Die Integration der Post-EEG-Anlagen ist jedoch, bei Nutzung des öffentlichen Stromnetzes, unter dem aktuellen regulatorischen Rahmen mit hohen Kosten verbunden. Zudem entfällt dabei die „grüne“ Kennzeichnung des Wasserstoffs, sobald der Strom durch das Netz der öffentlichen Versorgung geleitet wird. Aus diesem Grund wird der Wunsch nach einem „H₂-Regionalnachweis“ lauter, um Post-EEG-Anlagen den Weiterbetrieb zu ermöglichen und an verbrauchsnahe Standorten grünen Wasserstoff zu erzeugen. In diesem Modell erhielte der Anlagenbetreiber von Post-EEG-Anlagen für den Teil des erzeugten EE-Stroms einen H₂-Regionalnachweis, der zur Wasserelektrolyse genutzt würde. Diesen könnte er an den Elektrolyseur-Betreiber weitergeben. Voraussetzung wäre, dass die Entfernung zwischen

Elektrolyseur und Post-EEG-Anlage einen bestimmten Wert nicht übersteigt. Der H₂-Regionalnachweis bewirkte einerseits, dass durch die Durchleitung des Stroms durch das Netz der allgemeinen Versorgung nicht die Weitergabe der „grünen“ Eigenschaft des EE-Stroms auf den Wasserstoff unterbunden würde. Darüber hinaus gewährleistete er, dass nur diejenigen Steuern, Abgaben und Umlagen zu entrichten wären, die auch ohne eine Netzdurchleitung anfielen. Vor allem in der Phase eines zunehmenden Markthochlaufs (vgl. „Der Masterplan“) mit einer steigenden Anzahl in das System eingebundener Post-EEG-Anlagen stiege auch der Nutzen eines derartigen H₂-Regionalausweises. Neben den ökonomischen Vorteilen wäre zudem auch die Versorgungssicherheit für den Elektrolyseur gegeben, da so viele Post-EEG-Anlagen einer Region in einem Pool zusammengefasst wären.

Neben der ausreichenden produktionsseitigen Strombereitstellung ist jedoch auch der ausreichende nachfrageseitige Wasserstoffbedarf eine notwendige Bedingung, um einen kritischen Auslastungsgrad des Elektrolyseurs zu gewährleisten und eine wettbewerbsfähige Wasserstoffproduktion zu ermöglichen. In der vorangegangenen Analyse stellte sich heraus, dass die lokale Nachfrage nach Wasserstoff, vor allem kurz- bis mittelfristig, vermutlich nicht ausreichend sein wird, um an allen MHKW-Standorten einen Elektrolyseur wirtschaftlich betreiben zu können.

Zum besseren Verständnis der Auswirkungen der Wasserstoffnachfrage auf die Auslastung eines Elektrolyseurs und daraus resultierend auf die sich ergebenden Wasserstoffproduktionskosten sind zunächst zwei Szenarien mit unterschiedlichen Nachfragemengen in den folgenden Abbildungen exemplarisch abgebildet. In einem dritten Szenario wird die Lösung der sich aus Szenarien 1 und 2 ergebenden Probleme dargestellt. Diese Lösung entspricht dem Konzept der Kompetenzregion.

Die Berechnung der Wasserstoffproduktionskosten wird in der Simulationsumgebung ELSA (Optimized Electrolysis Strategy Application) des Beratungsunternehmens Becker Büttner Held Consulting AG vorgenommen und basiert auf einheitlichen Annahmen aller Szenarien⁶⁹.

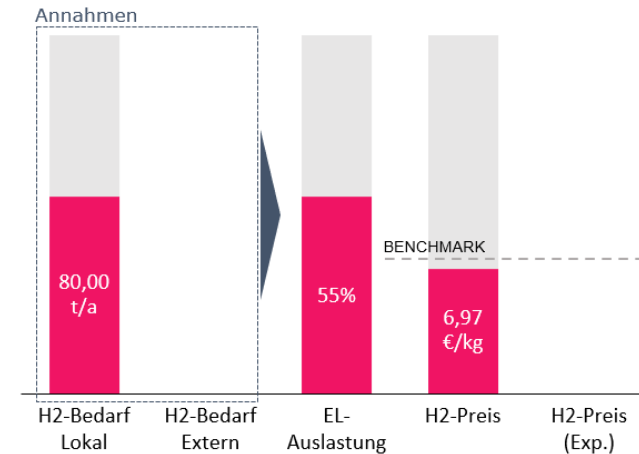


Abbildung 29: Szenario 1 – Erzeugung am Standort mit hoher lokaler Nachfrage

In Szenario 1 (vgl. Abbildung 29) ist ersichtlich, dass eine vergleichsweise hohe lokale Wasserstoffnachfrage von 80 t/a bei einer installierten Elektrolyseleistung von 1 MW einen Auslastungsgrad der Anlage von 55 Prozent zur Folge hat. Hiermit könnten Wasserstoffproduktionskosten von unter 7 €/kg erzielt werden, was einem wirtschaftlichen Betrieb unterhalb der gesetzten Wasserstoffreferenzkosten von 7,16 €/kg⁷⁰ entspricht.

Dementgegen zeigt Abbildung 30 exemplarisch eine vergleichsweise geringe Wasserstoffnachfrage von 30 t/a auf, die in einer Elektrolyseurauslastung von nur 21 Prozent und Wasserstoffproduktionskosten von 12,42 €/kg resultiert und damit einen wirtschaftlichen Betrieb unterhalb der Wasserstoffreferenzkosten nicht ermöglicht.

⁶⁹ Annahmen: nominelle Elektrolyseleistung: 1 MW, Elektrolysewirkungsgrad (LHV): 64 %, kalkulatorischer Zinssatz: 4 %; Nutzungsdauer: 20 a, Investitionskosten Elektrolyseur: 3 Mio. €/MW, fixe Betriebskosten: 77.500 €/a, Day-ahead-Strompreis (Ø): 45,24 €/MWh; Stromsteuer (vergünstigt): 20,5 €/MWh, keine EEG-Umlage / Netzentgelte oder netzentgeltgekoppelte Abgaben, Transportkosten: 4,8 ct/(kg*km) bei einer mittleren Transportdistanz zwischen zwei Elektrolysestandorten von 20 km. Komprimierung bis auf 500 bar.

⁷⁰ Vergleichskosten von konventionellem Kraftstoff bei gleichen Auslegungsbedingungen.

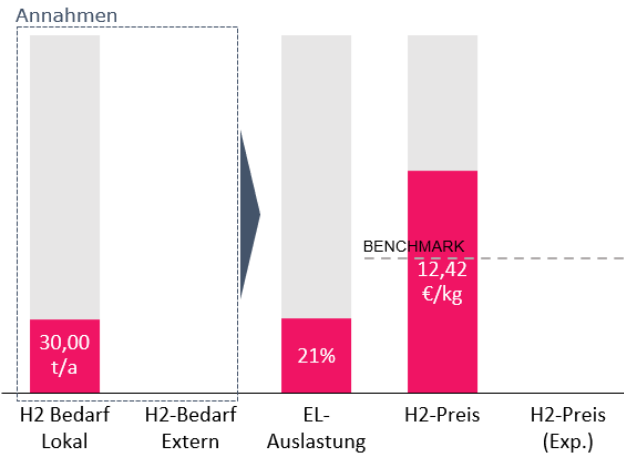


Abbildung 30: Szenario 2 – Erzeugung am Standort mit geringer lokaler Nachfrage

Dem geschilderten Problem von einer lokal zu gering ausfallenden Wasserstoffnachfrage wie in Abbildung 30 kann durch eine ganzheitliche Betrachtung der Wasserstoffproduktion und -nachfrage im Verbund begegnet werden. Die Strategie hinter diesem Verbundsystem ist in Abbildung 31 dargestellt.

Der Wasserstoffbedarf von mehreren Standorten (hier bspw. 80 t/a an Standort 1 und 30 t/a an Standort 2) wird durch nur einen Produktionsstandort bereitgestellt. Hierbei bietet es sich an, dass ein Standort mit bereits bestehenden Wasserstoffherstellungskapazitäten (bspw. Wuppertal) die Wasserstoffnachfrage eines anderen Standortes oder mehrerer anderer Standorte mitbedient. In dem gezeigten Beispiel erhöht diese Zusammenlegung der beiden Bedarfe von insgesamt 110 t/a die Auslastung des Elektrolyseurs am produzierenden Standort auf 76 Prozent und reduziert dadurch die Wasserstoffproduktionskosten auf 4,05 €/kg. Hier sei zu ergänzen, dass durch die Bereitstellung der Nachfrage eines Standortes durch einen anderen Standort unweigerlich ein Transportbedarf entsteht, um die Verbraucher mit dem erzeugten Wasserstoff bedienen zu können. Unter den in diesem Szenario gemachten Annahmen erhöht sich der „Exportpreis“ damit auf 5,01 €/kg. Es ist ersichtlich, dass die Produktionskosten trotz dieser Mehrkosten immer noch unterhalb der beiden vorig betrachteten Szenarien (vgl. Abbildung 29 und Abbildung 30) liegen.

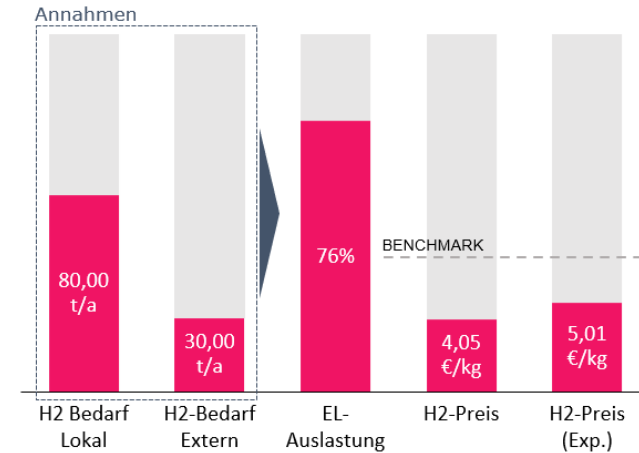


Abbildung 31: Szenario 3 – Verbundmodell: Standort mit hoher lokaler Nachfrage versorgt Standort mit niedriger lokaler Nachfrage.

Sobald die Wasserstoffnachfrage insgesamt eine kritische Menge übersteigt, die den wirtschaftlichen Betrieb eines zusätzlichen Elektrolyseurs erlaubt, wird ein weiterer Elektrolyseur an einem anderen Standort gebaut.

Zusammenfassend können wir festhalten, dass erst durch die geschilderte Zusammenlegung mehrerer lokaler Bedarfe unterschiedlicher Regionen an einen zentralen Produktionsstandort die Voraussetzung dafür geschaffen wird, bereits in einer frühen Entwicklungsphase eine wettbewerbsfähige regionale Wasserstoffproduktion mit skalierbarer Erzeugungsinfrastruktur zu etablieren. Die Integration der MHKW gewährleistet dabei die notwendige Versorgungssicherheit der Anwender als Voraussetzung für eine stetig wachsende Nachfrage und langfristig zunehmende Marktexpansion (vgl. Der Masterplan). Die Vernetzung der vier Regionen ist in der Abbildung 32 dargestellt.

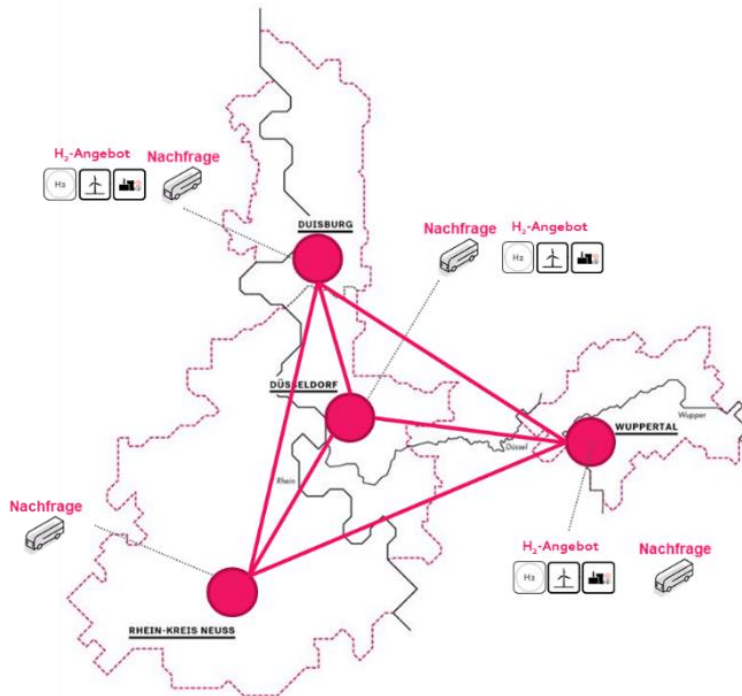


Abbildung 32: Knotenkonzept des Verbundmodells

Der Ansatz dieses Verbundsystems hat bei den sechs regionalen Betreibern der MHKW großen Anklang gefunden und schlussendlich zur Gründung der „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ geführt (vgl. Abbildung 33). Die zugehörige Interessensbekundung ist im Anhang zu finden. Als Rückgrat der regionalen Wertschöpfung haben es sich die Mitglieder der Allianz zur Aufgabe gemacht, gemeinschaftlich regionalen, klimafreundlichen Wasserstoff zu erzeugen und Synergien zwischen den MHKW bei der Planung, Errichtung und dem Betrieb der Elektrolyseanlagen zu identifizieren. Bereits heute ist in Wuppertal 1 MW Elektrolysekapazität in Betrieb. Zwei Anlagen dieser Leistungsklasse an weiteren Standorten sind in konkreter Planung. Darüber hinaus sind Bedarfs- und Machbarkeitsstudien geplant oder werden bereits umgesetzt.

Konkret wurden von den Mitgliedern folgende Ziele bis 2030 formuliert:

- Installation von mindestens 6 MW Elektrolysekapazität
- Produktion von bis zu 600 t H₂/a und somit die Erzeugung von ca. 10 Prozent des in der Region nachgefragten Wasserstoffs für die Mobilität
- Etablierung eines H₂-Erzeugungssystems, mit MHKW als Rückgrat mit der Vision, möglichst viel Post-EEG-Strom in die H₂-Erzeugung einzubinden

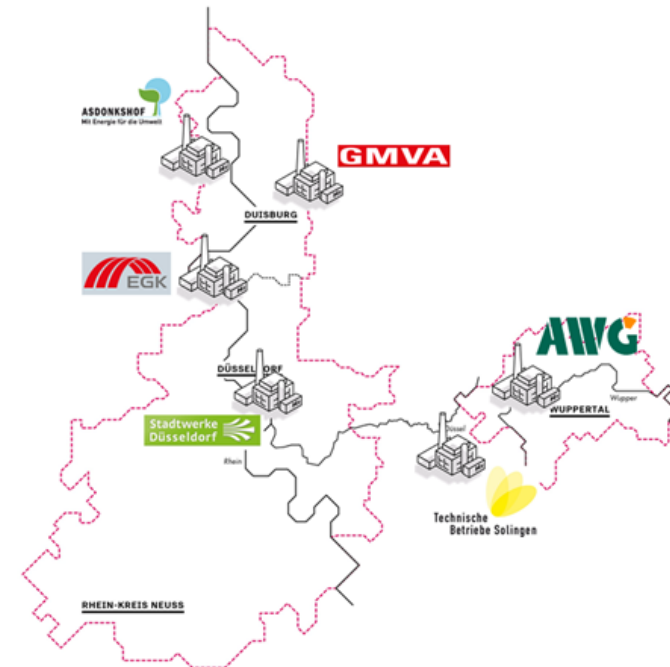
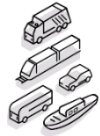


Abbildung 33: Mitglieder der „H₂-Allianz: Die Erzeuger“

Auch die Landesgruppe NRW der Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland (ITAD) verfolgt die Arbeiten und Konzepte der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper mit Interesse und unterstützt den Ansatz, dass MHKW über Elektrolyse die Sektorenkopplung vorantreiben. Ihre Mitgliedsunternehmen können einen relevanten Beitrag zum Aufbau einer lokalen Wasserstoffwirtschaft leisten.

Neben ITAD haben zwei weitere MHKW-Betreiber Interesse an der Allianz angekündigt und eine Interessensbekundung eingereicht.

Nichtsdestotrotz ergibt sich aus dem geschilderten Ansatz gezwungenermaßen eine neue Herausforderung, die es zu lösen gilt, und zwar: Wie gelangt der zentral produzierte Wasserstoff zum Verbraucher?



CLUSTER: Anwendung

Aktuell gibt es nur wenige Brennstoffzellenfahrzeuge in der Kompetenzregion. Wie in „Was uns herausfordert“ beschrieben, liegt dies vor allem an der geringen Technologieverfügbarkeit. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, müssen größere Nachfragemengen generiert werden, die die OEM dazu motivieren, frühzeitig Fahrzeuge in die Region zu bringen. Daher wurde beschlossen, Beschaffungsinitiativen zu gründen, die Beschaffungen spezifisch vorzubereiten und diese gemeinsam gegenüber den OEM zu kommunizieren. Solche gebündelten Demoprojekte bieten für die OEM neben größeren Absatzmengen auch Vorteile hinsichtlich der Serviceangebote, da diese mit weniger Aufwand zu gewährleisten sind und sich regional konzentrieren. Zur Bildung dieser Beschaffungsinitiativen wurden erste Workshops mit verschiedenen Akteuren durchgeführt.

Beschaffungsinitiative PKW

In der Kompetenzregion wird ein Interesse an der Anschaffung von Brennstoffzellen-PKW angemeldet. Gerade Fahrzeuge von deutschen Herstellern werden gefordert. Wie in „Was uns herausfordert“ beschrieben, gibt es von deutschen Herstellern allerdings keine serienreifen Aktivitäten im PKW-Bereich. Kurzfristig werden somit voraussichtlich keine Brennstoffzellen-PKW angeschafft. Die Kompetenzregion begleitet weiterhin alle Initiativen aus diesem Bereich. Als Maßnahmen werden bei Herstellern die Bedarfe der Region angemeldet und die benötigte Wasserstoffinfrastruktur vorbereitet.

Beschaffungsinitiative Busse

Bei der Beschaffung der Busse stehen in erster Linie die öffentlichen Nahverkehrsversorger im Vordergrund. Neben den höheren regulatorischen Drücken, wie die CVD, ist auch die Verfügbarkeit von Fahrzeugen am besten gegeben. Die öffentlichen Organisationen können und müssen somit als glänzendes Beispiel für die neue Technologie vorangehen. Die ÖPNV-Unternehmen der Region tun genau dies. Bereits heute sind in der Region 10 Brennstoffzellenbusse im Einsatz. 25 weitere sind in konkreter Planung bzw. bestellt^{71,72}.

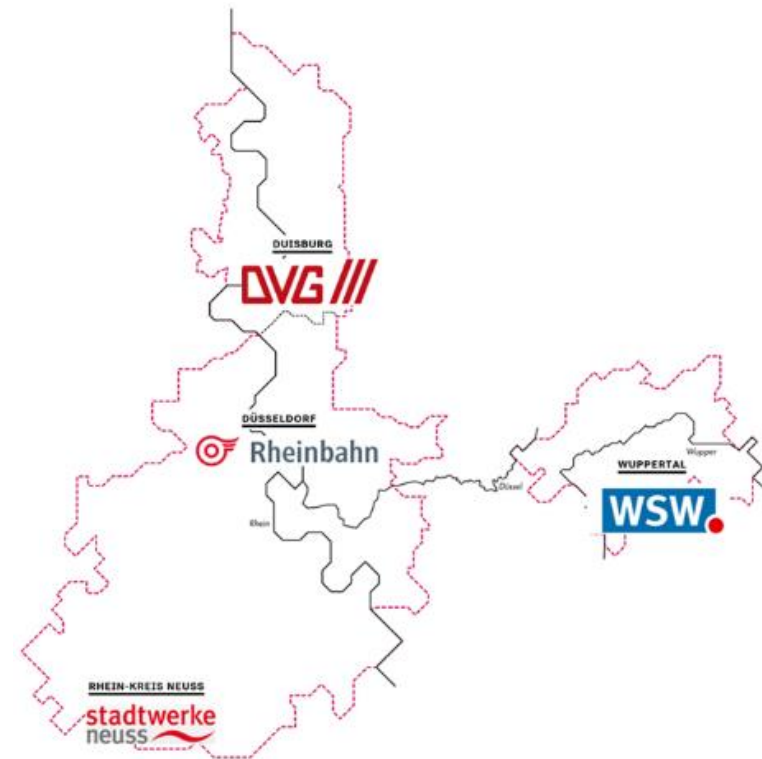


Abbildung 34: H₂-Allianz: Die Unternehmen des ÖPNV für die Beschaffung und den Einsatz von Bussen im ÖPNV

Zudem wurde eine H₂-Allianz: Die Unternehmen des ÖPNV mit vier Unternehmen des ÖPNV gegründet. Die Allianz diskutiert gemeinschaftliche Optionen für den Einsatz von Brennstoffzellenbussen, stoßen ggf. gemeinsame Beschaffungen an und entwickeln gemeinsame Projekte. Die Allianz stellt einen integralen Bestandteil der

⁷¹ <https://www.wsw-online.de/unternehmen/presse-medien/presseinformationen/pressemeldung/meldung/wsw-wasserstoffbusse-fahren-ab-heute-im-linienverkehr/>

⁷² <https://www.rga.de/rhein-wupper/rheinbahn-setzt-wasserstoff-11750516.html>

Wasserstoffwirtschaft dar. Die H₂-Allianz: Die Unternehmen des ÖPNV setzt sich bis 2030 folgende Ziele:

- mehr als 140 Brennstoffzellenbusse in der Kompetenzregion in Einsatz zu bringen.
- die regionale Wertschöpfung bestmöglich zu unterstützen und größtmögliche Hebelwirkungen in anderen Anwendungsbereichen zu erzielen.

Auf Bundesebene gibt es bereits das Deutsche Brennstoffzellenbus-Cluster. Die H₂-Allianz: Die Unternehmen des ÖPNV wird sich eng mit diesem Netzwerk austauschen und zusammenarbeiten.

Beschaffungsinitiative Sonderfahrzeuge

Das Segment der Sonderfahrzeuge umfasst im Wesentlichen kommunale Fahrzeuge (Abfallsammelfahrzeuge, Kehrmaschinen, Sonderfahrzeuge für die Kommune und Sonderfahrzeuge für den Flughafen oder den Hafen). In der Kompetenzregion gibt es bereits erste Aktivitäten im Bereich der Sonderfahrzeuge. Die Wuppertaler Stadtwerke (WSW) haben zwei Fahrzeuge bestellt. Auch die Wirtschaftsbetriebe Duisburg (WBD) nehmen in diesem Jahr ein Fahrzeug in Betrieb und planen die Anschaffung von vier weiteren.

Bei der Beschaffungsinitiative Sonderfahrzeuge findet ein Brückenschlag mit der „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ statt. Die Gemeinschafts-Müll-Verbrennungsanlage Niederrhein GmbH (GMVA) plant neben dem Aufbau eines Elektrolyseurs den Aufbau einer Tankstelle für Müllfahrzeuge und Befüllung von Druckcontainern am Müllheizkraftwerk Oberhausen. So werden die Bereiche Erzeugung, Infrastruktur und Anwendung verknüpft. Die Rolle des Integrators können mittelfristig auch die anderen Akteure der „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ einnehmen und so den Grundstein für die Kompetenzregion bilden.

Beschaffungsinitiative LNF

Leichte Nutzfahrzeuge sind gerade für den innerstädtischen Wirtschaftsverkehr von Bedeutung. Auch hier ist die Problematik der Technologieverfügbarkeit stark ausgeprägt. Nur ein Anbieter plant zurzeit, eine erste Testflotte in Betrieb zu nehmen. Somit liegt der Fokus der Beschaffungsinitiative LNF auf vorbereitenden Maßnahmen, um einen späteren Bedarf in der Kompetenzregion decken zu können.

Beschaffungsinitiative SNF

Neben den Bussen sind bei den Akteuren die SNF am stärksten nachgefragt. In der Kompetenzregion sind, aufgrund der Industriedichte, viele Logistiker angesiedelt, die nach emissionsfreien Lösungen suchen. Die Bereitschaft, Fahrzeuge anzuschaffen, ist dementsprechend hoch. Allerdings ist noch keine Technologie auf dem Markt erhältlich. Brennstoffzellen-LKW sind aktuell weltweit noch in der Entwicklungsphase. Kurzfristiges Ziel der Beschaffungsinitiative SNF ist es daher, gemeinsame Spezifikationen für SNF zu definieren und diese an die Hersteller zu kommunizieren. Darüber hinaus ist ein enger Austausch mit den Herstellern wichtig, um vorbereitend eine Betankungsinfrastruktur aufzubauen, die den Anforderungen der Brennstoffzellen-LKW entspricht (siehe „Wie wir denken“ CLUSTER: Infrastruktur).

Zudem findet eine enge Kooperation mit dem von Air Liquide und dem Hafen von Rotterdam initiierten Projekt HyTruck statt. Das grenzüberschreitende Projekt ist in Belgien, den Niederlanden und NRW aktiv und hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2025 1.000 LKW auf die Straße zu bringen und 25 Wasserstofftankstellen für den Schwerlastverkehr zu errichten. Da bis zu 200 LKW und 5 Wasserstofftankstellen in NRW und auch in der Kompetenzregion geplant sind, wird eine enge Zusammenarbeit forciert. Diese Zusammenarbeit schafft für alle beteiligten Partner einen deutlichen Mehrwert.

Fazit

In vielen Bereichen führt die aktuelle Marktlage dazu, dass der Markt gemeinsam mit den Marktakteuren vorbereitet werden muss. Die Ausnahme bilden Busse und Sonderfahrzeuge. Hier liegen bereits konkrete Ziele vor und in den Beschaffungsinitiativen finden entsprechende **Abstimmungen für eine koordinierte Beschaffung** statt. Mittelfristig sind im Bereich LNF die größten Dynamiken zu erwarten. **Strategische Kooperationen** mit Projekten wie HyTruck unterstreichen diese Entwicklung.

Insgesamt ist das Interesse der Akteure sehr hoch, und es ist sehr gewünscht, den bereits stattfindenden Austausch und die gemeinsame Arbeit fortzusetzen.



CLUSTER: Infrastruktur

Das Wasserstofferzeugungskonzept in der Kompetenzregion sieht eine Verbundlösung vor. Dabei werden Verbrauchsstandorte, für die sich aufgrund eines zu geringen Bedarfs keine eigene Elektrolyseanlage lohnt, von einem anderen Standort mit Elektrolyseanlage mit Wasserstoff beliefert. Diese Verbundlösung bedarf, neben der Wasserstoffabgabe an den Verbraucher an der Tankstelle, zusätzlich eines Wasserstofftransports zwischen den Produktionsstandorten und den Tankstellen. Die Wahl des Transportmediums und die Funktionsweise der Tankstellen müssen dabei aufeinander abgestimmt werden und zu akzeptablen Kosten umsetzbar sein.

Entgegen der aktuell gebräuchlichsten Transportform per Tube-Trailer setzt das Konzept der Kompetenzregion auf einen Transport per Container-Trailer. In Abbildung 35 sind der heutige Standardprozess⁷³ und der neue Prozess am Beispiel einer 700-bar-Betankung gegenübergestellt. Statt einer Kompression nach der Elektrolyse in einen Zwischenspeicher mit einem Druck von bis zu 300 bar (heutiger Standardprozess) wird in dem neu entwickelten System direkt auf ein Druckniveau von ca. 500 bar verdichtet (neuer Prozess). Gleichzeitig wird, statt einer Befüllung eines lokalen stationären Speichers, eine direkte Befüllung eines mobilen Containers vorgenommen. Während zur Beladung des Tube-Trailers ein Umfüllvorgang stattfindet (heutiger Standardprozess), nimmt ein Trailer einen mit Wasserstoff befüllten Container auf (neuer Prozess). Der Container ist somit gleichzeitig lokaler Speicher an der Elektrolyse, Transportmedium und lokaler Speicher an der Tankstelle (neuer Prozess). Entsprechend entfällt auch bei Erreichen der Tankstelle der Umfüllvorgang vom Tube-Trailer in einen lokalen Speicher, da der Container an der Tankstelle abgeladen wird. Der Container ersetzt also den Niederdruck- und Mitteldruckspeicher vor Ort. Hier gilt es zu beachten, dass mehrere Container im Einsatz sein müssen, damit zu jeder Zeit ein mit Wasserstoff gefüllter Container für eine Betankung an der Tankstelle verfügbar ist. Während im neuen Prozess die transportierten Container bereits mit einem Druckniveau von 500 bar an der Tankstelle angeliefert werden, verfügt der erste Speicher an der Tankstelle im heutigen Standardprozess nur über ein Druckniveau von 50–200 bar.

Die finale Bereitstellung eines Druckniveaus von bis zu 1.000 bar zur Betankung von Fahrzeugen auf einem Druckniveau von 700 bar ist, ausgehend vom 500-bar-Druckniveau, über eine zusätzliche Kompression und die erforderliche Kühlung für den Betankungsprozess in beiden Prozessen bis zum Dispenser gleich.

Neben einer Betankung bei 700 bar ist für gewisse Fahrzeugklassen auch eine Betankung bei 350 bar erforderlich. Entsprechend muss durch einen zusätzlichen Verdichtungsprozess an der HRS im heutigen Standardprozess das Druckniveau vom ersten Speicher von 50–200 bar zuerst auf bis zu 500 bar gehoben werden. Im neuen Prozess entfällt dieser Schritt (analog zur 700-bar-Betankung). Bis zur Bereitstellung von Wasserstoff mit einem Druckniveau von 500 bar an der Tankstelle können im neuen Prozess somit eine Kompressionsstufe und ein lokaler Speicher gegenüber dem heutigen Standardprozess eingespart werden.

⁷³ Für ein besseres Verständnis wird lediglich eine Option Transport und Betankung dargestellt.

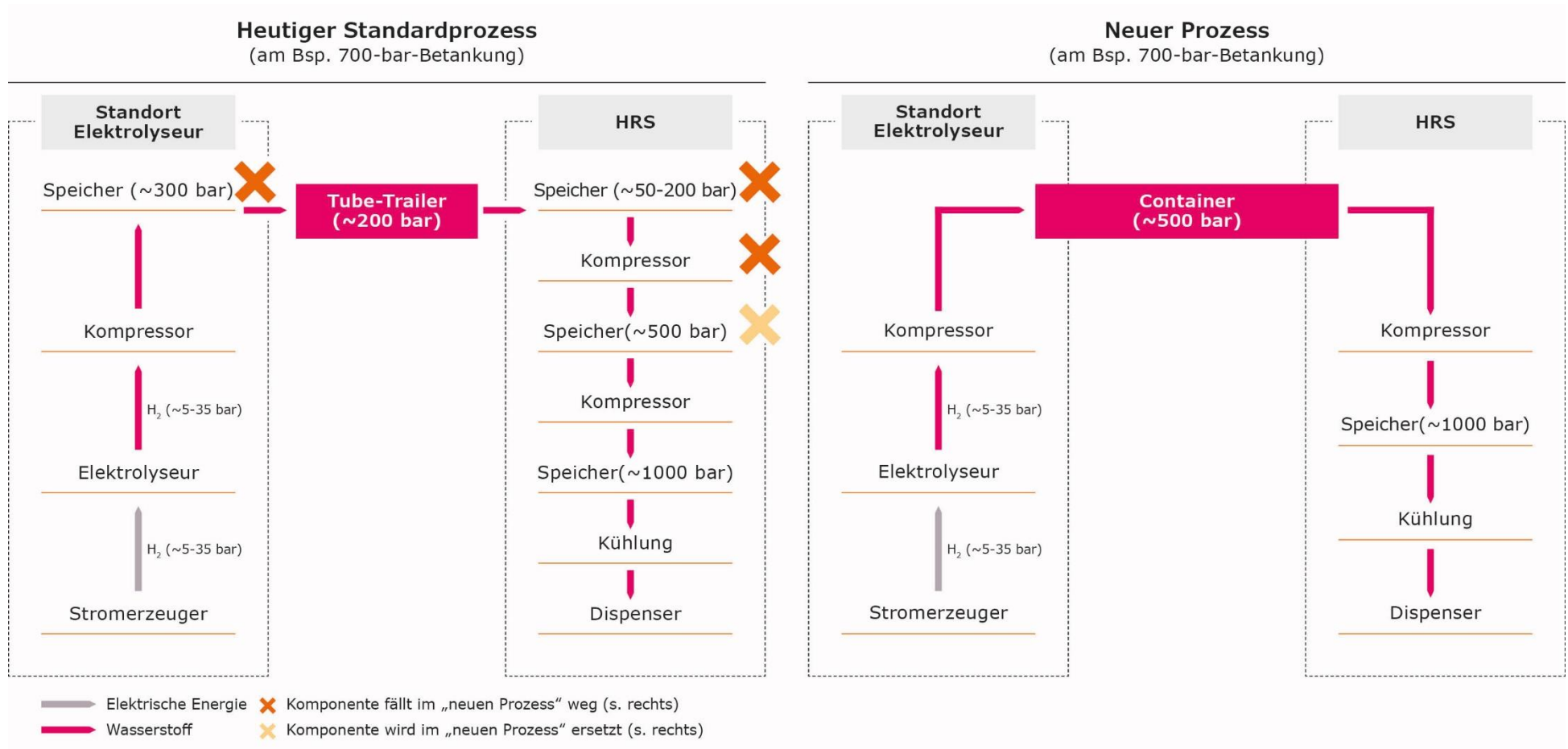


Abbildung 35: Prozessschritte in der Wasserstofflogistik bei Tube- und Container-Trailer-Nutzung⁷⁴

⁷⁴ Vereinfachte schematische Darstellung.

Durch den Wegfall der genannten Prozessschritte ergeben sich eine Vielzahl von Prozessänderungen:

Transportkapazität

Der Transport in den Container-Trailern bei 500 bar statt 200 bar in Tube-Trailern erhöht die pro Fahrt transportierte Menge um den Faktor 2,5. Weniger Fahrten bedeuten einerseits weniger Kosten durch geringeren Personalaufwand sowie eine geringere Belastung der Umwelt.

Zudem muss beim Umfüllvorgang von Wasserstoff zwischen zwei Speicherbehältern ein Teil der Wasserstoffmenge als Kissengas verbleiben. Beim heutigen Standardprozess trifft dies für den Transportabschnitt innerhalb der Logistikkette auf den lokalen Speicher an der Elektrolyse, den Tubes auf dem Trailer und den lokalen Speicher an der Tankstelle zu. Im neuen Prozess kann die Anzahl der Prozessschritte, in denen Kissengas verbleiben muss, reduziert werden, da ein und derselbe Container die Funktion der drei oben genannten Komponenten aus dem heutigen Standardprozess übernimmt. Durch die Abladung des gesamten Containers an der Tankstelle entspricht die angelieferte Menge Wasserstoff auch der transportierten Menge Wasserstoff.

Kostenreduktion

Der Wegfall der Zwischenspeicher an der Elektrolyseanlage sowie der ersten Kompressorstufe an der Tankstelle gegenüber dem heutigen Standardprozess reduziert die notwendigen Investitionskosten.

Der Wegfall von Umfüllvorgängen gegenüber dem heutigen Standardprozess ermöglicht eine effizientere Logistik und ermöglicht erhebliche Energieeinsparungen.

Die Beschränkung auf weniger Druckniveaus im neuen Prozess innerhalb der gesamten Logistikkette ermöglicht eine Reduktion von Schnittstellen und vereinfacht den Prozess.

Die Bündelung der Kompressionsanteile an der zentralen Elektrolyse statt an dezentralen Tankstellen (zentrale Verdichtung bis 500 statt nur bis 300 bar) verschiebt den Anteil in der Kompressionskette hin zu Verdichtern mit höheren

Auslastungsgraden. Dies führt zu höheren Lebensdauern und wirkt sich positiv auf die Wasserstoffbereitstellungskosten aus.

Durch die höheren Drücke und größeren Transportmengen in den Containern gegenüber den Tubes sind weniger Probenahmen und Analysen für die Qualitätskontrolle an der Tankstelle erforderlich.



Abbildung 36: Darstellung der Transportkosten für Wasserstoff in Abhängigkeit des Transportdrucks⁷⁵

Insgesamt ergeben sich Transportkosten für einen 200-bar-Tube-Trailer bei einer Entfernung von 20–30 km von der Quelle zum Übergabepunkt von 0,77–1,03 €/kg H₂ (vgl. Abbildung 36 magentafarbene Linie). Die Kosten einer vergleichbaren Containerversorgung bei 500 bar sind bei 20–30 km bei 0,23–0,31 €/kg H₂ und damit um den Faktor 3–3,5 günstiger.

⁷⁵ Eigene Berechnungen.

Versorgungssicherheit

Der standardisierte Einsatz von Containern als Transportmedium sowie Speichermedium gewährleistet im neuen Prozess den einfachen Austausch fehlerhafter Komponenten und sichert eine Kompatibilität der Schnittstellen der Systeme.

Zeitersparnis

Durch den Wegfall der Umfüllvorgänge zwischen dem lokalen Speicher an der Elektrolyse und dem Trailer sowie dem Trailer und dem lokalen Speicher an der Tankstelle ergeben sich Zeiteinsparpotenziale. Der Zeitaufwand für das Be- und Entladen des Trailers mit den Containern ist um ein Vielfaches geringer.

Platzbedarf und Skalierung

Um die Kosten anfänglich gering zu halten, sollten die ersten Tankstellen zu Beginn des Markthochlaufs nur so groß wie nötig dimensioniert werden. Zur Deckung der steigenden Nachfrage im Rahmen des Markthochlaufs wird es jedoch parallel zur Inbetriebnahme von neuen Tankstellen auch einen Erweiterungsbedarf bestehender Tankstellen geben. Die flexible und kurzfristige Aufstellung zusätzlicher Container an der Tankstelle als lokale Speicher ermöglicht, im Gegensatz zu einem Zubau fest installierter Speicher im heutigen Standardprozess, eine einfache Skalierbarkeit der Tankstellenkapazitäten. Dennoch müssen auch hier bei der Tankstellenauslegung Platzbedarfe für zukünftige Container berücksichtigt werden, wodurch Opportunitätskosten entstehen.

Während der langfristige Platzbedarf für die Aufstellung von zusätzlichen Containern bereits von Beginn an eingeplant werden muss, kann dieser übergangsweise jedoch alternativ genutzt werden. Zudem ist der Gesamtplatzbedarf an der Tankstelle im neuen Prozess durch eine Reduktion der Systemkomponenten geringer.

Nutzungsflexibilität

Die Verdichtung auf ein Druckniveau von bereits 500 bar direkt bei der Elektrolyseanlage ermöglicht, im Gegensatz zum heutigen Standardprozess, eine Betankung von 350-bar-Anwendungen ohne zusätzliche Verdichtungsstufe.

Die Nutzung von standardisierten und gleichartigen Containern als Transporteinheit ermöglicht eine einfache Verlagerung und Verladung zwischen Straße, Schiene und Wasser. Die Tubes innerhalb des heutigen Standardprozesses bieten diese Flexibilität nur eingeschränkt.

In diesem Zusammenhang ist auch die enge Verzahnung der Modellregion Köln und der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper mit der Projektidee RH2INE zu nennen. Ziel hierbei ist es, einheitliche Schnittstellen der Logistik zwischen den Projekten zu etablieren und die einzelnen Planungen bestmöglich aufeinander abzustimmen.



CLUSTER: Ausbildung

Insbesondere die erforderliche Abstimmung der Aus- und Weiterbildungsgänge und die Frage von Zertifikaten sind mit Unsicherheiten in der zeitlichen Bearbeitung versehen, da z. B. die Hoheit der Ausbildung geklärt werden muss. Für eine Abschätzung des Aufwandes ist eine potenzielle Zeitachse für Aus- und Weiterbildung im Bereich der Wasserstofftechnologien entwickelt worden (vgl. Abbildung 37).

If.-Nr.:		1. Jahr				2. Jahr				3. Jahr				4. Jahr				5. Jahr			
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Ausbildung																					
1	Identifikation relevanter Player in der Region und national	■	■	■																	
2	Konzepterstellung		■	■	■																
3	Abstimmung und Anerkennungsfähigkeit				■	■	■	■	■	■	■	■									
4	Werbung und Qualifizierung der Ausbilder									■	■	■	■								
5	Ausbildung mit anerkanntem Abschluss												■	■	■	■	■	■	■	■	■
Weiterbildung																					
1	Identifikation relevanter Player in der Region und national	■	■	■																	
2	Konzepterstellung		■	■	■																
3	Abstimmung und Anerkennungsfähigkeit				■	■	■	■	■												
4	Werbung und Qualifizierung der Ausbilder									■	■	■	■								
5	Ausbildung mit anerkanntem Abschluss											■	■	■							

Abbildung 37: Möglicher Zeitplan für Aus- und Weiterbildungen

Innerhalb der Kompetenzregion wurden und werden die erforderlichen Angebote als Begleitung der laufenden Projekte durchgeführt und in enger Abstimmung mit den anderen Regionen und den ersten Anbietern von Fahrzeugen und der Technik ein abgestimmtes Vorgehen angestoßen. Die Erfahrungen werden dann mit den identifizierten lokalen Playern gespiegelt und an die zuständigen Stellen weitergetragen. Dazu ist die Identifikation der zuständigen Stellen für die einzelnen Ausbildungsbereiche (Industrie- und Handelskammer, Handwerkskammer, berufs-bildende Schulen, Ausbildungsstätten von großen Industriebetrieben, Gewerkschaften, Kultusministerien der Länder, Verbände wie der DVGW oder DWV) notwendig, um dann die Ausbildungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten einheitlich festzulegen.

Universitäten / Hochschulen

Um eine Wasserstoff-orientierte Ausbildung auf universitärer Ebene zu verankern, gibt es verschiedene Ideen und Ansatzpunkte. So kann angedacht werden, in den thematisch relevanten Studiengängen (Energietechnik, Maschinenbau etc.) entsprechende Module oder Vertiefungsrichtungen zu integrieren. Das impliziert jedoch eine stärkere Vernetzung zwischen Forschungseinrichtungen und Instituten innerhalb der Kompetenzregion und mit Einrichtungen außerhalb der Region, um ein auf viele Standorte verteiltes Angebot und damit eine diversifizierte Lehre zu ermöglichen.

Berufsaus- und -weiterbildungen

Für den Bereich der Aus- und Weiterbildungen ist in den kommenden Jahren mit einem stark steigenden Bedarf in der Wasserstoff-Wertschöpfungskette zu rechnen. Viele Unternehmen und öffentliche Einrichtungen haben jedoch nicht die Kapazitäten oder das Know-how, um zukünftig die Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten in ihrem Haus anzubieten.

Gleichzeitig ist in den kommenden Jahren mit einer wachsenden Anzahl von Brennstoffzellenfahrzeugen in der Kompetenzregion zu rechnen, insbesondere in Bezug auf schwerere Fahrzeugklassen.

Diese beiden gegensätzlich wirkenden Entwicklungen müssen durch das Angebot an Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten in der Region abgedeckt werden. Konkrete Ansätze gibt es dazu im Rhein-Kreis Neuss. Das Berufsbildungszentrum (BBZ) Dormagen ist in der Planung von Ausbildungsgängen, die sich eng an den Bedürfnissen der Akteure in der Region orientieren. Dabei sind zwei Bereiche angedacht. Der erste Bereich soll eine chemisch-physikalische Orientierung haben, in der der Fokus auf der Funktionsweise und dem Umgang mit Elektrolyse- und Brennstoffzellentechnologien liegen soll. Der zweite Bereich sieht eine mechatronische Ausbildung vor, die

für die Wartung und Instandhaltung von Brennstoffzellen-fahrzeugen qualifiziert. Daneben soll die Zusammenarbeit zwischen dem BBZ Dormagen und den Wuppertaler Stadtwerken intensiviert werden, um die Bedarfe und Ausbildungsangebote zu synchronisieren und den Beitrag zur regionalen Wertschöpfung zu erhöhen.

Schulen

Auf schulischer Ebene ist auf bestehende Aktivitäten zu verweisen, die im Abschnitt CLUSTER: Ausbildung im Rahmen der FuelCellBox beschrieben werden. Auf diese Aktivitäten kann und sollte in der Kompetenzregion aufgebaut und weitere Projekte sollten kontinuierlich initiiert werden.

Zusätzlich zu den genannten Aktivitäten und Handlungsmöglichkeiten sollen im Rahmen eines Workshops am ZBT erste Handlungsfelder gemeinsam mit den lokal ansässigen Playern im Bereich der Aus- und Weiterbildung abgestimmt werden. Hieraus wird ein Konzept erarbeitet, das auf die angedachten und laufenden Projekte in der Kompetenzregion angewandt wird. So können die ersten Erfahrungen mit übergreifenden Schulungsangebote, gesammelt werden. Dabei werden sowohl die produktspezifischen Inhalte wie auch die übergeordneten Ausbildungsinhalte Niederschlag finden.

Fazit

Auf Basis der exogenen Herausforderungen und der endogenen Voraussetzungen in der Region hat die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper konkrete Lösungsansätze zur Umsetzung des Masterplans entwickelt, die auf die Erreichung der gesetzten Ziele einzahlen.

Die entwickelten Lösungen adressieren die wichtigsten Probleme und bilden das Fundament für die zukünftigen Aktivitäten der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper:

- Es wird eine **kostengünstige und klimaschonende Wasserstoffherzeugung** ermöglicht. Gleichzeitig können durch den Verbundansatz auch geringfügige Nachfragemengen sehr frühzeitig bedient werden – ohne dass wirtschaftliche Rahmenbedingungen gesprengt werden. Hierdurch wird in den Regionen ein organisches Wachstum sichergestellt.
- Weiterhin stellt unser Ansatz sicher, dass die gesamte Wertschöpfung der Wasserstoffherzeugung in der Region verbleibt, wodurch **wirtschaftliche Perspektiven für einen Strukturwandel** aufgezeigt werden.
- Hinsichtlich der Anwender hat die Kompetenzregion **Strukturen** geschaffen, die es erlauben, sich erfolgversprechend am Markt zu positionieren und diesen vorzubereiten. Entsprechend der aktuellen Marktlage sind die Ausgangssituationen je nach Anwendungsgebiet (PKW, LNF, SNF, Busse oder Sonderfahrzeuge) stark unterschiedlich. Wohingegen im Bereich Bus durch die CVD konkreter Bedarf an der Beschaffung der Fahrzeuge besteht und auch bereits konkrete Beschaffungsziele definiert werden, stehen im Bereich der LNF noch die Demonstration der Technologie und die Erarbeitung gemeinsamer Spezifikationen im Vordergrund. Durch die Kooperation mit dem HyTruck-Projekt sind jedoch wichtige **strategische Schritte** unternommen worden, um eine gute Ausgangsposition für die Kompetenzregion zu schaffen.
- Um die Anforderungen der Verbraucher zu bedienen und gleichzeitig die Wasserstoffherzeugung und damit die Kosten in Zusammenhang zu setzen, wurde ein neues **Wasserstofftransportkonzept** entwickelt. Dieses ermöglicht es, kostenoptimiert mit dem Markt zu wachsen und auch kleinere Bedarfe nach Wasserstoff und der einhergehenden Infrastruktur zu bedienen.

- Im Austausch zwischen Anwendern, wie der WSW, und Bildungseinrichtungen, wie dem Berufsbildungszentrum Dormagen, wurden erste **Konzepte zu Aus- und Weiterbildungsgängen** entwickelt, die zukünftig möglichst umgesetzt werden sollen.

Diese Lösungsansätze münden in fünf Zielen für die Kompetenzregion Wasserstoff Düssel.Rhein.Wupper

1. Um klimaschonenden Strom (z. B. aus Post-EEG Anlagen) für die Erzeugung von Wasserstoff nutzen zu können, sollen **mindestens 6 MW Elektrolyseleistung** bis 2030 an verschiedenen Standorten installiert werden. Die jeweiligen Standorte sollen in einem Verbundsystem operieren.
2. Entwicklung eines **kostenoptimierten Verteilungskonzepts**.
3. Anschaffung und Betrieb von mindestens **140 Brennstoffzellenbussen** bis 2030.
4. Anschaffung und Betrieb von **3 bis 7 Sonderfahrzeugen** (sobald Verteilungs- und Tankinfrastrukturen aufgebaut werden, auch mehr).
5. Anschaffung und Betrieb von bis zu **200 LKW** in Kooperation mit HyTruck bis 2025.

Dass das entwickelte Konzept auf positive Resonanz trifft, zeigt sich am Beispiel des MHKW-Einsatzes: Neben den MHKW-Betreibern aus der Kompetenzregion zeigen vermehrt auch MHKW-Betreiber aus anderen Regionen Deutschlands und sogar der Schweiz Interesse am entwickelten Konzept und prüfen deren Umsetzung. Hier zeigt sich, dass das entwickelte Konzept Vorbildcharakter haben kann und weitere Regionen vom initiierten Wettbewerb profitieren werden.

Übertragbarkeit auf andere Kommunen

Die bei der Entwicklung des Masterplans und dessen Umsetzung gewonnenen Erkenntnisse sind zu Teilen spezifisch für die Kompetenzregion gültig. Dennoch zeigt sich, dass viele der in das Design des Masterplans bzw. der abgeleiteten Maßnahmen einfließenden Voraussetzungen genauso für andere Kommunen in NRW und auch Deutschland Gültigkeit besitzen:

- Da der Markt für H₂-Technologien international ist, bestehen die gleichen Restriktionen für Marktverfügbarkeiten in allen Kommunen.
- Auch fallen in allen Kommunen Anlagen aus der 20-jährigen finanziellen Förderung des EEG. Bis zum Jahr 2030 fallen in Deutschland beispielsweise über 34 GW und über 650.000 Windkraft- und PV-Anlagen aus der Förderung.
- Die regulatorischen Rahmenbedingungen beruhen auf europäischem und nationalem Recht, so dass sie deutschlandweite Gültigkeit haben.
- Auch die Lösungsansätze lassen sich mit spezifischen Anpassungen zu großen Teilen übertragen:
- Unterteilung der Hochlaufphasen in drei zeitliche Abschnitte, um jeweils passende Strukturen für H₂-Erzeugung und H₂-Infrastruktur zu entwickeln.
- Erschließung von MHKW zur sicheren H₂-Produktion in den Phasen Marktvorbereitung und -hochlauf.
- Die Bildung von Beschaffungsclustern zur Steigerung der Marktmacht.
- Die entwickelten Strukturen für Low-Cost-H₂-Infrastrukturkonzepte können auch in anderen Regionen genutzt werden.

Der Masterplan wird damit auch andere Regionen beim Aufbau ihrer regionalen Wasserstoffwirtschaft unterstützen.

H2

WAS WIR TUN

Die Schlussfolgerung

Potenziale

Unsere Analysen zeigen, dass die Region Düsseldorf.Rhein.Wupper über außerordentliche Potentiale verfügt, um eine regionale Wasserstoffwirtschaft aufzubauen und damit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Durch die Mischung von Ballungsgebieten und ländlichem Raum weist die Region sowohl hohe Bedarfe an Wasserstoff im Verkehrsbereich als auch große Potentiale an emissionsfreier Energieerzeugung auf.

Müllheizkraftwerke erzeugen mit ihrem biogenen Anteil Grünstrom. Sie liegen nah an den Verbraucherzentren und können bedarfsgerecht und mit hoher Verlässlichkeit Wasserstoff zu erzeugen. So schaffen sie ein System, in dem volatile Erneuerbare Energien ideal integriert werden können – insbesondere solche, die nach dem Auslaufen der EEG-Vergütung neue Vermarktungsmodelle suchen. Die Nähe von Senke (Verkehrssektor) und Quelle (MHKW und EE-Anlagen für die Elektrolyse) stellen die wesentlichen Grundvoraussetzungen einer Wasserstoffwirtschaft dar. Durch die Industrie- und Bildungsstruktur der Region sind das technische Know-how und die notwendige Innovationskraft für die Realisierung einer regionalen, klimafreundlichen Wasserstoffwirtschaft gegeben.

Akteure

In der Region besteht bei allen Akteuren der verschiedenen Cluster großes Interesse an der Nutzung von Wasserstoff. Dies zeigte sich in den bilateralen Gesprächen, der sehr regen Teilnahme an den Workshops der Kompetenzregion wie auch durch die Beteiligung an verschiedenen Beschaffungsclustern und Allianzen (z. B. „H₂-Allianz: Die Erzeuger“). Neben dem Anspruch, Veränderung zu gestalten stehen die Unternehmen aufgrund von regulatorischen Vorgaben, wie der Clean Vehicles Directive (CVD) und Kundenerwartungen, Stichwort Green Products, unter Handlungsdruck – dieser ist erkannt und die Kompetenzregion schafft einen Rahmen, diesem zu begegnen.

Maßnahmen

Aus den Potenzialen der Kompetenzregion wurden im Rahmen dieses Feinkonzeptes Lösungen entwickelt, die den technisch-ökonomischen Herausforderungen der regionalen Wasserstoffwirtschaft begegnen: So wurde ein intelligentes Erzeugungssystem erarbeitet, das durch den Verbund verschiedener MHKW die Erzeugungskosten von Wasserstoff optimiert und allen erneuerbaren Strom aus Post-EEG-Anlagen aufnehmen kann. Damit in der Hochlaufphase der Wasserstoffanwendungen im Verkehrsbereich auch kleinere Flotten bedarfsgerecht mit Wasserstoff versorgt werden können, wurde ein kostenoptimiertes Speicher- und Verteilungskonzept entwickelt. Durch diese Innovation sind die Infrastruktur- und Transportkosten kein Show-Stopper für eine Ausbreitung der Wasserstoffanwendungen. Um die steigende Nachfrage an Fachpersonal in Zukunft auch in der Region ausbilden zu können, wurden erste Initiativen zur Ausgestaltung neuer Bildungsgänge gestartet.

Der Haken an der Geschichte

Aus techno-ökonomischer Betrachtung heraus sind alle Aspekte bedient, die für ein funktionierendes Gesamtsystem notwendig sind. In der Praxis zeigt sich aber, dass Akteure trotz erkanntem Handlungsdruck keine Beschaffungsvorgänge anstoßen, sondern zunächst eine abwartende Haltung einnehmen. Die Analyse der Fragebögen bestätigt dieses Muster bei einem Großteil der Akteure. Darüber hinaus zeigt sich bei genauerer Betrachtung, dass die Akteure der einzelnen Aktionscluster Bedürfnisse und Interessen haben, die nicht nahtlos ineinandergreifen. So ist beispielsweise nicht davon auszugehen, dass ein Logistikunternehmen bereit ist, sich neben der Beschaffung und dem Betrieb von Brennstoffzellen-LKW auch um die notwendige Betankungsinfrastruktur zu kümmern. Auf der Seite der Stromerzeugung sind Wind- und PV-Anlagenbetreiber selten daran interessiert, Wasserstoffabnehmer zu finden. Dies ist insbesondere für Post-EEG-Anlagenbetreiber der Fall, da diese nur für eine begrenzte Zeit und zu einem gewissen Risiko Wasserstoff

erzeugen können. Größere Aufwendungen in die Akquise von Wasserstoff-Abnehmern oder auch in Logistikkonzepte sind unter diesen Umständen kaum lohnend.

Dementsprechend wurden alle Akteure der Cluster analysiert und Rollen, Interessen und Bedarfe gegenübergestellt⁷⁶. Diese Analyse gibt Aufschluss darüber, wo es in dem techno-ökonomischen Gesamtsystem noch hakt. In Abbildung 38 sind die Interessen und Bedürfnisse der Akteure für die beiden Phasen „Marktvorbereitung“ und „Markthochlauf“ dargestellt. Die Interessen und Bedarfe die mit der „Marktexpansion“ hinzukommen sind in der Grafik durch ein „+“ gekennzeichnet und farblich hervorgehoben.

⁷⁶ Die Ergebnisse der Gesamtanalyse sind im Anhang unter Methodik: Akteurslandschaft

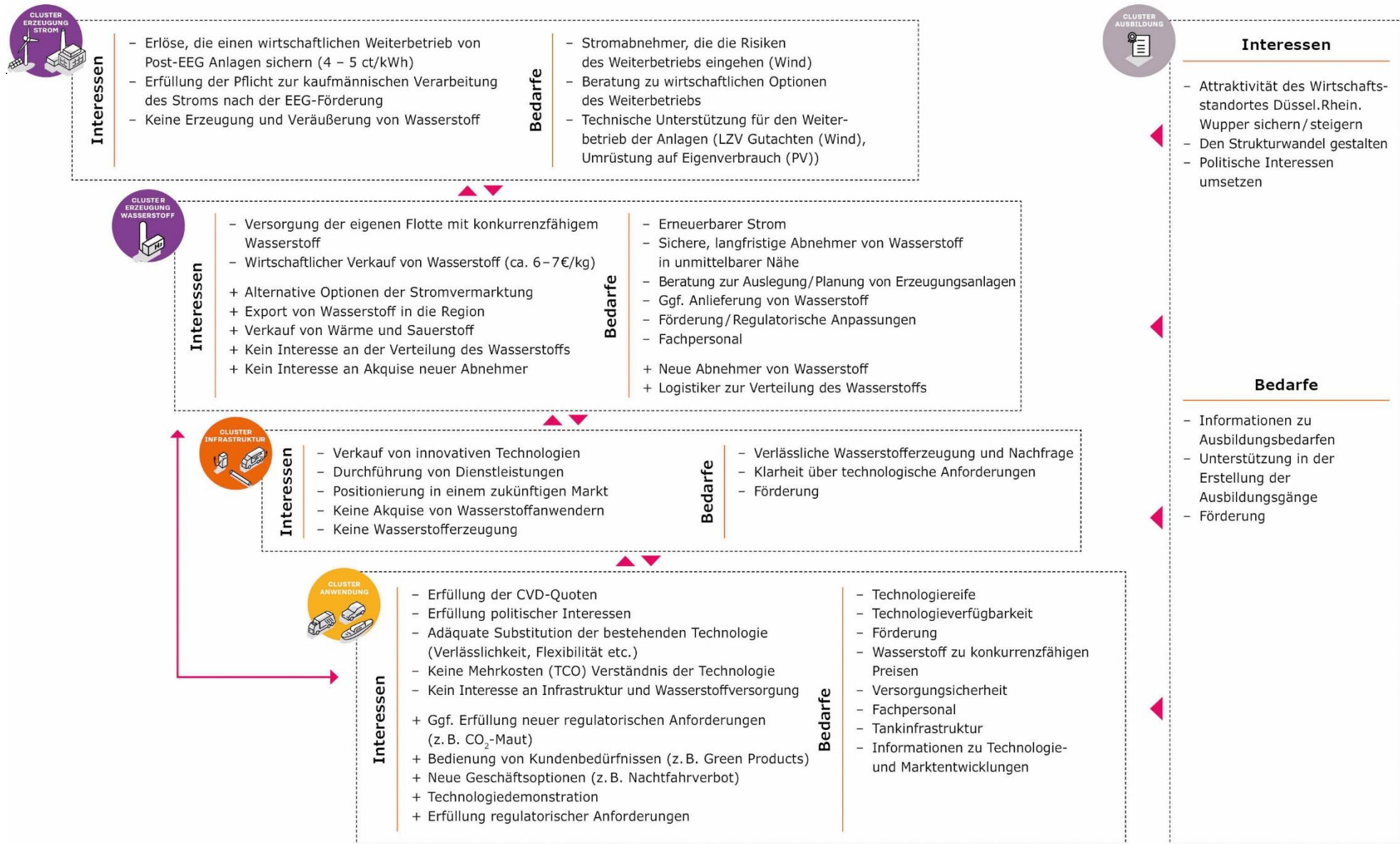


Abbildung 38: Interessen, Nicht-Interessen und Bedarfe der Aktionscluster und deren Zusammenspiel

Die Kompetenzregion Wasserstoff und der H2.Enabler

Das vorliegende Konzept will in bzw. mit der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf.Rhein.Wupper Möglichkeiten schaffen, um viele einzelne Wasserstoff-Projekte und Ideen in der Region in möglichst kurzer Zeit Wirklichkeit werden zu lassen. Es geht also auch darum, ein Umfeld zu schaffen, in dem Unternehmen und Organisationen ihre Ideen leichter realisieren können als anderswo und vor allem: leichter, als dies zu den gegebenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen derzeit möglich ist.

Zu ebendiesem Zweck ist der „H2.Enabler“ als Teil der Kompetenzregion entwickelt worden: Angebot und Nachfrage nach Wasserstoff sollen ins Gleichgewicht gebracht und damit das klassische Henne-Ei-Problem gelöst werden, das den Ausbau der Wasserstofftechnologie hemmt. Der H2.Enabler senkt die wirtschaftlichen (und organisatorischen) Eintrittshürden in die Wasserstofftechnologie, indem Anbieter und Nachfrager gezielt aggregiert, in Kontakt gebracht und mit jeweils konkreten Angeboten aufeinander abgestimmt werden.

Der H2.Enabler bringt schlussendlich Dinge zusammen, die in konventionellen Wertschöpfungssystemen noch nicht zusammengehörten. Er verbindet einzelne Projekte zu einem sinnvollen System. Das wesentliche Kernelement des H2.Enabler ist, dass die Interessen und Bedarfe jedes einzelnen Akteurs bedient werden und so die Eintrittshürden so weit wie möglich gesenkt werden. Folglich fungiert er als Bindeglied zwischen den vier Clustern, so dass sich jedes Cluster entsprechend den Kernkompetenzen auf seine eigenen Interessen und Bedarfe fokussieren kann.

Hierzu umfasst er insbesondere folgende Kernaufgaben:

- Kauf und Verkauf von Strom
- Kauf und Verkauf von Wasserstoff
- Planung der Verteilung des Wasserstoffs
- Planung der Erzeugung von Wasserstoff
- Beratungsleistungen zum Einstieg in die Wasserstofftechnologie

Dieses Angebot hebt die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf.Rhein.Wupper über den Status eines Interessenverbundes oder auch Technologieclusters weit hinaus. Gerade im Hinblick auf das Ziel, neue Partner zu gewinnen und die Kompetenzregion möglichst erfolgreich in die Breite zu tragen, bildet das Angebot des H2.Enablers die tragende Säule im Gesamtangebot der Kompetenzregion. Flankiert durch Angebote zur Beratung und Projektentwicklung soll er daher aktiv beworben werden und in der Kommunikation der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf.Rhein.Wupper einen zentralen Platz einnehmen.

Der H2.Enabler

Angebote und Aufgaben

Die Angebote und Aufgaben des H2.Enablers können in die drei Geschäftsbereiche Markt, Beratung und Kommunikation/Netzwerk unterschieden werden und stellen in den jeweiligen Bereichen unterschiedliche Anforderungen an den H2.Enabler (vgl. Abbildung 39).

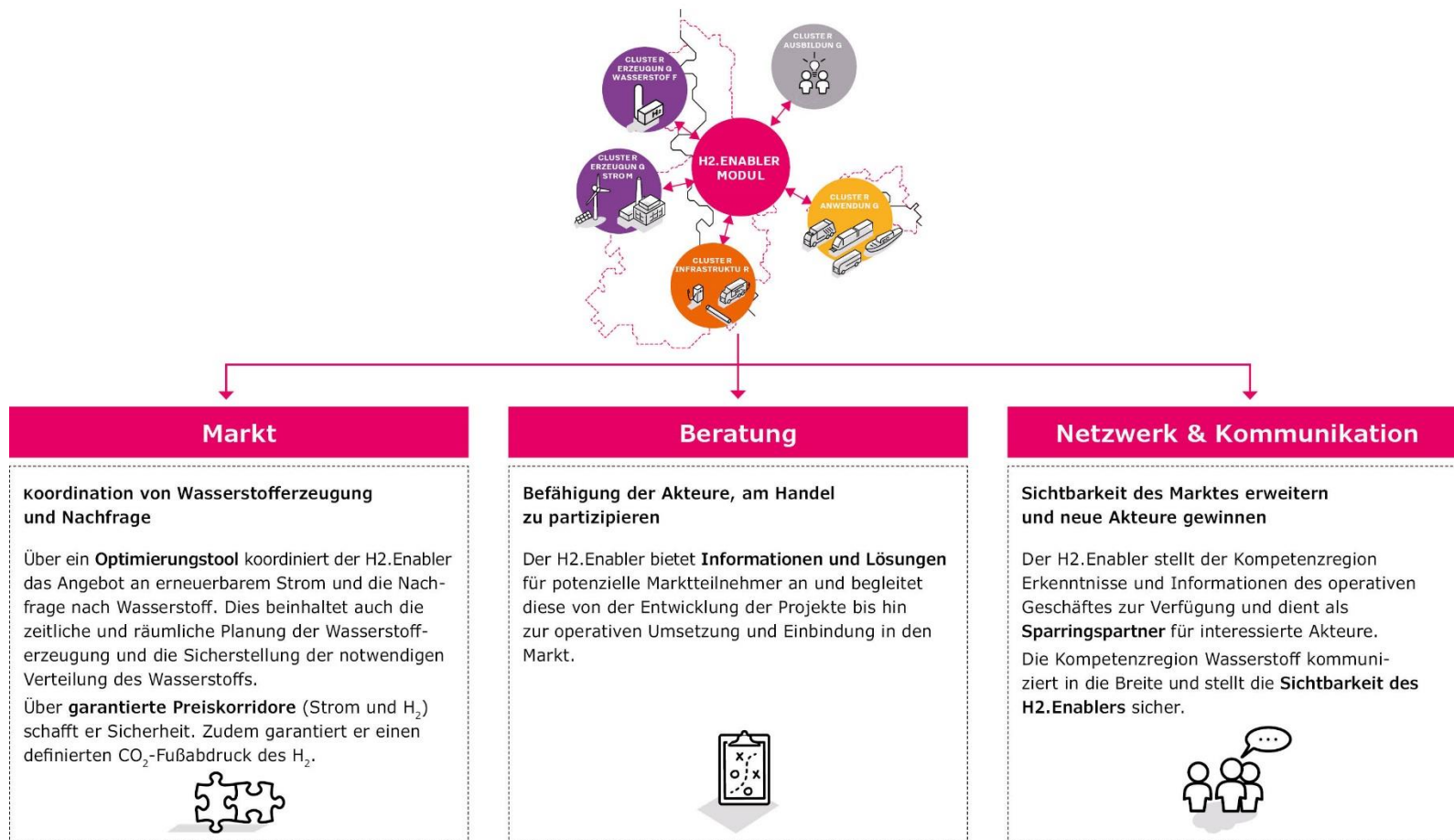


Abbildung 39: Geschäftsbereiche des H2.Enablers

Das Geschäftsmodell

Damit das beschriebene Konzept des H2.Enablers mit den drei Geschäftsbereichen umgesetzt wird und am Markt Bestand haben kann, wurden in der Feinkonzeptionierung die grundlegenden Eigenschaften eines derartigen Geschäftsmodells erarbeitet. Die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper ist überzeugt davon, dass in diesem Bereich große Chancen für die Region liegen, und wird eine Umsetzung entschlossen prüfen. Gemeinsam mit Partnern können so bedeutende Weichenstellungen für eine Wasserstoffwirtschaft vorgenommen werden, die auch weit über die Region hinaus von Bedeutung sein können.

Entsprechend den neun Bausteinen des Business Models Canvas⁷⁷ skizziert die Kompetenzregion das Geschäftsmodell wie folgt (vgl. auch Abbildung 40):

Kundensegmente

Die primären Kunden des H2.Enablers sind Abnehmer von Wasserstoff im Verkehrsbereich. Aufgrund der unterschiedlichen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (z. B. Vergaberecht) und Handlungsdrücke (z. B. Clean Vehicles Directive) ist eine Differenzierung zwischen Betreibern von öffentlichen und privaten Flotten sinnvoll.

Im Vergleich zu den primären Kunden können die sekundären Kunden (Wasserstoffherzeuger und EE-Stromerzeuger) sowohl als Kunde wie auch als Schlüsselpartner im Geschäftsmodell des H2.Enablers auftreten. Dies ist stark von der Phase abhängig, in der sich der jeweilige Akteur befindet. So ist in frühen Phasen der Bedarf an Beratungs- und Planungsdienstleistungen höher. Sobald ein Projekt in den operativen Betrieb übergeht, kann der Akteur zum Schlüsselpartner werden.

Unter diesem Aspekt können Erzeuger von Wasserstoff durch den Kauf von Post-EEG-Strom oder durch die Inanspruchnahme von Beratungsdienstleistungen als Kunden des H2.Enablers in Erscheinung treten. Aus den zuvor genannten Gründen erscheint auch hier eine Unterscheidung in Akteure der Privatwirtschaft und der öffentlichen Hand sinnvoll.

In dem Fall, dass Betreiber von Post-EEG-Anlagen Laufzeitverlängerungsgutachten benötigen, können auch diese Kunden des H2.Enablers werden.

Wertangebot

Die wesentliche Leistung des H2.Enablers ist es, die Schnittstellen zwischen den Clustern Erzeugung, Infrastruktur, Anwender und Ausbildung zu bedienen. Folglich orientieren sich seine Wertangebote an diesen Schnittstellen:



Das Angebot des H2.Enablers liegt auf der einen Seite darin, den Betreibern von Post-EEG-Anlagen eine wirtschaftliche Option für die Vermarktung des Stroms anzubieten. Der H2.Enabler muss dabei die Risiken von kurzen Restlaufzeiten und der Volatilität der Strombereitstellung tragen.

Auf der anderen Seite kann der H2.Enabler den H₂-Erzeugern erneuerbaren Strom zu günstigen Preisen anbieten. Die Wasserstoffherzeuger sind auf den Bezug von erneuerbarem Strom angewiesen, um den CO₂-Fußabdruck des erzeugten Wasserstoffs so weit wie möglich zu senken.



Durch das Netzwerk des H2.Enablers und die planbaren Erzeugungs- und Abnahmemengen von Wasserstoff können Logistikunternehmen verlässlich in die Technologieentwicklung von kostenoptimierten Transport- und Betankungslösungen investieren. Der H2.Enabler kann Transportdienstleistungen entsprechend beauftragen und koordinieren.

So können den Wasserstoffherzeugern planbare und langfristige Abnahmen von Wasserstoff garantiert werden, so dass Investitionsentscheidungen leichter getroffen werden können.

⁷⁷ Nach Alexander Osterwalder.



Der H2.Enabler stellt sicher, dass Transportdienstleister dem Verbraucher bedarfsgerecht Wasserstoff liefern und die entsprechende Infrastruktur gebaut und betrieben wird.



Der H2.Enabler koordiniert die Erzeugung und Nachfrage von Wasserstoff. Den Erzeugern können planbare Wasserstoffabnahmen zugesichert werden. Dies kann Investitionen in Erzeugungskapazitäten befördern, die durch den reinen Eigenbedarf nicht getroffen werden würden.

Den Verbrauchern kann Wasserstoff zu fixen Preisen mit festgelegten Eigenschaften (z. B. CO₂-Fußabdruck) angeboten werden. Durch das Rückgrat der zentralen Erzeugungskapazitäten an MHKW kann der H2.Enabler den Verbrauchern zu jeder Zeit eine Versorgungssicherheit garantieren.



Der H2.Enabler stellt die Abstimmung zwischen den wirtschaftlichen Akteuren in der Kompetenzregion und den Bildungseinrichtungen sicher. Ziel ist es, frühzeitig Ausbildungsgänge zu initiieren, so dass es zu keinem Mangel an Fachpersonal kommt.



In allen Aktionsclustern und in den Schnittstellen gibt es Bedarfe nach Beratungs- und Planungsleistungen. Hierzu gehören unter anderem folgende Angebote:

- Beratung zu wirtschaftlichen Optionen des Betriebes von Post-EEG-Anlagen
- Laufzeitverlängerungsgutachten für Post-EEG-Windkraftanlagen
- Beratung zur Auslegung/Planung von Wasserstofferzeugungsanlagen
- Information zu technischen Anforderungen der Transport- und Betankungstechnologien
- Informationen zur Technologie- und Marktentwicklung
- Informationen zu Ausbildungsbedarfen
- Unterstützung bei der Erstellung von Ausbildungsgängen
- Unterstützung bei Förderanträgen

Kundenkanäle

Die öffentliche Wahrnehmung des H2.Enablers wird durch die Kommunikation der Kompetenzregion unterstützt. In der Anfangsphase wird es jedoch auch notwendig sein, proaktiv auf Schlüsselkunden zuzugehen und diese für den H2.Enabler zu gewinnen.

Im operativen Geschäft werden die Kundenkanäle durch eine Onlineplattform gewährleistet. Weiterhin besteht die Möglichkeit, über direkte Teilhabe am Unternehmen (z. B. als Gesellschafter) mit dem Kunden in Beziehung zu treten.

Kundenbeziehungen

Grundsätzlich gilt, dass der H2.Enabler im Geschäftsbereich Markt langfristige Kundenbeziehungen mit möglichst langfristigen Vertragsverhältnissen anstrebt. Dies bietet allen Akteuren eine bessere Planbarkeit. Naturgemäß sind die Beziehungen im Geschäftsbereich Beratung kurzfristiger, nichtsdestotrotz soll auch in diesem Bereich eine vertrauensvolle Beziehung aufgebaut werden. In Abhängigkeit der weiteren Ausführung des Geschäftsmodells kann es sogar sein, dass Kunden Gesellschafter des H2.Enablers werden und somit am wirtschaftlichen Erfolg direkt beteiligt werden.

Einnahmequellen

Der H2.Enabler kann seine Einnahmen aus verschiedenen Quellen generieren. Im Geschäftsbereich Markt steht der Verkauf von Wasserstoff im Fokus. Durch die

Stromvermarktung von erneuerbarem Post-EEG-Strom können weitere Einnahmen erzielt werden.

Vor allem in der Anfangsphase werden im Geschäftsbereich Beratung Einnahmen durch Beratungs- und Planungsdienstleistungen generiert.

Unabhängig vom operativen Geschäft kann der H2.Enabler eine Grundfinanzierung durch Beiträge von Gesellschaftern, Investoren oder, in einer abgeschwächten Form, durch Beiträge der Clubmitglieder (vgl. Identität – Wer ist die Kompetenzregion und was tut sie?) der Kompetenzregion erreichen.

Schlüsselressourcen

Um die Wertangebote erfüllen zu können, benötigt der H2.Enabler den Geschäftsbereichen entsprechende Ressourcen.

Im Geschäftsbereich Markt steht ein Optimierungstool zur Koordination von Erzeugung und Nachfrage, zum Stromhandel und zur Planung der Logistik im Zentrum.

Im Geschäftsbereich Beratung ist Know-how hinsichtlich Technik, Wirtschaft und Regulatorik notwendig.

Für den Betrieb des H2.Enablers sind qualifiziertes Personal und entsprechende Infrastrukturen notwendig.

Hinzu kommt für alle Geschäftsbereiche eine Kapitalausstattung, um etwaige Anfangsverluste decken zu können.

Schlüsselaktivitäten

Die Kernaktivitäten des H2.Enablers sind der Handel mit Wasserstoff und Strom, ein proaktives Risikomanagement sowie die Beratung der Kunden. In der Anfangsphase des H2.Enablers steht das aktive Einwerben von neuen Kunden ebenfalls im Fokus der Aktivitäten, da das Geschäftsmodell erst ab einer gewissen Größe erfolgversprechend ist.

Schlüsselpartner

Da der H2.Enabler nicht alle Angebote selbst abbilden kann, ist es wichtig, die passenden Partner in das Geschäftsmodell einzubinden. Im Bereich Markt gehört ein Partner, der ein softwarebasiertes Optimierungstool mit entwickeln und warten kann, zum Kern des Geschäftes. Für das Funktionieren des Marktes gilt es verlässliche Partner zur Bereitstellung von erneuerbarem Strom zu gewinnen. In erster Linie werden dies Anlagenbetreiber von Post-EEG-Anlagen sein. Um diese zu befähigen, nach der EEG-Förderung in den Weiterbetrieb zu wechseln, bedarf es jedoch eines Partners, der entsprechende Gutachten erstellen kann. Die Güte der Gutachten ist für den H2.Enabler von großer Bedeutung, da diese eine Basis für die Ertragserwartung der Anlagen darstellt und somit zum Risikomanagement beiträgt. Perspektivisch müssen jedoch auch Erzeuger von erneuerbarem Strom hinzugezogen werden, die die Unsicherheiten der Post-EEG-Anlagen kompensieren können. Dies ist notwendig, um den Wasserstoffabnehmern entsprechend niedrige CO₂-Fußabdrücke langfristig garantieren zu können. Damit der Strom am effizientesten und wirtschaftlichsten genutzt werden kann, bedarf es eines Partners, der die Vermarktung des Stroms übernimmt.

Weiterhin müssen Partner zur Erzeugung von Wasserstoff eingebunden werden. In der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf.Rhein.Wupper hat sich zu diesem Zweck die „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ gefunden, die als Rückgrat der Modellregion fungieren kann. Im Bereich der Verteilung und Logistik müssen enge Partnerschaften mit Unternehmen aufgebaut werden, die Erfahrung im Bereich des Gastransportes und Wasserstofftankstellen besitzen. Diese setzen die Verteilungsplanung des H2.Enablers in der Praxis um und können angepasste technologische Lösungen entwickeln.

Kostenstrukturen

In der Anfangsphase ist mit Investitionen in die Entwicklung eines Optimierungstools zu rechnen. Im operativen Geschäft ergeben sich die Kosten des H2.Enablers aus dem Einkauf von Strom und Wasserstoff sowie aus der Beauftragung von Dienstleistungen (z. B. Logistik und Gutachten). Fixe laufende Kosten ergeben sich aus den notwendigen Infrastrukturen (Büro, Equipment etc.) als auch durch die anfallenden Personalkosten.

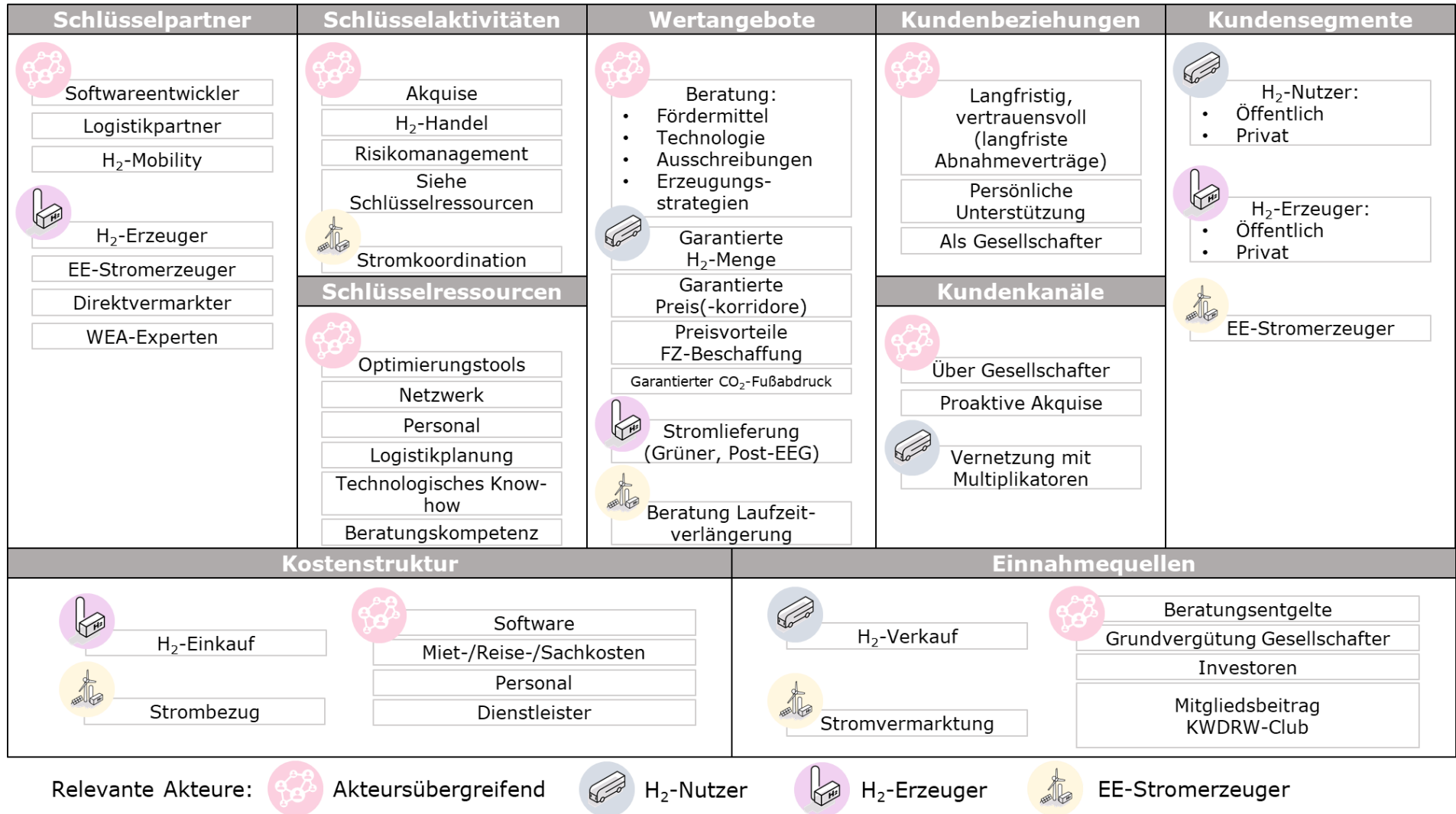


Abbildung 40: Geschäftsmodell des H₂.Enabler-Moduls

Kommunikationsstrategie

Die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf.Wuppertal und das Geschäftsmodell des H2.Enablers leben von den Teilnehmern des Konzeptes. Daher ist, neben den technischen und ökonomischen Lösungsansätzen, die Kommunikation der Idee und deren Mehrwert für alle Beteiligten Bedingung für ihren Erfolg. Die Kompetenzregion hat daher sehr frühzeitig eine Kommunikationsstrategie entworfen, um die technischen und ökonomischen Entwicklungen kommunikativ zu flankieren und eine gute Sichtbarkeit des Konzeptes zu gewährleisten. Im Folgenden soll das Kommunikationskonzept konkret dargestellt werden.

Die Kommunikationskonzeption geht davon aus, dass die Kompetenzregion perspektivisch durch eine kommunikativ eigenständig agierende Einheit vertreten wird. Für die Realisierung dieses Modells sind verschiedene Organisationsformen und Bezeichnungen denkbar. Im Folgenden wird dafür die Bezeichnung „Geschäftsstelle“ verwendet; die getroffenen Annahmen und skizzierten Maßnahmen sind davon unabhängig auch in anderen Organisationsformen möglich und zielführend.

Angebot

Angesichts der oben dargelegten Überlegungen lässt sich ein konkretes Angebot der Kompetenzregion umreißen. Dieses Angebot umfasst vier Bereiche.

1) Strukturen

- Aufbau gemeinsamer Angebote mit regionaler Wertschöpfung
- Unterstützung bei der Abnahme bzw. Lieferung von Wasserstoff
- Zusammenarbeit bei der Beschaffung geeigneter Fahrzeuge
- Erweiterung der Verfügbarkeit von Wasserstoff in der Region

2) Synergien

- Aktive Initiierung wirtschaftlicher Kooperationen
- Beteiligungsmöglichkeiten für regionale Umsetzungsprojekte
- Informationen und Kontakte zu Vorbildern bzw. Best Practice
- Anbahnen von Kontakten bzw. Kooperationen

3) Know-how

- Know-how-Transfer für alle „Mitglieder“ der Kompetenzregion
- Technologiewissen für die Praxis vermitteln

- Förderung ermöglichen bzw. vermitteln und beraten

4) Sichtbarkeit

- Durch gemeinsamen Auftritt Aufmerksamkeit auf übergeordneter Ebene erreichen
- Eigene Kommunikationsmedien und -kanäle etablieren
- Interessen bündeln und gemeinsam wirksam vertreten
- Unterstützung durch Standard-PR-Elemente (PR-Kit)

Kommunikationsziele

Aus dem dargestellten Fokus ergeben sich für die Kommunikation konkrete Ziele. Diese sind:

- Das Angebot der Kompetenzregion und insbesondere das neuartige Prinzip des H2-Enabler-Moduls in der Fachwelt bekannt machen
- Erste Kooperationen anbahnen, um das Anbieter/Abnehmer-Gleichgewicht möglichst schnell einspielen zu können
- Interessenten bzw. Kunden bzw. Partner auf Angebots- und Nachfrageseite für die Kompetenzregion gewinnen

Zielgruppen

1. Unternehmen, Verbände und Organisationen aus der Region: Mögliche Interessenten bzw. Akteure in den Bereichen Erzeugung, Transport, Bereitstellung und Verbrauch/Anwendung
2. Mögliche Interessenten aus der Energiewirtschaft mit der Perspektive H₂-Erzeugung bzw. Stromlieferung aus Post-EEG-Anlagen
3. Wasserstoff-Fachwelt, Initiativen, Netzwerke
4. Politik und Verwaltung (politische Unterstützung, Förderung)
5. Interessierte Öffentlichkeit



Übergeordnete Botschaften

- Die in der Region vorhandenen Potenziale ermöglichen den wirtschaftlichen **Aufbau einer grünen Wasserstoff-Infrastruktur** – ein wichtiger Schritt zur Verkehrswende und in die klimafreundliche Mobilität der Zukunft.
- Wir entwickeln ein **regionales Wertschöpfungssystem** für emissionsfreie Wasserstoff-Mobilität. Dazu bringen wir die Erzeugung von grünem Wasserstoff vor Ort, Einsatzmöglichkeiten für Fahrzeuge und die benötigte Infrastruktur in einem **intelligenten System** zusammen.

Zielgruppenspezifische Botschaften

Aus den übergeordneten Botschaften ergeben sich in der Differenzierung je nach Zielgruppe unterschiedliche Schwerpunkte, die im Folgenden dargestellt sind.

Zielgruppe 1: Unternehmen, Verbände und Organisationen aus der Region

- Die Wasserstofftechnologie bietet attraktive Perspektiven, CO₂-Emissionen in Unternehmen und Betrieben deutlich zu reduzieren. Besonders im Bereich der Busse sowie der schweren Nutz- und Sonderfahrzeuge kann dies schon heute wirtschaftlich darstellbar sein. Als Logistikzentrum Europas bietet die Kompetenzregion ein ideales Umfeld dafür.
- Mit der Kompetenzregion entsteht hier und heute ein Umfeld zur wirtschaftlichen Realisierung von Wasserstoff-Projekten auf dem Betriebsgelände, auf Straßen, Schienen und Wasserwegen.
- Die Bereitstellung von grünem Wasserstoff, die Beschaffung von Fahrzeugen und die Errichtung von Infrastruktur werden in der Kompetenzregion strategisch geplant und zum gegenseitigen Nutzen umgesetzt.

Zielgruppe 2: Energiewirtschaft

- Die Kompetenzregion bietet wirtschaftliche Nachnutzungsmodelle für Wind- und PV-Anlagen, die aus der EEG-Förderung fallen. Wir bündeln Angebot und Nachfrage und bilden so eine Startrampe für eine regionale Wasserstoffwirtschaft.

- Über die „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ bietet die Kompetenzregion Know-how und Kooperationsvorteile, um in einen Wasserstoffmarkt einzusteigen, der die Mobilität der Zukunft prägen wird.

Zielgruppe 3: Wasserstoff-Fachwelt, Initiativen, Netzwerke

- Mit Unterstützung der Kommunen und des Landes NRW sollen alle Wertschöpfungsstufen der Wasserstofftechnologie für den Verkehrsbereich in der Kompetenzregion etabliert werden.
- In der Kompetenzregion errichten wir eine Startrampe für eine regionale Wasserstoffwirtschaft: Erzeugerangebot und lokale Nachfrage werden gebündelt und einer Handelsplattform ähnlich individuell gehandelt, um einen regionalen Markt für grünen Wasserstoff zu initiieren.
- Der Schwerpunkt liegt zunächst auf Bussen sowie schweren Nutz- und Sonderfahrzeugen, aber auch weitere Nutzungsarten im Verkehr und darüber hinaus sind im Blickfeld.
- Unsere Szenarien zeigen, dass wir bis 2030 ca. 94 Prozent der zu erwartenden Wasserstoffnachfrage im Verkehr mit regionalem und klimafreundlichem Wasserstoff versorgen können. Wir können gleichzeitig das Klima schonen und regionale Wertschöpfung generieren.

Zielgruppe 4: Politik und Verwaltung

- Die Wasserstofftechnologie bietet Chancen, grüne Wertschöpfung und emissionsarme Mobilität in der Region voranzubringen, und leistet einen wichtigen Beitrag für einen nachhaltigen Strukturwandel.
- In der Kompetenzregion errichten wir eine Startrampe für eine regionale Wasserstoffwirtschaft: Wir wollen einen regionalen Markt für grünen Wasserstoff initiieren und neue Akteure in die Region holen.
- Die Kompetenzregion soll eine NRW-weite Strahlkraft entwickeln: durch wirtschaftlichen Mehrwert für alle Akteure und einen übertragbaren Ansatz, der auf regionalen Stärken beruht. So können wir gleichzeitig das Klima schonen und regionale Wertschöpfung generieren.

Zielgruppe 5: Interessierte Öffentlichkeit

- Die Kommunen und Unternehmen in der Kompetenzregion setzen auf Klimaschutz und neue Technologien und gehen gemeinsam bei der Verkehrswende voran. Das innovative Konzept ist fest in der Region verankert.



- Die klimafreundliche und nachhaltige Wasserstofftechnologie bietet mittelfristig Ausbildungsmöglichkeiten und berufliche Perspektiven in der Region.
- Die in der Region vorhandenen Potenziale ermöglichen den wirtschaftlichen Aufbau einer grünen Wasserstoffinfrastruktur.

Die Dachmarkenstrategie

Das vorliegende Kommunikationskonzept definiert den kommunikativen Ansatz der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper. Dies umfasst einerseits den öffentlichen Auftritt einer Geschäftsstelle. Andererseits gilt es, einen gemeinsamen Rahmen für viele einzelne Projekte und Aktivitäten zu schaffen, die in der Kompetenzregion durch unterschiedlichste Akteure realisiert und vorangetrieben werden. Um dies zu erreichen, wurde die Wort-Bild-Marke der Kompetenzregion als Dachmarke gestaltet.

Die Dachmarke verbindet die Aktivitäten der Kompetenzregion mit den Aktivitäten der Initiatoren und assoziierten Partner. Dabei sind eigene Projekte und Maßnahmen, auch von Akteuren aus der Forschung, von Ausbildungsträgern oder Verbänden, Bedingung und Beweis für das Funktionieren der Kompetenzregion.

Ziel der Kommunikation ist es, die Vielfalt der Aktivitäten und Projekte, den Aufbruchswillen innerhalb der Region und nicht zuletzt die gemeinsame Zielstellung in die Breite zu tragen. Deshalb darf und soll die Dachmarke offen für vielfältige Beteiligungen werden.

Zugleich muss eine angemessene Verwendung sichergestellt werden, damit die Kompetenzregion ein konsistentes und trennscharfes Bild nach außen sendet. Um dies zu erreichen, soll ein grundlegendes Regelwerk die Verwendung der entwickelten Dachmarke verbindlich festlegen.

Partnerlogo „Hier.Heute.H2.“

Das Partnerlogo dient den Initiatoren und assoziierten Partnern zur Kommunikation ihrer Aktivitäten rund um das Thema Nachhaltigkeit, Klimaschutz und insbesondere Wasserstoff.



Abbildung 41: Partnerlogo „Hier. Heute. H2.“

Ortsmarken & Projektauszeichnung

Die Herstellung einer Sichtbarkeit in der Region ist von großer Bedeutung für die Attraktivität und damit letztlich auch für das Funktionieren der auf Eigeninitiativen und Beteiligung basierenden Organisation der Kompetenzregion. Die Aufgabe, diese öffentliche Sichtbarkeit herzustellen, übernimmt die Dachmarke, die von allen assoziierten Partnern in geregelter Form genutzt werden darf und soll. Vorgaben dazu werden mit den Partnern vertraglich vereinbart. Erarbeitet und zur Verfügung gestellt werden:

- Digitales Logo/CD-Set für Projekte (Manual + Daten)
- Standard-PR-Kit
- Hinweistafeln mit Projektmarker (indoor/outdoor)
- Kennzeichnung Projekte (Klebefolie, verschiedene Größen)



Abbildung 42: Kennzeichnung der Projekte

Zeitplanung: Phasen der Kommunikation

Der Aufbau einer kontinuierlichen Kommunikation mit Außenwirkung erfolgt parallel zum organisatorischen Aufbau der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper. Daraus ergeben sich naturgemäß veränderliche Anforderungen. Aus diesem Grund sind mehrere Phasen der Kommunikation geplant, die aufeinander folgen und aufbauen. Diese sind unabhängig von den oben beschriebenen Marktphasen des Masterplans und orientieren sich an den faktischen Entwicklungen in der Kompetenzregion Wasserstoff.

1) Gründungsphase (2021)

Ziel: Gewinnung von Partnern und Unterstützern sowie Einbettung in vorhandene Netzwerke

Zentrale Maßnahmen sind: persönliche Gespräche, Gremienarbeit, Fachveranstaltungen, Basismedien zur Akquise von Partnern, Basiswebsite, Pressearbeit: gemeinsame Pressearbeit, Aktivitäten der Initiatoren, ggf. projektbezogene Pressearbeit einzelner Partner

2) Aufbauphase (2022–2024)

Ziel: Gewinnung von Partnern, beschleunigte Umsetzung von Projekten, Entwicklung integrierter Projektansätze, Aufbau der Sichtbarkeit vor Ort

Zentrale Maßnahmen sind: Aufbau umfassendes Webangebot, Projektdatenbank, FAQ, Geschäftsausstattung, Gremienarbeit, Fachveranstaltungen, Social Media: Aufbau Twitter-Kanal zur Teilnahme am fachlichen Diskurs, Akquisemedien, Ortsmarken und Projektauszeichnung, Pressearbeit: gemeinsame Pressearbeit, Aktivitäten der Initiatoren, projektbezogene Pressearbeit einzelner Partner, Standard-PR-Kit

3) Betriebsphase (ab 2025)

Ziel: Verstetigung des kontinuierlichen Austausches mit vorhandenen Partnern bzw. Projekten, Ansprache und Betreuung neuer Partner, Entwicklung und Initiierung neuer Projektideen und -ansätze, Aktivierung von Ausbildungspartnern

Zentrale Maßnahmen sind: Gremienarbeit, Fachveranstaltungen, umfassendes Webangebot: Ausbau Projektdatenbank, Aufbau Servicebereich, Social Media: Twitter,

XING, Facebook, YouTube, Pressearbeit: kontinuierliche Pressearbeit der Geschäftsstelle, projektbezogene Pressearbeit, Ortsmarken und Projektauszeichnung, Entwicklung umfangreicher Akquise-/Beratungsmedien: Kurzbroschüre „Perspektiven“; Unternehmensleitfaden, Ausbildungsflyer

Übertragbarkeit der Marke

Die Marke „Hier. Heute. H2.“ ist grundsätzlich übertragbar auf andere Regionen und viele Arten von Projekten. Die Marke wurde bewusst gestaltet, um Erweiterungen der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper zu begleiten und die entsprechende Kommunikation ohne Brüche zu tragen. Diese Erweiterungen können einzelne Projektstandorte sein, die außerhalb der Kompetenzregion liegen, oder auch weitere Kommunen, die der Kompetenzregion beitreten wollen. Letztlich kann und soll die Kompetenzregion Wasserstoff auf ganz NRW ausstrahlen.

Beispiele:



Abbildung 43 (links): Beispiel: Hier. Heute. H2. Kompetenzregion Wasserstoff Ostwestfalen

Abbildung 44 (rechts): Beispiel: Hier. Heute. H2. Kompetenzregion Wasserstoff Nordrhein-Westfalen

WAS ES NUTZT

Der H₂-Enabler im Modell

Modellierung des Energiesystems

Um den Nutzen des Masterplans und der damit verbundenen Maßnahmen sowie des H₂-Enablers quantitativ zu bewerten, hat die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf, Rhein, Wupper eigene Simulationsrechnungen angestellt. Ziel dieser ist es, modellgestützt die Auswirkungen des Konzepts abzuleiten und die zur Erreichung anfallenden Kosten zu ermitteln. Für diese Analyse wurde ein regional aufgelöstes Energiesystemmodell formuliert, das folgende wesentliche Leistungen des H₂-Enablers widerspiegelt:

- Eine optimale Vermarktung des regionalen EE-Stroms entsprechend seinem stündlichen Marktwert.
- Eine optimale Abstimmung von H₂-Angebot und H₂-Nachfrage entlang der regionalen H₂-Wertschöpfungskette.

Für die Modellierung der regionalen Wasserstoffherzeugung wurde das Modell R2En-SysMod (Renewable und Regional ENergy SYStem MODell) der Becker Büttner Held Consulting AG genutzt. Es wurde mithilfe des open energy modeling framework (oemof) entwickelt.⁷⁸ Dieses bestimmt die optimale Auslegung und Betriebsführung der Systemkomponenten hinsichtlich des Ziels minimaler Gesamtsystemkosten für ein repräsentatives Jahr in stündlicher Auflösung. Zu den Komponenten gehören erneuerbare Erzeugungskapazitäten, der Stromimport und -export, die Elektrolyse, H₂-Speicher sowie der H₂-Import und -Export. Eine detaillierte Beschreibung der verwendeten Methodik sowie der mathematischen Grundlagen der Modellierung sind in Teil 2: Methodik zu finden.

Die Verknüpfung der drei Städte Duisburg, Düsseldorf, Wuppertal und des Rhein-Kreis Neuss durch den H₂-Enabler ist ein wichtiger Faktor für die Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft. Um diese Idee abzubilden, werden die vier Kreise durch jeweils einen Knoten im Modell repräsentiert: Jeder Knoten erhält dabei eigene Strom- und H₂-Erzeugungspotenziale sowie H₂-Nachfragemengen zugewiesen. Im

Modell wird aus den Potenzialen die kostenoptimale H₂-Nachfragedeckung errechnet. Dabei besteht neben der H₂-Eigenversorgung jedes Knotens die Möglichkeit des H₂-Transports zwischen den unterschiedlichen Knoten sowie die Option, Wasserstoff von außerhalb der Kompetenzregion zu importieren. Dies erlaubt, die strukturellen Unterschiede innerhalb der Kompetenzregion hinsichtlich Stromangebot und H₂-Nachfrage zu berücksichtigen.

Die rein auf die Systemkosten orientierten Berechnungen zeigen dabei einen realistischen Ausblick auf die Potenziale der regionalen Wasserstoffwirtschaft. Die Ergebnisse im nachfolgenden Abschnitt zeigen die optimierte Dimensionierung und Betriebsführung der Strom- und Wasserstoffherzeugung. Diese bilden die Grundlage für eine detaillierte Betrachtung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses. Als Kosten verstehen wir dabei die resultierenden Bereitstellungskosten des Wasserstoffs an den Tankstellen. Demgegenüber stehen die induzierte Treibhausgasreduzierung sowie die regionale Wertschöpfung als Nutzen.

Szenarien

Die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft ist stark abhängig von den technologischen und regulatorischen Gegebenheiten. Entsprechend werden für die Berechnungen zwei Szenarien Basis formuliert, die die erwarteten Rahmenbedingungen in den Jahren 2025 und 2030 abbilden. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Annahmen zu Technologiekosten, Strompreisen und der H₂-Nachfrage. Die Annahmen werden entsprechend den Ergebnissen in den Clustern Erzeugung, Anwendung und Infrastruktur getroffen.

Für das Jahr 2030 wurden weitere Szenarien formuliert, die die Sensitivität gegenüber einzelnen Annahmen untersuchen: Im Szenario Nachfrage wird von einer höheren Zulassungszahl für BZ-Fahrzeuge ausgegangen und damit von einem deutlich gesteigerten Wasserstoffbedarf. Im Szenario Klima wird der Einfluss einer höheren Verfügbarkeit von Post-EEG-Windstrom in der Region unterstellt. Das Szenario Regulatorik zeigt auf, welchen Effekt die Berücksichtigung von Stromnebenkosten auf die Bereitstellungskosten von regional erzeugtem H₂ hat. Wesentliche Annahmen der vier Szenarien sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

⁷⁸ Vgl. oemof developer group (2019) und <https://oemof.org/>

Szenario	Basis		Nachfrage 2030	Klima 2030	Regulatorik 2030
	2025	2030			
Fahrzeuge					
BZ-Zulassungsquote pro Jahr					
PKW	0,005%	0,01%	0,05%	0,01%	0,01%
Sprinter	0,03%	0,04%	0,075%	0,04%	0,04%
LNF	0,5%	0,5%	0,6%	0,5%	0,5%
SNF	0,5%	0,5%	0,7%	0,5%	0,5%
Busse	0,5%	0,5%	0,7%	0,5%	0,5%
Stromerzeugung					
Potenzial Post-EEG-Windanlagen [MW]	45	35	35	45	35
Wind Volllaststunden [h/a]	2100	2100	2100	2400	2100
Post-EEG-Strompreis [ct/kWh]	4	4	4	4	4
Regulatorischer Rahmen					
MHKW-Stromnebenkosten	keine	keine	keine	keine	Ja ^a
Post-EEG-Stromnebenkosten	keine	keine	keine	keine	Ja ^b
Netz-Stromnebenkosten	Ja ^b	Ja ^b	Ja ^b	Ja ^b	Ja ^b

^a 82 EUR/MWh entsprechend der Kategorie „Eigenversorgung“ aus dena (2018).

^b 91 EUR/MWh entsprechend der Kategorie „Nicht-integrierbarer EE-Strom“ aus dena (2018)

Tabelle 3: Szenario-Parameter für die Modellierung

Die regionale Wasserstoffwirtschaft in Zahlen

Die Ergebnisse der Modellierung zeigen, dass die in der Region bestehenden Potenziale den Aufbau einer grünen Wasserstoffinfrastruktur ermöglichen und die qualitativen Überlegungen greifen. Dazu werden im Folgenden die Ergebnisse der Szenarien Basis für die Jahre 2025 und 2030 diskutiert. Sofern von besonderer Signifikanz werden die Ergebnisse der weiteren Szenarien ebenfalls herangezogen⁷⁹:

Auf einen Blick

- Die regionale Erzeugung ist wettbewerbsfähig gegenüber Importen. Bis zum Jahr 2030 werden Elektrolysekapazitäten mit einer Leistung von 804 kg H₂/h aufgebaut und Speicher mit einer Kapazität von 3933 kg H₂.
- Die kostenoptimale Deckung der Nachfrage wird 2030 (2025) zu 93 Prozent (98 Prozent) durch regional erzeugten grünen Wasserstoff erreicht.
- Durch die koordinativen Aufgaben des H₂-Enablers wird ein sukzessiver Aufbau der Elektrolysekapazitäten in den Regionen bei sehr hoher Auslastung der Elektrolyseure von 74 Prozent (80 Prozent) im Jahr 2030 (2025) ermöglicht.
- Freie Kapazitäten bei den Elektrolyseuren erlauben perspektivisch auch den Export in benachbarte Regionen.

H₂-Erzeugung und -Speicherung

Entsprechend der Optimierung wird bis 2025 eine installierte Elektrolyseleistung zur Wasserstoffproduktion von 96 kg H₂/h in der Region bereitstehen, die sich anteilig auf die drei Standorte Duisburg (42 kg H₂/h), Düsseldorf (22 kg H₂/h) und Wuppertal (31 kg H₂/h) aufteilen wird. Die stetig wachsende H₂-Nachfrage ermöglicht einen sukzessiven Ausbau der Elektrolysekapazität auf 804 kg H₂/h bis 2030. Neben der Erweiterung der Elektrolysekapazitäten an den bereits bestehenden Standorten auf 269 kg H₂/h in Duisburg, 319 kg H₂/h in Düsseldorf und 129 kg H₂/h

in Wuppertal wird dies durch die Erschließung eines weiteren Produktionsstandortes im Rhein-Kreis Neuss mit einer installierten Leistung von 83 kg H₂/h realisiert.

Der Bau von Elektrolyseuren in der Optimierung impliziert dabei die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einer lokalen Wasserstoffproduktion gegenüber eines Wasserstoffimports. Die Modellergebnisse unterstreichen damit, dass ein im Vergleich zum H₂-Import konkurrenzfähiger Betrieb von Elektrolyseuren in der Region mit den vorhandenen Potenzialen ohne die Berücksichtigung von Stromnebenkosten möglich ist. Auch die bis 2025 bestehende lokale H₂-Speicherkapazität am Elektrolyseur von 0,23 t H₂ wird in den darauffolgenden Jahren stark ausgebaut. Sie umfasst bis 2030 eine Kapazität von rund 4 t H₂. Flankiert werden die lokalen zwischenspeichern von H₂-Transportcontainern (2025: 12 Container; 2030: 99 Container), die als mobile Speicherkapazitäten dem Gesamtsystem zur Verfügung stehen.

⁷⁹ Sofern kein expliziter Hinweis beziehen sich die folgenden Werte auf die Szenarien Basis. Werden Werte der anderen Szenarien hinzugezogen wird darauf hingewiesen.

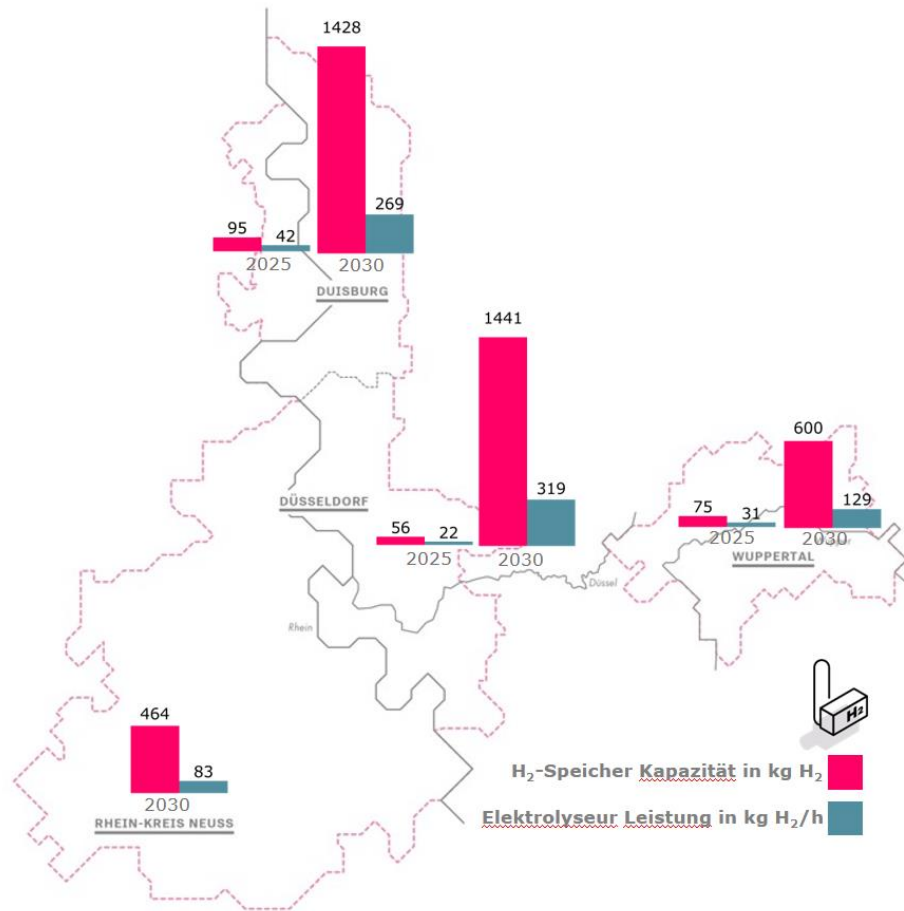


Abbildung 45: Elektrolyse- und Speicherkapazitäten in den Szenarien Basis 2025 und 2030

Strom- und H₂-Quellen

Die Analysen zeigen, dass die regionale Wasserstoffnachfrage entsprechend der Optimierung im Modell fast vollständig mit dem in der Region produzierten grünen Wasserstoffbedient wird (vgl. Tabelle 3 und Abbildung 47): Für das Szenario Basis bedeutet das konkret, dass die H₂-Nachfrage von 700 t (5.575 t) im Jahr 2030 (2025) zu 93 Prozent (98 Prozent) mit regional erzeugtem Wasserstoff gedeckt wird. Die Menge des für die Elektrolyse bezogenen Stroms ändert sich dabei, ebenso wie seine Zusammensetzung im Zeitverlauf deutlich (vgl. Abbildung 46). Obwohl die absolute Menge eingebundenen Post-EEG-Stroms mit der Zeit ansteigt, sinkt der relative Anteil der Post-EEG-Anlagen an der Strombereitstellung aufgrund eines überproportionalen Anstiegs der Wasserstoffnachfrage. Während die Bedeutung von Post-EEG-PV-Anlagen sowohl absolut wie auch relativ steigt, bestehen die im Jahr 2030 bezogenen 39 GWh nur noch zu 25 Prozent aus Post-EEG-Windstrom gegenüber einem Anteil von knapp 75 Prozent im Jahr 2025. Dennoch kann auch 2030 noch fast die Hälfte des Strombedarfs der Elektrolyse von 296 GWh aus Post-EEG-Anlagen bezogen werden. Diese Zahlen zeigen zum einen die hohen Erzeugungspotenziale der Kompetenzregion und zum anderen die Bedeutung von Post-EEG-Anlagen bei der regionalen Wasserstoffherzeugung.

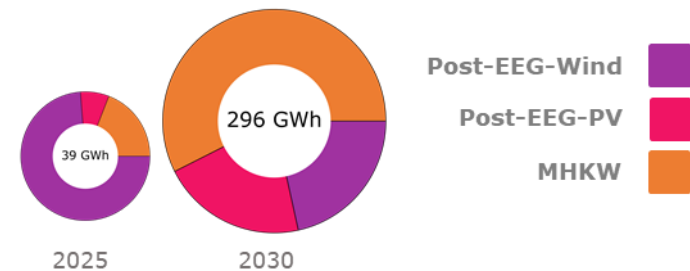


Abbildung 46: Zusammensetzung des Strombezugs der Elektrolyseure in 2025 und 2030

Im Modell wird zusätzlich errechnet, woher die vier Kreise der Kompetenzregion ihren Wasserstoff beziehen. Hierfür stehen grundsätzlich drei Optionen bereit: die lokale Wasserstoffproduktion in der Elektrolyse im eigenen Kreis, der Wasserstoffbezug aus der Produktion der Elektrolyse eines anderen Kreises oder der Import von blauem Wasserstoff von Quellen außerhalb der Region. Der Import von blauem Wasserstoff ist das Resultat aus der kostenoptimierten Betriebsführung. So kann regional erzeugter Strom jederzeit am Strommarkt veräußert werden. Perspektivisch könnte auch darüber nachgedacht werden, ob ein kategorisches Ausschließen eines Imports von blauem Wasserstoff zugunsten von grünem Wasserstoff sinnvoll ist. Entsprechend kann es bei hohen Preisen sinnvoll sein, die Elektrolyse zugunsten des Stromverkaufs zu drosseln. Die Nachfrage kann bei ausreichender Kapazität über den Speicher oder alternativ über Importe gedeckt werden⁸⁰. Freie Kapazitäten bei den Elektrolyseuren ermöglichen perspektivisch auch den Export in benachbarte Regionen. Dadurch eröffnet sich ein noch größeres Potenzial für die regionale Wertschöpfung.

In Bezug auf die H₂-Quellen verdeutlicht Abbildung 47, wie stark die vier Kreise von „Importen aus der Region“ und überregionalen Importen abhängen. Insbesondere im Rhein-Kreis Neuss zeigt sich, dass im Jahr 2025 der Wasserstoffbedarf zu 100 Prozent importiert wird – größtenteils als regionaler Import aus den weiteren Kreisen der Kompetenzregion. Dies ist insbesondere dadurch begründet, dass das Modell aufgrund geringer lokaler H₂-Nachfragemengen den Bau eines Elektrolyseurs, der vermutlich nur eine geringe Auslastung aufwiese, nicht vorsieht. Der Import von Wasserstoff zur Deckung der lokalen Nachfrage ist in diesem Fall günstiger. Im Jahr 2030 ist die kritische lokale Nachfragemenge erreicht, so dass im Modell Elektrolyseleistung aufgebaut wird.

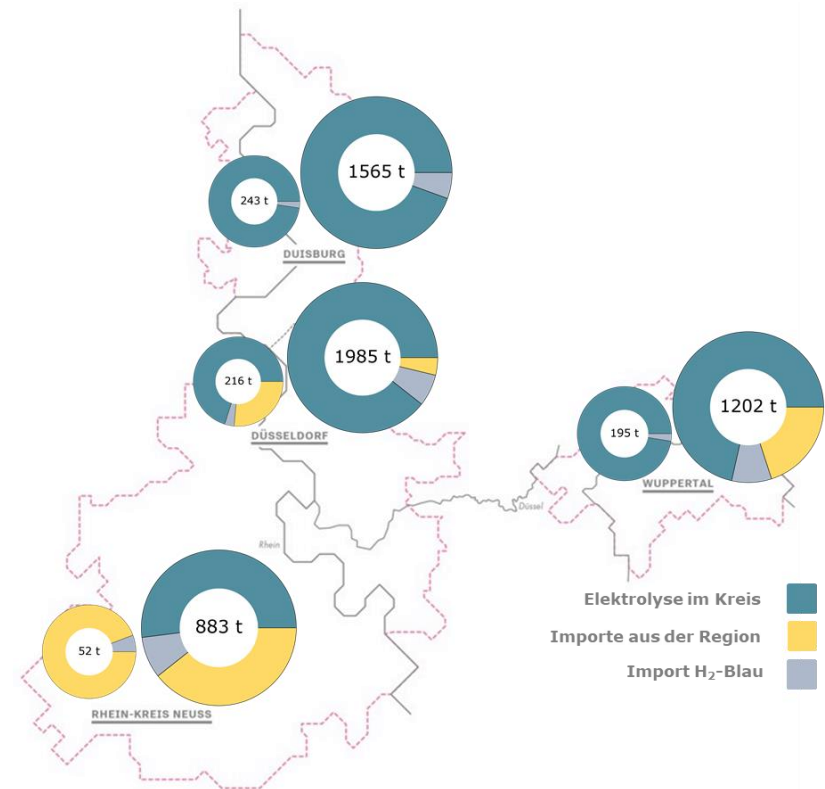


Abbildung 47: H₂-Verbrauch in den Regionen aufgeschlüsselt nach Herkunft in den Szenarien Basis 2025 (kleiner Kreis) und 2030 (großer Kreis)

⁸⁰ Es ist hier wichtig zu erwähnen, dass Einnahmen, die durch den Verkauf von MHKW-Strom generiert werden, sich nicht in den berechneten Bereitstellungskosten des Wasserstoffs niederschlagen.

Auswirkungen des H2-Enablers auf die H2-Infrastrukturen

Die Wasserstoffdistribution des regional hergestellten Wasserstoffs wird 2025 mit 12 Containern, 3 Trailern und 8 Tankstellen sichergestellt. Um der stark wachsenden Nachfrage gerecht zu werden und eine Verteilung der 5.234 t Wasserstoff bewerkstelligen zu können, müssen auch diese Kapazitäten ausgebaut werden. Bis 2030 wird eine Erweiterung auf 99 Container, 10 Trailer und 67 Tankstellen berücksichtigt. Der interregionale Transport von H₂ ermöglicht einen sukzessiven Ausbau der Elektrolysekapazitäten an den einzelnen Standorten, der sich an einer

Maximierung der möglichen Volllaststunden und damit der Wirtschaftlichkeit orientiert. Diese erhöhte Flexibilität einer H₂-Verwendung über den eigenen Standort hinaus schafft zudem die Voraussetzungen einer stärkeren Einbindung der volatilen Erneuerbare-Energie-Quellen. Sind die Witterungsbedingungen an einem bestimmten Knotenpunkt für den Strombezug aus Wind oder PV-Anlagen gegeben, kann der Elektrolyseur trotz geringer Nachfrage an diesem Knotenpunkt mit dem EE-Strom betrieben werden, sofern an einem der anderen Standorte ein erhöhter H₂-Bedarf besteht. Die einzelnen H₂-Transporte zwischen den vier Kreisen sind für 2025 und 2030 in Abbildung 48 und Abbildung 49 dargestellt.

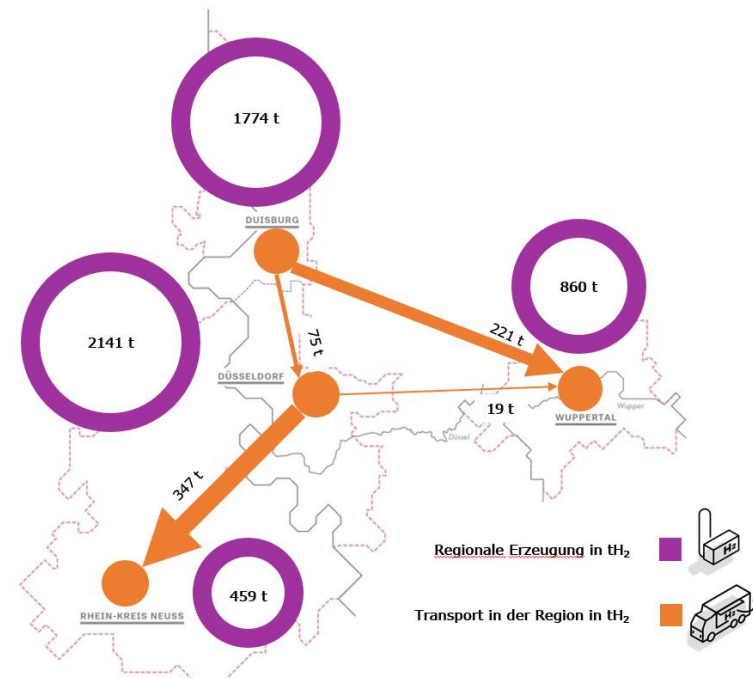
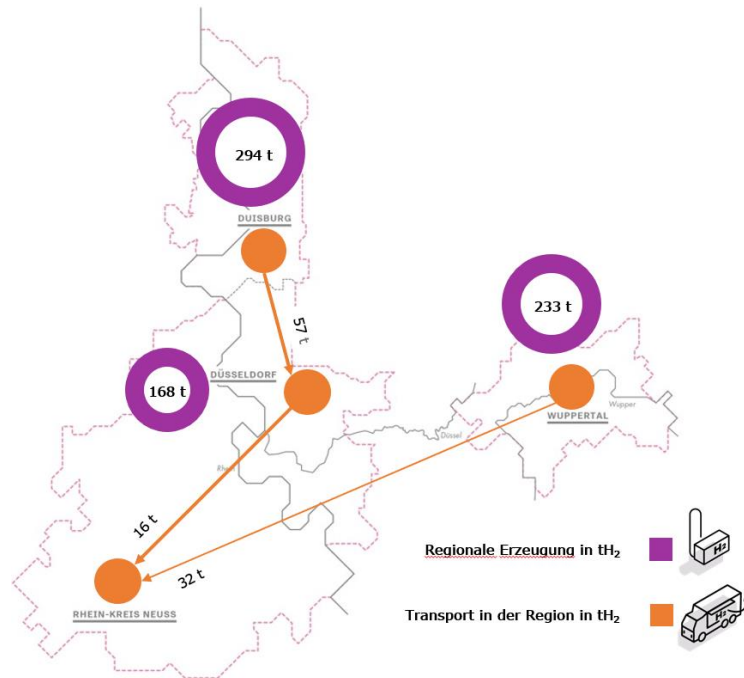


Abbildung 48 (links): Regionale H₂-Erzeugung an den Knoten und Transporte zwischen den Knoten im Szenario Basis 2025.
Abbildung 49 (rechts): Regionale H₂-Erzeugung an den Knoten und Transporte zwischen den Knoten im Szenario Basis 2030.



Die Auslastung der Elektrolyseure ist ein wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit der Wasserstoffproduktion. Neben der Verknüpfung der Regionen mit einem tragbaren Transportkonzept zeigt das Modell, dass die Einbindung der MHKW eine entscheidende Rolle für ein funktionierendes Wasserstoffsystem spielt. Durch die zuverlässige Strombereitstellung ermöglichen sie eine dauerhaft hohe Auslastung der Elektrolyseure ohne Rückgriff auf einen Strombezug aus dem Netz. Die Elektrolyseure werden im Durchschnitt mit einer jährlichen Auslastung von 73 Prozent (6521 Volllaststunden) in 2030 und 80 Prozent (7078 Volllaststunden) in 2025 betrieben. Am Standort Rein-Kreis Neuss, wo nicht auf ein MHKW zurückgegriffen werden kann, wird im Jahr 2030 eine deutlich geringere Auslastung von 62 Prozent erreicht. Weitere Kennzahlen zu den Simulationsergebnissen der Szenarien Basis sowie der weiteren Szenarien sind in Tabelle 4 zu finden.

Szenario	Einheit	2025 Basis					2030 Basis					2030 Klima	2030 Nachfrage	2030 Regulatorik
		Kompetenz-region	DUI	DUS	RKN	WUP	Kompetenz-region	DUI	DUS	RKN	WUP	Kompe-tenzregion	Kompetenz-region	Kompetenz-region
Nachfrage														
H ₂ -Nachfrage	t H ₂ /a	701	240	216	52	194	5574	1538	1962	878	1196	5574	8344	Keine Optimierung
Strombereitstellung														
Post-EEG-Wind	MW	46,7	24,3	0,0	15,0	7,4	34,6	10,3	2,6	21,6	0,1	45	34,6	Keine Optimierung
Post-EEG-PV	MW _{peak}	9,0	4,3	1,3	2,2	1,3	98,8	52,5	9,5	29,7	7,2	99	98,8	
MHKW	MW	5,1	1,7	1,7	0,0	1,6	40,7	13,3	20,1	0,0	7,3	40,7	68,6	
Import	MW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	
Wasserstoff														
Elektrolyseleistung	MW _{H₂}	3,2	1,4	0,8	0,0	1,0	26,8	9,0	10,7	2,8	4,3	27	39,9	Keine Optimierung
Regionale H ₂ -Erzeugung	t H ₂ /a	685	294	168	0,0	223	5234	1775	2141	459	860	5257	7877	
Elektrolyse Volllaststunden	h/a	7087	6896	7324	0	7164	6521	6589	6692	5503	6616	6489	7876	
Speicherkapazität	t H ₂	2,3	0,09	0,06	0	0,08	3,9	1,4	1,4	0,5	0,6	4,1	6,02	
Import Blau	t H ₂	21	5,6	7,3	3,0	5,0	401	86,5	135,7	76,2	102,8	383	562	
Import Grün	t H ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	
System														
Emissionsfaktor	kg CO ₂ /kg H ₂	0,36					0,79					0,73	0,85	0,79
Bereitstellungskosten	EUR/kg	5,3 ^b					5,7 ^b					5,6 ^b	5,83 ^b	12,79 ^c
Distribution														
Transport	-	12 Container / 3 Trailer					99 Container / 10 Trailer					Kosten wie 2030	Kosten wie 2030	Kosten wie 2030
Tankstellen (200 kg/d)		8	3	2	1	2	67	19	23	11	14			

a Leistung der Stromerzeugungsanlagen, die im Rahmen der Modelloptimierung zur Wasserstoffherzeugung genutzt werden. Für Post-EEG-Anlagen ergibt sich eine vollständige Nutzung des zur Verfügung stehenden Potenzials in allen Betrachtungszeitpunkten. Von einem Stromzukauf aus dem Netz wird zu keinem Zeitpunkt Gebrauch gemacht.
b Umfassen alle Kostenbestandteile für die Bereitstellung von H₂ an den Tankstellen, abgesehen von Abgaben, Umlagen und Steuern für den Strombezug aus EE-Anlagen (MHKW, Post-EEG).
c Im Regulatorik-Szenario wurden die Werte aus dem Szenario Basis 2030 übernommen und lediglich zusätzliche Abgaben, Umlagen und Steuern für den Strombezug der Elektrolyseure aus EE-Anlagen veranschlagt.

Tabelle 4: Übersicht der Strom- und Wasserstoffkapazitäten, Produktionsmengen und resultierende Kennwerte je Szenario

Beitrag zur Minderung von Treibhausgasemissionen

Die Modellrechnungen zeigen, dass die Grundsystematik des Masterplans und des H₂-Enablers sowie die Potenziale ausreichen, um eine regionale Wasserstoffwirtschaft zu betreiben. Die Frage nach den Klimaschutzpotenzialen wird im Folgenden beantwortet:

Auf einen Blick

- Mit dem Gesamtbündel an Maßnahmen kann im Zeitraum von 2025 bis 2035 der Ausstoß von insgesamt 744.110 t CO₂-eq^a im Sektor Mobilität vermieden werden. Das entspricht dem CO₂-Ausstoß von 3,6 Milliarden gefahrenen km mit einem Mittelklassediesel-PKW bzw. 90.000 Erdumdrehungen.

- Die regionalen Stromerzeugungspotenziale aus Post-EEG-Anlagen sowie MHKW ermöglichen auch bei steigender Wasserstoffnachfrage die Produktion von ausreichend grünem H₂.

- Insbesondere bei den schwer direkt elektrifizierbaren Fahrzeugklassen wird 2030 eine erhebliche prozentuale Emissionsreduktion gegenüber den Emissionen des heutigen Fahrzeugbestands erzielt: -5,4 Prozent im Bereich der SNF und -14,5 Prozent bei Bussen.

- Die Reduktion des WtW-Emissionsfaktors gegenüber dem Referenzwert von Diesel liegt in allen Szenarien und Fahrzeugklassen bei über 93 Prozent.

Durch den Wasserstoffeinsatz kann eine erhebliche Reduktion der Treibhausgasemissionen in Höhe von 10.512 t CO₂-eq/a im Jahr 2025 bzw. 74.411 t CO₂-eq/a im Jahr 2030 erzielt werden (vgl. Tabelle 5).

Insbesondere für die schweren Fahrzeugklassen bedeutet dies ein besonders großes CO₂-Einsparpotenzial. Im Jahr 2030 kann der Emissionsausstoß gegenüber dem aktuellen Stand in den Bereichen LNF um ca. 1,9 Prozent, SNF um ca. 5,4 Prozent und ÖPNV um ca. 14,5 Prozent reduziert werden. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen lässt sich durch eine verstärkte Anwendung im Mobilitätsbereich deutlich steigern. So beträgt sie 119.694 t CO₂-eq/a (+60 Prozent) im Nachfrage-Szenario.

	Anteil BZF an Fahrleistung in %		Emissionsreduzierung in %		Emissionsreduzierung in t CO ₂ /a	
	2025	2030	2025	2030	2025	2030
PKW	0,06 %	0,24 %	0,06 %	0,24 %	1.751	7.107
Sprinter	0,44 %	1,36 %	0,43 %	1,32 %	1.550	4.767
LNF	0,00 %	1,96 %	0,00 %	1,90 %	0	4.145
SNF	0,00 %	5,81 %	0,00 %	5,44 %	0	41.395
Busse	6,34 %	15,46 %	6,16 %	14,53 %	7.211	16.997
			0,24 %	1,66 %	10.512	74.411

Tabelle 5: Emissionsreduzierung je Fahrzeugklasse durch den Einsatz von BZ-Fahrzeugen in den Basis-Szenarien

Entscheidend für die Klimawirkung des eingesetzten Wasserstoffs ist der resultierende Well-to-Wheel(WtW)-Emissionsfaktor in den Fahrzeugklassen (vgl. Abbildung 50). Für SNF ergibt sich mit dem Einsatz des bereitgestellten H₂ ein Wert von 36 g CO₂/km im Jahr 2025 bzw. 79 g CO₂/km im Jahr 2030 in den Szenarien Basis. Dieser liegt deutlich unter dem der Referenz i. H. v. 1305 g CO₂/km für Diesel (vgl. Abbildung 50). Auch bei einer deutlich höheren Nachfrage im Szenario Nachfrage kann ausreichend grüner H₂ in der Region erzeugt werden, so dass nur ein geringer Anstieg des WtW-Emissionsfaktors eintritt. Eine höhere Verfügbarkeit von Post-EEG-Windanlagen im Klima-Szenario erlaubt wiederum eine weitere Absenkung gegenüber dem Szenario Basis. Die Absenkung des WtW-Emissionsfaktors gegenüber dem Referenzwert von Diesel liegt in allen Szenarien und Fahrzeugklassen bei über 93 Prozent.

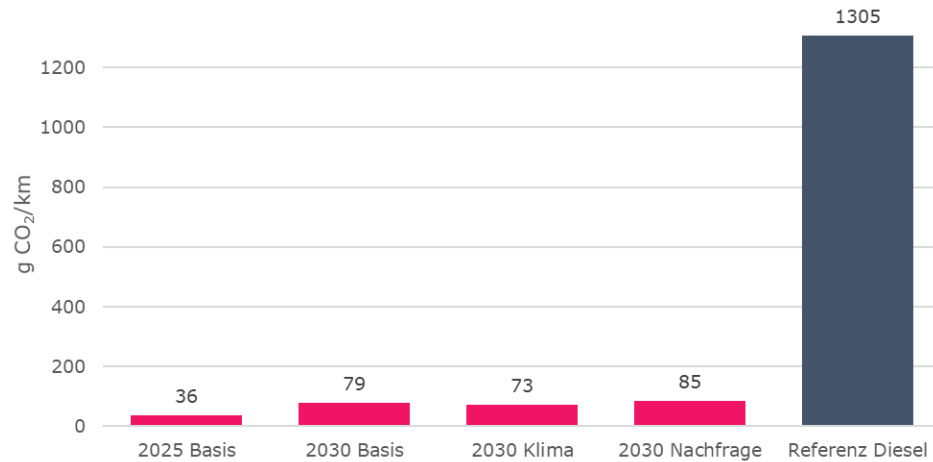


Abbildung 50: Well-to-Wheel(WtW)-Emissionsfaktor des bereitgestellten H₂ für Nutzung in schweren Nutzfahrzeugen (SNF) je Szenario gegenüber Diesel

Für den bereitgestellten Wasserstoff ergibt sich ein spezifischer Emissionsfaktor von 0,36 kg CO₂/kg H₂ im Jahr 2025 bzw. 0,79 kg CO₂/kg H₂ im Jahr 2030 (vgl. Tabelle 4).

Durch eine Bereitstellung, die sich zu einem nur geringen Anteil von 7 Prozent aus blauem Wasserstoff in 2030 zusammensetzt, ergeben sich durchschnittliche Emissionswerte, die geringfügig über den Werten von importiertem grünem Wasserstoff liegen (0,54 kg CO₂/kg H₂)⁸¹. Der unter Bezug von Post-EEG- und MHKW-Strom tatsächlich in der Region elektrolytisch hergestellte Wasserstoff ist mit einem deutlich geringeren spezifischen Emissionsfaktor von 0,5 kg CO₂/kg H₂ belegt als der insgesamt bereitgestellte.

Perspektivisch könnte darüber nachgedacht werden, ob ein kategorisches Ausschließen eines Imports von blauem Wasserstoff sinnvoll ist. Mehrkosten würden sich dabei umgelegt auf die Nachfrage auf 0,036 EUR/kg H₂ für 2030 belaufen. Den finanziellen Einbußen durch den Ausschluss von blauem H₂ würde ein verstärkter Klimanutzen gegenüberstehen.

⁸¹ Bezug von blauem Wasserstoff, da das Modell rein kostengetrieben und nicht emissionsoptimiert ist.

Die regionale Erzeugung von Wasserstoff hat zudem den großen Vorteil, dass die Beiprodukte Wärme und Sauerstoff genutzt werden können. Neben einer verbesserten Wirtschaftlichkeit durch den Verkauf lassen sich dadurch auch weitere indirekte Potenziale zu Emissionsreduzierung erschließen, die über die direkten Emissionsminderungen im Verkehrssektor hinausgehen. Der Umfang dieser zusätzlichen Emissionsminderungen ist davon abhängig, welche Alternativtechnologie durch die Nutzung der beim Elektrolyseprozess angefallenen Wärme und des entstehenden Sauerstoffs substituiert wird. Bei Anrechnung einer CO₂-Gutschrift von 40 kg CO₂/MWh H₂ für die Abwärmenutzung und 113 kg CO₂/MWh H₂ für die Sauerstoffproduktion lassen sich 2030 weitere 26.692 t CO₂-eq/a. einsparen. Die Menge der eingesparten THG-Emissionen steigt dadurch 2030 um 26 Prozent von 74.411 auf 101.103. t CO₂-eq/a.

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis

Nachdem der Nachweis des Klimanutzens erbracht ist, wird im Folgenden dargestellt, wie hoch das Kosten-Nutzen-Verhältnis auf Basis der Modellergebnisse ist:

Auf einen Blick

- In allen Szenarien bis auf das Szenario Regulatorik liegen die Bereitstellungskosten deutlich unter den Importkosten für blauen H₂.
- Die Berücksichtigung von Stromnebenkosten führt zu einem drastischen Anstieg der Bereitstellungskosten auf 12,79 EUR/kg H₂.
- Für die Fahrzeugklassen SNF und Busse belaufen sich die CO₂-Vermeidungskosten im Jahr 2030 auf 0,21 und 0,31 EUR/kg CO₂.

Unter der Annahme, dass der Bezug des grünen Stroms ohne eine Belastung durch Stromnebenkosten erfolgt, ergeben sich regionale H₂-Bereitstellungskosten, die gegenüber importiertem Wasserstoff konkurrenzfähig sind. Im Basisszenario liegen die H₂-Bereitstellungskosten im Jahr 2030 (2025) bei 5,70 (5,30) EUR/kg H₂ (vgl. Abbildung 51). Diese Kosten beinhalten alle relevanten Kosten entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette bis zur Bereitstellung an den Tankstellen. Ebenfalls wird für die Strombezugskosten der stündliche Strommarktpreis angesetzt. Die Bereitstellungskosten können entsprechend als Break-even-Preis der regionalen Wasserstoffproduktion interpretiert werden.

Die H₂-Bereitstellungskosten teilen sich auf in die Kosten für Erzeugung und Distribution. Erzeugungskosten umfassen dabei alle Kosten bis zur Bereitstellung am Elektrolyseur oder dem zentralen H₂-Speicher. Sie belaufen sich auf 3,33 (2,25) EUR/kg H₂ im Jahr 2030 (2025). Der Kostenanstieg bis 2030 resultiert aus einem sinkenden Anteil an Post-EEG-Anlagen am Strombezug des Elektrolyseurs und steigenden Strompreisen. Obwohl die Investitionskosten bis 2030 für die Wasserstoffherzeugung sinken, können sie die prognostizierten steigenden Strompreise nicht vollständig kompensieren. Wichtig ist, dass in allen Szenarien bis auf das Szenario Regulatorik die Bereitstellungskosten deutlich unter den Importkosten für blauen H₂ liegen. Abbildung 51 zeigt jedoch, dass die Berücksichtigung von Stromnebenkosten (Szenario Regulatorik) zu einem drastischen Anstieg der Erzeugungskosten auf 10,43 EUR/kg H₂ führt. Hinzu kommen die Kosten für die Distribution innerhalb

der Region von 2,36 (3,09) EUR/kg H₂ im Jahr 2030 (2025). Wesentlich sind hier die CAPEX und OPEX für Trailer und Container sowie das Tankstellennetz. Die Kostensenkung im Bereich der Distribution wird hier durch eine höhere Auslastung der Infrastruktur erreicht.

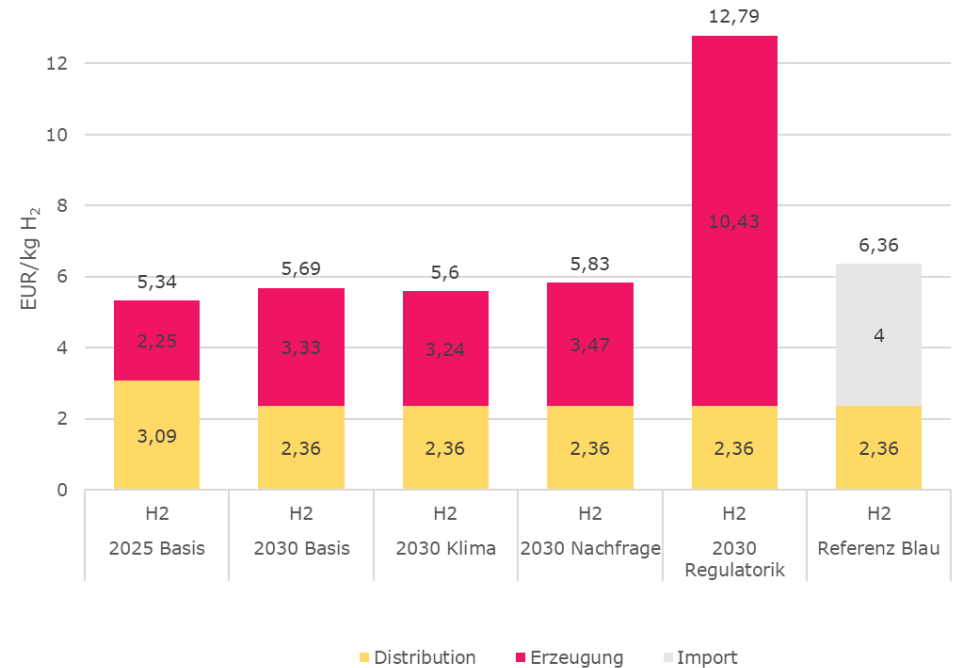


Abbildung 51: H₂-Bereitstellungskosten je Szenario gegenüber den Referenzkosten für den Import von blauem H₂

Um Kosten und Nutzen einander gegenüberzustellen, werden die CO₂-Vermeidungskosten, das heißt die Kosten, die bei der Umstellung von einem konventionellen Verbrenner auf ein BZ-Fahrzeug pro eingespartes kg CO₂ entstehen, berechnet. Diese Kosten werden dabei fahrzeugklassenspezifisch ausgegeben (vgl. Tabelle 6). Hierfür werden zunächst die Mehrkosten, die mit der Anschaffung und dem Betrieb der BZ-Fahrzeuge verbunden sind, erfasst. Kosten, die für den Aufbau

der H₂-Erzeugungs- und Verteilungsinfrastruktur anfallen, sind dabei in den Treibstoffkosten, sprich den H₂-Bereitstellungskosten an der Tankstelle enthalten. Um die Mehrkosten, die innerhalb der gesamten Fahrzeugnutzungsphase entstehen, ins Verhältnis zum erzielten Nutzen zu setzen, werden die Kosten auf die über die Lebensdauer eingesparten CO₂-Emissionen bezogen.

Die unter Einbezug dieser Kostenstruktur berechneten CO₂-Vermeidungskosten in EUR/kg CO₂ sind zu entnehmen. Im Vergleich der Fahrzeugklassen untereinander zeigt sich, dass die CO₂-Vermeidungskosten für PKW (1,09 EUR/kg CO₂ in 2025 und 0,64 EUR/kg CO₂ in 2030) am höchsten und die für LNF (0,23 EUR/kg CO₂ in 2025 und 0,17 EUR/kg CO₂ in 2030) sowie SNF (0,19 EUR/kg CO₂ in 2025 und 0,21 EUR/kg CO₂ in 2030) am geringsten ausfallen.

BZ-Fahrzeuge sind gegenüber konventionellen Verbrennern in der Anschaffung deutlich teurer. Dieser Preisunterschied sinkt allerdings mit der Zeit, so dass die CAPEX-Mehrkosten im Durchschnitt aller Fahrzeugklassen von 2025 auf 2030 um etwa 25 Prozent sinken. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Mehrkosten auch über das Jahr 2030 hinaus weiter verringern werden.

Die Betriebskosten sind dagegen trotz hohem Investitionsaufwand in Elektrolyseure, H₂-Tankstellen etc. zumindest für die Fahrzeugklassen PKW, Sprinter und LNF günstiger als für die Verbrenner-Referenz. Die angenommene Fahrleistung sowie der Kraftstoffverbrauch der einzelnen Fahrzeugklassen sind entscheidend dafür, wie stark die CAPEX-Kosten bzw. die Betriebskosten bei der Gesamtmehrkostenermittlung ins Gewicht fallen. Der Verbrauch von H₂ erhöht sich mit steigendem Gewicht des BZ-Fahrzeugs im Vergleich zur Referenz überproportional⁸². Daraus resultieren die unterschiedlichen Treibstoffmehrkosten in den Fahrzeugklassen.

	Nutzungs- dauer ^c	Mehrkosten CAPEX in EUR ^a		Mehrkosten Treibstoff ^b		CO ₂ - Vermeidungs- kosten	
		EUR		EUR		EUR/kg CO ₂	
	a	2025	2030	2025	2030	2025	2030
PKW	12	27.550	17.100	-3.219	-2.915	1,09	0,64
Sprinter	14	38.950	28.900	-9.702	-8.751	0,42	0,30
LNF	16	98.750	79.500	-41.801	-38.863	0,23	0,17
SNF	16	187.320	160.035	138.363	186.692	0,19	0,21
Busse	13	255.000	190.000	54.097	78.363	0,34	0,31

a Mehrkosten BZ-Fahrzeug ggü. FZ mit Verbrennungsmotor
b ohne Berücksichtigung von CO₂-Preisen für konventionelle Treibstoffe
c entspricht dem durchschnittlichen Alter gelöschter Fahrzeuge im Jahr 2006 in der KBA Statistik.

Tabelle 6: CO₂-Vermeidungskosten für die Szenarien Basis 2025 und 2030 je Fahrzeugklasse

⁸² Verbrauch von Cluster PKW nach Bus steigt für Diesel-FZ um den Faktor 6,5 und für BZ-FZ um Faktor 12,5.

Der Beitrag für die Region

Neben der Reduktion von Treibhausgasen bietet der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur weitere Nutzen für die Kompetenzregion:

Auf einen Blick

- Das Gesamtkonzept ermöglicht den Weiterbetrieb der Post-EEG-Anlagen und sichert damit die Erzeugung von 680 GWh erneuerbaren Stroms.
- Mit dem Aufbau der Elektrolysekapazität leistet die Kompetenzregion einen wichtigen Beitrag zum Erreichen der nationalen Wasserstoffziele.
- Mit der Wasserstoffmobilität können Lärm- und Feinstaubemissionen reduziert werden.

Eine Zukunft für Post-EEG-Anlagen

Eine der größten Herausforderungen für zukünftig aus der Förderung fallende EE-Anlagen ist die Frage nach wirtschaftlich attraktiven Weiterbetriebsmodellen (vgl. Was uns herausfordert – CLUSTER: Erzeugung). In diesem Kontext bietet das dargestellte Konzept eine finanziell interessante Zukunft für diese Anlagen und verhindert den vorzeitigen Rückbau der aus technischer Sicht noch betriebsfähigen Anlagen.

Durch die Integration des Stroms dieser Wind- und PV-Anlagen in das vorliegende Konzept kann im Jahr 2030 (2025) für insgesamt 160 GWh (111,9 GWh) erneuerbaren Strom eine weitere Nutzung geschaffen werden (vgl. Tabelle 7). Ein Anteil von 79 Prozent (28 Prozent) würde davon im Rahmen der Wasserstoffproduktion in den Elektrolyseuren der Region Einsatz finden und durch die Umwandlung in Wasserstoff effektiv konventionelle Kraftstoffe im Verkehrssektor substituieren. Der restliche Anteil wird in das allgemeine Stromnetz eingespeist werden.

Bis einschließlich 2030 können insgesamt 680 GWh erneuerbarer Strom „gerettet“ werden, der alternativ durch einen vorzeitigen Rückbau der Anlagen nicht produziert würde und entsprechend verloren ginge.

Post-EEG-Strom	Erzeugung 2025	Erzeugung 2030
Wind	104 GWh/a	74 GWh/a
Sonne	7,9 GWh/a	86 GWh/a
Total	111,9 GWh/a	160 GWh/a
- davon zur Elektrolyse	28 %	79 %

Tabelle 7: Post-EEG-Stromerzeugung in den Szenarien Basis 2025 und 2030

Regionale Wertschöpfung

Der entstehende Wasserstoffmarkt in der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf.Rhein.Wupper wird, insbesondere in der Wasserstoffherzeugung, zur regionalen Wertschöpfung beitragen und die in diesen Bereichen bereits tätigen lokalen Unternehmen stärken sowie neue Unternehmungen entstehen lassen und neue Arbeitsplätze schaffen.

Das Projekt wird darüber hinaus regionalen Unternehmen als Plattform dienen, um sich langfristig auch über die Grenzen der Kompetenzregion hinweg auf interessanten nationalen und globalen Märkten positionieren zu können.

Ein Beitrag zur nationalen Zielerreichung

Die Kompetenzregion leistet durch die Errichtung einer Elektrolysekapazität von 26,8 MW im Jahr 2030 einen entscheidenden Beitrag zur Erfüllung der erst kürzlich verkündeten Ziele der Nationalen Wasserstoffstrategie. Bis 2030 soll in Deutschland eine Elektrolyseleistung von 5 GW zur Erzeugung von grünem Wasserstoff bereitstehen – für die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf.Rhein.Wupper

bedeutet das einen insgesamt angestrebten Zubau in der Größenordnung von etwa 185 MW.⁸³

Mit der prognostizierten Elektrolysekapazität unseres Modells von 26,8 MW im Jahr 2030 leisten wir, trotz ausschließlicher Betrachtung des Mobilitätssektors, bereits einen Anteil von etwa 15 Prozent an dieser Zielvorgabe.

Reduktion von Lärm- und Feinstaubemissionen

In dicht besiedelten Regionen wie der Kompetenzregion ist vor allem der Straßenverkehr eine große Feinstaubquelle. Wenngleich der Feinstaub auch durch Bremsen- und Reifenabrieb sowie durch die Aufwirbelung des Staubes auf der Straßenoberfläche in die Luft gelangt, leistet die Umstellung von Verbrennungs- auf wasserstoffgespeiste Brennstoffzellenantriebe einen relevanten Anteil zur Reduktion der Feinstaubbelastung in den betrachteten Ballungszentren.

Neben den bekannten Klima- und Feinstaubdiskussionen rückt die Problematik der Lärmbelastung in Ballungsgebieten zudem oftmals in den Hintergrund. Dabei wird Lärm in Städten von Experten als eines der größten Umwelt- und Gesundheitsprobleme eingestuft. Auch hier kann die Umstellung auf die leiseren Brennstoffzellenantriebe einen effektiven Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität schaffen.

⁸³ Angenähert über den anteiligen Endenergieverbrauch der Region (Stand 2017).

WOHIN WIR WOLLEN

Im Rahmen des Wasserstoffkonzepts der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper wollen wir die sehr guten Potenziale der Region heben und für die hier lebenden Menschen einen spürbaren Mehrwert in den Bereichen Klimaschutz und wirtschaftliche Chancen generieren. Dabei liegen uns folgende Punkte besonders am Herzen:

- Wir wollen ein **Nukleus für eine bundesweite Wasserstoffwirtschaft** sein. Aufgrund der Charakteristik der Kompetenzregion können wir **Konzepte für die Schnittstellen** aus ländlichen und urbanen Gebieten entwickeln.
- Wir wollen die **attraktivste Region zur Demonstration** von Brennstoffzellenfahrzeugen in Deutschland werden und die **größte Flotte an Brennstoffzellenfahrzeugen in Deutschland** aufbauen. Dabei nehmen wir eine **Vorreiterrolle** für die unverzichtbare Etablierung regionaler Wasserstoff-Heimatmärkte ein.
- Wir wollen die Wertschöpfung in der Region durch **innovative Geschäftsmodelle** stärken. Dabei setzen wir als attraktiver Wirtschaftsstandort auf Zukunftstechnologien, ermutigen Marktteilnehmer, neue Geschäftsmodelle zu erschließen oder bestehende Geschäftsmodelle zu erweitern, und bieten der Zulieferindustrie von Verbrennungstechnologien **neue Perspektiven**.
- Wir wollen auch zukünftig einen intensiven **Dialog mit den Akteuren vor Ort** aufrechterhalten, um unsere Konzepte stetig bedarfsgerecht weiterzuentwickeln.
- Wir wollen als **Blaupause für andere Regionen** dienen. Hierbei können die Regionen auf unseren Ergebnissen aufsetzen und im Austausch mit der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper und dem H2.Enabler von Erfahrungswerten profitieren.
- Wir wollen durch **attraktive Nachnutzungskonzepte von Post-EEG-Anlagen** der Energiewende einen Schub verleihen und einen großen Schritt Richtung Sektorenkopplung gehen.
- Wir wollen über die Region hinauswachsen und **mit anderen Regionen und Projekten** (bspw. RH2INE, HyTrucks, 1stMover) **kooperieren** bzw.

die Möglichkeiten bieten, auf den Entwicklungen der Kompetenzregion aufzubauen und an diese anzuschließen. Dabei wollen wir insbesondere auch die Logistik auf der Straße, der Schiene und zu Wasser in enger räumlicher Nähe nutzen und etablieren.

- Wir wollen mit einem konsequent integrierten Konzept innerhalb der Region den Beweis erbringen, dass die Klimaschutzziele im Mobilitätsbereich **langfristig auch ohne Subventionen realisierbar** sind.

Zu diesem Zweck soll das entwickelte Feinkonzept mit der Kraft der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper realisiert werden. Hierzu wollen wir die Kompetenzregion in einer eigenen Organisationsstruktur festigen. Das Geschäftsmodell des H2.Enablers soll final ausgearbeitet und in den operativen Betrieb überführt werden. Perspektivisch sollen durch die Kompetenzregion Wasserstoff und den H2.Enabler neue Arbeitsplätze in der Region geschaffen, ein Modernisierungsschub erreicht und zusätzliche Wertschöpfung erzeugt werden.

Gemeinsam mit der H₂-Allianz: Die Erzeuger und der H₂-Allianz: Die Unternehmen des ÖPNV werden wir bis 2030 konkrete Strukturen schaffen, die als Grundstruktur für die gesamte Region dienen können. Dabei leisten wir einen Beitrag zur Zielerreichung im Rahmen der nationalen Wasserstoffstrategie.

Die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper hat sich daher folgende Ziele gesetzt:

1. Installation von **mindestens 6 MW Elektrolyseleistung bis 2030** an verschiedenen Standorten, die in einem Verbundsystem operieren
2. Entwicklung eines kostenoptimierten **Verteilungskonzepts**
3. Anschaffung und Betrieb von **mindestens 140 Brennstoffzellenbussen** bis 2030
4. Anschaffung und Betrieb von **3 bis 7 Sonderfahrzeugen** (sobald Verteilungs- und Tankinfrastrukturen aufgebaut werden, auch mehr)
5. Anschaffung und Betrieb von bis zu **200 LKW** in Kooperation mit HyTruck bis 2025

Die Beschaffungsinitiativen werden weitergeführt und die Beschaffung neuer Fahrzeuge gemeinsam vorbereitet. Durch kommunikative Maßnahmen sollen gezielt weitere Partner in die Kompetenzregion eingebunden werden, damit nach und nach ein funktionierender regionaler Wasserstoffmarkt entsteht. Die Instrumente und Netzwerke des Landes werden weiter genutzt und unterstützt.

WAS JETZT NOCH FEHLT

Wie im Verlauf des Feinkonzeptes wiederholt beschrieben, werden mit dem Aufbau und Betrieb einer regionalen Wasserstoffwirtschaft zwei wesentliche Ziele verfolgt: Klimaschutz und Stärkung der regionalen Wirtschaft.

Damit Zweiteres erreicht wird, ist es der Anspruch der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf.Rhein.Wupper, dass die entwickelten Strukturen und Konzepte langfristig wirtschaftlich tragfähig sind – ohne auf Subventionen angewiesen zu sein. Für die Phasen Marktvorbereitung und -markthochlauf ist kurz- und mittelfristig jedoch damit zu rechnen, dass dies nicht ohne Förderungen realisierbar ist.

Die Kompetenzregion schlägt folgende kurzfristige Fördermaßnahmen vor:

- Die **Reduzierung von Abgaben und Umlagen** auf den Strom aus Post-EEG-Anlagen bei Netzdurchleitung, der im Rahmen eines **H2-Regionalnachweises** für die Wasserstoffproduktion in der Region genutzt wird. Dies gibt dem H2.Enabler, aber auch weiteren Akteuren ein Instrument an die Hand, mit dem sie attraktive Angebote für Post-EEG-Anlagenbetreiber entwickeln können.
- **Förderungen der Investitionskosten** für Elektrolyseure und Brennstoffzellenfahrzeuge, H₂-Tankstellen sowie Transporttechnologien, um einen schnellen Markthochlauf zu gewährleisten und die First-Mover-Position der Kompetenzregion beizubehalten bzw. auszubauen.
- **Förderungen, um den Aufbau und Initialbetrieb des H2.Enablers zu unterstützen.** Hierunter fallen beispielsweise Personalkosten oder Kosten für die Entwicklung des notwendigen Optimierungstools.

Die KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düsseldorf.Rhein.Wupper wird sich gemeinsam mit den assoziierten Partnern um entsprechende Förderungen bemühen und hofft auf eine Unterstützung des Landes NRW.



GLOSSAR

WORT	ERLÄUTERUNG
BZ	Brennstoffzelle (Zelle zur Umwandlung eines Brennstoffes [hier Wasserstoff] und eines Oxidationsmittels [Sauerstoff, hier oftmals aus der Luft] in elektrischen Strom)
blauer H ₂	H ₂ der auch aus fossilen Energieträgern gewonnen wird und die CO ₂ -Emissionen gespeichert oder weiterverwertet werden.
CNG	Compressed Natural Gas (komprimiertes Erdgas)
CO ₂	Chemische Formel für Kohlenstoffdioxid
CVD	Clean Vehicles Directive
DIN-Norm	Deutsche Industrienorm
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEG-Umlage	Instrument zur Finanzierung des Ausbaus erneuerbarer Energien, finanziert über einen Anteil der Strombezugskosten für Stromverbraucher
grüner H ₂	H ₂ der ausschließlich aus erneuerbaren Energien gewonnen wird.
H ₂	Chemische Formel von molekularem Wasserstoff
HRS	Hydrogen Refueling Station („Wasserstofftankstelle“)
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
kW /MW	Kilowatt / Megawatt (Maßeinheit für Leistung)
KWDRW	Kompetenzregion Wasserstoff Düssel.Rhein.Wupper
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 t, 7,5 t, 14 t)
LNG	Liquified Natural Gas (verflüssigtes Erdgas)
MHKW	Müllheizkraftwerk
ASF	Abfallsammelfahrzeug
OEM	Original Equipment Manufacturer (Erstausrüster / Originalausrüstungshersteller) ist ein Hersteller von Komponenten oder Produkten, der diese nicht selbst in den Einzelhandel bringt (in der Automobilindustrie synonym für Fahrzeughersteller verwendet)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PKW	Personenkraftwagen
Plug-in-Hybride	Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb, dessen Akkumulator sowohl über den Verbrennungsmotor als auch am Stromnetz geladen werden kann.
PV	Photovoltaik
RED	Renewable Energy Directive (Erneuerbare-Energie-Richtlinie der europäischen Erneuerbare-Energien-Politik)
SNF	Schweres Nutzfahrzeug (> 14 t, > 40 t)
THG	Treibhausgas (Gase, die zum Treibhauseffekt [Temperaturerhöhung der Erdoberfläche] beitragen)
TtW	Tank-to-Wheel („vom Kraftstofftank bis zum Rad“) betrachtet die Wirkkette von aufgenommener Energie bis zur Umwandlung in kinetische Energie bei Kraftfahrzeugen
WtW	Well-to-Wheel („vom Bohrloch bis zum Rad“) betrachtet die gesamte Wirkkette von der Bereitstellung der Antriebsenergie bis zur Umwandlung in kinetische Energie bei Kraftfahrzeugen



KOMPETENZREGION
WASSERSTOFF
Düssel.Rhein.Wupper

ANHANG

Kommunikation

Während der Projektlaufzeit sind bereits erste Kommunikationsmittel entstanden.

Infoposter und Flyer

HIER. HEUTE. H2.
KOMPETENZREGION WASSERSTOFF
Düssel.Rhein.Wupper

AUF DEM WEG MIT WASSERSTOFF

Wasserstoff bringt aktiven Klimaschutz und Wertschöpfung zusammen. Überall werden deshalb Wasserstoff-Komponenten und aufgebaut, von der Erzeugung bis zur Verteilung bis zu Bau- und Betriebsmaßnahmen. Denn auf der Schiene und auf Wasserwegen Wasserstoff die bahnräum-elektrische und bringt die verkehrswende voran.

www.kompetenzregion-wasserstoff.de

DIE KOMPETENZREGION WASSERSTOFF

Wasserstoff kann erneuerbare Energie aufnehmen, speichern und erneuerbar nutzbar machen. Das macht ihn zu einem idealen Energieträger für eine klimafreundliche Mobilität. Die diese Technologie gemeinsam einsetzen, haben die Kommunen Duisburg, Wuppertal, Düsseldorf und der Rhein-Ruhr-Region gemeinsam mit der Stadtwerke Düsseldorf, der Stadtwerke Wuppertal und Air Liquide die Kompetenzregion Wasserstoff - Düssel, Rhein, Wupper ins Leben gerufen.

Die Region verbindet bereits bereits zahlreiche Kompetenzen einer kommenden Wasserstoff-Mobilität. Diese zu bündeln, zu vernetzen und auch mit neuen Partnern und Know-how-Lieferanten weiter auszubauen, ist die Idee der Kompetenzregion.

Es geht darum, die verschiedenen Technologien im Zusammenspiel zu erproben, Distributionen zu entwickeln, voranzutreiben zu lernen und Schritt für Schritt ein funktionierendes und wirtschaftliches Wasserstoff-Ökosystem aufzubauen. So werden wir aktiven Klimaschutz und Wertschöpfung in unserer Region verbinden.

Die Kompetenzregion ist ein Beitrag zum Wettbewerb „Mitteldeutscher regional Wasserstoffcluster 2019“, der das Mitteldeutsche für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes NRW 2019 gewonnen hat. Mit der Entwicklung der Fachkonzeption wurde ein Konsortium unter der Führung von Beaker Rührer Hell Consulting beauftragt. Weitere Auftraggeber sind das Zentrum für Brennstoffzellentechnik, die Agentur mobility center der Zentrum für Logistik und Verkehr der Universität Duisburg-Essen.

HIER. HEUTE. H2.
KOMPETENZREGION WASSERSTOFF
Düssel.Rhein.Wupper

PARTNER GESUCHT

Die Kompetenzregion Wasserstoff wird getragen durch die Initiative zahlreicher Partner. Gemeinsam arbeiten wir derzeit an der Fachkonzeption und suchen dafür auch weitere assoziierte Partner mit Projekten und Ideen in der Region.

WIR FREUEN UNS ÜBER IHRE KONTAKTAUFNAHME

Dt. Hanno Bubeck
Beaker Rührer Hell Consulting
hanno.bubeck@hell-berating.de

www.kompetenzregion-wasserstoff.de/nw

KOMPETENZREGION WASSERSTOFF
Düssel.Rhein.Wupper

Website kompetenzregion-wasserstoff-drw.de

HIER. HEUTE. H2.
KOMPETENZREGION WASSERSTOFF
Düssel.Rhein.Wupper

DIE KOMPETENZREGION WASSERSTOFF

Wasserstoff kann erneuerbare Energie aufnehmen, speichern und erneuerbar nutzbar machen. Das macht ihn zu einem idealen Energieträger für eine klimafreundliche Mobilität. Die diese Technologie gemeinsam einsetzen, haben die Kommunen Duisburg, Wuppertal, Düsseldorf und der Rhein-Ruhr-Region gemeinsam mit der Stadtwerke Düsseldorf, der Stadtwerke Wuppertal und Air Liquide die Kompetenzregion Wasserstoff - Düssel, Rhein, Wupper ins Leben gerufen.

10-FAHRTLÖSE: VIRTUELLE ARBEITSGRUPPEN ZUR BEWÄHRUNG

Machen Sie mit bei der Abstimmung der Fachkonzeption, bei der gemeinsamen Schaffung von Ideen und dem Durch der Kompetenzregion viele Möglichkeiten in regards der regionalen Verfügbarkeit und der tatsächlichen Realisierbarkeit ergründet. Ein Workshop-Format, bei dem die Kompetenzen der Kompetenzregion Wasserstoff-Düssel, Rhein, Wupper weiter ausgebaut werden, indem wir sie in virtuelle Arbeitsgruppen einbinden.

AKTUELLES

WIR FREUEN UNS ÜBER IHRE KONTAKTAUFNAHME

Die Kompetenzregion Wasserstoff wird getragen durch die Initiative zahlreicher Partner. Gemeinsam arbeiten wir derzeit an der Fachkonzeption und suchen dafür auch weitere assoziierte Partner mit Projekten und Ideen in der Region.

WIR FREUEN UNS ÜBER IHRE KONTAKTAUFNAHME

Dt. Hanno Bubeck
Beaker Rührer Hell Consulting
hanno.bubeck@hell-berating.de

www.kompetenzregion-wasserstoff.de/nw

KOMPETENZREGION WASSERSTOFF
Düssel.Rhein.Wupper

Mögliche zukünftige Kommunikationsmaßnahmen und -mittel

Zielgruppe 1: Unternehmen, Verbände und Organisationen aus der Region

Zielgruppe 2: Energiewirtschaft

Zielgruppe 3: Wasserstoff-Fachwelt, Initiativen, Netzwerke

Zielgruppe 4: Politik und Verwaltung

Zielgruppe 5: Interessierte Öffentlichkeit

Pressearbeit

Zielgruppen: 1, 2, 3, 4, 5

Die Pressearbeit richtet sich einerseits – mit der Zielgruppe breiter Bevölkerung sowie Politik – an lokale und überregionale Publikumsmedien in Print, Hörfunk und TV. Zusätzlich richtet sich die Pressearbeit an Fachmedien und entsprechende Journalist*innen aus dem Bereich Mobilität, Logistik, GreenTec und ähnliche.

Die Pressearbeit wird zu Beginn der Umsetzungsphase primär durch die Initiatoren gestaltet und durchgeführt. Je nach Anlass kann dies gemeinsam oder auch durch einen oder mehrere der Initiatoren erfolgen.

Individuelle Pressearbeit der Initiatoren

Die Initiatoren sind jeweils mit einer eigenen Pressearbeit aktiv, die explizit (auch) die Themen Nachhaltigkeit, umweltfreundliche Mobilität, Wasserstofftechnologie etc. fokussiert. Wenn der jeweilige Anlass es erlaubt bzw. nahelegt, soll die Kompetenzregion als Thema bzw. Referenzrahmen auch bei diesen Aktivitäten aufgegriffen werden. Synergien

Pressearbeit der Geschäftsstelle

Zu einem späteren Zeitpunkt ist auch eine eigenständige Pressearbeit der Geschäftsstelle sinnvoll.

Projektbezogene Pressearbeit

Assoziierte Partner der Kompetenzregion sollen dabei unterstützt werden, zu ihren jeweiligen Projekten eigene Kommunikationsmaßnahmen durchzuführen. Bei der Pressearbeit geschieht dies durch vorproduzierte Materialien, Texte bzw. Textbausteine, Bilder und Grafiken. Auch die Unterstützung durch Vermittlung von Pressekontakten kann sinnvoll sein.

Veranstaltungen

Teilnahme an Netzwerken, Gremien und Ausschüssen

Zielgruppen: 1, 2, 4

Die Initiatoren präsentieren und vertreten das Konzept der Kompetenzregion in den maßgeblichen Netzwerken, Gremien und Ausschüssen der Region. (u.q. *Netzwerk Brennstoffzelle, Wasserstoff & Elektromobilität der EnergieAgentur.NRW, H2-Netzwerk-Ruhr, GreenTecRuhr, Ausbildungsgremien (z.B. Berufsbildungsausschuss der IHK), Mobilitätspartnerschaft Düsseldorf*)

Sie bieten Gremien und Zusammenschlüssen an, ihre Aktivitäten zu erläutern und zu diskutieren. (z. B. *Verkehrsausschüsse der Parteien im politischen Mehrebenen System, Metropolregion Rheinland, Zukunftsagentur Rheinisches Revier, KlimaDiskurs.NRW, In4Climate*)

Fachveranstaltungen

Zielgruppen: 1, 2, 3

Die Initiatoren vertreten das Anliegen und die Konzepte der Kompetenzregion auf verschiedenen Fachveranstaltungen zu den Themen Energiewirtschaft, Verkehrswesen, Wasserstofftechnologie. Vorrangiges Ziel ist es, neue Partner und Unterstützer für Wasserstoff und die Kompetenzregion zu begeistern.

Formate zum kontinuierlichen Austausch innerhalb der neu begründeten Erzeuger/Beschaffungsnetzwerke

Zielgruppen: 1, 2

Die Geschäftsstelle der Kompetenzregion führt regelmäßig verschiedene Austauschformate durch, um die initiierten Kooperationen – insbesondere die „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ und die Beschaffungsmassnahmen – weiterzuentwickeln und neue Ansätze und Ideen zu befördern. (z. B. *Workshops, Ideenwerkstätten, Thementische, webbasierte Formate*)

Kommunikationsmedien

Basismedien (allgemeine Informationen)

Zielgruppen: 1, 2, 3, 4, 5

Auf Grundlage der bereits entwickelten Medien sollen weitere Basismedien entwickelt werden, die die Kompetenzregion grundsätzlich vorstellen. (u.a. Flyer, Kurzbroschüre, Kurzpräsentation (PPT) Schwerpunkt Akquise, Kurzpräsentation Schwerpunkt Ausbildung, Infografiken-Set zur wirksamen Vermittlung der wesentlichen Kernaussagen zur Kompetenzregion)

Basiswebsite

Zielgruppen: 1, 2, 3, 4, 5

Die Basiswebsite dient der ersten Information in der Gründungsphase (s. u.) und wird im Wesentlichen durch redaktionelle Ergänzungen des vorhandenen Webauftritts realisiert. Die Basiswebsite wird später durch ein umfassendes Webangebot ersetzt.

Umfassendes Webangebot

Zielgruppen: 1, 2, 3, 4, 5

Eine umfassende Website soll das Angebot und die zentralen Anliegen der Kompetenzregion ausführlich darstellen und als erste Anlaufstelle für Interessierte bereits ausführliche Informationen bereitstellen. Im Folgenden sind die notwendigen Bereiche der Website kurz dargestellt.

- **Die Kompetenzregion:** In diesem Bereich werden die Anliegen und Ziele der Kompetenzregion vorgestellt.
- **Servicebereich:** Der Servicebereich betrachtet potenzielle Partner der Kompetenzregion als „Kunden“ und präsentiert entsprechend aufbereitet die Angebote, die mit einem Beitritt verbunden sind. Dazu gehören eine unverbindliche Beratung, Informationen über die Möglichkeiten, Wasserstoff zu beziehen, gemeinsame Beschaffungen abzustimmen usw. Außerdem sollen Verweise auf externe Angebote, etwa zur Förderberatung, integriert werden.
- **Projektdatenbank:** Die Projektdatenbank stellt einen Steckbrief für jedes Projekt in der Kompetenzregion zur Verfügung. Die Steckbriefe sind mit Bildern,

Videos, Downloads etc. attraktiv und informativ ausgestaltet. Dabei sind zusammengehörige Projekte aus den Bereichen Erzeugung, Bereitstellung, Anwendung miteinander verknüpft, so dass die bestehenden Projektnetzwerke in der Kompetenzregion nachverfolgt und studiert werden können.

- **Projektkarte:** Die Karte visualisiert alle Projekte der Kompetenzregion in einer interaktiven geografischen Darstellung. Jedes Projekt ist mit weiteren Informationen in der Projektdatenbank hinterlegt.
- **FAQ/Informationen:** Woher bekomme ich grünen Wasserstoff? Wieso und für welche Anwendungen eignet sich Wasserstoff als klimafreundlicher Energieträger? Welche Fahrzeuge gibt es? Technische und betriebswirtschaftliche Beratung? Rechnet sich das für mich? Ein FAQ-Bereich beantwortet wesentliche Fragen rund um das Thema Wasserstoffmobilität in der Region.
- **Presse:** Ein Pressebereich stellt Materialien und Service zur Kompetenzregion bereit: Fotos und Infografiken, grundlegende Presseinformationen sowie die Vermittlung von Expert*innen und Interviewpartner*innen für Fachfragen aus dem Themenbereich.
- **Initiatoren und Partner:** Alle Akteure der Kompetenzregion haben die Möglichkeit, sich in diesem Bereich mit einem kurzen Profil und weiterführenden Informationen darzustellen.

Social Media

Zielgruppen: 1, 2, 3, 4, 5

Die Kompetenzregion kommuniziert perspektivisch auch in sozialen Netzwerken. Dafür sollen Schritt für Schritt entsprechende Kanäle mit jeweils unterschiedlicher Zielstellung aufgebaut und regelmäßig bespielt werden.

- **Twitter-Kanal zur Teilnahme am fachlichen und politischen Diskurs:** Das Medium Twitter zieht seine Bedeutung aus der Möglichkeit, sich unmittelbar in politische und fachliche Diskurse einzubringen und dadurch auch das eigene Profil zu schärfen. Dabei ist Twitter als Kanal eher auf Personen konzentriert, die ihre Meinungen und Standpunkte vertreten. Es ist also ratsam, einen gemeinsamen Twitter-Kanal für eine oder mehrere Personen einzurichten, die die Kompetenzregion fachlich und persönlich vertreten können und damit zu „Gesichtern“ der Kompetenzregion aufgebaut werden.

- **XING-Profil:** Das Karrierenetzwerk XING soll als Social-Media-Kanal genutzt werden, um gezielt die Kommunikation Richtung Fachkräfte und Ausbildungsbetriebe aufzubauen.

Facebook/YouTube-Kanäle: Auf Facebook und/oder YouTube soll eine attraktive Projektdarstellung aufgebaut werden. Sie dient als Showroom der „Early Mover“, die in der Kompetenzregion neue Lösungen und innovative Projektideen umgesetzt haben. Via Social Media werden diese in Bild und Ton erfahrbar.

Akquisemedien

Akquisemedien dienen der gezielten Ansprache von weiteren Partnern, um das Netzwerk der KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel. Rhein. Wupper weiter zu vergrößern und zu verdichten. Die im Folgenden dargestellten Medien sind als Grundausstattung angelegt.

Zielgruppen: 1, 2

Akquise-Flyer: Erzeuger

Der Erzeuger-Flyer erläutert die Möglichkeiten zur Einbindung von Post-EEG-Anlagen und weiteren Erzeugerpfaden in die „H₂-Allianz: Die Erzeuger“ der Kompetenzregion. Dabei werden die möglichen Synergien herausgestellt sowie auf gegebene Fördermöglichkeiten, Erfahrungen und Best Practice aus der Kompetenzregion hingewiesen.

Akquise-Flyer: Anwender

Analog richtet sich der Anwender-Flyer an Unternehmen, die sich für unterschiedliche Mobilitätsanwendungen im Bereich Wasserstoff interessieren. Der Schwerpunkt liegt auf Nutz- und Sonderfahrzeugen. Auch in diesem Kontext wird auf Best Practice und gegebene Fördermöglichkeiten bzw. entsprechende Beratungsangebote hingewiesen.

Ausbildungsflyer / Kurzbroschüre

Der Ausbildungsflyer wird zu einem späteren Zeitpunkt relevant, wenn es darum geht, im Rahmen des Ausbildungsclusters geeignete Partnerbetriebe zu gewinnen, die ihre Ausbildungswege um die Komponente Wasserstofftechnologie erweitern wollen.

Kurzbroschüre „Perspektiven“

Wenn erste Erfahrungen aus dem längeren Betrieb der verschiedenen Projekte in der Kompetenzregion vorliegen, soll eine Kurzbroschüre die verschiedenen Projekte mit besonderem Vorbildcharakter zusammenbringen. Dabei sollen neben einer attraktiven Darstellung der Projekte selbst insbesondere die durch Kooperation entstandenen Synergien und eine Auswertung der Wirtschaftlichkeit im Vordergrund stehen.

Unternehmensleitfaden: „Der Weg zur Wasserstoffmobilität“

Der Leitfaden richtet sich insbesondere an KMU, die das Thema Wasserstoffmobilität erkannt haben, denen jedoch oft die Kapazitäten fehlen, sich ganz allein mit den diversen Schritten und Hürden auf dem Weg zu einer erfolgreichen Projektumsetzung auseinanderzusetzen. Die Broschüre soll dazu konkrete Handlungsanweisungen, Checklisten, Hinweise, Best-Practice-Beispiele und Möglichkeiten zur weiterführenden Beratung in der Kompetenzregion Wasserstoff darstellen.



KOMPETENZREGION
WASSERSTOFF
Düssel.Rhein.Wupper

Schauen Sie auch unseren Film unter:
www.hier-heute-h2.de

