

Ergebnisse und Handlungsempfehlungen



- › Unsere Roadmap weist den Weg für den Aufbau einer nachhaltigen Wasserstoffregion im Rheinland. Sie enthält ein breites Spektrum an Maßnahmen und Ideen regionaler Akteure für die Zeithorizonte 2023, 2030 und 2035. Anhand von Meilensteinen werden zukunftsweisende Schritte gekennzeichnet.
- › Wir nutzen regionale Potenziale zur Schaffung einer diversifizierten Erzeugungsstruktur. Der Aufbau der Wasserstoffregion startet mit der Nutzung von Nebenproduktwasserstoff und der Erzeugung von Wasserstoff per Netzstrom. Die zahlreichen Maßnahmen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff sind zu prüfen, erste Anlagen könnten ab ca. 2022 in Betrieb gehen. Die Nutzung der Biomassevergasung ergänzt mittel- bis langfristig die regionale Erzeugungsstruktur. Ab etwa 2035 soll der Nebenproduktwasserstoff durch regional erzeugten oder importierten grünen Wasserstoff ersetzt werden.
- › Bei der Errichtung der Wasserstoffinfrastruktur schreitet der Ausbau privater und öffentlicher Tankstellen voran. Ein zentraler Meilenstein der regionalen Wasserstoffverteilung liegt in der Errichtung einer Wasserstoffpipeline. Über sie können große Mengen an Wasserstoff für die Sektoren Industrie, Strom und Wärme bereitgestellt werden. Die Pipeline sollte überdies in ein nationales und internationales Wasserstoffnetz eingebunden werden, um langfristig grünen Wasserstoff importieren zu können. Entlang der Pipeline werden dezentrale H₂-Hubs errichtet. Sie dienen als Schnittstellen für Einspeisung und Entnahme von Wasserstoff und realisieren einen diskriminierungsfreien Handel mit einem flexiblen und transparenten Wasserstoffpreis.
- › Der Hochlauf von Brennstoffzellenfahrzeugen in der Region beginnt schon heute mit Bussen, PKW, kommunalen Fahrzeugen und Flurförderfahrzeugen. Später folgt die Einführung von LKW, Zügen, Schiffen. Zur Kopplung der Sektoren werden langfristig auch Brennstoffzellensysteme für die Strom- und Wärmeversorgung eingesetzt.
- › Ein breites Netzwerk aus Partnern unseres Zusammenschlusses – v. a. Hochschulen und Forschungsinstitute – setzt sich für die Bündelung und den Transfer von Wissen ein. Die Themenfelder Wasserstoff und Brennstoffzelle werden sowohl in der regionalen Forschung als auch in der Lehre eingebracht und vertieft. Nicht zuletzt wird die Umsetzung der Roadmap durch eine umfassende Begleit- und Akzeptanzforschung gestützt.



5. Kosten-Nutzen: Wirtschaftlichkeit und Mehrwerte unserer Maßnahmen

Für die erfolgreiche Umsetzung von Wasserstoffprojekten sind sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch die Auswirkungen auf den Klimaschutz wichtige Bewertungskriterien. Daher werden für die im Rahmen des Feinkonzepts identifizierten Maßnahmen die Kosten und CO₂-Einsparungen ermittelt und quantitativ dargestellt. Es konnten hierfür alle Maßnahmen berücksichtigt werden, für die zum Zeitpunkt der Erstellung des Feinkonzepts aussagekräftige technische Daten zur Verfügung standen.

5.1. Kostenrechnung vorhandener Maßnahmen

Aufbauend auf einer detaillierten Analyse der vorhandenen Maßnahmen werden in diesem Abschnitt Richtgrößen für die Kosten genannt. Voraussetzung für die Kostenrechnung ist eine ausreichende Datengrundlage. Bei konkreten Projekten in der Realisierungsphase konnte teilweise auf reale Kosten zurückgegriffen werden.

Um die Vergleichbarkeit der Berechnungen im Rahmen des Wettbewerbs „Modellkommune/-region Wasserstoff-Mobilität NRW“ mit denen anderer Modellregionen zu gewährleisten, wurden spezifische Kenndaten und Richtgrößen für die gängigen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien abgestimmt. An dieser Stelle ist zu betonen, dass die zugrunde gelegten Daten eine erste grobe Einordnung hinsichtlich des notwendigen finanziellen Aufwands und der ökologischen Mehrwerte ermöglicht. Sie ersetzen keine detaillierte Machbarkeitsstudie, auch können die realen Werte unter Umständen deutlich von den angenommenen Richtgrößen abweichen. Im folgenden Kapitel wird eine Übersicht über die ermittelten Kosten gegeben.

Wasserstofferzeugung

In Abbildung 5-1 werden die Kosten pro produziertem kg Wasserstoff über die eingesparten CO₂-Emissionen für Maßnahmen in unserer Region aufgetragen. Sowohl die Kosten als auch die CO₂-Emissionen sind maßgeblich von dem verwendeten Primärenergieträger für die Wasserstoffherstellung abhängig.

Abbildung 5-1 zeigt, dass die Kosten von Wasserstoff aus Reformierung zwar gering, aber durch hohe spezifische CO₂-Emissionen charakterisiert sind. Aufgetragen sind die direkten Emissionen, die bei der Erzeugung des Wasserstoffs anfallen. Emissionen, die bei der Anlagenherstellung und -bau anfallen, sind in Abbildung 5-1 nicht berücksichtigt. Grüner Wasserstoff, der per Elektrolyse mit Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt wird, weist geringere CO₂-Emissionen auf, zeichnet sich hingegen durch höhere Kosten aus. Insbesondere bei der Erzeugung von grünem Wasserstoff per Elektrolyse beeinflussen lokale Rahmenbedingungen (Sonneneinstrahlung und Windaufkommen) die Wirtschaftlichkeit der Wasserstoffproduktion. In unserer Region werden geringere Sonneneinstrahlungen verzeichnet als im Süden Deutschlands, des Weiteren werden im Norden Deutschlands höhere Volllaststunden für Windenergieanlagen erreicht. Dies führt dazu, dass importierter Wasserstoff gegebenenfalls günstiger sein kann als regional erzeugter Wasserstoff. Nebenproduktwasserstoff, der in unserer Region in Anbetracht der hier ansässigen Industrie in hohem Maße verfügbar ist, weist mit ca. 4 €/kg und spezifischen Emissionen von etwa 5,4 kg CO₂/kg H₂ geringere Kosten als grüner Wasserstoff in der Region auf.

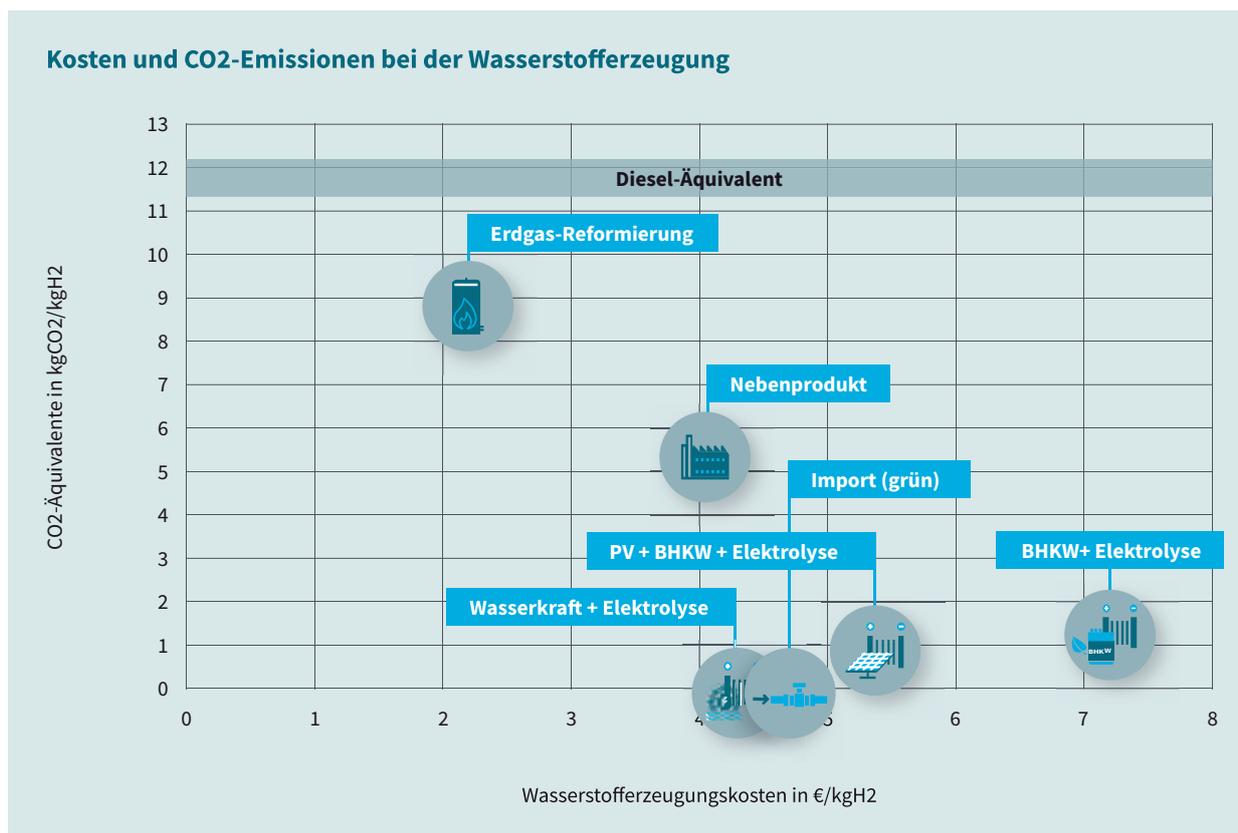


Abbildung 5-1 CO₂-Emissionen und Gestehungskosten verschiedener Quellen zur Wasserstoffherzeugung gemäß den Daten geplanter Maßnahmen

Wie in Kapitel 4.1.1 beschrieben, existieren viele Projektideen zur Erzeugung von Wasserstoff per Elektrolyse mit Strom aus erneuerbaren Energien. In Kapitel 2.2 werden die Potenziale für grünen Wasserstoff aus erneuerbaren Energien für unsere Region, die auf der Erzeugung durch Post-EEG-Anlagen basieren, ausgewiesen. Allerdings ist das Potenzial zur Erzeugung durch Post-EEG-Anlagen begrenzt.

Weiterhin zeigt Abbildung 5-1, dass der Import von grünem Wasserstoff gegebenenfalls kostengünstiger sein kann als Wasserstoff, der regional erzeugt wird. Um dennoch eine regionale Wertschöpfung bei der Wasserstoffproduktion in der H2R-Region generieren zu können, ist es erforderlich, Lösungen zur Nutzung von erneuerbaren Energien zu erarbeiten. Für die Erzeugung von kostengünstigem Wasserstoff per Elektrolyse sind geringe Stromgestehungskosten erforderlich. Hierfür ist u. a. eine Anpassung der regulatorischen Rahmenbedingungen notwendig.

Die Wasserstoffgestehungskosten der Erzeugungsmaßnahmen bewegen sich inklusive anfallender Wartungs- und Betriebskosten der Elektrolyseanlagen sowie unter Berücksichtigung des angenommenen Zinssatzes von 8 % zwischen 4 €/kg H₂ und 8,82 €/kg H₂. Ein pauschaler Wert für die Speicherung von Wasserstoff am Erzeugungsstandort ist in den Kosten mit inbegriffen. Die gesamte Wasserstoffproduktion durch die berechneten Erzeugungsmaßnahmen liegt bei ca. 7.800 kg/d.

Nebenproduktwasserstoff stellt für unsere Region eine sinnvolle Brückentechnologie dar, da er verhältnismäßig kostengünstig ist und zugleich geringere CO₂-Emissionen verursacht als Wasserstoff, der per Reformierung hergestellt wird. Initial werden zum Heben der Potenziale in der Region die vorhandenen Nebenproduktwasserstoffquellen verwendet. Nebenproduktwasserstoff ist in großen Mengen verfügbar und stellt die kostengünstigste Alternative der betrachteten Wasserstoffquellen dar. Wie im Technologiekonzept beschrieben, werden die Nebenproduktwasserstoffquellen sukzessive durch grünen Wasserstoff substituiert.

Wasserstoffverteilung

Um die Substitution des Nebenproduktwasserstoffs effizient in Angriff zu nehmen, ist der Import von grünem Wasserstoff über eine Pipeline erforderlich. Die Kosten für die Pipeline sind in der vereinfachten Kostenrechnung maßgeblich von der Länge der Pipeline abhängig. Die angestrebte Pipeline mit dem in Abbildung 4-5 fiktiv dargestellten Verlauf hat eine Länge von ca. 100 km. Aktuell wird geschätzt, dass mindestens 50 % der bestehenden Leitungen umgestellt werden können. Diese Annahmen ergeben sich aus Gesprächen mit regionalen Pipelinebetreibern (siehe LOI C.3.2 von Evonik). Die Umstellung einer bestehenden Pipeline auf Wasserstoff ermöglicht eine Reduktion der Kosten um ca. 55 % gegenüber dem Neubau einer Pipeline [38]. Die zugrunde gelegten Annahmen für die Kosten sind auf einen Pipelinedurchmesser von 400 mm bezogen. Die Investitionskosten für die Pipeline betragen unter Berücksichtigung des getroffenen Umstellungspotenzials ca. 62 Mio. €.

Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Pipeline hat zudem die Ausführung der Pipeline als reguliertes bzw. unreguliertes Geschäft. Diese Rahmenbedingungen sollen in einer Machbarkeitsstudie zum Thema HyPipCo weitergehend untersucht werden. In den vorliegenden Berechnungen wird ein Standardzinssatz zugrunde gelegt.

Der Vorteil eines Pipelinesystems gegenüber dem Transport per Trailer besteht darin, dass dieses Netzwerk alle Komponenten von der Erzeugung bis zum Verbrauch des Wasserstoffs verbindet. So ist eine kontinuierliche Versorgung über die Pipeline garantiert, ohne dass die Betreiber auf Lieferungen per Truck angewiesen wären. Zusätzlicher Aufwand, wie z. B. der Einsatz von Fahrern, entfällt. Auch wird die Abhängigkeit von öffentlichen Straßen aufgelöst, die ihrerseits nicht zusätzlich durch den H₂-Transport belastet werden. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der Speicherfähigkeit des Pipelinesystems. Bis zu einem gewissen Grad kann das Volumen des Rohrleitungssystems genutzt werden, um Wasserstoff zwischenspeichern oder plötzliche Lastspitzen/Lastabfälle auszugleichen.

Die Maßnahmen beinhalten weiterhin die Kosten für drei Tankstellen der RVK und eine Tankstelle, die potenziell für Flurförderfahrzeuge an der Koelnmesse errichtet werden könnte. Die Tankstellen der RVK in Wermelskirchen und Meckenheim sind für die Versorgung von 20 Brennstoffzellenbussen ausgelegt. Dies entspricht ca. einer Abnahme von 0,3 t/d. Wegen der hohen Investitionskosten für Tankstellen liegen die spezifischen Kosten in der Größenordnung von 5 €/kg H₂.

Wasserstoffnutzung

In der Roadmap werden verschiedenste Maßnahmen für die Nutzung von Wasserstoff im Verkehrssektor beschrieben. Die Investitionskosten werden für Maßnahmen ermittelt, die sich in einer konkreteren Planungsphase oder schon in der Umsetzungsphase befinden. Die berechneten Maßnahmen umfassen die in der Potenzialanalyse bereits betrachteten Fahrzeugkategorien. Zusätzlich zu den in der Potenzialanalyse betrachteten Fahrzeugtypen werden zwei Brennstoffzellen-BHKW berechnet. Die Investitionskosten variieren in Abhängigkeit von Fahrzeugtyp und Fahrzeuganzahl. Die zugrunde gelegten Kosten sind in Tabelle A-7 im Anhang aufgeführt. Es wird deutlich, dass die Investitionskosten der Brennstoffzellenfahrzeuge die Investitionskosten der Referenztechnologien deutlich überschreiten. Insgesamt wird eine Wasserstoffmenge von ca. 8.300 kg/d abgenommen; dies entspricht einer jährlichen Wasserstoffmasse von ca. 3.000 t Wasserstoff.

Fazit zur Kostenrechnung

Die überschlägig ermittelten Gesamtinvestitionen für die Maßnahmen von H₂-Erzeugung, H₂-Verteilung und H₂-Nutzung liegen bei ca. 405 Mio. €. Hierbei entfallen ca. 26 Mio. € auf Maßnahmen der H₂-Erzeugung, ca. 76 Mio. € auf Maßnahmen der H₂-Verteilung und ca. 301 Mio. € auf Maßnahmen der H₂-Nutzung. Die Mehrkosten für Maßnahmen der H₂-Nutzung, die die Differenz zwischen den Kosten von Fahrzeugen der Referenztechnologien und denen von Brennstoffzellenfahrzeugen darstellen, liegen bei ca. 184 Mio. € und erfordern somit ein mehr als doppelt so großes Investitionsvolumen als bei Verwendung der Referenztechnologien Diesel und Benzin.

5.1.1. Sensitivitätsanalyse

Die vorangegangenen Berechnungen wurden auf der Basis vereinfachender Richtwerte durchgeführt. Entsprechend sind die angegebenen Kosten für die Maßnahmen Richtgrößen und können in der Realität deutlich abweichen. Die Kosten einzelner Projekte sind stark von den spezifischen Rahmenbedingungen abhängig; um dies zu verdeutlichen, wurden insgesamt fünf Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Sie stellen dar, wie empfindlich die Kosten einzelner Projekte auf kleine Änderungen von Eingangsparametern reagieren können. Die Sensitivitätsanalyse wird für die Wasserstoffproduktion per Elektrolyse, für die Wasserstoffdistribution per Trailer und Pipeline und für die Wasserstoffnutzung am Beispiel eines Brennstoffzellensolobusses durchgeführt. Durch die Sensitivitätsanalyse wird die Empfindlichkeit der Kosten bei einer Änderung der Rahmenbedingungen ermittelt.

Die Eingangsparameter sind gemittelte Werte, die sich aus den regionalen Maßnahmen ergeben. Die Schwankungsbreite der Parameter wird somit über die lokal vorhandenen Rahmenbedingungen definiert. Beispielsweise werden für die Stromkosten die höchsten Stromkosten unserer Maßnahmen und die geringsten Stromkosten unserer Maßnahmen verwendet. Die weiteren Parameter, wie u. a. die Investitionskosten des Elektrolyseurs, sind im Rahmen des Wettbewerbs abgestimmte Werte. Für diese Werte wird als Spannungsbreite eine Größenordnung von ca. 20 % gewählt.

In Abbildung 5-2 sind die Einflussfaktoren für die Wasserstoffgestehungskosten eines Elektrolyseurs aufgeführt. Die Stromkosten haben einen maßgeblichen Anteil an den Wasserstoffgestehungskosten. Durch die vorgegebene Spannweite treten Kostenunterschiede in einer Größenordnung von 2,63 €/kg Wasserstoff auf. Neben den Stromkosten hat der Wirkungsgrad des Elektrolyseurs einen signifikanten Einfluss. Eine Reduktion des Strombedarfs durch einen höheren Wirkungsgrad führt zu geringeren Betriebskosten und somit zu geringeren Wasserstoffgestehungskosten. Weiterhin sind die Investitionskosten des Elektrolyseurs, die Auslastung des Elektrolyseurs und die Instandhaltungskosten relevante Stellgrößen für die Wasserstoffgestehungskosten. Eine geringe Auslastung des Elektrolyseurs bei der Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien führt beispielsweise zu hohen spezifischen Investitionskosten. Bei einer Auslastung von 1.000 h/a erhöhen sich die Wassergestehungskosten gegenüber einer Auslastung von 4.010 h/a um 5,94 €/kg H₂. Eine höhere Auslastung von 8.000 h/a führt zu einer Verringerung der Kosten um 0,98 €/kg H₂.

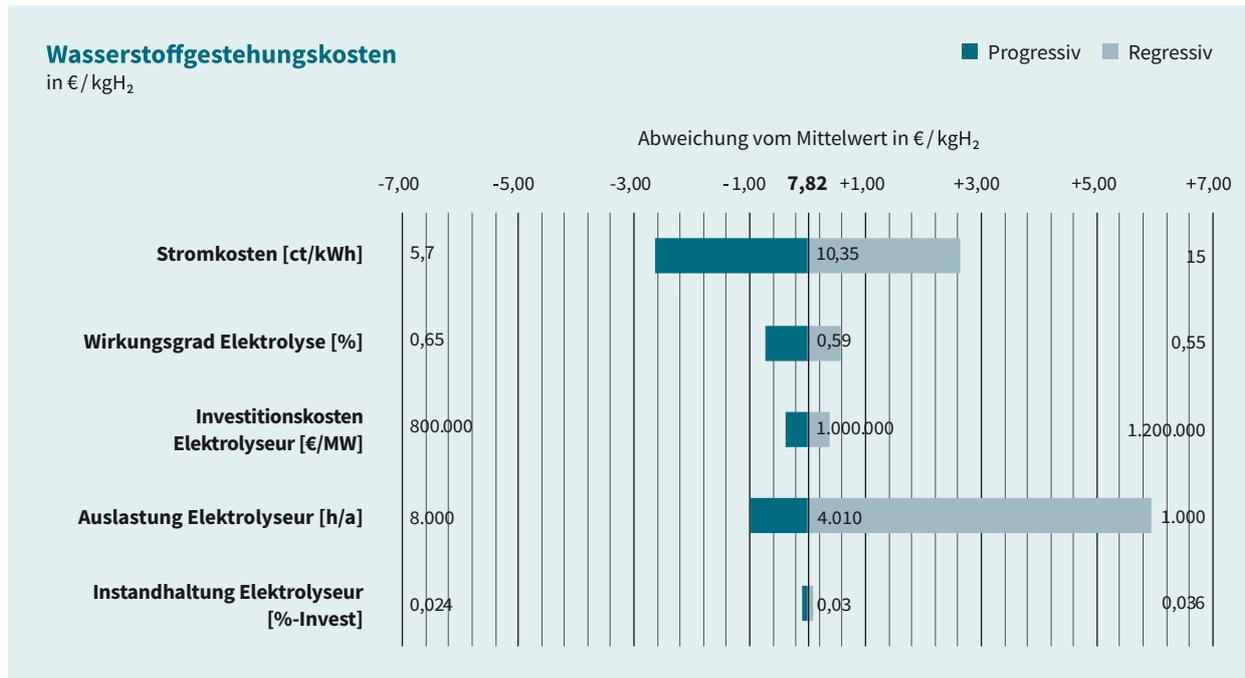


Abbildung 5-2 Sensitivitätsanalyse für die H₂-Erzeugung durch Wasserelektrolyse

Die Sensitivitätsanalysen für die Distribution von Wasserstoff per Trailer und per Pipeline sowie für den Betrieb eines Brennstoffzellenbusses sind in Abbildung A-16 bis Abbildung A-19 im Anhang dargestellt. Die Sensitivitätsanalysen sollen insbesondere für die regionalen Akteure zu einem besseren Verständnis beitragen, welche Stellschrauben den maßgeblichen Einfluss bei einer Nutzung von Wasserstofftechnologien haben. Mithilfe dieses Wissens wird den Akteuren die Einordnung der Umsetzbarkeit der akteursspezifischen Maßnahmen erleichtert.

5.1.2. Risikominimierung

Eine Chancen-Risiken-Abwägung ist auch mit Blick auf die Marktdurchdringung neuer Technologien erforderlich. Insbesondere im Bereich der Wasserstoffmobilität, in die viele veränderliche Rahmenbedingungen oder Technologieentwicklungen einfließen, sind dahingehend langfristige Entwicklungen von Geschäftsmodellen schwierig abzubilden. Zumeist wird daher im Rahmen einer Szenario-Analyse von einem „business as usual“, einem regressiven oder progressiven Szenario ausgegangen. Diese drei Szenarien spiegeln die entsprechende Parametervariation wider. Konkret bedeutet dies, dass z. B. Stromkosten für die Elektrolyse je nach Bezugsmodell von 5,7, 10,35 oder 15 ct/kWh angenommen werden. Durch weitere Rahmenbedingungen wie etwa Transportkosten des Wasserstoffs von der Quelle zur Senke, Investitionskosten der Tankstelle und Auslastung der Tankstelle können schließlich die Wasserstoffgestehungskosten an einer untersuchten Bustankstelle analysiert werden. Anhand der Analyse der drei Szenarien kann eine Investitionsentscheidung getroffen werden. Gleichwohl erlaubt diese Methodik keine Aussage über die Eintrittswahrscheinlichkeit der entsprechenden Szenarien und ist deshalb für eine unternehmerische Risikoabschätzung meist ungeeignet. Hier setzt die Monte-Carlo-Simulation, ein stochastisches Simulationsverfahren an. Anstelle der Berücksichtigung von lediglich drei möglichen Szenarien, werden über meistens 100.000 Berechnungen möglichst viele Szenarien abgebildet. Diese berücksichtigen nun auch alle möglichen Inputvariationen. Dementsprechend sind die Inputparameter für die Berechnung keine Einzelwerte mehr, sondern Wahrscheinlichkeitsverteilungen. In dem obigen Beispiel würde demnach eine Normalverteilung mit dem Mittelwert von 10,35 ct/kWh und einer Standardabweichung von 2 die drei Szenario-Parameter ersetzen (vgl. Abbildung 5-3).

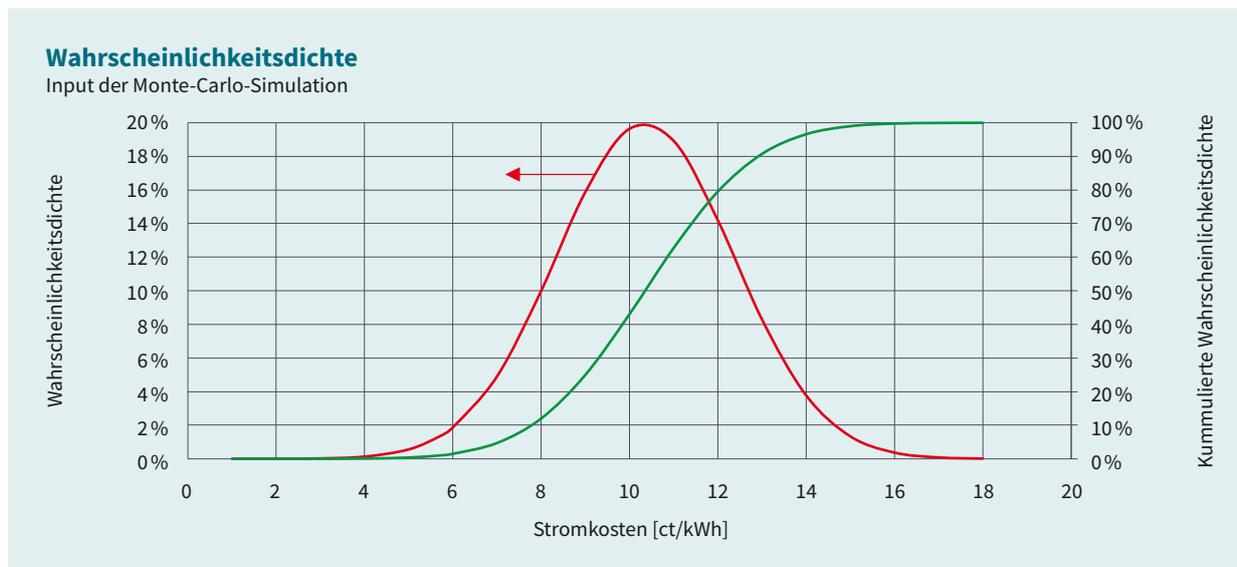


Abbildung 5-3 Kumulierte Wahrscheinlichkeitsdichte und Wahrscheinlichkeitsdichte der Stromkosten (netto) als Input für die Monte-Carlo-Simulation

Die weitere Parametrisierung erfolgt in Analogie zu den gewählten Input-Parametern der Sensitivitätsanalyse aus Kapitel 5.1.2. Mit diesen Input-Wahrscheinlichkeitsverteilungen können nun alle möglichen Optionen berechnet und die Ergebniswahrscheinlichkeitsfunktion analysiert werden. Abbildung 5-4 zeigt die kumulierte Wahrscheinlichkeitsdichte und die Wahrscheinlichkeitsdichte der Wasserstoffgestehungskosten an der Tankstelle als Output der Monte-Carlo-Simulation. Es zeigt sich, dass in 90 % der berücksichtigten Fälle Wasserstoffgestehungskosten an der Bustankstelle von unter 11,50 €/kg auftreten. In etwa der Hälfte der untersuchten Fälle (Mittelwert) können Wasserstoffgestehungskosten von um 9,5 €/kg erreicht werden.

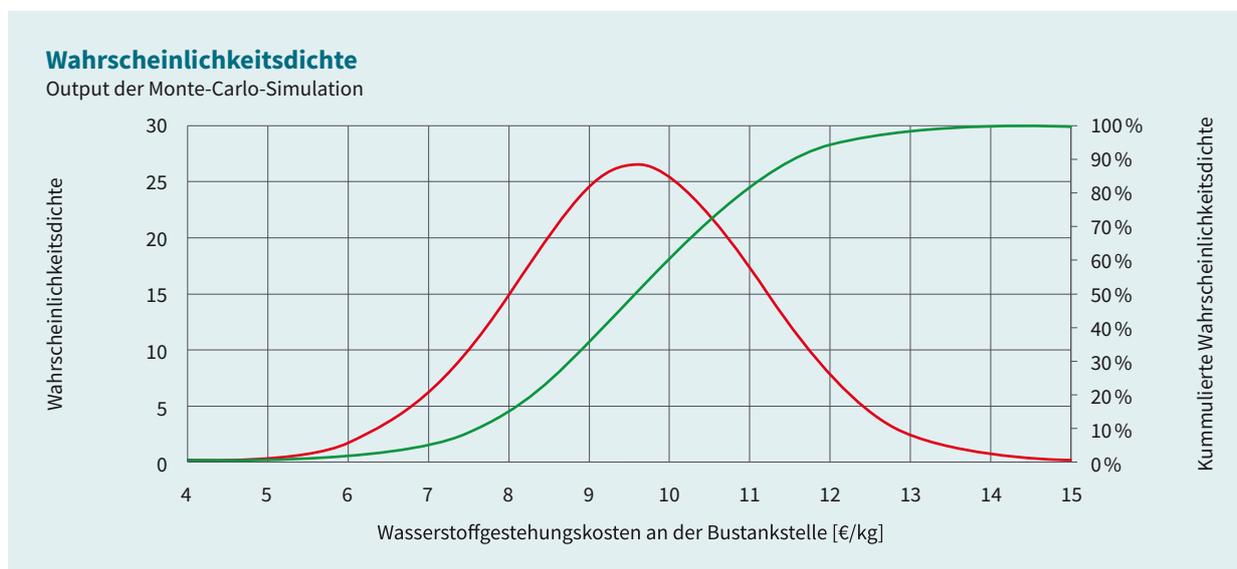


Abbildung 5-4 Kumulierte Wahrscheinlichkeitsdichte und Wahrscheinlichkeitsdichte der Wasserstoffgestehungskosten (netto) an der Bustankstelle als Output der Monte-Carlo-Simulation

5.2. Der Beitrag zum Klimaschutz

Der Nutzen einer wasserstoffbasierten Mobilität liegt neben potenziellen regionalen Wertschöpfungspotenzialen in der Einsparung der CO₂-Emissionen. Wasserstoff kann helfen, lokale und globale Emissionen in allen Sektoren zu senken und gleichzeitig Erneuerbare Energien zu integrieren.

5.2.1. CO₂-Einsparpotenziale

Das Einsparpotenzial an klimaschädlichen Emissionen durch die in Kapitel 4 beschriebenen Maßnahmen beträgt in Übereinstimmung mit den Annahmen der Potenzialanalyse aus Kapitel 2.2 für den Zeitraum von 2021 bis 2030 ca. 226 kt CO₂ und bis 2035 ca. 437 kt CO₂ bei gleichbleibender Anzahl umgestellter Fahrzeuge. Die Einsparungen beziehen sich auf die direkten CO₂-Emissionen, die im Verkehr vermieden werden. Die Einsparungen pro Fahrzeug sind hierbei stark vom Fahrzeugtyp sowie von der jeweiligen Fahrleistung abhängig. Beispielsweise werden bei einem angenommenen Verbrauch von ca. 8 l Benzin und einer jährlichen durchschnittlichen Laufleistung von ca. 13.700 km bei einem PKW ca. 2,49 t CO₂ eingespart. Die Einsparungen bei dem Einsatz eines BZ-Solobusses mit einer jährlichen durchschnittlichen Laufleistung von ca. 40.000 km liegen bei ca. 62 t CO₂.

Abbildung 5-5 zeigt die eingesparten Emissionen pro Fahrzeugkategorie sowie die potenziellen Einsparungen aus Kapitel 2.2, die bei der Umsetzung unseres Konzepts eintreten. Der größte Anteil der eingesparten CO₂-Emissionen ist auf den Einsatz von Brennstoffzellenbussen zurückzuführen. Die prozentuale Einsparung durch Busse beläuft sich zwischen ca. 80 % im Jahr 2021 und ca. 40 % im Jahr 2030. Durch den verstärkten Einsatz der weiteren Fahrzeugkategorien nimmt der prozentuale Anteil der eingesparten CO₂-Emissionen bei den Brennstoffzellenbussen ab. Im Jahr 2030 tragen Gepächtschlepper zu ca. 20 % zur CO₂-Emissionseinsparung bei. Die weiteren Emissionen werden im Jahr 2030 durch LKW und PKW (jeweils ca. 10 %) eingespart.

In Tabelle 5-1 ist die Fahrzeuganzahl pro Fahrzeugkategorie aufgeführt, die im Jahr 2030 durch die berechneten Maßnahmen eingesetzt werden. Es wird ersichtlich, dass die Einsparungen an CO₂-Emissionen sowohl von der eingesetzten Fahrzeugkategorie als auch von dem spezifischen Verbrauch der Fahrzeuge abhängen. Dies wird insbesondere bei der Betrachtung der Müllsammelfahrzeuge ersichtlich, die aufgrund des hohen Energieverbrauchs ein hohes CO₂-Einsparpotenzial erreichen. Durch 13 umgestellte Müllsammelfahrzeuge werden im Jahr 2030 ca. 5 % der eingesparten CO₂-Emissionen abgedeckt. Dies überschreitet beispielsweise die Einsparungen, die durch den Einsatz von 123 Gabelstaplern anfallen.

Tabelle 5-1 Fahrzeuganzahl pro Fahrzeugkategorie im Jahr 2030

Busse	Gabelstapler	Pkw	Güterlok	SNF	Müllfahrzeuge	LNF	Flughafenfahrzeuge
275	123	140	30	100	13	12	70

Weiterhin sind in Abbildung 5-5 die Einsparungen dargestellt, die bei Umsetzung unseres Technologiekonzepts abgedeckt werden können. Hierbei werden im Jahr 2023 CO₂-Einsparungen von ca. 35 kt CO₂ erreicht. Bis 2030 ist eine jährliche Einsparung von ca. 188 kt CO₂ möglich, bis zum Jahr 2035 werden bei Umsetzung unseres Konzeptes jährlich ca. 442 kt CO₂ eingespart (vgl. Kapitel 2.2). Die jährliche Einsparung aus den Maßnahmen liegt im Jahr 2030 bei ca. 46 kt CO₂. Dies hat signifikante Auswirkungen auf den Umwelt- und Klimaschutz und trägt deutlich zur Erreichung der Ziele der Landes- und Bundesregierung bei.

Infolge der Umstellung der Energiesystems auf Wasserstoff sind Vorteile hinsichtlich der regionalen Wertschöpfung und der Schaffung neuer Arbeitsplätze zu erwarten (vgl. Kapitel 5.3).

Durch Einsparung von klimaschädlichem CO₂ können die Folgeschäden des Klimawandels und deren immense Kosten für die öffentliche Hand eingedämmt werden. Laut Bräuer et al. [39] sind bis zum Jahr 2100 bei einer Temperaturerhöhung von 2 °C erheblich höhere Mehrkosten als bisher zu erwarten. So ist beispielsweise in Deutschland allein durch den Meeresspiegelanstieg mit Mehrkosten von bis zu 100 Mio. €/a zu rechnen. Im Gesundheitssektor liegen die ermittelten Mehrkosten bei 490 Mio. €/a, im Bereich der Wasserwirtschaft bei 0,1 Mrd. €/a.

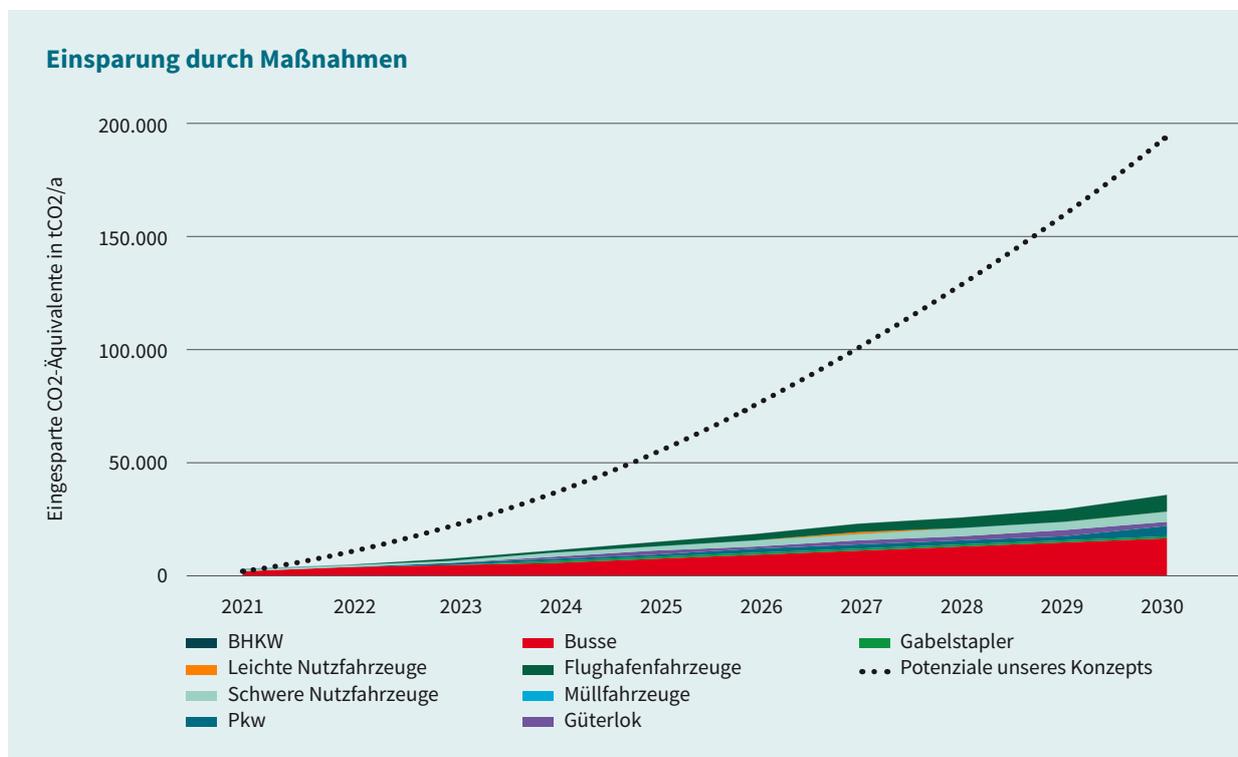


Abbildung 5-5 Jährliche CO₂-Emissionseinsparungen durch die angestoßenen Maßnahmen

5.2.2. Mit Nebenproduktwasserstoff zu grünem Wasserstoff

Wie z. B. die Forschungsergebnisse des EU-Projekts CertifHy belegen, geht die Nutzung von Nebenproduktwasserstoff mit klaren Umweltvorteilen hinsichtlich der Reduzierung von Schadstoff- und CO₂-Emissionen einher [40]. Als Nebenprodukt von Produktionsprozessen der regionalen Chemieindustrie (Chloralkali-Elektrolyse) wird der Wasserstoff thermisch verwertet oder in die Umluft entlassen [41]. Für die Erzeugung des Wasserstoffs entstehen also keine zusätzlichen Emissionen. Bei einer thermischen Verwertung können die Emissionen heizwertbezogen mit der entsprechenden Energiemenge von Erdgas gegengerechnet werden.

Die Nutzung von industriellem Nebenproduktwasserstoff birgt zudem erhebliche Kosten- und Standortvorteile. Während dadurch die wirtschaftlichen Hürden für einen breiten Markteintritt herabgesetzt werden, ist aus Umweltgründen mittelfristig dennoch die Transformation zu erneuerbarem bzw. grünem Wasserstoff geboten. In unserem Technologiekonzept wird der Nebenproduktwasserstoff sukzessive durch importierten CO₂-armen (blauen und grünen) Wasserstoff ergänzt und ersetzt. In Abbildung 5-6 ist die Entwicklung des CO₂-Fußabdrucks des Wasserstoffmixes aus unserer Region dargestellt. Bis zum Jahr 2035 werden sich die CO₂-Emissionen pro kg Wasserstoff gegenüber 2023 halbieren.

Für die Bereitstellung von grünem oder CO₂-armem Wasserstoff besteht die Möglichkeit der Zertifizierung über CertifHy (vgl. Infobox zu CertifHy). Dieses Vorgehen wird von einigen Akteuren in unserer Region wie der Shell und der H2 Mobility bereits genutzt.

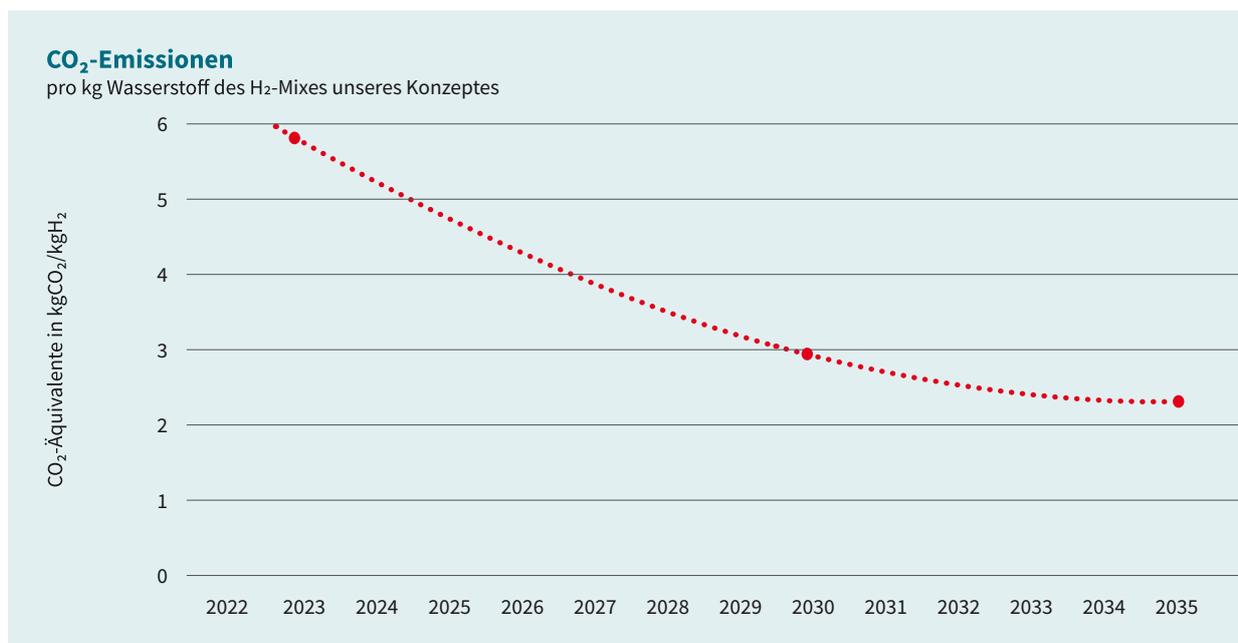


Abbildung 5-6 Entwicklung der CO₂-Emissionen pro kg Wasserstoff des H₂-Mixes gemäß unserem Konzept

Infobox Zertifizierungssystem CertifHy

CertifHy ist ein Zusammenschluss verschiedenster Firmen und Organisationen, der bis Ende 2021 ein europäisches Zertifizierungssystem sowie ein EU-weites Herkunftsnachweissystem sowohl für grünen als auch für CO₂-armen Wasserstoff schaffen will [40]. Die Grundlage für die Zertifizierung ist in der RED II (Renewable Energy Directive II von 2018) festgelegt [74].

Die Zertifizierung von Wasserstoff ermöglicht den Endverbrauchern, einen offiziellen Nachweis für die Herkunft des Wasserstoffes zu erhalten. CO₂-intensive Unternehmen können mithilfe der Zertifikate nachweislich den Anteil Erneuerbarer Energie am Endenergieverbrauch erhöhen. Es existieren verschiedene Zertifizierungskategorien (z. B. „Green Hydrogen“), die in dieser Infobox genauer erklärt werden. In Abbildung 5-7 ist zu erkennen, dass der Herkunftsnachweis (GO = guarantee of origin) Voraussetzung für eine Aufnahme in das Zertifizierungssystem ist, damit für den Verbraucher nachvollziehbar ist, welche Art Wasserstoff er abnimmt.

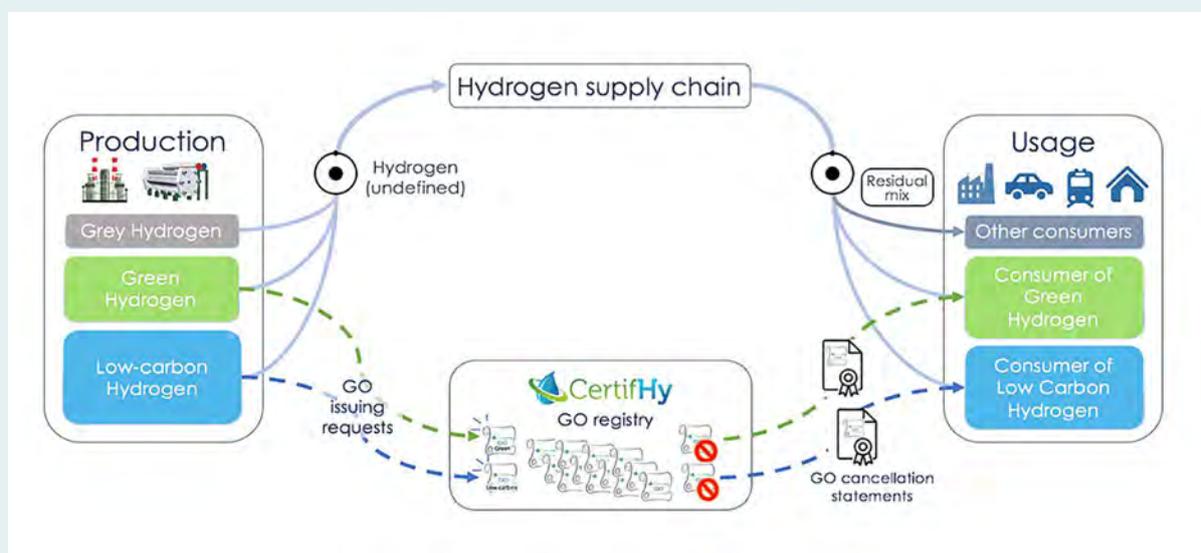


Abbildung 5-7 Schematische Darstellung der Zertifizierung

GREEN HYDROGEN: Damit der produzierte Wasserstoff als „Green Hydrogen“ zertifiziert werden kann, muss er aus erneuerbaren Quellen stammen. Wird Wasserstoff aus nicht rein erneuerbaren Energiequellen wie z. B. dem deutschen Strommix erzeugt (42 % EE-Anteil 2019), kann nur ein Teil des Wasserstoffs grün zertifiziert werden. Dabei muss die Herkunft der zur Wasserstofferzeugung aufgewandten Energie durch Herkunftsnachweise verifiziert werden.

LOW CARBON HYDROGEN: Um die Herkunft aus einer effizienten bzw. emissionsarmen Energiequelle nachzuweisen, muss der Treibhausgas-Fußabdruck des erzeugten Wasserstoffs gleich oder niedriger als ein spezifizierter Grenzwert sein. Laut CertifHy Scheme liegt der Grenzwert zurzeit bei 36,4 gCO₂-eq/MJ bzw. 131 kgCO₂-eq/kWh. Das entspricht einer Reduzierung von 60 % zum Referenzprozess: der Dampfreformierung aus Erdgas mit 91 gCO₂-eq/MJ.

NEBENPRODUKTWASSERSTOFF: Die Zertifizierung von Wasserstoff, der als Nebenprodukt in der Herstellung anderer Güter auftritt, wird in CertifHy noch diskutiert. Nach aktueller Lage ließe sich der Nebenproduktwasserstoff je nach Strommix anteilig zertifizieren.

5.3. Schaffung regionaler Wertschöpfung

Mit dem Zusammenschluss *H2R – Wasserstoff Rheinland* werden wir attraktive Anreize für neue Unternehmen und Wirtschaftszweige im Umfeld der Wasserstofftechnologie schaffen. Dadurch werden wir von signifikanten Arbeitplatzeffekten profitieren und können aktiv den Strukturwandel infolge der auslaufenden Braunkohleverstromung im angrenzenden Rheinischen Braunkohlerevier mitgestalten. Sowohl der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband (DWW) als auch die Autoren der Wasserstoffstudie NRW gehen davon aus, dass die Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft bereits im Jahr 2030 den Wegfall der Arbeitsplätze in den Kohlerevieren kompensieren kann [42] [10]. Der DWW rechnet mit 70.000 neuen Arbeitsplätzen in Deutschland bis 2030 und mit 150.000 Arbeitsplätzen bis 2050. Die Wasserstoffstudie NRW geht je nach untersuchtem Szenario allein für NRW von mindestens 20.000 Arbeitsplätzen im Jahr 2030 bis max. 130.000 Arbeitsplätzen im Jahr 2050 aus. Bezieht man diese Zahlen anteilig auf die Beschäftigtenzahlen der für die Wasserstoffwirtschaft relevanten Wirtschaftszweige⁹ der H2R-Region (ca. 340.000 Beschäftigte), dann erwarten wir über den Ausbau der Wasserstofftechnologie in unserer Region bis 2030 eine Zunahme von 1.400 bis 2.000 Arbeitsplätzen und bis 2050 eine Zunahme von 3.000 bis 12.000 Arbeitsplätzen [43]. Diese Zahlen sind unserer Einschätzung nach eher als sehr konservative Schätzung zu bewerten, da sie von einer gleichmäßigen Verteilung der Arbeitplatzeffekte über NRW bzw. Deutschland ausgehen und die Schwerpunktbildung einer Wasserstoffinfrastruktur in unserer Region nicht berücksichtigen.

Die Nutzung von lokal erzeugtem Wasserstoff ruft ebenfalls eine regionale Wertschöpfung hervor. Beim Betrieb von Fahrzeugen oder Anlagen mit fossilen Brennstoffen werden erhebliche finanzielle Mittel für den Treibstoffbezug ausgegeben. Diese Mittel fließen zu 100 % aus der Region ab (vgl. Abbildung 5-8, linke Seite).

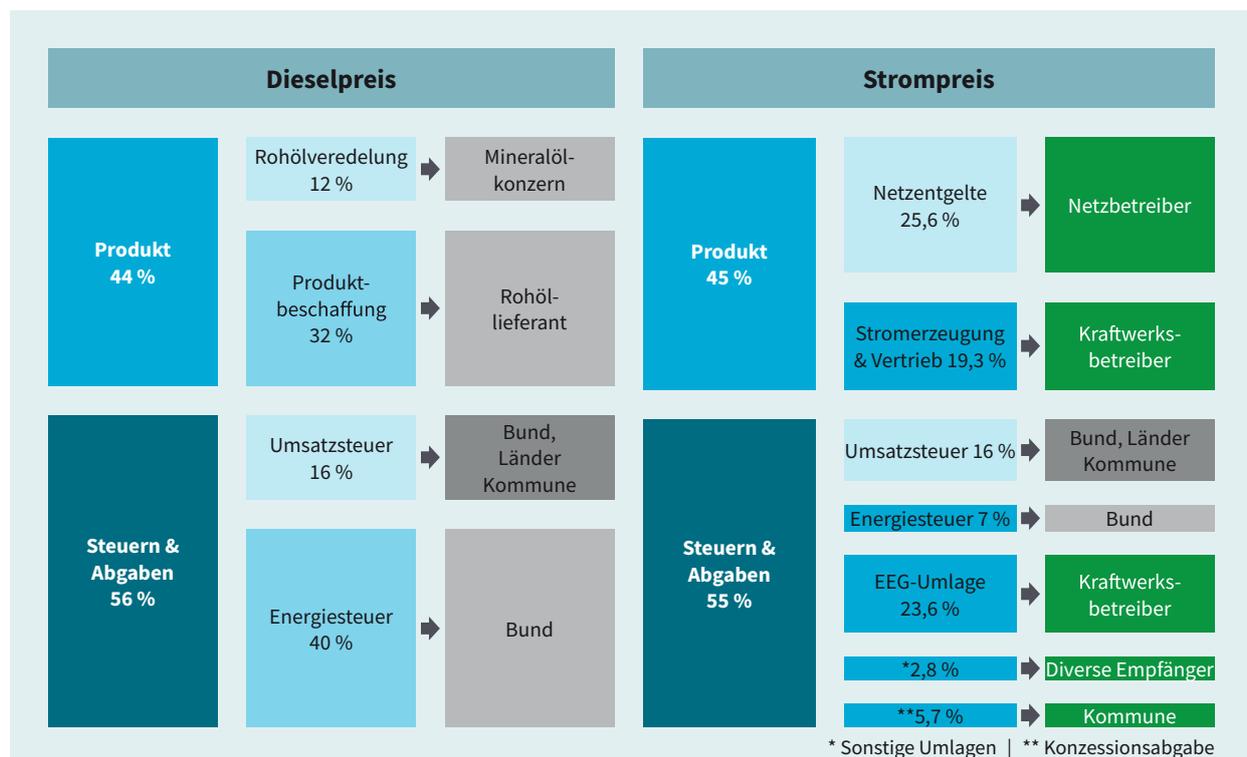


Abbildung 5-8 Steigerung der lokalen Wertschöpfung bei Nutzung von lokaler erneuerbarer Energie zur Erzeugung von Wasserstoff statt Diesel

⁹ Wirtschaftszweige: Bergbau, Energie- u. Wasserversorg., Entsorgungswirtschaft; Metall- und Elektroindustrie sowie Stahlindustrie; Herst. v. Vorleistungsgütern, insb. v. chem. Erzeugungs- und Kunststoffwaren; Baugewerbe; Handel, Instandhaltung, Rep. von Kfz; Verkehr und Lagerei; Immobilien, freiberufl., wissenschaftl. u. techn. Dienstleistungen.

Die Nutzung von regenerativ erzeugter elektrischer Energie zur Herstellung von Wasserstoff kann die regionale Wertschöpfung hingegen deutlich erhöhen. Wird Wasserstoff als Kraftstoff lokal erzeugt, verteilt und versteuert, kann der Mittelabfluss um bis zu 50 % reduziert werden (siehe Abbildung 5-8, rechte Seite). Auf diese Weise wird der positive Effekt der Wasserstoffnutzung für die Region auch in langfristiger finanzieller Hinsicht beträchtlich gesteigert.

Ergebnisse und Handlungsempfehlungen



- › Die in diesem Konzept betrachteten Maßnahmen umfassen ein Investitionsvolumen von ca. 405 Mio. €. Ca. 26 Mio. € entfallen hierbei auf die H₂-Erzeugung, ca. 65 Mio. € auf die H₂-Verteilung und ca. 300 Mio. € auf die Anschaffung von Fahrzeugen in der H₂-Nutzung.
- › Kurzfristig verwenden wir in unserer Region Nebenproduktwasserstoff als Brückentechnologie, da dieser in unserer Region verfügbar und kostengünstig ist und einen verhältnismäßig geringen CO₂-Fußabdruck hinterlässt.
- › Langfristig wird an Standorten mit ökonomisch sinnvollen Rahmenbedingungen die regionale Erzeugung von grünem Wasserstoff angestrebt. Unter heutigen Rahmenbedingungen übersteigen die berechneten Kosten für die Erzeugung des in der Region erzeugten Wasserstoffs die Kosten des importierten Wasserstoffs. Langfristig ist daher von einem Import von grünem Wasserstoff auszugehen.
- › Der Nutzen für Umwelt und Klima ist hoch. Durch unsere Maßnahmen können bis 2030 insgesamt ca. 226 kt CO₂ und bis 2035 insgesamt ca. 437 kt CO₂ bei gleichbleibender Anzahl umgestellter Fahrzeuge eingespart werden. Das in den Maßnahmen erhobene Potenzial entspricht damit ca. 20 % des CO₂-Einsparpotenzials gemäß unserem Konzept.
- › Das Potenzial zur Einsparung von CO₂-Emissionen gemäß unserem Konzept liegt im Jahr 2023 bei ca. 35 kt CO₂ /a. Bis 2030 ist eine jährliche Einsparung von ca. 188 kt CO₂ möglich, und bis zum Jahr 2035 werden bei Umsetzung unseres Konzeptes jährlich ca. 442 kt CO₂ eingespart. Hinzu kommt die Reduktion lokaler Emissionen wie NO_x, Feinstaub oder Lärm, die zu einer Steigerung der Lebensqualität in der Region führen wird.
- › Heutige Investitionen in Wasserstoffprojekte sind Investitionen in die Zukunft. Ein rechtzeitiger Einstieg in den Wasserstoffmarkt schafft durch die Nutzung von regionalen Ressourcen eine Steigerung der regionalen Wertschöpfung. Dies führt potenziell zu einer Schaffung von 1.400 bis 2.000 Arbeitsplätzen bis 2030 und von 3.000 bis 12.000 Arbeitsplätzen bis 2050.



6. Unsere Impulse: Schritte zur erfolgreichen Umsetzung

Um den Aufbau unserer Wasserstoffregion im Sinne unserer Roadmap zu unterstützen und die Potenziale des Technologiekonzepts zu heben, geben wir Impulse für eine erfolgreiche Umsetzung von Projekten. Diese fokussieren folgende Schwerpunkte:

- › Regulatorische Rahmenbedingungen
- › Kooperationen und Geschäftsmodelle
- › Skaleneffekte durch Nachfragebündelung
- › Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten
- › Wissensmanagement

Damit Wasserstoff wirtschaftlich erzeugt, verteilt und eingesetzt werden kann, müssen die Gesamtkosten (TCO) letztendlich mit denen der Referenz- und Konkurrenztechnologien konkurrieren können. Die Gesamtkosten setzen sich aus Investitionskosten und Betriebskosten zusammen und unterliegen vielfältigen Einflussparametern. Eine wesentliche Rolle bei der Wasserstoffherzeugung per Elektrolyse spielen beispielsweise die Stromkosten; hierauf wird in Kapitel 5.1.1 und 6.1.1 eingegangen. Die grundsätzlichen Zusammenhänge der Wasserstoffgestehungskosten werden im Anhang A.6.2 dargelegt. Hier werden auch mögliche Kostenentwicklungen für die Investitionskosten der Elektrolyseure thematisiert, die über Skaleneffekte erreicht werden können. Für Akteure, die aus erneuerbaren Energien Wasserstoff erzeugen wollen, haben wir einen Schnellcheck entworfen (siehe Anhang A.7).

Für eine flächendeckende und großskalige Nutzung von Wasserstoff wäre ein Pipelinennetz die günstigste Option. Allerdings erfordern Pipelines hohe Anfangsinvestitionen. Der Mehrwert der regionalen Pipelinestruktur muss deshalb auch im Kontext der An- und Einbindung an nationale und internationale Pipelines bzw. Pipelineprojekte gesehen werden. So erhöht der Zusammenschluss zu überregionalen Verbänden die Versorgungssicherheit und durch eine höhere Transportmenge letztendlich auch die Wirtschaftlichkeit. Einen transparenten und umfassenden Ansatz bietet der Artikel „Determining the lowest-cost hydrogen delivery mode“ von D. Krieg [44]. Der Autor kommt zu dem Ergebnis, dass Pipelines bei einer Transportdistanz von unter 200 km ab einem Durchsatz von ca. 10 t/d einen Kostenvorteil gegenüber dem Transport von gasförmigem Wasserstoff per Trailer aufweisen. Dies gilt für die geplante Wasserstoffpipeline in der Region Rheinland, die etwa 100 km Länge aufweisen soll. Weitere Informationen zum Pipelinetransport sind im Anhang in Kapitel A.6.3 zu finden.

Eine wesentliche Reduktion der Investitionskosten kann durch die Nutzung von stillgelegten Leitungen oder die Umwidmung von Erdgasleitungen erreicht werden. Erste Untersuchungen für die Umstellung wurden im Rahmen des Feinkonzeptes bereits ausgearbeitet. Generell ist die Nutzung bestehender Infrastruktur dem Neubau vorzuziehen, da sie neben dem wirtschaftlichen Vorteil auch eine erhöhte Akzeptanz in der Bevölkerung bietet.

Das Projekt einer H₂-Pipeline unterliegt genehmigungs- und planungsrechtlichen Anforderungen sowohl für ihre Errichtung als auch für die Umwidmung einer bestehenden Gasfernleitung in eine H₂-Pipeline. Im Anhang des Feinkonzeptes findet sich ein ausführliches Rechtspaper zur Genehmigungssituation H₂-Pipeline, an dem sich Akteure aus der Region orientieren können (siehe Abschnitt A.11.1).

Als kommunale Gebietskörperschaften sind wir wesentliche Akteure für die Planung der Leitungsinfrastruktur zur Förderung der H₂-Mobilität. Über den Regionalrat des Regierungsbezirks Köln sind wir an der regionalen Raumordnung beteiligt. Für die Verankerung eines H₂-Pipelineprojekts in der regionalen Planungspraxis ist es zweckmäßig,

die in unseren kommunalen Klimaschutzkonzepten dargelegten Planungsvorstellungen für die H₂-Mobilität in die Raumordnungsplanung einzubringen und auch das Instrument der Verkehrsinfrastrukturplanung der Region aktiv zu nutzen (vgl. §§ 9 Abs. 4 und 12 Abs. 2-4 Landesplanungsgesetz NRW). Initiativen für eine H₂-Leitungsinfrastruktur können von uns angestoßen und in die Regionalplanung eingebracht werden. Genauso möchten wir von oben (EU, Bund, Land, Nachbarregionen) oder aus Nachbarregionen kommende Initiativen für eine Infrastruktur zur Förderung der H₂-Mobilität aufgreifen und unterstützen.

6.1. Regulatorische Rahmenbedingungen anpassen

Die wirtschaftlichen Bedingungen für die Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse und den Vertrieb von Wasserstoff an Tankstellen werden stark von der Energiemarktordnung beeinflusst: Einerseits vom rechtlichen Rahmen des Energierechts und andererseits vom Kraftstoff-Treibhausgasquotenrecht. Darüber hinaus haben andere wirtschaftslenkende Regularien Einfluss auf den Markthochlauf der Wasserstoffmobilität, u. a. solche zur Begrenzung des CO₂-Ausstoßes von Fahrzeugflotten und das umweltbezogene EU-Vergaberecht. Das Zusammenwirken dieser Regularien und der Anpassungsbedarf des Rechtsrahmens wird in den Schlussfolgerungen zu diesem Abschnitt beleuchtet und vertiefend im Rechtspaper Energiemarktordnung behandelt (siehe Abschnitt A.11.3 im Anhang).

6.1.1. Energierecht

Eines unserer Kernprobleme mit dem Rechtsrahmen ist, dass die Erzeugung von Wasserstoff aus Strom im Elektrolyseur (Power-to-Gas) energierechtlich wie ein Letztverbrauch (§ 3 Nr. 33 EEG 2017) behandelt wird. Dies gilt uneingeschränkt, auch wenn der Energiegehalt bei Power-to-Gas weitestgehend erhalten bleibt und Energie nicht verbraucht wird. Bei Letztverbrauchern fallen – mit den im Folgenden dargestellten Ausnahmen – alle gesetzlichen Strompreisbestandteile an wie Netzentgelte, Umlagen und Energiesteuern. Dadurch wird die Energie vom Strom zum Wasserstoff verteuert. Dies steht dem Ziel der Markteinführung von erneuerbarem Wasserstoff im Mobilitätssektor entgegen. Die gesetzlichen Strompreisbestandteile machen einen hohen Anteil am gesamten Strompreis aus (Beispiel aus dem Jahr 2019): Bei Haushaltskunden ca. 75 % (23,24 ct/kWh von 30,85 ct/kWh), bei mittelgroßen Industriekunden ca. 75 % (13,94 ct/kWh von 18,44 ct/kWh), bei großen Industriekunden ohne Privilegierungen ca. 70 % (10,47 ct/kWh von 14,97 ct/kWh), bei großen Industriekunden mit Privilegierung ca. 6 % (0,3 ct/kWh von 4,8 ct/kWh) (vgl. Abbildung 6-1).

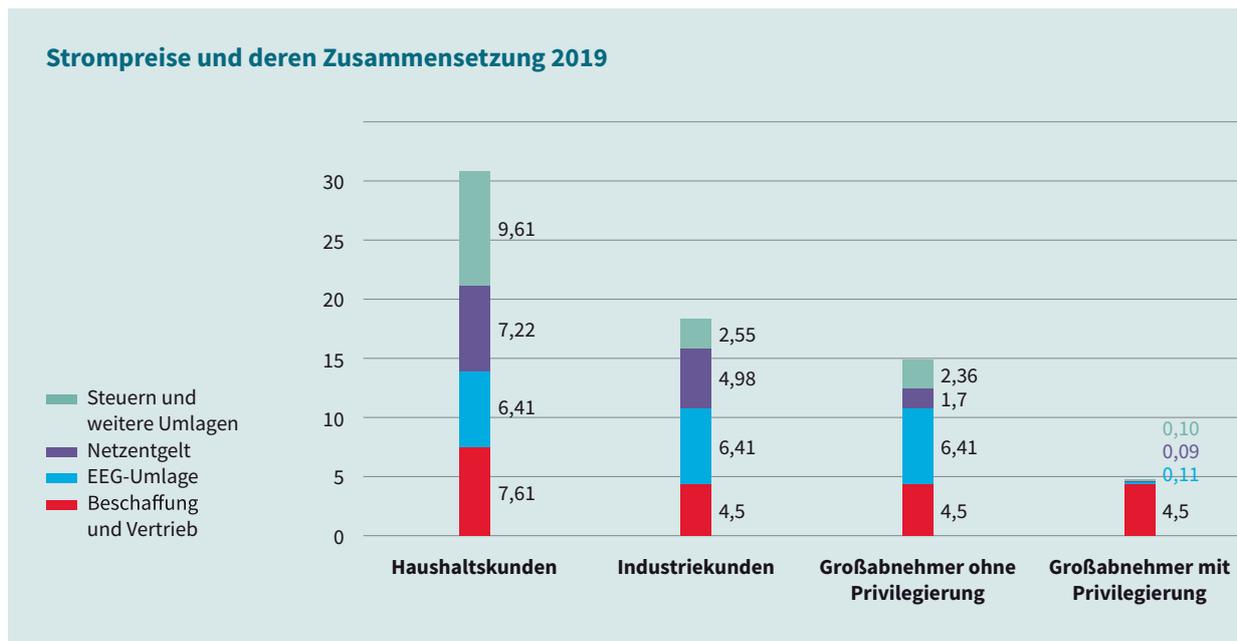


Abbildung 6-1 Strompreisbestandteile für Haushaltskunden, Industriekunden, Großabnehmer ohne und mit Privilegierung [45] [46]

Wasserstoff kann im Vergleich zu anderen Kraftstoffen (Diesel, Benzin, Erdgas) nur dann wettbewerbsfähig werden, wenn bei seiner Produktion möglichst alle Strompreisbestandteile als Kostenfaktoren entfallen und die Kosten des Schadstoffausstoßes bei Kraftstoffen aus fossilen Energieträgern (Diesel, Benzin, Erdgas) eingepreist werden. Die mit dem Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) ab 2021 geplante CO₂-Bepreisung von Otto- und Dieselmotoren fällt zu gering aus, als dass diese Wasserstoff gegenüber hergebrachten Kraftstoffen wettbewerbsfähig machen könnte (stufenweiser Anstieg um rund 15-17 Cent bis 2025 im Vergleich zu 2020). Deshalb bedarf es der Vergünstigung des Stroms für Wasserstoff in der Sektorenkopplung.

6.1.2. Fazit

Um Wasserstoff als Kraftstoff vermarkten zu können, sind wirtschaftliche Akteure darauf angewiesen, diesen Treibstoff zu wirtschaftlich konkurrenzfähigen Bedingungen produzieren, verteilen und über Tankstellen vertreiben zu können. Insofern sind drei Grundkonstellationen für die Vermarktung von Wasserstoff als Kraftstoff im Mobilitätssektor in den Blick zu nehmen:

1. Die Erzeugung und Vermarktung von Wasserstoff über eigene Vertriebsstrukturen, z. B. eine eigene Wasserstoff-tankstelle.
2. Die Erzeugung von Wasserstoff und dessen Verkauf an die Mineralölwirtschaft, die Wasserstoff als fortschrittlichen Kraftstoff in der Treibhausgasquote anrechnet (näher hierzu: Rechtspaper Energiemarktordnung ist Abschnitt A.11.3 im Anhang zu entnehmen).
3. Die eigenständige Erzeugung von Wasserstoff durch die Mineralölwirtschaft als fortschrittlicher Kraftstoff in der Treibhausgasquote.

Der Verkauf von Wasserstoff an und der Vertrieb über die Mineralölwirtschaft kann wirtschaftlich funktionieren, wenn die Vertragsbedingungen entsprechend ausgestaltet sind. Die Mineralölwirtschaft hat zur Erfüllung des Mindestanteils fortschrittlicher Kraftstoffe an der Treibhausgasquote grundsätzlich ein Interesse an der Verfügbarkeit von Wasserstoff. Derzeit gibt es – unabhängig von Marktanreizprogrammen – kaum tragfähige Geschäftsmodelle für Akteure einer Wasserstoffregion. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass derzeit der energierechtliche Rahmen für die Rückverstromung von Wasserstoff Vorteile gegenüber der Erzeugung von Wasserstoff als Kraftstoff im Mobilitätssektor bietet.

Anders ist die Lage zu beurteilen, wenn Wasserstoff als strombasierter Kraftstoff an die Mineralölwirtschaft zur Erfüllung der Treibhausgasquote bei Kraftstoffen vermarktet werden kann. Diesbezüglich sind die Akteure einer Wasserstoffregion allerdings auf die Kooperationsbereitschaft der Mineralölwirtschaft angewiesen. Deshalb ist zu begrüßen, dass der Zusammenschluss *H2R – Wasserstoff Rheinland* diese Kooperation fördert. Die Bereitschaft von Unternehmen der Mineralölwirtschaft zu einem verstärkten Engagement im Bereich Wasserstoff wird wachsen, wenn die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen vom Gesetzgeber verbessert werden.

6.1.3. Ausblick

Die energierechtlichen Wirtschaftlichkeitsbedingungen für Wasserstoff im Mobilitätssektor entscheiden nicht allein über den Markthochlauf sauberer H₂-Fahrzeuge und von H₂ als Kraftstoff. Einfluss auf das Marktgeschehen haben auch weitere wirtschaftslenkende Regelungen: z. B. die EU-Regelwerke zur Begrenzung des CO₂-Ausstoßes von Fahrzeugflotten (EU-Verordnung zur Festlegung von CO₂-Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge und zur Änderung der Verordnungen) [47] und das umweltbezogene EU-Vergaberecht (EU-Richtlinie zur Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge; englisch: Clean Vehicles Directive – CVD [48]) [49]. Im Hinblick auf die Markteinführung alternativer Antriebe ist derzeit gerade im Hinblick auf schwere Nutzfahrzeuge das umweltbezogene EU-Vergaberecht zu nennen, das Mindestziele für die öffentliche Auftragsvergabe bei der Beschaffung von Straßenfahrzeugen bestimmt. Danach müssen die Mitgliedstaaten ihr nationales Vergaberecht bis zum August 2021 so ändern, dass öffentliche Auftraggeber, die Straßenfahrzeuge zur Personenbeförderung, Post- und Paketzustellung, Abholung von Siedlungsabfällen etc. einsetzen, eine Mindestanzahl sauberer leichter und schwerer Straßenfahrzeuge beschaffen müssen. Im Mobilitätssektor müssen öffentliche Nahverkehrsunternehmen in Deutschland zwischen Anfang August 2021 bis Ende 2025 45 % und im zweiten Turnus bis Ende 2030 65 % der Busse als saubere Fahrzeuge beschaffen; die Hälfte dieser Quote muss emissionsfrei im Sinne von Art. 4 Nr. 5 CVD beschafft werden (Tabelle 4 im Anhang der CVD). Emissionsfreie Busse sind im Wesentlichen (batterie-)elektrisch oder H₂-betrieben verfügbar. Der Wasserstoffantrieb eignet sich besonders bei schweren Nutzfahrzeugen und Bussen zur Erfüllung der Beschaffungsquote für saubere Fahrzeuge. Diese ordnungsrechtlichen Vorgaben im EU-Vergaberecht sind dazu geeignet, die Nachfrage nach H₂-betriebenen Bussen und LKW absehbar deutlich zu steigern, wenn wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die Sektorenkopplung geschaffen werden.

6.1.4. Schlussfolgerungen

Von der rechtzeitigen Änderung des Rechtsrahmens hängt ab, wie stark der Impuls der öffentlichen Beschaffung für die Marktdurchdringung H₂-betriebener Straßenfahrzeuge ausfällt. Denn letztlich entscheiden die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen darüber, auf welche Antriebe und Kraftstoffe die Infrastruktur ausgerichtet wird. Bleibt H₂-Kraftstoff wegen der dysfunktionalen Energiemarktordnung teuer, wird sich der private Sektor eher für andere Antriebe und Kraftstoffe entscheiden. Ob der Impuls der CVD auf das vom privaten Sektor dominierte gesamte Marktgeschehen bei der Anschaffung von Straßenfahrzeugen durchschlagen wird, hängt maßgeblich von der Neuausrichtung der Energiemarktordnung ab.

In der Nationalen Wasserstoffstrategie (Juni 2020) wird nun lediglich in einem Prüfauftrag zur Energiemarktordnung angekündigt, *„über die im Klimapaket beschlossenen Maßnahmen hinaus, weitere Reformen der staatlich induzierten Preisbestandteile [zu] prüfen und gleichzeitig die CO₂-Bepreisung weiter als zentrales Leitinstrument [zu] etablieren. Diese Prüfung wird auch die Frage umfassen, ob zur Herstellung von grünem Wasserstoff verwendeter Strom weitgehend von Steuern, Abgaben und Umlagen befreit werden kann. Insbesondere streben wir die Befreiung der Produktion von grünem Wasserstoff von der EEG-Umlage an.“*

Die ohne Prüfauftrag vorgesehenen Maßnahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie (z. B. Forschung & Entwicklung, Marktanreizprogramme, Reallabore) sind notwendig, aber nicht hinreichend, um das Potenzial der H₂-Mobilität zu heben, da die hohen Strombezugspreise für die Herstellung von H₂-Kraftstoff in Elektrolyseuren das wesentliche Hemmnis für die Entwicklung der H₂-Mobilität darstellen.

Für den Fall der Umsetzung des im Folgenden vorgeschlagenen Instrumentenmixes wird Wasserstoff eine stetig wachsende Bedeutung unter den Kraftstoffen im Mobilitätssektor zukommen. Aufgrund der Vorteile für Klimaschutz und Luftreinhaltung hat Wasserstoff im Zusammenspiel mit batterieelektrischen Fahrzeugen das Potenzial, einen wesentlichen Beitrag für die Zukunft einer sauberen Mobilität zu leisten. Mit einem Abbau der Wettbewerbsnachteile in der geltenden Energiemarktordnung kann die H₂-Mobilität ihre Vorteile zur Geltung bringen und den Markthochlauf bei schweren Nutzfahrzeugen beginnen. Dann können die Chancen der bereits errichteten technologischen und wirtschaftlichen Startbasis in Deutschland und Europa genutzt und der Vorsprung asiatischer Fahrzeughersteller aufgeholt werden.

Der Markthochlauf für die H₂-Mobilität kann wirksam gesteuert werden, wenn die folgenden Maßnahmen bei der Konkretisierung der Nationalen Wasserstoffstrategie umgesetzt werden:

Ergebnisse und Handlungsempfehlungen



Ordnungsrechtliche Instrumente:

Eine über das EU-Recht hinausgehende, also nicht die Eins-zu-eins-Umsetzung der RED II-Richtlinie im Kraftstoff-Treibhausgasrecht; insbesondere sollte über die Mindestquote für biogene fortschrittliche Kraftstoffe hinaus eine stetig und kräftig wachsende Mindestquote für H₂ als fortschrittlichen Kraftstoff eingeführt werden (Änderung 38. und 37. BImSchV).

Zur Gewährleistung von Rechtssicherheit bei der Anrechnung und dem Handel mit erneuerbarem H₂ als fortschrittlichem Kraftstoff sollte ein Herkunftsnachweissystem eingeführt werden.



Ergebnisse und Handlungsempfehlungen



Ökonomische Instrumente:

- › Öffentliche Beschaffung von H₂-Straßenfahrzeugen:
Zuverlässige, rechtzeitige und konsequente Umsetzung der CVD in deutsches Recht, um ab Mitte 2021 einen spürbaren Impuls für die Beschaffung emissionsfreier H₂-Straßenfahrzeuge zu geben. Um Straßenfahrzeuge, insbesondere schwere Nutzfahrzeuge einschließlich Busse mit H₂-Antrieben zuverlässig in den Markt zu bringen, sind folgende weitere Maßnahmen bis Mitte 2021 zweckmäßig:
 - Anschaffung von H₂-Straßenfahrzeugen: Verlässliche Fortschreibung und Verstärkung von Marktanreizprogrammen zur Förderung der Anschaffung von H₂-Straßenfahrzeugen bis zu einem selbsttragenden Markt.
 - Herstellung von H₂-Kraftstoff: Klare und rechtssichere Regelungen, die die Produktion von Wasserstoff mit Strom aus erneuerbaren Energien in der Mobilität von allen gesetzlich bedingten Strompreisbestandteilen dauerhaft oder wenigstens für alle Neuinvestitionen bis 2030 für einen Zeitraum von mindestens 20 Jahren befreit. Unter den gesetzlich bedingten Strompreisbestandteilen sind folgende Gesetzesänderungen für Power-to-Gas mit Strom aus erneuerbaren Energien für den Einsatz von H₂ in der Mobilität vordringlich (in der Reihenfolge ihrer Dringlichkeit):
- › Befreiung der Elektrolyseure bei der Herstellung von H₂ für den Mobilitätssektor von der EEG-Umlage (Änderung § 61l Abs. 2 EEG 2017)
- › Diese Befreiung sollte für alle Neuinbetriebnahmen von Elektrolyseuren bis mindestens Ende 2032 gelten. Bis Ende 2032 sollte eine Verlängerung des Zeitraums überprüft werden; weil die EEG-Umlage danach deutlich absinkt und die H₂-Mobilität durch Skaleneffekte nach erfolgreichem Markthochlauf kostengünstiger geworden ist, bedarf es ggf. keiner Verlängerung dieser Befreiung.
 - Klarstellung, dass Elektrolyseure bei der Herstellung von H₂ für den Mobilitätssektor rechtssicher von Netzentgelten befreit sind (starke Maßnahme: Änderung § 118 Abs. 6 EnWG mit Abschaffung zeitlicher Befristungen; schwache Maßnahme: ausdrückliche Klarstellung der Befreiung in der Gesetzesbegründung zu § 118 Abs. 6 EnWG).
 - Ergänzung der Befreiungsregelung um die netzentgeltbezogenen Strompreisbestandteile (Änderung § 118 Abs. 6 EnWG).
- › Wiederanfahnen des Ausbaus erneuerbarer Energien: Um ausreichende Mengen Überschussstrom aus fluktuierenden erneuerbaren Energien für die Wasserstoffproduktion verfügbar zu bekommen, ist es erforderlich, dass der Gesetzgeber gleichzeitig die energie-, umwelt- und planungsrechtlichen Bremsen beim Ausbau erneuerbarer Energien löst, um das Zwischenziel des Koalitionsvertrags (2017-2021) für einen mindestens 65%igen Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis zum Jahr 2030 erreichen zu können. Nur für diesen Fall ergeben sich in regionalen Erzeugungsschwerpunkten von Wind- und Solarenergie hinreichend Stromüberschüsse, die in der Sektorenkopplung (z. B. für Power-to-Gas) genutzt werden können (Änderung EEG 2017, Artenschutzrecht im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und Verzicht auf bundeseinheitliche Abstandsregelungen bei der Windenergie).



6.2. Kooperationen fördern und Skaleneffekte generieren

Ein Schlüssel für die erfolgreiche Umsetzung der Roadmap und den großskaligen Roll-out von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien liegt in der interdisziplinären Kooperation verschiedener Akteure. Durch den Zusammenschluss von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft und die Bündelung von Kompetenzen entstehen neue Potenziale. Um Kooperationen zu fördern und den weiteren Ausbau der Wasserstoffwirtschaft im Rheinland aktiv voranzubringen, haben sich die Gebietskörperschaften der Städte Brühl, Hürth, Köln und Wesseling sowie des Rheinisch-Bergischen Kreises und des Rhein-Sieg-Kreises zur Region *H2R – Wasserstoff Rheinland* zusammengeschlossen. Im Rahmen der Feinkonzepterstellung haben wir gemeinsam mit den Akteuren neue Projektideen initiiert und Kooperationen gebildet.

Gemeinsame Errichtung einer Verteilinfrastruktur

Herausstechende kooperative Maßnahme ist die gemeinsame Planung einer Wasserstoffpipeline. Aktuell erfolgt der Transport von Wasserstoff in der Regel über die Straße per LKW-Trailer. Für eine effiziente Verbindung zwischen Erzeuger und Nutzer prüfen in dem Projekt HyPipCo renommierte Betreiber von Erdgas-Transport- und Verteilnetzen, ferner Erzeuger technischer Gase sowie Chemie- und Petrochemieunternehmen gemeinsam mit wissenschaftlichen Institutionen den Bau einer Pipeline für Wasserstoff im Großraum Köln (s. LOI C.3.1 bis C.3.15). Der Bau und die Inbetriebnahme des ersten Abschnitts der Pipeline stellen einen wichtigen Meilenstein unserer Roadmap dar.

Betreibermodelle für Wasserstofftankstellen

Auch beim Bau von Tankstellen werden Kooperationen gefördert. So können Risiken beim Aufbau der Infrastruktur verteilt werden. Eine komfortable Variante ist die Nutzung einer Wasserstofftankstelle im sog. Betreibermodell. Dabei stellt der Nutzer, z. B. ein Verkehrsunternehmen, üblicherweise eine entsprechende Fläche für den Bau der Tankstelle zur Verfügung. Der Betreiber der Tankstelle kümmert sich um die Errichtung und den Betrieb der Anlage (vgl. Abbildung 6-2).

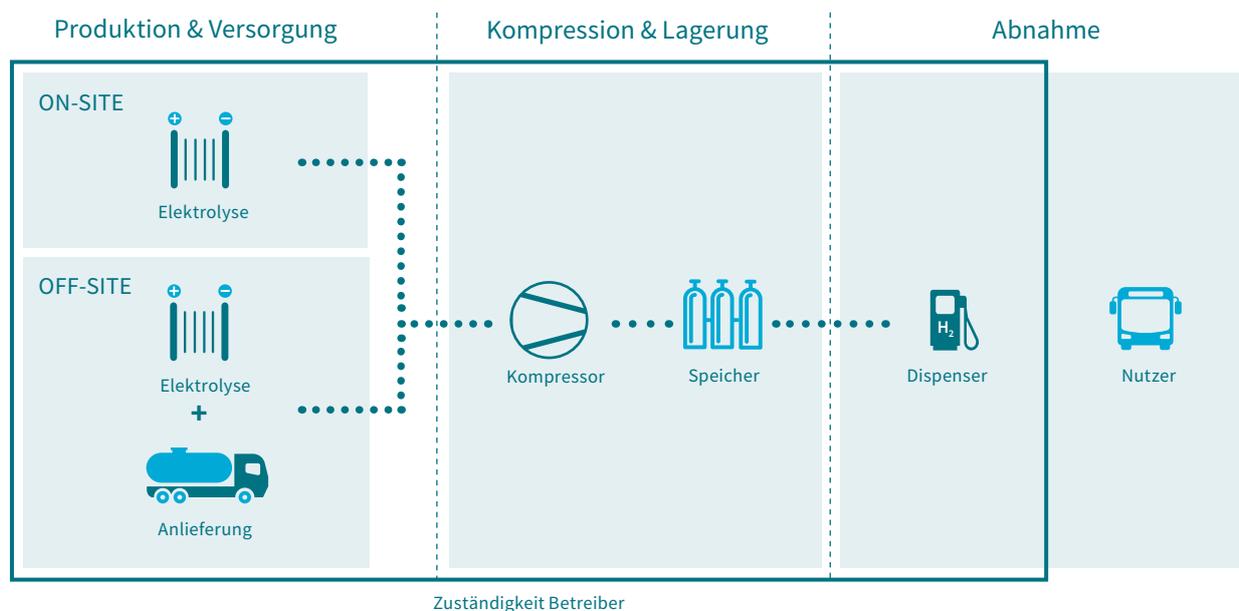


Abbildung 6-2 Vereinfachte Darstellung der Wasserstoffbereitstellung (On- und Off-site-Produktion) und des Verantwortungsbereichs im Betreibermodell (umrahmt)

Ein konkretes Beispiel für das Betreibermodell sind die Tankstellen der H2 Mobility. Der Zusammenschluss von Unternehmen wie Daimler und Linde ist verantwortlich für den flächendeckenden Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur in Deutschland zur Versorgung von BZ-PKW. Aktuell sind in unserer Region vier Tankstellen in Betrieb. Eine

weitere befindet sich im Bau und wird voraussichtlich dieses Jahr fertiggestellt. Nach den Plänen der H2 Mobility sollen in Deutschland bis 2023 – je nach Nachfrage – etwa 400 Wasserstofftankstellen eröffnen. Die öffentlichen Tankstellen können neben privaten PKW-Besitzern auch von regionalen Flottenbetreibern genutzt werden. So nutzt beispielsweise die RVK die Tankstelle am Flughafen Köln/Bonn im Regelbetrieb sowie die Tankstelle in Frechen als Backup-Lösung für ihre BZ-Busse. Für weitere in der Region geplante Bus- und Nutzfahrzeug-Tankstellen wird das Betreibermodell in Betracht gezogen. Interessierten H₂-Nutzern bietet die H2 Mobility Kooperationen zur Finanzierung der Infrastruktur (vgl. Abbildung 6-3).

DISKUSSIONS-GRUNDLAGE FINANZIERUNG	H₂ MOBILITY	PROJEKTPARTNER
	<ul style="list-style-type: none">› Übernimmt die Kosten für: den Bau der H₂ Tankstelle für PKW Betankung <p>(Grundkonfiguration: Verdichter, Vorkühlung, Speicher (200 kg), 700 bar Dispenser, anteilig Bauleistung)</p>	<ul style="list-style-type: none">› übernimmt die Mehrkosten für Erweiterung der 350 bar-Batankung› die Leitungswege und Leitungen für die 350 bar-Seite, sowie Indoor-Dispenser› Speicher- & Verdichter-Upgrade bei hohem H₂ Bedarf› Anteilig die Kosten für Wartung

Abbildung 6-3 Beispiel einer Kooperation mit der H2 Mobility [50]

Für die Projektierung einer Wasserstofftankstelle ist das Erfordernis der Anlagengenehmigung zu beachten. Der Aufwand richtet sich dabei nach der Größe der Tankstelle. Im Anhang zum Feinkonzept findet sich ein ausführliches Rechtspaper zur Genehmigungssituation H₂-Tankstelle, an dem sich Akteure orientieren können (siehe Abschnitt A.11.2).

Kooperative Beschaffung von BZ-Fahrzeugen

Die Beschaffung von BZ-Fahrzeugen gestaltet sich zum heutigen Zeitpunkt zum Teil komplex, da insbesondere im Bereich der Sonderfahrzeuge lediglich Prototypen existieren und die Produktion dieser wenigen Fahrzeuge kostenintensiv ist. Zur Stimulierung der Fahrzeugnachfrage und zur Generierung größerer Stückzahlen werden in der H2R-Region Möglichkeiten für kooperative Beschaffungen untersucht. Neben klassischen Leasingmodellen wie die Langzeitmiete, werden auch sog. Pay-per-Use-Modelle angedacht. Pay-per-Use steht für ein nutzungsabhängiges Leasingmodell, d. h. die Zahlung erfolgt entsprechend der Nutzung der Fahrzeuge. Bei beiden Varianten werden hohe Erstinvestitionen und somit Einstiegshürden vermieden. Die Fahrzeuge könnten durch eine klassische Fahrzeugvermietung, ein Joint Venture oder einen Förderverein angeschafft und angeboten werden. So bietet z. B. die Toyota Kreditbank bereits innovative und kostengünstige Miet- und Leasingmodelle an (vgl. Steckbrief B.100). Die H2 Energy hat ein Pay-per-Use-Konzept für die Beschaffung von 1600 BZ-LKW in der Schweiz entwickelt. Ein ähnliches Modell soll auch zur Beschaffung von ca. 500 BZ-LKW für Akteure des Zusammenschlusses *H2R – Wasserstoff Rheinland* entwickelt werden. Darüber hinaus ist ein Konzept für die gemeinschaftliche Anschaffung anderer Fahrzeuge wie Müllsammelfahrzeuge oder leichte Nutzfahrzeuge (3,5 Tonnen) in Überlegung.

Im Zuge der Projekte JIVE und JIVE 2 hat die RVK gemeinsam mit der Wuppertaler Stadtwerke GmbH BZ-Busse ausgeschrieben.

6.3. Neue Geschäftsmodelle für regionale Akteure entwickeln und fördern

Infolge eines wachsenden Marktes und der sich ändernden Rahmenbedingungen entstehen neue Geschäftsmodelle für Unternehmen in Wasserstoffherzeugung, Wasserstoffverteilung und Wasserstoffnutzung. Im folgenden Abschnitt werden exemplarisch einige mögliche Geschäftsmodelle vorgestellt.

Herstellung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien

Der steigende Technologiebedarf schafft neue Geschäftsmodelle für regionale Unternehmen im produzierenden Gewerbe. Dies gilt sowohl für die Hersteller von technischen Systemen wie Elektrolyseuren und Brennstoffzellensystemen als auch für deren Zulieferer. Hier werden auf regionaler und nationaler Ebene sehr große Potenziale zur Schaffung von Arbeitsplätzen gesehen. Aus diesem Grund wurde vom Bundeswirtschaftsministerium die Devise ausgegeben, dass Deutschland die Nummer 1 im Bereich Wasserstofftechnologien und Brennstoffzelle werden soll [51].

Erzeugung von Wasserstoff

Der regionale Wasserstoff in der Region *H2R – Wasserstoff Rheinland* soll zukünftig vorwiegend aus erneuerbaren Energien hergestellt werden. Der Einsatz von Elektrolyseuren hat das Potenzial, das Energiemanagement von Haushalten, Quartieren, Unternehmen, Industriestandorten und ganzen Energie- und Stromverteilnetzen zu optimieren. Entscheidend für ein wirtschaftliches Geschäftsmodell zur Erzeugung von Wasserstoff aus Elektrolyse sind die in Kapitel 6.1 beschriebenen regulatorischen Rahmenbedingungen. Exemplarisch werden nachfolgend mögliche Betriebs- und Geschäftsmodelle von Elektrolyseuren genannt.

- › Netzdienliche Speicherung von elektrischer Energie an neuralgischen Punkten:
- › Die netzdienliche Erzeugung von Wasserstoff kann Überschüsse elektrischer Energie ausgleichen. Der Wasserstoff kann entweder über Brennstoffzellen rückverstromt oder in anderen Sektoren wie der Mobilität verwendet werden. Dadurch ergeben sich insbesondere für Netzbetreiber, aber auch für Akteure auf dem Regelleistungsmarkt neue Absatzmärkte. Wie bereits in Kapitel 4.1.1 beschrieben, plant Innogy den großskaligen Einsatz von Elektrolyseuren an netzneutralen Punkten (siehe Steckbrief B.4 im Anhang).
- › Nutzung von Post-EEG-Anlagen:
- › Immer mehr Erneuerbare-Energien-Anlagen fallen aus der EEG-Vergütung heraus, so dass der Betrieb der Anlagen zunehmend unattraktiv wird. Hier kann die Erzeugung von Wasserstoff ein neues Geschäftsmodell bieten. Eine immer größere Rolle spielen in dem Zusammenhang sog. Power Purchase Agreements („Stromkaufvereinbarungen“, kurz PPA). Ein PPA ist ein Stromliefervertrag zwischen einem Stromproduzenten und einem Stromabnehmer. Mit einem PPA kann eine Anschlussfinanzierung für Anlagen, die aus der EEG-Förderung fallen, sicherstellen und dazu beitragen, dass Kosten für Betrieb und Wartung langfristig gedeckt werden können [52].

Verteilung und Vermarktung von Wasserstoff

Wie auch bei fossilen Kraftstoffen bieten die Verteilung und Vermarktung von Wasserstoff große ökonomische Potenziale. Insbesondere beim Bau von Tankstellen und der Bereitstellung von Wasserstoff, z. B. über Distributionskonzepte (vgl. LOI von Linde C.2.38), ergeben sich neue Geschäftsfelder für Akteure. Für die Projektierung einer Wasserstofftankstelle ist das Erfordernis der Anlagengenehmigung zu beachten. Der Aufwand richtet sich dabei nach der Größe der Tankstelle. Im Anhang zum Feinkonzept findet sich ein ausführliches Rechtspaper zur Genehmigungssituation H₂-Tankstelle, an dem sich Akteure orientieren können (siehe Abschnitt A.11.2 im Anhang). Im Rahmen der Errichtung und des Betriebs von Wasserstoffpipelines entstehen weitere Geschäftsfelder im Bereich der Überwachung von Anlagen wie beispielsweise durch Fujikura Technology Europe GmbH (vgl. LOI C.2.21 im Anhang).

Nutzung und Vertrieb von Brennstoffzellentechnologien

Sowohl auf Seiten der Nutzung als auch auf Seiten des Vertriebs von Brennstoffzellentechnologien ergeben sich neue Geschäftsmodelle. So bieten sich Geschäftsmodelle für Unternehmen im Fahrdienstleistungssektor, beispielsweise für Taxiunternehmen, Car-Sharing- und Ride-Sharing-Unternehmen (vgl. Steckbrief B.44 im Anhang), Busunternehmen (vgl. Steckbrief B.45, B.47 und B.48 im Anhang) und Transport- und Logistikunternehmen (vgl. Steckbrief B.50 im Anhang). Für Fahrzeughersteller und Unternehmen im Bereich Fahrzeugvermietung entstehen Geschäftsmodelle im Hinblick auf den Verkauf und die Vermietung von Fahrzeugen. Beispielsweise entwickeln e.Go Rex und Microcab Industries neue Fahrzeugkonzepte (vgl. Steckbrief B.69 und C.2.41 im Anhang).

Service und Wartung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien

Die Errichtung von zentralen Service- und Wartungsmöglichkeiten ist ein zentraler Aspekt für die Minimierung von Aufwand und Kosten bei der Fahrzeuginstandhaltung. Durch eine gemeinschaftliche Fahrzeugbeschaffung und -instandhaltung wird das Risiko der einzelnen Akteure reduziert. Zudem entstehen im Bereich Service und Wartung von Wasserstofftechnologien zusätzliche Geschäftsmodelle. In der Region ist in diesem Themengebiet u.a. durch die Firmen M+K Fahrzeugservice, TruckExpert, Ballard in Hürth und EMCEL viel Expertise vorhanden.

6.4. Finanzierungsmöglichkeiten und Förderprogramme erarbeiten

Die gesetzten Ziele zur großskaligen Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff erfordern hohe Investitionen. Neben klassischen Investitionen von Unternehmen und energiewirtschaftlichen Akteuren nehmen auch gemeinschaftliche Investitionen mit einer Vielzahl heterogener Investoren zu. Hier können sich u. a. privatwirtschaftliche Akteure wie Bürger*innen oder auch landwirtschaftliche Betriebe beteiligen. Das hat die positive Folge, dass die Wertschöpfung der Investitionen zum großen Teil in der Region bleiben [53].

Im Folgenden werden Finanzierungsmöglichkeiten für Projekte zur Erzeugung von Wasserstoff und zur Nutzung von Wasserstoff genannt:

- › Klassische Finanzierungen wie Kredite, Darlehen, Fonds:

Bei der Finanzierung von regionalen Wasserstoffprojekten gibt es klassische Modelle wie Kredite und Darlehen. Hier bietet die Kreissparkasse Köln (KSK) an, die Partner des Zusammenschlusses *H2R – Wasserstoff Rheinland* bei der Umsetzung ihrer Projekte zu unterstützen. Möglich ist die Platzierung ökologischer Investments z. B. in Form von Sparbriefen, Inhaberschuldverschreibungen und Wasserstofffonds. (vgl. Steckbrief B.87. im Anhang).

- › Bürgerenergie:

Bei erneuerbaren Energien liegt die Finanzierung häufig in Bürgerhand. Dadurch können nicht nur Investitionen auf verschiedene Akteure aufgeteilt werden, es steigt auch die Akzeptanz gegenüber den Technologien und der Energiewende [54]. Gängig ist die Gründung von Bürgerenergie-Gesellschaften oder Genossenschaften. Hieraus lassen sich auch Möglichkeiten zur Finanzierung von Wasserstoffprojekten ableiten. Beispielsweise für den Bau von Windparks mit Elektrolyse. Die Bedeutung von Akzeptanz und Beteiligung wird in Kapitel 7 dargestellt.

Ein erfolgreiches Beispiel der Entwicklung neuer Finanzierungsmodelle und Strategien ist das Leasingmodell der Toyota Kreditbank (TKG) (vergleiche Steckbrief B.100 im Anhang): Als ein Kölner Unternehmen steht die TKG diesbezüglich im engen Austausch mit den Partnern von *H2R – Wasserstoff Rheinland*. Bereits heute bietet sie ein Leasing für den brennstoffzellenbetriebenen Toyota Mirai an und ermöglicht so einen einfachen Zugang zur Wasserstofftechnologie in PKW für Privatpersonen und gewerbliche Kunden. In der Zukunft will die TKG innovative Leasing- und Finanzierungslösungen auch für andere Wasserstofffahrzeuge auf den Markt bringen, u. a. für BZ-Busse.

Weitere Informationen zum Thema Finanzierung und zu möglichen Geschäftsbereichen für die Energiewende sind auf der Website der Energieagentur NRW zu finden [55].

FÖRDERPROGRAMM	FÖRDERGEBER	ART	GEGENSTAND	BESCHREIBUNG
Elektrobusförderung nach dem ÖPNVG		Investitionszuschuss		Beschaffung von batterieelektrischen und wasserstoffbetriebenen Linienbussen, Lade- und Tankinfrastruktur und erforderliche spezifische Werkstatteinrichtungen.
Förderung von energieeffizienten und/oder CO2-armen schweren Nutzfahrzeugen in Unternehmen des Güterkraftverkehrs		Investitionszuschuss		Anschaffung von Lkw und Sattelzugmaschinen, die für den Güterverkehr bestimmt sind (> 7,5t) und in Serie produziert werden (in einem EU-Mitgliedstaat). Die Umrüstung von Diesel- auf Elektromotor wird ebenfalls gefördert
Umweltbonus (Kaufprämie Bund)		Investitionszuschuss		Kauf, Leasing von neuen und gebrauchten Brennstoffzellenfahrzeugen. Fahrzeuge müssen auf der Liste des BAFA stehen. Eine zusätzliche „Innovationsprämie“ verdoppelt ab sofort den staatlichen Anteil. Kombinierbar mit der NRW Kaufprämie.
progres.NRW – Emissionsarme Mobilität (Kaufprämie NRW)		Investitionszuschuss Studien / Beratung		Erwerb, Leasing oder Langzeitmiete von Elektro- und BZ-Fahrzeugen (2,3 t bis 7,5 t) und deren Infrastruktur, Beratung, Konzepte, Studien und Analysen zur Elektromobilität. Kombinierbar mit dem Herstelleranteil der Umweltboni.
Marktaktivierung im Rahmen des NIP II *		Investitionszuschuss Studien / Beratung		Gefördert werden sollen BZ-Busse und Nfz mit bis zu 80 %, Züge mit bis zu 40 % der Mehrkosten. Tankstellen und on-site-Elektrolyseure mit bis zu 40 %. Zudem sollen Machbarkeitsstudien im Wert von bis zu 100.000 € zu ca. 50 % gefördert werden.
progres.nrw – Programmbereich Innovation		Forschung & Entwicklung Studien / Beratung		Vorhaben der Forschung und Entwicklung (zu Brennstoffzellen), Demonstrationsvorhaben und Pilotprojekte, Vorhaben in anderen Energiethemengebieten, Durchführbarkeitsstudien.
Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU)		Forschung & Entwicklung Studien / Beratung		Ideen und Forschung im Bereich Brennstoffzellensysteme: Effizienteren ökologischen und wirtschaftlichen Nutzen schaffen, höhere Wirkungsgrade bei Materialeinsparung erzielen.
Forschungsförderung im 7. Energieforschungsprogramm ‚Innovationen für die Energiewende‘		Investitionszuschuss Studien / Beratung		Systemübergreifende Forschungsthemen der Energiewende, Energienutzung und -bereitstellung, Systemintegration, Energiewende im Verkehr. Erprobung und Demonstration innovativer Konzepte und Geschäftsmodelle.
Fuel Cell and Hydrogen 2 Joint Undertaking (FCH 2 JU)		Forschung & Entwicklung Studien / Beratung		Steigerung der Effizienz bei der Finanzierung von Projekten, wettbewerbsfähige Brennstoffzellen- und Wasserstoffbranche schaffen.
Maßnahmen der Forschung, Entwicklung und Innovation – Schwerpunkt Nachhaltige Mobilität		Forschung & Entwicklung		Innovative Produkte im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Einzel- und Verbundvorhaben zur Demonstration, Innovation und Marktvorbereitung für fahrzeugseitige Technologien und Systeme sowie die jeweils Kraftstoffinfrastruktur.

Abbildung 6-4 Ausgesuchte Förderprogramme zum Thema Wasserstoff (1/2)¹⁰

¹⁰ Anmerkung: Die aktualisierte Förderrichtlinie zu „Marktaktivierung im Rahmen des NIP II“ ist zum Zeitpunkt der Konzepterstellung noch nicht veröffentlicht und ist aus diesem Grund ausgegraut und mit einem Stern „*“ gekennzeichnet.

FÖRDERPROGRAMM	FÖRDERGEBER	ART	GEGENSTAND	BESCHREIBUNG
NRW.Bank.Elektromobilität		Kredit		Erwerb von Fahrzeugen ohne Verbrennungsmotor, Investitionen im Zusammenhang mit Elektromobilität, Forschung und Entwicklung im Bereich Elektromobilität, Umrüstung von Fahrzeugen auf elektrische Antriebe.
KfW-Umweltprogramm Programmnr. 240/241		Kredit		Anschaffung von Elektro-, Hybrid- und Brennstoffzellenfahrzeugen sowie umweltfreundlicher Schienen- und Wasserfahrzeuge und die entsprechende Lade- bzw. Tankinfrastruktur.
Erneuerbare Energien – Standard & Premium		Kredit		Maßnahmen zur Systemintegration von erneuerbaren Energien sowie Speichertechnologien und KWK Anlagen.
Klimaschutzoffensive für den Mittelstand		Kredit		Investitionen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen, Investitionen in die Errichtung, den Erwerb sowie die Modernisierung von Anlagen im Bereich erneuerbarer Energien.
Energieeffizient Bauen und Sanieren-Zuschuss Brennstoffzelle		Kredit		Einbau von stationären Brennstoffzellensystemen (0,25 kWel < Pel < 5 kWel) in neue oder bestehende Gebäude.

Abbildung 6-5 Ausgesuchte Förderprogramme zum Thema Wasserstoff (2/2)

Zur Förderung von Wasserstoffprojekten existieren zahlreiche Förderprogramme auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene. Dabei unterscheidet sich die Art der Förderung je nach Vorhaben. Grundsätzlich decken die Förderrichtlinien von der Forschung und Entwicklung über Studien und Beratungsprogramme bis hin zu Investitionszuschüssen und Krediten alle Projektbereiche ab. Abbildung 6-4 listet die wichtigsten Förderrichtlinien und Programme zum Thema Wasserstoffmobilität auf. Neben dem Fördergeber und der Art der Förderung werden auch die Fördergegenstände dargestellt.

Auf Bundesebene koordiniert die NOW GmbH die Förderprogramme der verschiedenen Ministerien. Auf Landesebene gibt u. a. die Energieagentur.NRW ausführliche Auskünfte über Förderprogramme. Für die Beratung zu Förderrichtlinien oder konkreten Vorhaben empfiehlt sich eine direkte Abstimmung mit diesen Stellen oder mit dem Zusammenschluss *H2R – Wasserstoff Rheinland*.

6.5. Wissen multiplizieren und kommunizieren

Für die Umsetzung von *H2R – Wasserstoff Rheinland* sind Wissensmanagement und Begleitforschung von zentraler Bedeutung. Das für die H2R-Region konzipierte Wissensmanagement ermöglicht zielgruppendifferenziert die strukturierte Ablage und den effizienten Zugriff auf innovationsrelevantes Wissen und fördert die Zusammenarbeit von Stakeholdern bei der Initiierung und Umsetzung von Wasserstoff- und Brennstoffzellenprojekten. Die Begleitforschung analysiert einerseits die globalen Fortschritte während der Umsetzung von H2R, und spricht andererseits vielfältige, spezifische Forschungsfragen des Feinkonzepts an. Beide Arbeitsstränge stärken den Wissensfundus der beteiligten Akteure und schaffen nach innovationswissenschaftlichen Erkenntnissen unabdingbare Voraussetzungen für erfolgreiche Innovation.

Das Wissensmanagement im Rahmen von H2R umfasst drei zentrale Komponenten:

- 1) Die Website des Zusammenschlusses *H2R – Wasserstoff Rheinland* stellt unter der Adresse www.wasserstoff-rheinland.de umfassende Informationen bereit. Sie ermöglicht Öffentlichkeit und Stakeholdern einen

barrierefreien Zugriff auf das nicht mit Vertraulichkeitsvorbehalten belegte Wissen relevanter Akteure. Der Internetauftritt beinhaltet z. B. Steckbriefe der H2R-Projekte und die Veröffentlichungen, einschließlich des eigentlichen Feinkonzepts und dessen tiefgehenden Analysen von abgeschlossenen Vorhaben (z. B. der Lessons Learned). Die Website soll dauerhaft unterhalten werden. Sie kann entsprechend neu aufkommender Ansprüche im Bereich des Wissensmanagements erweitert und z. B. um einen geschlossenen Bereich für den vertraulichen Austausch zwischen Projektakteuren ergänzt werden.

- 2) Das in Kapitel 7 vorgestellte Kommunikations- und Akzeptanzkonzept beinhaltet diverse Elemente und Anknüpfungspunkte hinsichtlich des Wissensmanagements: Im Besonderen sind Aufarbeitung und Kommunikation bestehenden Wissens gegenüber Öffentlichkeit und Stakeholdern, wie auch die Gewinnung neuen Wissens im Austausch zwischen Akteuren und im Hinblick auf die erfolgreiche Umsetzung von H2R geplant. Während die Ablage und der Abruf von Wissen nicht im Fokus des Kommunikations- und Akzeptanzkonzepts stehen, lassen sich diese Funktionen etwa durch Erweiterung der bestehenden Website oder durch Nutzung des nachfolgend geschilderten Ansatzes einfach realisieren.
- 3) Das Projekt H2PRO3 wurde bereits als Element der Roadmap in Kapitel 4.1.4 vorgestellt. Unter Federführung von HyCologne wird eine webbasierte Plattform für Anbieter, Nutzer und weiterer Stakeholder im Bereich wasserstoffbasierter Energie- und Mobilitätstechnologien entwickelt. H2PRO3 bündelt die Erfahrungen aus anwendungsbezogenen sowie F&E-Projekten mit Know-how aus Wissenschaft, Wirtschaft und Kommunen, um die Machbarkeit und Marktchancen der – auch vom Zusammenschluss *H2R – Wasserstoff Rheinland* unterstützten – Technologien zu belegen. Durch die Vernetzung von Stakeholdern aus allen relevanten Bereichen wird die Kommerzialisierung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien vorangetrieben. Speziell im Hinblick auf Wissensmanagement wird eine digitale Plattform entwickelt, die z. B. deutsche und internationale Forschungsergebnisse wie auch Projekterfahrungen zusammenträgt, Unternehmens- und Vorhabenssteckbriefe bereitstellt und ein umsetzungsbezogenes, passendes Zusammenkommen („Matching“) potenzieller Projektpartner ermöglicht. Das in dem Projekt H2PRO3 gebündelte Wissen wird nachfragegerecht aufbereitet und dem Nutzer als maßgeschneidertes Angebot zur Verfügung gestellt. Nach unserer Einschätzung könnte H2PRO3 eine gute Grundlage für das Wissensmanagement der fortschreitenden H2R-Aktivitäten liefern und sollte die Neuentwicklung eines speziellen Tools überflüssig machen.

Die Planungen zur Durchführung der Begleitforschung auf globaler Ebene wurden bereits anhand eines Steckbriefs konkretisiert und zielen auf einen Abgleich der strategischen Ziele des Feinkonzepts mit den tatsächlichen Umsetzungserfahrungen ab. Das noch weiter zu detaillierende Vorhaben soll laufend die Fortschritte von *H2R – Wasserstoff Rheinland* analysieren und mit Blick auf die globalen Entwicklungen in Forschung und Praxis Wege zur Optimierung des Umsetzungskonzepts aufzeigen. Mehrere verwandte Steckbriefe gelten z. B. der Schaffung einer Professur zum Thema Wasserstoff-Systemtechnik sowie der Einrichtung der Kompetenz- und Wasserstoffzentren, wobei diese Stellen regelmäßig auch Fragen der Begleitforschung adressieren. Weitere Steckbriefe widmen sich spezifischeren Forschungsfragen zu unterschiedlichen Aspekten der Begleitforschung. Schließlich listet Tabelle A-12 eine Reihe vergleichsweise detaillierter Fragen auf, etwa zur Ausgestaltung des Transformationspfades weg von erdgasbasiertem bzw. Nebenproduktwasserstoff und hin zu grünem Wasserstoff, oder zur optimalen Auslegung von Wasserstoffinfrastrukturen. Während bereits heute diverse Fragestellungen der Begleitforschung vorliegen, werden zukünftig absehbar andere, neue Themen relevant werden, deren Erforschung maßgeblich zum Erfolg von *H2R – Wasserstoff Rheinland* beitragen soll.

Ergebnisse und Handlungsempfehlungen



- › Kooperationen zwischen Akteuren stimulieren die Fahrzeugnachfrage und können bspw. bei einer gemeinschaftlichen Anschaffung zum Erreichen von Skaleneffekten beitragen. Kooperationsmodelle reduzieren die Risiken für Akteure und bilden die Grundlage für neue Geschäftsmodelle.
- › Um eine attraktivere Nachfragesituation für die Anbieter von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen zu schaffen, wollen wir die in unserer Region operierenden kommunalen Unternehmen dabei unterstützen, ihre Bedarfe zu bündeln. Damit verbessern wir auch die Voraussetzungen für privatwirtschaftliche Unternehmen wie Logistik- und Speditionunternehmen sowie Mobilitätsdienstleister.
- › Marktanzreizprogramme sind kurz- und mittelfristig zweckmäßig, um die Fertigung anzukurbeln und wirtschaftliche Skaleneffekte zur Kostenreduktion zu beschleunigen.
- › Das unternehmerische Risiko kann weiterhin durch Finanzierungsangebote und Fördermaßnahmen gesenkt und somit die Bereitschaft für Investitionen gesteigert werden. Auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene existieren Förderprogramme zur Finanzierung von Beschaffung, Beratung sowie Forschung und Entwicklung.
- › Wir ermutigen lokale Akteure, auf Wasserstoffanwendungen zugeschnittene Finanzierungsmöglichkeiten und -modelle anzubieten.
- › Die Multiplikation und Kommunikation des generierten Wissens über die Homepage von *H2R – Wasserstoff Rheinland* und das detailliert ausgearbeitete Akzeptanz- und Kommunikationskonzept sowie die Maßnahmen lokaler Akteure bilden die Grundlage für eine erfolgreiche Umsetzung.



7. Akzeptanz gegenüber Wasserstoff: Akzeptanzstärkung durch Kommunikation

Die Akzeptanz von Nutzern und Betroffenen ist eine wesentliche Voraussetzung für den Markterfolg neuer Technologien. Die hier vorgestellten zentralen Elemente des für *H2R – Wasserstoff Rheinland* entwickelten Kommunikations- und Akzeptanzkonzepts gehen von starken Wechselwirkungen zwischen Akzeptanz, Kommunikation und Beteiligung aus: Akzeptanz erfordert eine positive Grundeinstellung gegenüber der neuen Technologie, die durch Kommunikation gestärkt werden kann. Dies bedeutet Aufklärung: Die Akteure von *H2R – Wasserstoff Rheinland* bringen der Öffentlichkeit und den Entscheidungsträgern die Chancen des Wasserstoffs nahe und erkunden Wege der Technologienutzung. Eine wirkliche Technologieaneignung findet jedoch erst dann statt, wenn die Innovation konkrete Vorteile für Nutzer und Betroffene bietet. Die Beteiligung der Öffentlichkeit in Form einer kommunikativen Einbindung kann Akzeptanz stärken und wird weiter unten diskutiert. Darüber hinaus haben sich wirtschaftliche Beteiligungskonzepte als Mittel der Akzeptanzsteigerung bereits im Bereich der Windenergie bewährt. Sie werden hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf Wasserstoff in der Langfassung dieses Kapitels im Anhang A.10 analysiert.

7.1. Wissenschaftliche Befunde zur Akzeptanz gegenüber Wasserstoff und Brennstoffzellen

Die Akzeptanz gegenüber Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien wurde in zahlreichen internationalen Studien und Projekten untersucht. Die Forschungsergebnisse werden in der Langfassung des vorliegenden Kapitels dargestellt und nachfolgend nur zusammenfassend vorgestellt. Grundsätzlich wird zwischen Einstellungsakzeptanz, die hier einer Grundeinstellung gegenüber *H2R – Wasserstoff Rheinland* gleichkommt, und Handlungsakzeptanz, die die Grundeinstellung in eine handlungsleitende Haltung überführt, unterschieden. Handlungsakzeptanz begünstigt konkrete Schritte einer aktiven Technologieaneignung wie den Kauf von Brennstoffzellenfahrzeugen [56] [57]. Die Einstellungsakzeptanz gegenüber Wasserstoff und Brennstoffzellen ist insgesamt hoch: Insbesondere werden die Umweltfreundlichkeit, die Möglichkeit der Speicherung von Überschussstrom sowie die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Technologie geschätzt; negative Einschätzungen, z. B. hinsichtlich der Sicherheit, bestehen kaum. Die positive Grundeinstellung ist allerdings noch nicht mit einer handlungsleitenden Akzeptanz gleichzusetzen [58]. Der Literatur zufolge ist die Handlungsakzeptanz eher gering: Nur wenige Privatkunden sind beispielsweise bereit, die Umweltvorteile „grüner“ Wasserstoffmobilität mit nennenswerten Mehrkosten zu honorieren oder Nachteile wie mangelnde Verfügbarkeit von Wasserstofftankstellen zu akzeptieren. Bei gewerblichen Betreibern von Fahrzeugflotten, die alle Entscheidungen mit harten und vor allem wirtschaftlichen Argumenten rechtfertigen müssen, ist die Aufpreisbereitschaft noch geringer. Andererseits ist eine Handlungsakzeptanz gegenüber Wasserstofftankstellen und anderen Infrastrukturen insofern gegeben, als auch auf Seiten der Anwohner kaum Vorbehalte bestehen [59]. Als Mittel der Akzeptanzsteigerung empfiehlt die Literatur eine Ausweitung der Öffentlichkeitsarbeit und insbesondere eine umfassende kommunikative Einbindung von Nutzern und Betroffenen.

7.2. Akzeptanzsteigerung durch Kommunikation und Beteiligung

Nachfolgend wird ein eigenständiges Kommunikations- und Akzeptanzkonzept für *H2R – Wasserstoff Rheinland* vorgestellt. Das Konzept basiert auf der oben angeführten Literatur. Es zielt darauf, die Inhalte des Feinkonzepts H2R möglichst greifbar zu kommunizieren sowie Wege zur Steigerung von Einstellungs- und Handlungsakzeptanz aufzuzeigen. Es soll die erfolgreich laufenden Kommunikations- und Akzeptanzaktivitäten einzelner Gebietskörperschaften und Akteure der Wertschöpfungskette nicht ersetzen. Vielmehr soll es dazu anregen, die Aktivitäten noch

besser zu koordinieren und in ein auf der Regionsebene abgestimmtes Gesamtkonzept zu integrieren. Der Fokus sollte klar auf der Region liegen und Kommunikations- und Akzeptanzstrategien für den Zusammenschluss *H2R – Wasserstoff Rheinland* als Ganze konzipieren und umsetzen.

Bei der Ausgestaltung des Kommunikations- und Akzeptanzkonzepts wird zwischen verschiedenen Zielgruppen mit spezifischen Informationsbedürfnissen und Anforderungen hinsichtlich der Gewinnung von Einstellungs- und Handlungsakzeptanz unterschieden. Das Konzept differenziert zwischen den beiden übergeordneten Zielgruppen bzw. den Obergruppen „Öffentlichkeit und Politik“ und „Akteure der Wertschöpfungskette“, die jeweils weiter in Zielgruppen bzw. Untergruppen unterteilt werden. Wie in Tabelle 7-1 dargestellt, reicht das Spektrum der Untergruppen von der Öffentlichkeit bis zu den im Bereich der Wasserstoffnutzung tätigen Unternehmen.

Tabelle 7-1 Adressaten, Ziele und Botschaften des Kommunikations- und Akzeptanzkonzepts

OBERGRUPPE	Öffentlichkeit und Politik		Akteure der Wertschöpfungskette				
	Zielgruppe	Öffentlichkeit	Politik	H ₂ -Wissen	H ₂ -Erzeugung	H ₂ -Verteilung	H ₂ -Nutzung
Beispiele für Zielgruppen	Bürger, Busnutzer, Tankstellenanwohner	Land NRW, nicht an H ₂ R beteiligte Gebietskörperschaften	Wissenschaftliche Institute, Hochschulen	Elektrolysebetreiber, Lieferanten Nebenproduktwasserstoff	Betreiber von H ₂ -Pipelines, Trailern und Tankstellen	Kommunale Verkehrsbetriebe und Fuhrparks	
Angestrebte Steigerung	Einstellungsakzeptanz	Einstellungs- / Handlungsakzeptanz	Handlungsakzeptanz	Handlungsakzeptanz	Handlungsakzeptanz	Handlungsakzeptanz	
Art der Information	Primär weiche Fakten	Weiche und harte Fakten	Primär harte Fakten	Primär harte Fakten	Primär harte Fakten	Primär harte Fakten	

7.3. Kommunikation gegenüber Öffentlichkeit und Entscheidungsträgern

Für den Bereich der eigentlichen Kommunikation wird ein Umsetzungsplan für die Jahre 2020 bis 2023 erstellt. Die „Öffentlichkeit“ tritt überwiegend in Gestalt passiver Technologiebeobachter bzw. -nutzer auf und sollte mit der Zielsetzung, die Einstellungsakzeptanz zu steigern, über die Vorteile einer Region mit Wasserstoffinfrastruktur informiert werden. Mit „Politik“ sind insbesondere die nicht am H₂R-Zusammenschluss beteiligten politischen Akteure auf der NRW-Landesebene und der Ebene von Städten und Kommunen gemeint. Die Politik tritt insoweit als passiver Technologiebeobachter bzw. -nutzer auf, als kein Kontakt zu dem Vorhaben H₂R besteht, und sollte zunächst mit Blick auf die Steigerung der Einstellungsakzeptanz angesprochen werden. Sobald aber Entscheidungsbefugnisse ins Spiel kommen, ist auch eine Steigerung der Handlungsakzeptanz anzustreben. Alle Zielgruppen im Bereich „Akteure der Wertschöpfungskette“ sind primär mit konkreten Maßnahmen der Technologieaneignung befasst und sollten mit Blick auf die Steigerung der Handlungsakzeptanz angesprochen werden.

Die Art der kommunizierten Informationen ist an die gewünschte Akzeptanzsteigerung anzupassen: Geht es um die Einstellungsakzeptanz der Öffentlichkeit, ist primär die Vermittlung weicher Fakten zu empfehlen. Hier sollten die Adressaten gemäß der Devise „Information und Emotion“ eher plakativ mit emotional gefärbten Botschaften angesprochen werden, die z. B. bei jüngeren Menschen die „Coolness“ von Wasserstoff und bei Älteren z. B. die Geräuscharmheit von Brennstoffzellenbussen betonen. Die emotionale Ansprache ist durch leicht verständliche Einstiegsinformationen über *H2R – Wasserstoff Rheinland* zu vertiefen. Inhaltlich sollten die oben identifizierten

Themen Umweltfreundlichkeit, Möglichkeit zur Speicherung von Überschussstrom und die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff und Brennstoffzellen im Vordergrund stehen. Diese Themen erfahren generell eine hohe Akzeptanz, so dass deren Kommunikation auch bei H2R zur Steigerung der Einstellungsakzeptanz führen sollte. Auf H2R abgestimmte Leitbotschaften stärken den regionalen Bezug: So könnte z. B. die Vision eines graduellen Übergangs von der heutigen Nutzung des kostengünstigen Nebenproduktwasserstoffs zur zukünftigen Verwendung grünen Wasserstoffs vorgestellt werden. Sobald jedoch Handlungsakzeptanz gestärkt werden soll, wird die Vermittlung harter Fakten zentral. Hier werden Entscheidungsträger mit Blick auf konkrete Maßnahmen der Technologieaneignung angesprochen, die zur Entscheidungsfindung und -rechtfertigung tiefgehender und belastbarer Informationen bedürfen. Insbesondere sind hier funktionelle, ökologische, ökonomische und regulative Faktoren zu kommunizieren. Beispielsweise sind bei der Beschaffung von Bussen Rechtsakte der Europäischen Union ebenso wie Gesamtbetriebskosten entscheidungsrelevant. Sollte sich die Gesamtbilanz der harten Fakten bezüglich einer im H2R-Feinkonzept vorgeschlagenen Maßnahme als vorteilhaft erweisen, ist mit dem Entstehen von Handlungsakzeptanz und Technologieaneignung zu rechnen. Im Falle einer nachteilhaften Gesamtbilanz können zumindest die Handlungsnotwendigkeiten für eine Verbesserung der Bedingungen einer Technologieaneignung identifiziert werden. Gelingt später eine solche Verbesserung, ist der Eintritt von Handlungsakzeptanz zu erwarten.

Für die Ansprache der Öffentlichkeit und den nicht mit dem H2R-Zusammenschluss befassten Teilen der Politik steht eine breite Palette von Kommunikationsmaßnahmen zur Verfügung. Bereits implementiert wurden eine Website und ein Flyer. Die Website *H2R – Wasserstoff Rheinland* stellt unter www.wasserstoff-rheinland.de umfassende und ständig aktualisierte Informationen bereit. Sie dient damit als erster Informationszugang für den H2R-Zusammenschluss. Der Flyer *H2R – Wasserstoff Rheinland* fasst zentrale Inhalte zusammen. Darüber hinaus sind öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen zu empfehlen und werden in Tabelle 7-2 skizziert. Jüngere Adressaten der Öffentlichkeitsarbeit sollten primär über das Internet bzw. soziale Medien angesprochen werden [60]. Beispielsweise könnten zukünftig Kanäle wie YouTube und Instagram genutzt oder eine Zusammenarbeit mit Influencern gesucht werden. Über die Bereitstellung von Informationen hinaus wird ein interaktiver Austausch zwischen den Akteuren des H2R-Zusammenschlusses und der Öffentlichkeit möglich. Ältere Adressaten sind eher über klassische Medien wie Zeitungen, Zeitschriften, Fernsehen und Radio zu erreichen. Daher sollten Journalisten regelmäßig über die Fortschritte des H2R-Vorhabens informiert und die Öffentlichkeit mit aktualisierten Printmedien versorgt werden.

Tabelle 7-2 Beispiele für öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen

Klassisches Veranstaltungsformat

- › 50 bis 100 Teilnehmer
- › Kostenloser Zugang für die Öffentlichkeit
- › Vorträge, Exponate, Probefahrten
- › Information und Emotion
- › Mehrstündige Veranstaltung
- › Örtlichkeit mit H2R-Bezug



Für die Kommunikation gegenüber Entscheidungsträgern sind auf geringere Teilnehmerzahlen, tiefgehende Informationsgehalte sowie größere Dialoganteile gemünzte Formate geeignet. Die Akteure aus Politik und Wertschöpfungskette sind besser informiert und an spezifischeren, umsetzungsbezogenen Fragestellungen interessiert: So sind z. B. nicht die ökologischen Vorteile von Brennstoffzellenfahrzeugen im Allgemeinen, sondern an Gebietskörperschaften gerichtete Beschaffungsvorgaben für emissionsfreie Nutzfahrzeuge relevant. Zur Kommunikation und Diskussion derartiger Sachverhalte werden Stakeholder-Tage und Workshops empfohlen. Hier werden geladene Teilnehmer über die Entwicklung von *H2R – Wasserstoff Rheinland* und dessen Chancen für verschiedene Akteursgruppen informiert. So könnte z. B. über Beschaffungsinitiativen berichtet und Optionen einer Einbindung zusätzlicher Akteure diskutiert werden.

7.4. Vorbereitungen zur bedarfsorientierten Kommunikation

Über die Bedarfe und Kanäle der regulären Kommunikation hinaus ist der Sonderbereich bedarfsorientierter Kommunikation abzudecken. Er betrifft nicht im Detail vorhersehbare Kommunikationserfordernisse, welche insbesondere im Falle unerwarteter starker Opposition gegenüber Maßnahmen von *H2R – Wasserstoff Rheinland* oder beim Eintritt von Unfällen eine sofortige Reaktion erfordern. Beispielsweise könnten sich Bürgerinitiativen über Wasserstoffanlagen formieren, denn letztlich sind Explosionen auf Tankstellen wie bei klassischen Tankstellen mit Benzin und Diesel nicht zu 100 Prozent auszuschließen. Aufgrund der Unvorhersehbarkeit können keine konkreten Abwehrmaßnahmen geplant, sondern nur generische Vorkehrungen für eine akzeptanzsichernde Kommunikation getroffen werden. Es ist von zentraler Bedeutung, mögliche Kritikpunkte an den Maßnahmen von H2R vorab zu identifizieren und Argumentationslinien zur Entkräftung der Vorbehalte zu entwickeln bzw. den Vorbehalten mit Anpassungen zu begegnen. Daher sollte bereits früh im Planungsprozess der Öffentlichkeit eine Möglichkeit zur Mitwirkung gegeben werden. Analog ist es wichtig, Handlungspläne für die Krisenkommunikation bei Unfällen vorzubereiten, die z. B. Ansprechpartner sowie relevante Kommunikationsbotschaften und -kanäle definieren [60]. Unabdingbar ist die Analyse vergangener Kommunikationsverläufe z. B. im Falle der Opposition gegen eine Elektrolyseanlage in Deutschland und nach einer kleinen Explosion auf einem Tankstellengelände in Norwegen [61] [62].

Die Argumentationslinien und Handlungspläne werden für die Akteure des H2R-Zusammenschlusses entwickelt, aber nur im Bedarfsfall genutzt. Das Zielpublikum variiert je nach Anlass und kann nur näherungsweise durch Vorabanalyse möglicher Opponenten und Risiken identifiziert werden. Vorbehalte sind gemäß bisheriger Erfahrungen noch am ehesten bei Anwohnern von Wasserstofftankstellen zu erwarten; die wenigen Unfälle kleineren Ausmaßes blieben bisher auf einzelne Anlagen beschränkt [59] [62]. Daher sind Anlagenanwohner als primäre Zielgruppe der bedarfsorientierten Kommunikation zu betrachten. Angesichts ihrer direkten Betroffenheit sollte die Kommunikation auf eine Steigerung der Handlungsakzeptanz zielen. Im Bedarfsfall sollten harte Fakten vermittelt werden, da Opponenten üblicherweise gut informiert und bei Unfällen ausschließlich belastbare Aussagen relevant sind. Das Thema Sicherheit sollte nur im Rahmen der bedarfsorientierten Kommunikation abgehandelt werden, da Wasserstoff und Brennstoffzellen im Allgemeinen nicht als risikobehaftet wahrgenommen werden und durch eine fortlaufende Zertifizierung durch technische Prüfdienste auch so einzuschätzen sind.

Als Kanäle der bedarfsorientierten Kommunikation sollten neben den klassischen Informationsträgern auch soziale Medien genutzt werden, da diese insbesondere bei Unfällen schnell und wirkungsvoll zur Meinungsbildung beitragen [63]. Analog zur regulären Kommunikation sind die Grundsätze von Frühzeitigkeit, Offenheit, Ehrlichkeit, Transparenz und Dialogorientierung zu beachten [60]. Generell gilt auch hier die möglichst umfassende Beteiligung von Betroffenen als das beste Mittel gegen die Entstehung starker Opposition.

7.5. Akzeptanzmonitoring und -management

Das Handlungsfeld Akzeptanz ist eng mit dem skizzierten Kommunikationskonzept verwoben: Während eine positive Kommunikation insbesondere die Einstellungsakzeptanz der Öffentlichkeit gegenüber der H2R-Initiative zu steigern vermag, kann auf der Basis regelmäßiger Akzeptanzerhebungen die Wirksamkeit der Kommunikation überprüft und das Vorgehen optimiert werden. Andererseits kann Kommunikation Handlungsakzeptanz nur insoweit steigern, als dass die Botschaften konkrete Vorteile an die angesprochenen Entscheidungsträger vermitteln. Nichtsdestotrotz können auf der Grundlage von Akzeptanzerhebungen Kommunikationsstrategien optimiert und bei Antreffen einer unbefriedigenden Handlungsakzeptanz die zugrundeliegenden Probleme identifiziert und nach Möglichkeit beseitigt werden.

Aufgrund der engen Verbundenheit von Kommunikation und Akzeptanz sind die Grundbegriffe beider Teile des übergreifenden Konzepts identisch. Die in Tabelle 7-1 aufgestellten Kategorien Zielgruppen, Art der Informationen

etc. werden ebenso wie die anschließend identifizierten Kommunikationsmaßnahmen und -kanäle in die vertiefende Diskussion des Handlungsfelds Akzeptanz überführt. Gegenüber dem Bereich Kommunikation sind die Ausführungen zur Akzeptanz weniger konkret: Statt auf kurzfristig umsetzbare Maßnahmen wird der Schwerpunkt auf die Entwicklung einer bis zum Jahr 2035 anzuwendenden Methodik gelegt. Eine Steigerung der Akzeptanz speziell gegenüber Roadmap und Projekten von *H2R – Wasserstoff Rheinland* wird angestrebt.

Die Abfrage der Einstellungs- und Handlungsakzeptanz orientiert sich an den oben ermittelten Zielgruppen und Themen. Für das Spektrum von Öffentlichkeit und Politik bis hin zu Akteuren der Wertschöpfungskette wurden verschiedene weiche sowie harte Kommunikationsbotschaften und -medien vorgeschlagen, die nun als Anknüpfungspunkte für die Akzeptanzerhebungen herangezogen werden. Anhand der Botschaften werden die durch die Kommunikation erzielten Akzeptanzsteigerungen untersucht. Zur Erhebung von Einstellungsakzeptanz bietet sich die Nutzung quantitativer Verfahren an, mit denen die Einstellung größerer Gruppen von Technologienutzern oder -beobachtern adäquat erhoben werden kann. Ein klassisches Beispiel dafür sind an Nutzer von Brennstoffzellenbussen gerichtete Umfragen mit Multiple-Choice-Fragebögen, welche in Bussen durchgeführt werden. So überprüft die Abfrage beispielsweise, inwieweit die Busnutzung tatsächlich als umweltfreundlich und angenehm empfunden wird. Zeigen die Ergebnisse gute Akzeptanzwerte, können die Gründe hierfür vertiefend untersucht und künftige Kommunikationstätigkeiten noch zielgerichteter auf akzeptanzsteigernde Botschaften ausgerichtet werden. Treten Akzeptanzprobleme zu Tage, sind die zugrunde liegenden Defizite zu analysieren und Strategien der Kommunikationsoptimierung zu entwickeln. Beispielsweise könnte sich eine verstärkte Öffentlichkeitsarbeit als erforderlich erweisen. Im Falle gravierender Akzeptanzprobleme ist die Durchführung von Workshops mit Vertretern der Öffentlichkeit anzuraten. Hier können z. B. in Fokusgruppen, also moderierten Gruppendiskussionen geladener Teilnehmer auf der Basis von Informationsinputs, die Gründe mangelnder Akzeptanz analysiert und vielversprechende Maßnahmen der Akzeptanzsteigerung definiert werden [64]. Akzeptanz sollte regelmäßig und in Wellen erhoben werden, um positive oder negative Entwicklungen über Zeit sichtbar zu machen. Die Wellen könnten z. B. im Anschluss an umfassende Kommunikationskampagnen erfolgen. Zur Abfrage von Handlungsakzeptanz bietet sich eine tiefergehende und auf den kleineren Kreis von Entscheidungsträgern ausgerichtete, primär qualitative Methodik an. Für die Ermittlung wie auch die Steigerung von Akzeptanz erscheinen vertiefende Diskussionsformate für fachlich versierte Teilnehmer besonders geeignet. Beispielsweise können Vertreter von *H2R – Wasserstoff Rheinland* in Fokusgruppen über Fortschritte bei der Umsetzung der Roadmap berichten und Rückmeldungen zur Handlungsakzeptanz einholen. Die Diskussion betrifft harte Faktoren wie Wirtschaftlichkeit oder Regularien und fokussiert auf deren Auswirkungen auf die Handlungsakzeptanz. Zeigt sich eine hohe Akzeptanz, sind wiederum die Gründe derselben zu analysieren und die identifizierten Erfolgsfaktoren verstärkt bei der Werbung um Akzeptanz zu nutzen. Manifestieren sich Akzeptanzvorbehalte, sind die zugrunde liegenden Probleme zu untersuchen und Lösungsansätze mit den Entscheidungsträgern zu erarbeiten. Sind z. B. die Kosten der in H2R-Region eingesetzten Technologien zu hoch, können Handlungsvorschläge für Politik und Anwender mit der Zielsetzung der Kostenreduzierung erarbeitet werden. Gelingt es im nächsten Schritt, die Probleme zu beseitigen, ist mit einer Steigerung der Handlungsakzeptanz zu rechnen. Wiederum sollte die Akzeptanzerhebung in zeitlich gestaffelten Wellen erfolgen. Die Wellen könnten sich z. B. an den Meilensteinen der Roadmap orientieren.

7.6. Handlungsempfehlungen zur Akzeptanzsicherung

Abschließend werden einige beispielhafte Empfehlungen für die Sicherstellung von Einstellungs- und Handlungsakzeptanz gegenüber dem H2R-Zusammenschluss abgeleitet. Grundsätzlich sollten sich Maßnahmen zur Stärkung und Erhebung von Akzeptanz auf die für *H2R – Wasserstoff Rheinland* zentralen Innovationsfelder Fahrzeuge, Tankstellen, Wasserelektrolyse und Pipelines konzentrieren. Während Akzeptanzaktivitäten mit Bezug auf einzelne Vorhaben durch die jeweiligen Projekteigner zu begrüßen sind, sollte der Schwerpunkt der Aktivitäten auf der regionalen Ebene liegen. Fahrzeuge und Wasserelektrolyseure erfahren im Allgemeinen eine hohe Einstellungs- und teils auch Handlungsakzeptanz und empfehlen sich als „Aushängeschilder“ von *H2R – Wasserstoff Rheinland*. Bei

Tankstellen kann es am ehesten zu Vorbehalten von Anwohnern kommen. Deshalb sollten die Anlagen entweder zunächst außerhalb von Wohngebieten gebaut werden oder ein Bau innerhalb von Wohnbereichen unter starker Einbindung der Anwohner erfolgen. Durch eine frühzeitige und intensive Kommunikation gelang es z.B. der RVK, eine Tankstelle in einem Wohngebiet unter hoher Akzeptanz der anliegenden Bevölkerung zu realisieren. Während keine Akzeptanzprobleme bei bestehenden Pipelines bekannt sind, könnten die beim Neubau möglicherweise auftretenden Vorbehalte bei der Umstellung bestehender Erdgas- zu Wasserstoffpipelines vermieden werden. Insbesondere erscheint es uns wichtig, die durch die regionale Kooperation im Zusammenschluss H2R entstehenden Vorteile prominent zu kommunizieren und als starkes Mittel der Akzeptanzsteigerung zu nutzen. Wir gehen davon aus, dass das Modellprojekt *H2R – Wasserstoff Rheinland* eine deutliche Zunahme der regionalen Wasserstoff- und Brennstoffzellenaktivitäten mit sich bringen wird. Beispielsweise sollten aufgrund von Skaleneffekten Technologiekosten sinken, Nachfragen steigen und mittelbar größere Investitionen in allen Teilen der Wertschöpfungskette rechtfertigen. Dies könnte z. B. in dem Ausbau bestehender Pipelineinfrastrukturen münden und die Attraktivität von Wasserstoff weiter steigern. Derartige Perspektiven gilt es im Sinne der Akzeptanzsteigerung klar zu kommunizieren.

Ergebnisse und Handlungsempfehlungen



- › Wasserstoff wird im Allgemeinen insbesondere aufgrund seiner Umweltfreundlichkeit positiv wahrgenommen und profitiert von einer hohen Einstellungsakzeptanz.
- › Allerdings würden die meisten Nutzer und Betroffenen keine wesentlichen Nachteile in Kauf nehmen und zeigen Wasserstoff gegenüber nur eine geringe Handlungsakzeptanz.
- › Einstellungs- und Handlungsakzeptanz können durch eine zielgruppenspezifische Kommunikation der Vorteile von Wasserstoff gestärkt werden.
- › Durch Akzeptanzerhebungen können Kommunikationserfolge überprüft und maßgeschneiderte Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung entwickelt werden.
- › Handlungsakzeptanz entsteht erst dann, wenn konkrete Vorteile für Nutzer und Betroffene vorliegen, und ist deshalb nur bedingt durch Kommunikation zu befördern.
- › Beteiligungskonzepte ermöglichen eine Einbindung von Nutzern und Betroffenen durch Partizipation, wodurch Vorteile besser vermittelt und Nachteile besser entkräftet werden können.
- › Maßnahmen zur Stärkung und Erhebung von Akzeptanz sollten sich auf Fahrzeuge, Tankstellen, Elektrolyseure und Pipelines auf regionaler Ebene konzentrieren.
- › Tankstellen sollten entweder außerhalb von Wohngebieten gebaut werden oder innerhalb von Wohnbereichen unter starker Einbindung von Anwohnern entstehen.
- › Es ist von zentraler Bedeutung, die durch die regionale Kooperation entstehenden Vorteile prominent als Mittel der Akzeptanzsteigerung zu kommunizieren.



8. Ausblick: *H2R – Wasserstoff Rheinland* hat Strahlkraft über die Region hinaus

Im Rahmen des Feinkonzepts haben über 80 Akteure aus allen Sektoren ca. 100 Wasserstoffprojekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette eingebracht. Jahrzehntelange Erfahrungen in der täglichen Nutzung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie bilden eine optimale Grundlage für einen großflächigen Ausbau der Wasserstoffregion. Zudem kann auf vorhandenen Netzwerken wie HyCologne aufgebaut werden. Die Übertragbarkeit von Konzepten und Know-how wird durch ein umfassendes Wissensmanagement und die Einbindung mehrerer Institute und Hochschulen unterstützt. Dadurch entstehen über die Region *H2R – Wasserstoff Rheinland* hinaus Impulse, die die Entwicklung und Umsetzung von Wasserstoffprojekten forcieren.

8.1. Wir treiben die Wasserstoffregion voran

Die beteiligten Städte Brühl, Hürth, Köln und Wesseling sowie der Rheinisch-Bergische und der Rhein-Sieg-Kreis werden die mit der Erarbeitung des hier vorliegenden Feinkonzeptes begonnenen Aktivitäten nachhaltig fortführen und zukunftsfähig ausbauen. Die Region hat den Anspruch, die vorhandenen Kompetenzen, insbesondere der Netzwerke, der Unternehmen und Hochschulen sowie Forschungseinrichtungen noch stärker zu verzahnen und für die Projektentwicklung der Gebietskörperschaften zu heben. Zu diesem Zweck soll eine gemeinsame Organisationseinheit der Gebietskörperschaften (Geschäftsstelle) die Projekte weiterentwickeln. Deren Ausrichtung soll vor allem die Unterstützung der kommunalen Träger bei der Projektentwicklung, Projektumsetzung, Außendarstellung der Modellregion, Fachberatung für die Kommunen als auch Kontakte in das politische Umfeld umfassen. Darüber hinaus soll diese neue Einheit auch eine starke Schnittstelle zur Wirtschaft, Forschung und zu weiteren Akteuren bilden. Gleichzeitig soll die Organisationsstruktur die Aufnahme weiterer kommunaler Träger ermöglichen. Die Gebietskörperschaften wollen bei der Projektentwicklung kurzfristig die bestehenden Strukturen und Kompetenzen u.a. der HyCologne GmbH sowie der RVK GmbH einbinden. Damit ist es möglich, zukunftsfähige Projekte in der Anwendung schnell umsetzungsreif zu machen sowie unmittelbare Kapazitäten zum Wissenstransfer zu nutzen.

8.2. Unser Konzept bietet eine hohe Übertragbarkeit auf weitere Wasserstoffregionen

Wir sehen die in diesem Konzept entwickelten Maßnahmen und Aktivitäten als Grundlage der Wissensbildung, die bestmöglich zur Übertragbarkeit aufbereitet und kommuniziert werden muss. Wir sehen die H2R-Region nicht als „gallisches Dorf“, sondern versuchen bereits frühzeitig, regionale und überregionale Aktivitäten zu identifizieren und gemeinsam strategisch umzusetzen. Dabei bietet sich die H2R-Region aufgrund ihrer Struktur und Lage mit Großstadt, Mittel- und Unterezentren sowie ländlichen Gebieten, mit Unternehmen von klein und mittelgroß (KMU) bis zu global Playern (siehe Kapitel 3.1) und mit den identifizierten Maßnahmen (siehe Kapitel 4.1) insbesondere als Pionier und Impulsgeber an und als Modell, das auf weitere Regionen und Kreise übertragen werden kann. Die Maßnahmen sind dabei entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu verorten:

- › Erzeugung: Nebenprodukt, Elektrolyse über Stromnetz, Wasserkraft, PV und BHKW, Wasserstoff aus Biomassevergasung (Holz, Grünschnitt, Klärschlamm)
- › Verteilung: Aufbau flächendeckender Tankstelleninfrastruktur (350 und 700 bar)

- › Verteilung: Errichtung einer Pipeline zur Kopplung der Sektoren Verkehr, Industrie, Strom und Wärme und langfristig für den Import von grünem Wasserstoff. Die Wasserstoffnachfrage aus der H2R-Region sind mittelfristig dazu geeignet eine Wasserstoffpipeline ökonomisch betreiben zu können. Neben der H2R-Region hat auch der benachbarte Kreis Düren die Initiative gestartet, eine Wasserstoffinfrastruktur bestehend aus BZ-Bussen, -PKW und -Zügen zu konzipieren.
- › Verteilung: Errichtung von zentralen Umschlagpunkten (Hubs) zur Kopplung dezentraler Erzeugung mit dezentralen Nutzern und zur Erschaffung eines diskriminierungsfreien Marktes
- › Nutzung im Verkehr: Busse, PKW, kommunale Fahrzeuge, Flurförderfahrzeuge, LKW, Züge und Schiffe
- › Nutzung Strom und Wärme: Einsatz von Brennstoffzellensystemen
- › Nutzung Industrie: Schaffung gemeinschaftlicher Infrastrukturen zur Versorgung der Industriegebiete und Einsatz von Wasserstoff zur Herstellung neuer Produkte
- › Wissen: Aufgrund des von HyCologne angestoßenen Projekts HyPipCo und dank des projektbegleitenden Wissensmanagements werden gemeinsame strategische Überlegungen zum Aufbau der Wasserstoffpipeline bereits sehr früh realisierbar.
- › Wissen: In Kapitel 6.5 stellen wir das Wissensmanagement und die bisherigen Ergebnisse stärker in den Fokus.

8.3. Wir bilden den Link zur Vernetzung von Wasserstoffregionen

Die Modellregion *H2R – Wasserstoff Rheinland* ist eingebettet in eine national und europäisch vernetzte Infrastruktur für Strom, Erdgas und Wasserstoff. Es besteht daher die Chance, diese Region über existierende Gas- und Wasserstoffinfrastrukturen überregional, national und auch europäisch einzubinden. In NRW existiert bereits ein historisch gewachsenes, überregionales Pipelinennetz für den Transport und die Verteilung von industriell erzeugtem und genutztem Wasserstoff. Die Rhein-Ruhr-Pipeline verbindet Wasserstoffherzeuger und große industrielle Verbraucher zwischen Rhein und Ruhr miteinander. Der sichere Pipelinebetrieb konnte bereits über mehrere Dekaden nachgewiesen werden. Das Netz umfasst eine Pipelinelänge von ca. 240 km bei einem Druckniveau von ca. 25 bar. Der Reinheitsgrad liegt bei 99,95 %, und die transportierte Wasserstoffmenge entspricht knapp 32.000 t pro Jahr [65].

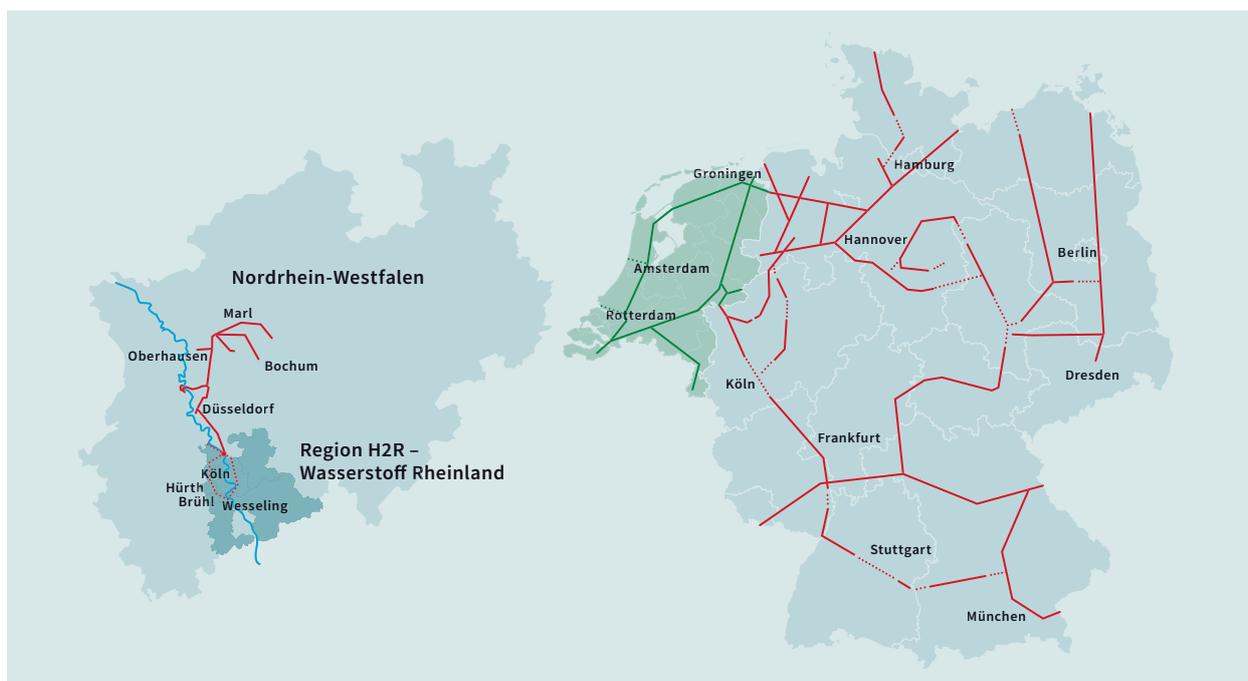


Abbildung 8-1 Links: Existentes Wasserstoff-Pipeline-Netz in NRW [65]; Rechts: Vorschlag eines zukünftigen H₂-Netzes im Rahmen des Netzentwicklungsplans Gas [66] und Niederländisches Wasserstoff-Konzept Green Octopus [67] Durchgezogene Linien: bestehende H₂-Pipeline oder Pipelines, die umgewidmet werden können. Gepunktete Linien: Neue H₂-Pipelines

Zu den vorgeschlagenen Maßnahmen der deutschen Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) im Rahmen des nationalen Netzentwicklungsplan Gas 2020–2030 zählt auch der Entwurf einer möglichen Topologie für ein deutschlandweites Wasserstoffpipelinennetz. Das skizzierte Netz besteht dabei maßgeblich aus umzustellenden Erdgasleitungen und zu einem geringeren Anteil auch aus neu zu bauenden Pipelineabschnitten. Das vorgeschlagene Leitungsnetz weist dabei eine Länge von ca. 5.900 km auf. Ziel dieser Vision ist eine möglichst flächendeckende Versorgung der Bereiche Industrie, Mobilität und Wärme. Weiterer wichtiger Bestandteil des vorgeschlagenen Netzes sind Untertagespeicher [66]. Die Modellregion *H2R – Wasserstoff Rheinland* könnte sich hier als ein wichtiger Knotenpunkt mit nationaler Anbindung platzieren.

Das vorgestellte nationale H₂-Netzwerk der Fernleitungsnetzbetreiber sieht weiterhin eine explizite Anbindung an europäische Wasserstoffinfrastrukturen vor. Dies ermöglicht den europaweiten Handel und zusätzlich über große Seehäfen auch die Nutzung von interkontinental erzeugtem Wasserstoff. Das niederländische Projekt „Green Octopus“ zielt darauf ab, auf europäischer Ebene eine Wasserstoffinfrastruktur als „Important Project of Common European Interest“ einordnen zu lassen. Dies hätte verschiedenste Vorteile für den Aufbau der Infrastrukturen [68]. Das Projekt verknüpft eine kurzfristig blaue und längerfristig grüne Erzeugung von Wasserstoff mit industrieller Nachfrage sowie geologischen Speicheroptionen. Bei diesem Konzept werden mehrere Pipelineverbindungen zum deutschen H₂-Netz geplant (vgl. Abbildung 8-1).

Ein zusätzlicher Link zur Modellregion *H2R – Wasserstoff Rheinland* könnte über die Verbindung zum grenznahen Chemiepark Chemelot in der niederländischen Provinz Limburg (siehe Abbildung 8-1, südliche Grenzregion Niederlande-Deutschland) erfolgen, der sich in ca. 85 km Entfernung zum Chemiepark Knapsack in der H2R-Region befindet. Hierdurch würde eine zusätzliche Transport- und Versorgungsoption für Wasserstoff durch Umstellung existierender oder Neubau von Pipelines erschlossen werden.

8.4. Kooperationen mit anderen Regionen erhöht die Erfolgchancen

Langfristig werden Kooperationen mit weiteren Wasserstoffinitiativen und -regionen angestrebt. Die Vernetzung führt zu Synergieeffekten und erhöht die Chancen für die erfolgreiche Umsetzung von interregionalen Wasserstoffprojekten wie z.B. der Pipeline. Hierzu gibt es bereits einen aktiven Austausch mit dem Kreis Düren (siehe LOI C.2.36). Außerdem prüfen der Oberbergische Kreis (siehe LOI C.2.44) sowie die Stadt Fulda (mit dem HyExpert-Projekt „HyWheels“, siehe LOI C.4.7) Übertragbarkeiten des Feinkonzepts hinsichtlich Erzeugung und Nutzfahrzeuge. Im Rahmen des Wettbewerbs zur „Modellkommune/-region Wasserstoff-Mobilität NRW“ fand auch ein Austausch mit der „Kompetenzregion Düssel-Rhein-Wupper“ statt. Weitere Initiativen und Modellprojekte von Wasserstoffregionen, zu denen eine Vernetzung sinnvoll sein kann, sind in Abbildung 8-2 dargestellt.

Die Konzeptionierung und Einbindung einer überregionalen Wasserstoffinfrastruktur verdeutlicht unsere Zielvorstellung einer optimalen Übertragbarkeit und Synergieherstellung. Unsere grundlegende Vision zeigt die gemeinsame Ambition, Wasserstoff als Energieträger der Zukunft zu implementieren.

Über Infrastrukturprojekte hinaus sind internationale Kooperationen etwa mit Blick auf den britischen Fahrzeugentwickler Microcab Industries Teil von *H2R – Wasserstoff Rheinland*. Im Rahmen des internationalen Austauschs hat die Stadt Köln im Juli 2020 außerdem ein Kooperationsabkommen (Memorandum of Understanding) mit der chinesischen Stadt Guiyang, Hauptstadt der Provinz Guizhou, geschlossen. Zentraler Bestandteil des Abkommens ist die Zusammenarbeit im Wasserstoffsektor mit der Zielsetzung den Einsatz von Wasserstofftechnologien voranzutreiben und über geeignete Kooperationen die Branchenkontakte zu intensivieren. Dies umfasst insbesondere die Unterstützung von Unternehmen, die beabsichtigen Geschäftsbeziehungen aufzubauen, und den gegenseitigen Informationsaustausch auf. Beispielsweise pflegt das Kölner Unternehmen HEE Technologies GmbH schon

enge Geschäftskontakte zu lokalen Partnern aus Guiyang. Die Provinzhauptstadt will sich in den kommenden Jahren als nationale Kompetenzregion im Bereich Wasserstofftechnologie etablieren.

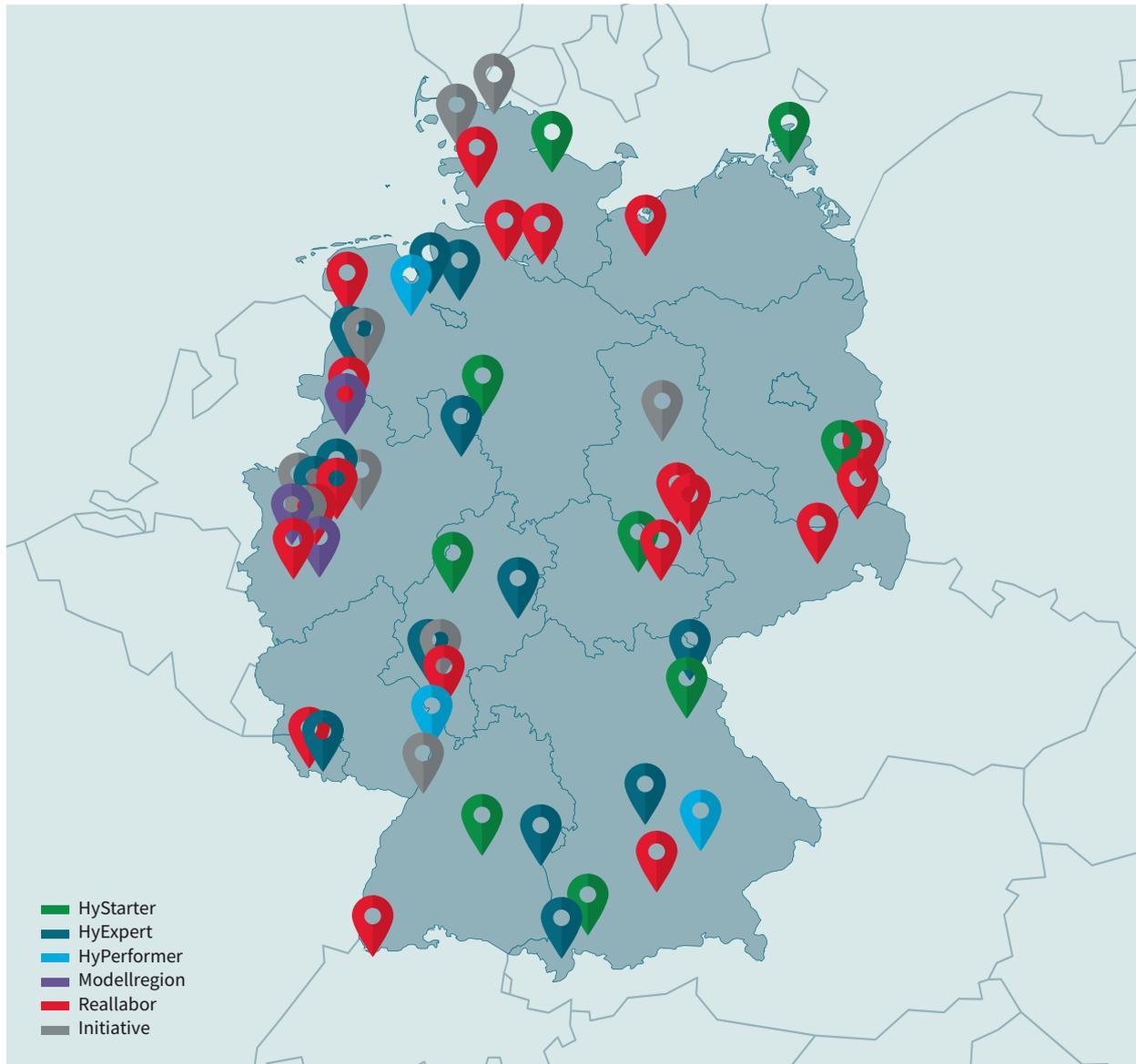


Abbildung 8-2 Übersicht über Initiativen und Regionen, die sich dem Thema Wasserstoff widmen (Quelle: EMCEL).

Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

”

- › Die beteiligten Städte und Kreise werden die begonnenen Aktivitäten nachhaltig fortführen und zukunftsfähig ausbauen. Zu diesem Zweck soll eine gemeinsame Organisationseinheit der Gebietskörperschaften (Geschäftsstelle) die Projekte weiterentwickeln. Deren Ausrichtung soll vor allem die Unterstützung der kommunalen Träger bei der Projektentwicklung, Projektumsetzung, Außendarstellung der Modellregion, Fachberatung für die Kommunen als auch Kontakte in das politische Umfeld umfassen. Darüber hinaus soll diese neue Einheit auch eine starke Schnittstelle zur Wirtschaft, Forschung und zu weiteren Akteuren bilden. Gleichzeitig soll die Organisationsstruktur die Aufnahme weiterer kommunaler Träger ermöglichen.
- › Das Konzept schafft Lösungen für urbane Strukturen in Ballungszentren und ländliche Gebiete und stellt eine ideale Modellregion vor, an der die Einführung einer Wasserstoffwirtschaft und der Einsatz von Wasserstofffahrzeugen demonstriert werden kann. Schon jetzt werden Übertragbarkeiten auf andere Regionen und Kommunen geprüft, wie beispielsweise auf die angrenzenden Kreise Düren und Oberberg, sowie auf die Stadt Fulda.
- › Der Austausch mit anderen Regionen wird fortgeführt und intensiviert. Beispielsweise werden Synergien und Kooperationen mit anderen Initiativen wie GetH2 (Wasserstoff-Pipeline), HyWheels (großskalige Beschaffung von BZ-LKW, Aufbau einer nachhaltigen Tankstelleninfrastruktur) und in4climate (H2 für Industrie) wie auch mit dem Projekt RH2INE (Wasserstoffinfrastruktur für die Binnenschifffahrt) erarbeitet.
- › *H2R – Wasserstoff Rheinland* demonstriert, wie Wasserstoff in Verteilnetzen (Pipelines) von Großstädten und Ballungsräumen verwendet werden kann. Dies ist elementar für die langfristige Energiewende. Bisher gibt es in Deutschland kein vergleichbares Projekt.
- › Die geplante Pipeline unserer Region ist ein elementares Element der Anbindung an die Regionen des Strukturwandels im Rheinischen Revier und an die Rhein-Main-Region und stärkt damit die regionale, nationale und europäische Vernetzung.

“

