

Rheinland-Pfalz

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und
Mobilität Rheinland-Pfalz

Studie zur Identifizierung von Potenzialregionen für die Erzeugung von grünem Wasserstoff in Rheinland-Pfalz

Juli 2024

Studie zur Identifizierung von Potenzialregionen für die Erzeugung von grünem Wasserstoff in Rheinland-Pfalz

Auftraggeber:

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz
Abteilung Klimaschutz, Energie und Mobilität

Erstellt durch:

Accenture Industry X
Am Kraftversorgungsturm 3
52070 Aachen

Autoren:

Jonas Bonnet, Jacob Rudyk, Robert Lange, Adrian Kick,
Fabian Brandl, Thomas Hauler, Josef Riedl, Simon Valdor

Disclaimer:

Diese Studie wurde von Accenture Industry X im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz (MKUEM) angefertigt. Weder Accenture Industry X noch das MKUEM oder weitere Personen, die in dessen Auftrag handeln, geben eine Garantie auf die Richtigkeit und Vollständigkeit der dargelegten Informationen. Insbesondere übernehmen Accenture Industry X sowie das MKUEM keine Haftung in Bezug auf die Verwendung von Informationen, Ergebnissen oder Schlussfolgerungen aus diesem Bericht oder für Schäden, die aus der Verwendung dieser Informationen entstehen.

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzzusammenfassung	3
2	Einleitung	3
3	Multikriterielle Analyse	4
3.1	Methodik	4
3.2	Vorstellung Layer	5
3.2.1	Layer Erneuerbare Energien	5
3.2.2	Layer Elektrische Infrastruktur.....	7
3.2.3	Layer Gaskraftwerke	9
3.2.4	Layer Industrielle H ₂ -Bedarfe.....	10
3.2.5	Layer Zahlungsbereitschaft (Willingness to pay).....	12
3.2.6	Layer H ₂ -Kernnetzplanung.....	14
3.2.7	Layer Verschneidung industrielle H ₂ -Bedarfe und H ₂ -Kernnetz.....	17
3.2.8	Layer Gasfernleitungsnetz.....	18
3.2.9	Layer Logistik- & Mobilitätsschwerpunkte	20
3.2.10	Layer Verkehrskorridore TEN-V Straßentransport	23
3.2.11	Layer Verkehrskorridore TEN-V Binnenschifffahrt	24
3.2.12	Layer Bestehende Elektrolyseure	26
3.2.13	Layer H ₂ -Know-how.....	27
3.3	Identifizierte Potenzialregionen	28
4	Hydrogen Valley	32
4.1	Eigenschaften, Ziele & Vorteile eines Hydrogen Valleys.....	32
4.2	Der exemplarische Gründungsprozess eines Hydrogen Valley-Konsortiums	33
4.3	Beschreibung eines exemplarischen Förderaufrufs.....	34
4.4	Empfehlungen für ein erfolgreiches Hydrogen Valley	38
5	Roadshow	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebniskarte der Multikriteriellen Analyse inklusiver indizierter Potenzialregionen.....	3
Abbildung 2: Überblick der betrachteten Layer und ihrer Gewichtung	4
Abbildung 3: Schematische Darstellung des Vorgehens bei der Multikriteriellen Analyse	5
Abbildung 4: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen nach Summe installierter Nettoerzeugungsleistung durch Solarenergieanlagen in Rheinland-Pfalz	6
Abbildung 5: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen nach Summe installierter Nettoerzeugungsleistung durch Windenergieanlagen ab 250 kW in Rheinland-Pfalz.....	7
Abbildung 6: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen mit Gewichtung der elektrischen Infrastruktur, elektrische Mittelspannungsnetze sowie Mittel- und/oder Hochspannungsumspannwerke ...	8
Abbildung 7: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen nach Summe installierter Nettoerzeugungsleistung durch Gaskraftwerke in Rheinland-Pfalz	10
Abbildung 8: Industrieller Wärmebedarf nach Temperaturniveaus für verschiedene Wirtschaftszweige [19]	11
Abbildung 9: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten industriellen H ₂ -Bedarfe	11
Abbildung 10: Bewertung verschiedener Sektoren zur W2P.....	13
Abbildung 11: Postleitzahlscharfe Darstellung der W2P anhand ermittelter H ₂ -Bedarfe.....	14
Abbildung 12: Verlauf des H ₂ -Kernetzes im Jahr 2032 nach Planungen der FNB (Fernleitungsnetzbetreiber) [QUELLE: FNB]	15
Abbildung 13: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen des H ₂ -Kernetzes in Rheinland-Pfalz.....	16
Abbildung 14: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten PLZ-Gebiete aus Industrieller H ₂ -Nachfrage und Nähe zum H ₂ -Kernetz	17
Abbildung 15: Schematische Darstellung des deutschen Gasfernleitungsnetzes nach [37]	18
Abbildung 16: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen des Gasfernleitungsnetzes in Rheinland-Pfalz	19
Abbildung 17: Identifizierte Logistikhubs in Rheinland-Pfalz; Größe der Punkte indiziert qualitativ den berechneten potenziellen H ₂ -Bedarf	21
Abbildung 18: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten PLZ-Gebiete im Layer Logistik- und Mobilitätsschwerpunkte.....	22
Abbildung 19: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten PLZ-Gebieten im Layer Verkehrskorridore TEN-V Straßentransport	23
Abbildung 20: Ausfahrten des TEN-V Straßennetz in Rheinland-Pfalz	23
Abbildung 21: Im TEN-V gelistete Binnenhäfen.....	24
Abbildung 22: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten PLZ-Gebiete im Layer Verkehrskorridore TEN-V Binnenschifffahrt	25
Abbildung 23: Postleitzahlscharfe Darstellung der bestehenden und im Bau befindlichen H ₂ -Erzeugungskapazitäten	26
Abbildung 24: Übersicht der gewerteten H ₂ -Kompetenzzentren in Rheinland-Pfalz.....	27
Abbildung 25: Ergebniskarte der Multikriteriellen Analyse	28

Abbildung 26: Geographisch geglättete Ergebniskarte der Multikriteriellen Analyse (Durchschnitt im 5 km Umkreis)	29
Abbildung 27: Geographischer Durchschnitt der Sensitivitätsbetrachtung mit gleicher Gewichtung aller Layer.....	30
Abbildung 28: Exemplarischer Prozess zur Gründung eines Konsortiums und zum Aufbau eines Hydrogen Valleys	33
Abbildung 29: Gewichtungskriterien und -kategorien zu den ersten sechs Maßnahmen	37
Abbildung 30: Beispielhaft Zeitplan von der Ermittlung des Hydrogen Valley Gründungskonsortiums bis zur Einreichung der Bewerbungsunterlagen für die EU-Förderung	38
Abbildung 31: Stimmungsbild Wasserstoff unter den Teilnehmenden der Informationsveranstaltung in der Sayner Hütte	40
Abbildung 32: Gewichtungskategorien und -kriterien zur siebten Maßnahme.....	46
Abbildung 33: Gewichtungskategorien und -kriterien zur achten Maßnahme	46

Abkürzungsverzeichnis

AFIF	Alternative Fuels Infrastructure Facility
BNetzA	Bundesnetzagentur
CAPEX	Capital Expenses (dt.: Investitionsausgaben)
DE	Deutschland
EE	Erneuerbare Energien
F&E	Forschung und Entwicklung
FNB	Fernleitungsnetzbetreiber
GIS	Geografisches Informationssystem
H₂	Formelzeichen für Wasserstoff
HyPipCo	Hydrogen Pipeline Cologne
IPCEI	Important Projects of Common European Interest
KPI	Key Performance Indicator (dt.: Leistungskennwert)
KsNI	Richtlinie über die Förderung von Nutzfahrzeugen mit alternativen, klimaschonenden Antrieben und dazugehöriger Tank- und Ladeinfrastruktur
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCOH	Levelized Cost of Hydrogen (dt.: H ₂ -Gestehungskosten)
MCA	Multi Criteria Analysis (Multikriterielle Analyse)
MEGAL	Mittel-Europäische Gasleitung
MENA	Middle East and North Africa (Nahost und Nordafrika)
METG	Mittelrheinische Erdgastransportleitung

Mio.	Millionen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PLZ	Postleitzahl
TENP	Trans Europa Naturgas Pipeline
TEN-V	Transeuropäische Verkehrsnetze
THG	Treibhausgas
VU	Verkehrsunternehmen
W2P	Willingness to Pay (Zahlungsbereitschaft)

1 Kurzzusammenfassung

Zur Deckung der heimischen H₂-Nachfrage wird Rheinland-Pfalz neben dem Import von grünem Wasserstoff und dessen Derivaten zukünftig im größeren Maßstab grünen Wasserstoff innerhalb der Landesgrenzen produzieren. Der Fokus dieser Studie liegt deshalb auf der Identifizierung von Potenzialregionen innerhalb von Rheinland-Pfalz. Unter Potenzialregionen werden hierbei Gebiete verstanden, die durch ihre Rahmenbedingungen besonders geeignet für die Produktion von grünem Wasserstoff sind. Für diesen Zweck wird eine Multikriterielle Analyse durchgeführt.

MULTIKRITERIELLE ANALYSE

Innerhalb der Multikriteriellen Analyse werden alle PLZ-Gebiete in Rheinland-Pfalz anhand von 15 Kriterien objektiv bewertet:

- Nähe zum H₂-Kernnetz
- Nähe zum Gastransportnetz
- Prognostizierte industrielle H₂-Bedarfe
- Kapazität bestehender Gaskraftwerke
- H₂-Bedarf in der Logistik und im ÖPNV
- Nähe zum Transeuropäischen Verkehrsnetz (TEN-V)
- Zugang zu (TEN-V) Binnenhäfen
- Bestehende Elektrolyseure
- Zahlungsbereitschaft
- Verschneidung industrieller H₂-Bedarfe und H₂-Kernnetz
- Existierendes H₂-Know-how
- Erzeugungspotenzial Windenergie
- Erzeugungspotenzial Solarenergie
- Nähe zu Umspannwerken
- Anbindung an das elektrische Übertragungsnetz

Innerhalb eines jeden Kriteriums erhält ein PLZ-Gebiet zwischen 0 (nicht geeignet) und 10 (sehr gut geeignet) Punkten, die gemäß ihrer Bedeutung für eine erfolgreiche H₂-Produktion untereinander gewichtet werden. Somit kann jedes PLZ-Gebiet eine maximale Gesamtpunktzahl (nachfolgend als „Gesamtscore“ bezeichnet), von 10 Punkten erzielen.

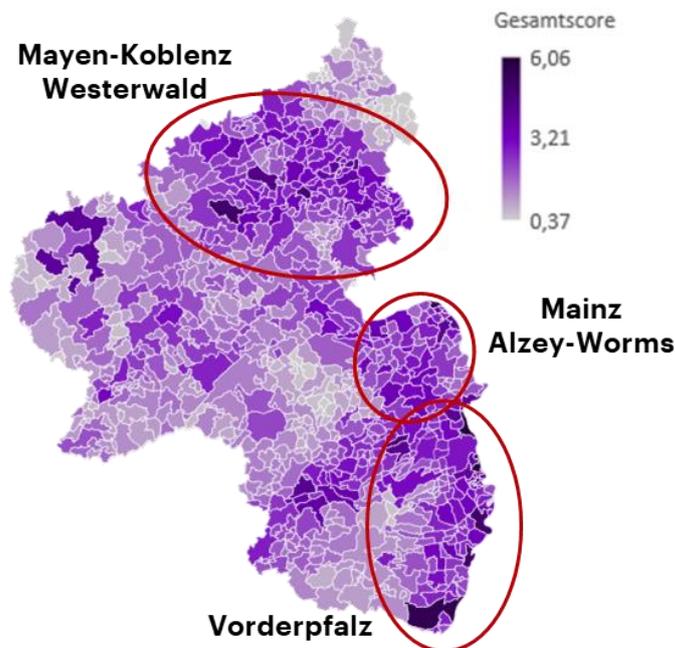


Abbildung 1: Ergebniskarte der Multikriteriellen Analyse inklusiver indizierter Potenzialregionen

In Abbildung 1 sind die Gesamtscores jedes PLZ-Gebiets grafisch dargestellt. Insbesondere Regionen entlang des Rheins und des geplanten zukünftigen H₂-Kernnetzverlaufes stechen mit höheren Gesamtscores hervor. Vor allem wirtschaftlich starke Regionen, wie der Mittelrhein um Koblenz und die Region zwischen Mainz und Wörth am Rhein, weisen hohe Punktzahlen auf. Unter den Top-20-PLZ-Gebieten sind die Städte Ludwigshafen am Rhein, Mainz, Mayen, Worms und Wörth am Rhein zu finden. Dabei erlangen die bestbewerteten PLZ-Gebiete den hohen Gesamtscore durch hohe Punktzahlen bei fast allen oben aufgeführten Kriterien. Aus den einzelnen PLZ-Gebieten werden die drei Potenzialregionen Mayen-Koblenz Westerwald, Mainz Alzey-Worms und die Vorderpfalz abgeleitet, in denen die Rahmenbedingungen für die Erzeugung von grünem Wasserstoff besonders geeignet sind.

EUROPÄISCHE FÖRDERPROGRAMME

Zur Unterstützung der EU-Mitgliedsstaaten hat die Europäische Kommission verschiedene Fördermechanismen initiiert. Eines davon ist das Horizon Europe Framework Program der EU, ein Forschungs- und Innovationsförderprogramm bis zum Jahr 2027. Dieses unterstützt zahlreiche Vorhaben, wie beispielsweise die Clean Hydrogen Partnership, um durch eine verbesserte Finanzierung von F&E-Aktivitäten einen Beitrag zum European Green Deal und zu nationalen H₂-Strategien zu leisten [1]. Dazu veröffentlicht die Clean Hydrogen Partnership aktuell im jährlichen Turnus Ausschreibungen zur Förderung von Projekten entlang der H₂-Wertschöpfungskette, wozu im Jahr 2024 auch die Errichtung von H₂-Ökosystemen (Hydrogen Valleys) gezählt wird.

Der Ausdruck Hydrogen Valley steht für ein geografisches Gebiet, welches verschiedene Anwendungen entlang der gesamten H₂-Wertschöpfungskette verknüpft, sodass ein zusammenhängendes und ganzheitliches Ökosystem entsteht. Dieses umfasst die Erzeugung, Speicherung und Verteilung sowie Endnutzung von Wasserstoff in unterschiedlichen Sektoren, wie der Energiebranche, der Industrie, Mobilität, Landwirtschaft, der Baubranche, usw. [2].

Die Gründung eines Hydrogen Valleys bedarf vorangegangener Maßnahmen zur Etablierung eines Gründungskonsortiums. Ein beispielhaftes Vorgehen zur Schaffung eines solchen Konsortiums, sowie zur Beantragung von Fördermitteln und zum Aufbau des Hydrogen Valleys ist in Kapitel 4.2 ausführlich beschrieben.

Während die Anforderungen an einzureichende Bewerbungsunterlagen sowie die Vergabe- und Bewertungskriterien je nach Förderung unterschiedlich ausfallen, können allgemeine Güte- bzw. Erfolgsfaktoren formuliert werden. Neben einer klar formulierten Vision, Partnerschaften und Stakeholder-Kooperationen und der Einbindung der Öffentlichkeit durch adressatengerichtete Kommunikation können weitere Empfehlungen in Kapitel 4.4 eingesehen werden.

ROADSHOW

Die erarbeiteten Ergebnisse der Multikriteriellen Analyse werden gemeinsam mit einem Überblick über das europäische Hydrogen Valley Förderprogramm und deren Bewerbungsablauf vor Ort in den drei identifizierten Potenzialregionen vorgestellt. Zu den Veranstaltungen werden Vertreterinnen und Vertreter regionaler Unternehmen, Industrieverbände, Universitäten, Energieversorgungsunternehmen, Wirtschaftsförderungsgesellschaften und der Gebietskörperschaften der Potenzialregionen eingeladen. Diese potenziellen H₂-Akteure in den Potenzialregionen sollen über die guten Rahmenbedingungen informiert werden sowie miteinander bekannt gemacht werden, da ein ökonomisch wie technologisch tragfähiges H₂-Ökosystem aus möglichst vielen Bausteine der H₂-Wertschöpfungskette bestehen sollte. Bei den Informations- und Vernetzungsveranstaltungen der Roadshow werden zudem Chancen und aktuelle Hemmnisse der sich im Aufbau befindlichen H₂-Wirtschaft diskutiert. Dabei ist die Mehrheit davon überzeugt, dass Wasserstoff eine bedeutende Rolle bei der Dekarbonisierung der energieintensiven Industrie zuteilwerden wird. Jedoch wird auch auf die Schwierigkeiten verwiesen, die vor allem in der mittelfristigen Verfügbarkeit von günstigem grünem Wasserstoff gesehen werden.

2 Einleitung

Um dem rasch voranschreitenden Klimawandel entgegenzuwirken, haben sich die Europäische Union (EU) gemeinsam mit weiteren 197 Staaten darauf geeinigt, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit zu beschränken. Dabei wird eine Beschränkung auf 1,5 °C angestrebt. Da die weltweite Emission von Kohlenstoffdioxid (CO₂) die Hauptursache des Treibhauseffekts ist, und damit des weltweiten Temperaturanstiegs, lassen sich Temperaturziele in CO₂-Minderungsziele übersetzen. So soll die Bundesrepublik Deutschland nach aktuellem Klimaschutzgesetz die Treibhausgasemissionen (u. a. CO₂) kontinuierlich reduzieren, bis im Jahr 2045 bundesweit die Treibhausgasneutralität erreicht wird. Einzelne Bundesländer, wie auch Rheinland-Pfalz, gehen einen ambitionierten Schritt weiter und verfolgen das Ziel, bis spätestens zum Jahr 2040 treibhausgasneutral zu werden.

Wie die vorangegangene [Wasserstoffstudie mit Roadmap Rheinland-Pfalz](#) bereits gezeigt hat, ist neben dem beschleunigten Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE) für die vollständige Dekarbonisierung aller Sektoren (Energieerzeugung, Speicherung, Verkehr/Transport, Industrie, und Gebäude) ebenso der Aufbau einer H₂-Infrastruktur vonnöten. Auch wenn der Großteil des zukünftig erneuerbar erzeugten Wasserstoffs (H₂) und seiner Derivate, wie Ammoniak oder Methanol, außerhalb von Rheinland-Pfalz produziert und über verschiedene Transportrouten ihren Weg nach Rheinland-Pfalz finden werden, ist es allein im Interesse der Versorgungssicherheit – aber auch aus Kostengründen empfohlen – bis zum Jahr 2040 eine heimische H₂-Erzeugungskapazität von 2,5 GW in Rheinland-Pfalz aufzubauen [3].

Für den Aufbau der H₂-Infrastruktur stellt sich für Rheinland-Pfalz folgende Frage: **Welche Potenzialregionen in Rheinland-Pfalz sind am besten geeignet für die H₂-Erzeugung?** Auf diese Frage geht die vorliegende Studie ein und gibt eine Antwort.

VORGEHENSWEISE

Zur Identifizierung der Potenzialregionen wird zunächst eine Multikriterielle Analyse durchgeführt, in der verschiedene relevante Parameter, wie bspw. bestehende Elektrolysekapazitäten, Anbindung an das entstehende H₂-Kernnetz, industrielle Energiebedarfe oder auch die Verfügbarkeit von EE-Strom auf PLZ-Ebene analysiert und bewertet wurden. Jedes PLZ-Gebiet wurde nach insgesamt 15 unterschiedlichen Kriterien separat gewertet. In der Überlagerung ergibt sich ein klares, objektives und nachvollziehbares Ergebnis, welche Regionen des Landes besonders für die H₂-Erzeugung in Frage kommen.

Die in der vorliegenden Studie ermittelten Potenzialregionen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff bedeuten nicht, dass außerhalb dieser Potenzialregionen keine erfolgreiche H₂-Produktion angesiedelt werden könnte. Über den ökonomischen Erfolg einer H₂-Produktion entscheiden stets die projektspezifischen betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die sich innerhalb einer Region und zwischen unterschiedlichen Anwendungs- und Betriebsfällen stark unterscheiden können. Die Ergebnisse zeigen lediglich, in welcher Region die Rahmenbedingungen im Hinblick auf die untersuchten Kriterien mit einer höheren Wahrscheinlichkeit positiv zu bewerten sind als im Rest des Landes. Diese Kriterien (siehe folgendes Kapitel 3) können von allen zukünftigen Akteuren genutzt werden, um das Potenzial des eigenen Projekts entsprechend einzuordnen.

3 Multikriterielle Analyse

3.1 Methodik

Verschiedene Parameter und Einflussfaktoren spielen bei der Suche nach den am besten geeigneten Potenzialregionen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff unterschiedlich große Rollen. Diese rangieren von übergeordneten rechtlichen Faktoren wie regulatorischen Fragestellungen auf Bundes- und EU-Ebene über die Berücksichtigung der sich im Aufbau befindlichen H₂-Transportinfrastruktur bis hin zur Bewertung derzeitiger und zukünftiger H₂-Anwendungen auf regionaler Ebene. Im Vorfeld wurden intern und zusammen mit dem Auftraggeber 17 Faktoren zur Bewertung diskutiert, von denen die folgenden 15 quantitativ bewertet wurden und Eingang in die Analyse gefunden haben:

- Nähe zum H₂-Kernnetz
- Nähe zum Gastransportnetz
- Prognostizierte industrielle H₂-Bedarfe
- Kapazität bestehender Gaskraftwerke
- H₂-Bedarf in der Logistik und im ÖPNV
- Nähe zum Transeuropäischen Verkehrsnetz (TEN-V)
- Zugang zu (TEN-V) Binnenhäfen
- Bestehende Elektrolyseure
- Zahlungsbereitschaft
- Verschneidung industrieller H₂-Bedarfe und H₂-Kernnetz
- Existierendes H₂-Know-how
- Erzeugungspotenzial Windenergie
- Erzeugungspotenzial Solarenergie
- Nähe zu Umspannwerken
- Anbindung an das elektrische Übertragungsnetz

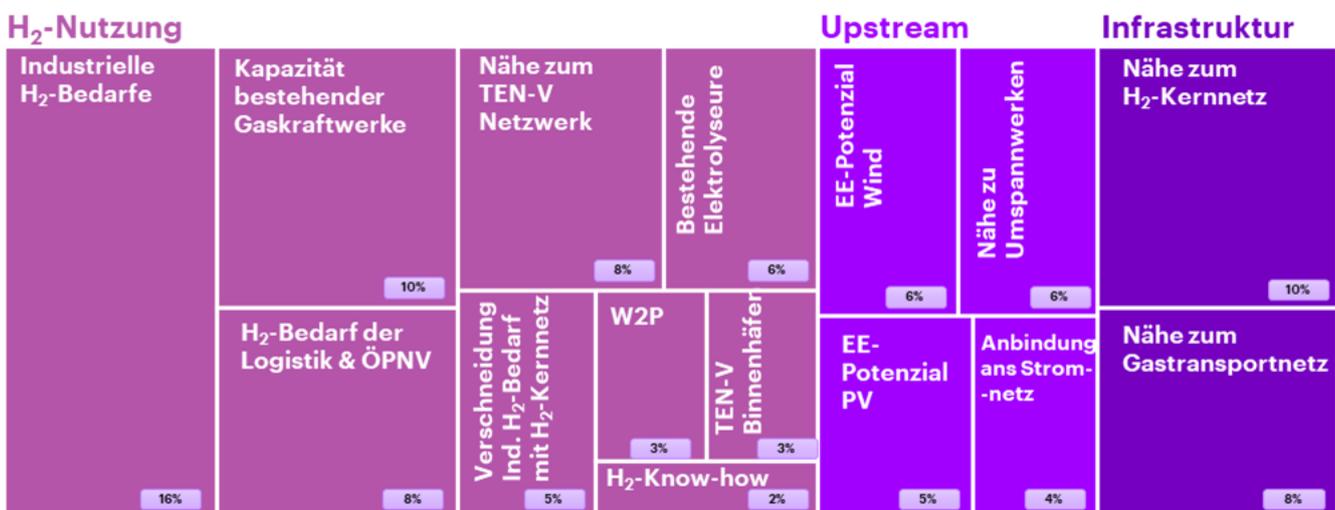


Abbildung 2: Überblick der betrachteten Layer und ihrer Gewichtung

Die 15 Faktoren – im Folgenden Layer genannt – lassen sich grob den drei Bereichen H₂-Nutzung, Upstream (Aktivitäten vor der Umwandlung zu Wasserstoff) und Infrastruktur zuordnen (siehe Abbildung 2). Für jeden Layer werden im Vorfeld der MCA-Berechnung Daten gesammelt und aufbereitet, sodass diese auf PLZ-Ebene zur Verfügung stehen, um eine differenzierte Bewertung zu gewährleisten. Falls diese Daten nicht auf PLZ-Ebene verfügbar sind, wird die Primärquelle in ein GIS-Programm (Geografisches Informationssystem) überführt und mittels einer Auswertung georeferenzierte Daten erzeugt. Jeder Layer für sich verfügt nicht über genügend Informationsgehalt, um eine begründete Auswahl der Potenzialregionen zu treffen. Durch Überlagerung und Gewichtung der verschiedenen Layer ergibt sich ein Gesamtbild, das durch die transparente Wertung nachvollziehbar und zugleich aussagekräftig ist (siehe Abbildung 3).

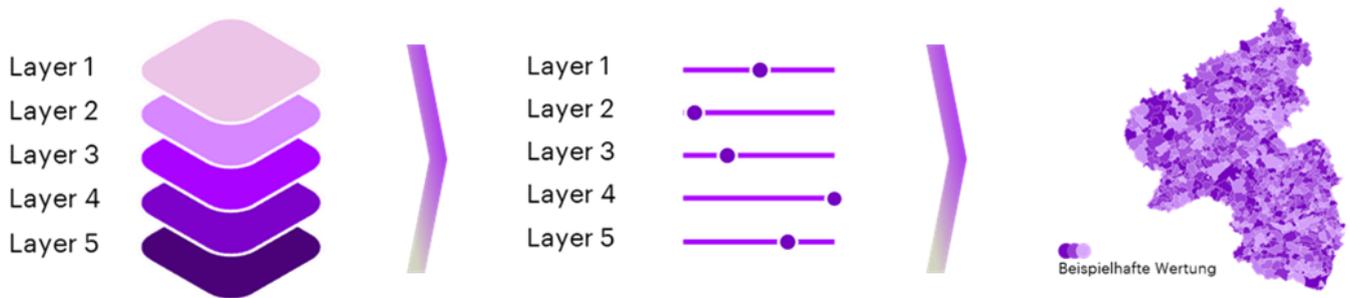


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Vorgehens bei der Multikriteriellen Analyse

Pro Layer kann jedes PLZ-Gebiet maximal 10 Punkte erhalten. Die Punkte pro Layer werden zwischen den Layern unterschiedlich gewichtet, um deren ungleichen Einfluss auf eine technisch und/oder wirtschaftlich erfolgreiche H₂-Produktion abzubilden. Bestehende H₂-Erzeugungsanlagen erhalten bspw. mit 6 % eine niedrige Gewichtung zugewiesen, da die derzeitigen Anlagen mit ihrer Kapazität noch keine Marktkonkurrenz für potenziell neue und wesentlich größere H₂-Erzeugungsprojekte darstellen, während der prognostizierte H₂-Bedarf mit 16 % das wichtigste Kriterium darstellt (siehe Abbildung 2). Die Wertung eines jeden Layers sowie deren Gewichtung wurde im Verlauf der Bearbeitung mit dem Auftraggeber diskutiert und festgelegt.

3.2 Vorstellung Layer

In den folgenden Unterkapiteln werden die zuvor eingeführten Layer beschrieben und ihre Wertung und Gewichtung dargelegt. Eine Kurzzusammenfassung der Wertung und Gewichtung findet sich am Ende eines jeden Unterkapitels.

3.2.1 Layer Erneuerbare Energien

Die Definition von Erneuerbaren Energien (EE) umfasst Wind- und Sonnenenergie (äquivalent Solarenergie) sowie Energie aus Biomasse, Geothermie und Wasserkraft. Die beiden Erstgenannten sind von besonderer Bedeutung für die Transformation zu einer nachhaltigen Energieversorgung, da sie das größte Ausbaupotenzial bieten und somit in der Lage sein können, den zukünftigen Energiebedarf zu decken. Hierbei sind Speichermöglichkeiten von essenzieller Bedeutung, um Phasen ohne oder mit nicht ausreichender Erzeugung, wie beispielsweise einer Dunkelflaute, zu überbrücken. Auf dem Weg hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung ist besonders die EE-Stromerzeugung essenziell, um auch andere Sektoren im nötigen Umfang dekarbonisieren zu können.[4]

Das Land Rheinland-Pfalz hat sich zum Ziel gesetzt, spätestens bis zum Jahr 2040 klimaneutral zu werden. Der weitere rasche Ausbau der EE stellt eine wichtige Voraussetzung für dieses Ziel dar. Der Anteil von EE in der Bruttostromerzeugung betrug im Jahr 2021 51 % [5]. Die Erzeugung von EE-Strom ist essenziell, um Prozesse zur weiteren Dekarbonisierung, wie z. B. die Wasserelektrolyse zur Erzeugung von grünem Wasserstoff zu betreiben.[5]

Grüner Wasserstoff und seine Derivate können dazu dienen, nicht-elektrifizierbare Prozesse zu dekarbonisieren, was mit einer Steigerung des Strombedarfes einhergeht. Hierfür müssen die Erzeugungskapazitäten weiter ausgebaut werden, um den steigenden Strombedarf von direkten und indirekten Elektrifizierungsmaßnahmen zu decken.[6]

Eine Auflistung der EE-Erzeuger kann aus dem Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur (BNetzA) bezogen werden, wobei Erzeuger unter Angabe verschiedener Kriterien registriert sind, wie beispielsweise ihres Energieträgers [7]. Für die Betrachtung der EE-Erzeugung werden deshalb für beide Layer, 3.2.1.1 (Solar) und 3.2.1.2 (Wind) lediglich Anlagen mit Volleinspeisung betrachtet. Bei einer Teileinspeisung ist die

Menge der maximal abgegebenen Nettoerzeugungsleistung an das lokale Netz durch stattfindende Eigenverbräuche nicht ausreichend abschätzbar. Ebenso wurden nur Anlagen ab einer Nettoerzeugungsleistung von 250 kW betrachtet, um größere Erzeuger besser abbilden zu können.

Die regionale EE-Erzeugung – sowohl solar als auch aus Wind – wird mit insgesamt 11 % gewichtet, da zur Produktion von Wasserstoff sämtlicher EE-Strom aus der gesamten Gebotszone eingesetzt werden kann [8].

In den beiden folgenden Kapiteln, 3.2.1.1 und 3.2.1.2, wird jeweils auf die Wertung sowie Gewichtung von EE aus Solar und Wind eingegangen und die zugehörigen postleitzahlscharfen Karten präsentiert.

3.2.1.1 Layer Erneuerbare Energien – Solar

Die Stromerzeugung aus Solarenergie ist wetter- und tageszeitabhängig und erfolgt aufgrund der Intensität der Sonneneinstrahlung größtenteils zur Mittagszeit. Hieraus resultierten eine geringe Volllaststundenzahl und somit eine geringe Verfügbarkeit.

In Anbetracht der begrenzten Volllaststundenzahl (800 – 1000 h/a) durch die Wetter- und Tageszeitabhängigkeit bei der Stromerzeugung aus Solarenergie erhält der Layer Erneuerbare - Solar eine Gewichtung von 5 %.

WERTUNG UND GEWICHTUNG

Verteilung der Punktezahlen der einzelnen Landkreise gestaltet sich wie folgend:

- PLZ-Gebiet mit höchster Nettoerzeugungsleistung erhält den Wert 10 bei einer Gewichtung von 5 %
- PLZ-Gebiete ohne Nettoerzeugungsleistung erhalten den Wert 0
- Zwischen diesen Werten wird, anhand der Nettoerzeugungsleistung des PLZ-Gebietes, linear interpoliert

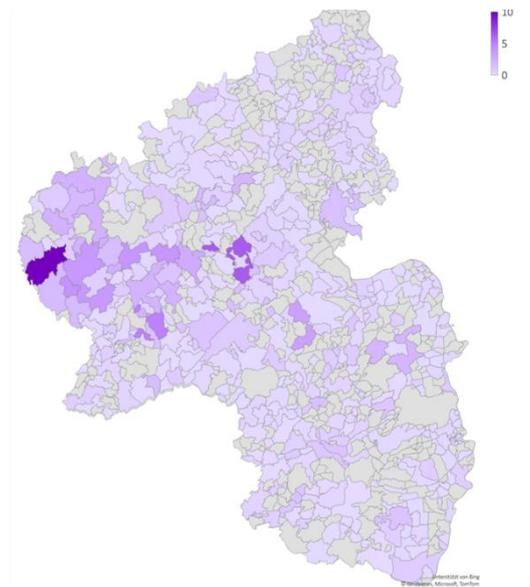


Abbildung 4: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen nach Summe installierter Nettoerzeugungsleistung durch Solarenergieanlagen in Rheinland-Pfalz

3.2.1.2 Layer Erneuerbare Energien – Wind

Die Stromerzeugung aus Windenergie stellt im Gegensatz zu EE aus Solarenergie zwar keine tageszeitabhängige Quelle dar, jedoch ist auch hier eine Wetterabhängigkeit aufgrund der Unstetigkeit des Windes vorhanden, woraus eine mittlere Volllaststundenzahl (ca. 1800 h/a) resultiert.

In Anbetracht der zentralen Bedeutung von Windenergie bei der Stromerzeugung in Rheinland-Pfalz sowie unter Berücksichtigung eingeschränkter Volllaststundenzahl durch die Wetter- und Tageszeitabhängigkeit bei der Stromerzeugung, erhält der Layer EE - Wind eine Gewichtung von 6 %.

WERTUNG UND GEWICHTUNG

- Verteilung der Punktezahlen der einzelnen Landkreise gestaltet sich wie folgend:
- PLZ-Gebiet mit höchster Nettoerzeugungsleistung erhält den Wert 10 bei einer Gewichtung von 6 %
- PLZ-Gebiete ohne Nettoerzeugungsleistung erhalten den Wert 0
- Zwischen diesen Werten wird, anhand der Nettoerzeugungsleistung des PLZ-Gebietes, linear interpoliert

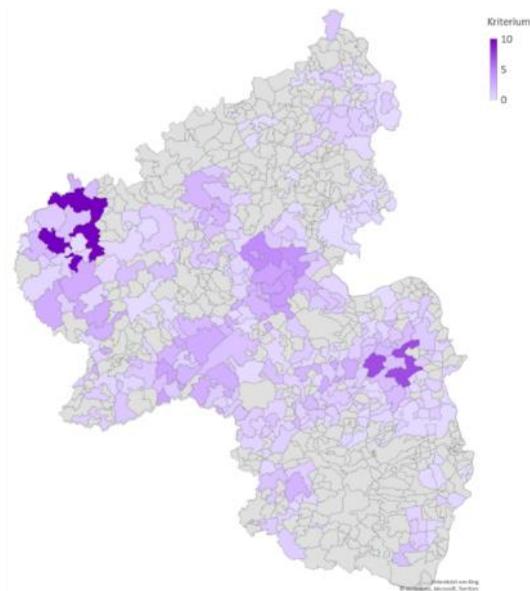


Abbildung 5: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen nach Summe installierter Nettoerzeugungsleistung durch Windenergieanlagen ab 250 kW in Rheinland-Pfalz

3.2.2 Layer Elektrische Infrastruktur

Rheinland-Pfalz bezieht einen Teil seines Stroms aus anderen Bundesländern. Diese Fernübertragung von Strom unterstreicht die Notwendigkeit einer gut ausgebauten und belastbaren elektrischen Infrastruktur, um die Anforderungen großer Verbraucher (wie Elektrolyseure) zu erfüllen.

Die Planung und Umsetzung einer wirtschaftlichen Netzanbindung für Elektrolyseure sind von entscheidender Bedeutung. Die Distanz zwischen dem Umspannwerk und dem eigentlichen Verbraucher spielt eine entscheidende Rolle bei den Investitionskosten der Anlage. Je größer die Distanz ist, desto höher sind die Kosten für die Stromleitungen.

Insbesondere das Mittel- und Hochspannungsnetz gewährleistet eine effektive Anbindung von Elektrolyseuren [9]. Ausreichende Übertragungskapazitäten sind unerlässlich, um einen zuverlässigen Netzanschluss zu gewährleisten und eine unterbrechungsfreie Stromversorgung für die H₂-Produktion sicherzustellen.

Die Umspannwerke nehmen eine entscheidende Rolle als physikalische Netzanschlusspunkte in der elektrischen Infrastruktur ein. Im Kontext der H₂-Produktion durch Elektrolyseure sind Umspannwerke von besonderer Bedeutung, da sie den physischen Übergangspunkt zwischen dem übergeordneten Hochspannungsnetz und den regionalen oder lokalen Mittelspannungsnetzen markieren. Die Umspannwerke nehmen den von den Hochspannungsleitungen transportierten Strom auf und transformieren ihn durch Transformatoren

auf das Niveau, das für die Verteilung im Mittelspannungsnetz geeignet ist. Diese Transformation ermöglicht nicht nur eine effiziente Verteilung des Stroms auf lokale Verbraucher, sondern ist auch entscheidend für die Anbindung von Elektrolyseuren an das elektrische Netz.

Die Wahl geeigneter Umspannwerke als Netzanschlusspunkte beeinflusst die Zuverlässigkeit und Kapazität des Netzanschlusses für Elektrolyseure erheblich. Die Standortwahl sollte darauf abzielen, die erforderliche Übertragungskapazität sicherzustellen und gleichzeitig die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Netzanbindung zu maximieren.

Die Multikriterielle Analyse für die Identifikation idealer Elektrolyseurstandorte berücksichtigt daher nicht nur die Eigenschaften der Hoch- und Mittelspannungsnetze, sondern auch die Auswahl geeigneter Umspannwerke als zentrale Schaltstellen für eine stabile und effiziente H₂-Produktion. Eine optimale Standortwahl trägt dazu bei, die Kosten zu minimieren, die Netzstabilität zu gewährleisten und den nachhaltigen Erfolg von H₂-Regionen in Rheinland-Pfalz zu fördern. Die geografischen Daten stammen von OpenStreet-Map, einer freien und kollaborativen Plattform für Geodaten [10]. Die Nutzung dieser Quelle ermöglicht neben der Genauigkeit der geographischen Positionen eine dynamische Aktualisierung der Geodaten, um den aktuellen Stand der elektrischen Infrastruktur widerzuspiegeln.

WERTUNG UND GEWICHTUNG

Aufgrund der hohen Bedeutung der elektrischen Netze und Anlagen wird dieser Layer in der Multikriteriellen Analyse hoch gewichtet. Kumuliert liegt die Gewichtung bei 10 %. Aufgeteilt werden diese zu 6 % auf die Umspannwerke und zu 4 % auf die eigentlichen elektrischen Netze.

- Regionen, in denen ein geeignetes Umspannwerk oder eine elektrische Leitung liegen, erhalten den Wert 10
- Regionen, die eine Entfernung zum nächsten Umspannwerk oder elektrische Leitung von mehr als 10 km aufweisen, erhalten den Wert 0
- Zwischen diesen Werten wird anhand der Distanz linear interpoliert

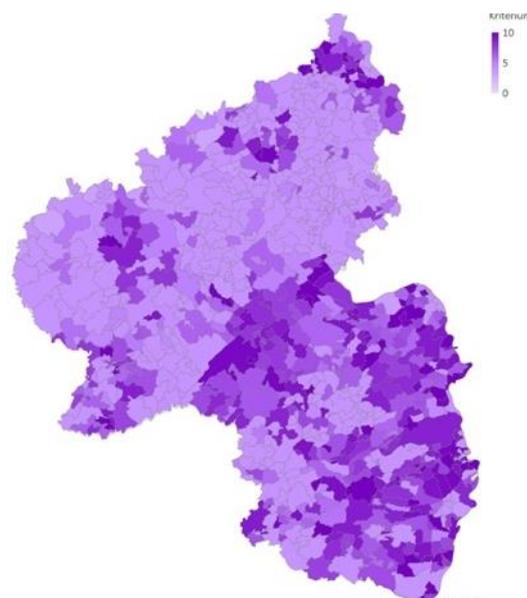


Abbildung 6: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen mit Gewichtung der elektrischen Infrastruktur, elektrische Mittelspannungsnetze sowie Mittel- und/oder Hochspannungsumspannwerke

3.2.3 Layer Gaskraftwerke

Im Kontext der Untersuchung werden alle Stromerzeuger, die Erdgas als primären Brennstoff einsetzen und in der Kraftwerksliste der BNetzA gelistet sind, als Gaskraftwerke berücksichtigt [11]. Hierunter fallen auch gemeldete Industriekraftwerke, die in Rheinland-Pfalz insbesondere mithilfe von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) neben Strom auch Wärme für die Prozess-, Nah- oder Fernwärmeversorgung bereitstellen. Durch eine Umstellung von Gaskraftwerken auf eine (Teil-)Feuerung mit Wasserstoff können diese nicht nur zur Bereitstellung von EE-Strom (Verwendung von Wasserstoff erzeugt mit EE-Strom) dienen, sondern auch einen erheblichen Teil zur angestrebten Wärmewende beitragen [12]. Rheinland-Pfalz verfügt im Bundesvergleich über einen modernen Kraftwerkspark mit einem hohen Anteil an flexiblen Erdgas-KWK-Anlagen.

Gaskraftwerke spielen eine zentrale Rolle im Zuge der Kraftwerksstrategie der Bundesregierung. Hierbei sollen Gaskraftwerke die Versorgung mit Strom in Zeiten ohne ausreichende Produktion aus EE übernehmen. Geplant ist der Zubau an Gaskraftwerken mit einer Gesamtleistung von 10 GW, die H₂-ready ausgeführt werden, sowie von 500 MW an Wasserstoffkraftwerken zur Energieforschung. Sie sollen die Stromversorgung in Zeiten unterstützen, in denen keine ausreichende Produktion aus EE möglich ist. An den Ursprung des Wasserstoffs werden zu Beginn keine Anforderungen gestellt, jedoch sollte bevorzugt grüner Wasserstoff eingesetzt werden [13]. Diese Entwicklung in Kombination mit dem Standortvorteil, durch eine bestehende gute Erdgasversorgung sowie durch das zukünftige H₂-Kernnetz, unterstreicht die zentrale Rolle, die Rheinland-Pfalz in der zukünftigen wasserstoffbasierten Energiewirtschaft spielen kann. Die Standortvorteile durch die Pipelineversorgung mit Erdgas und Wasserstoff werden in den Kapiteln 3.2.6 und 3.2.8 berücksichtigt. [10], [11],

Für den Layer Gaskraftwerke werden Gaskraftwerke ab einer Größe von 20 MW Feuerungswärmeleistung nicht berücksichtigt, da diese schon durch die Liste der emissionshandlungspflichtigen Anlagen des Umweltbundesamtes für das Jahr 2022 erfasst sind, wobei hierbei die tatsächlichen Emissionen – und somit Bedarfe – ermittelt werden können. Deren Emissionen und H₂-Potenziale werden deswegen im nachfolgenden Layer Industrielle H₂-Bedarfe berücksichtigt. Aus den Daten der BNetzA ist die Ermittlung der Emissionen und somit des tatsächlichen H₂-Bedarfs nicht möglich, da nur die maximale Nettoeinspeiseleistung angegeben wird. Mit dieser Beschränkung ergibt sich ein differenzierteres Bild, da große Standorte, besonders in Mainz und Ludwigshafen am Rhein, die Gewichtung nicht verzerren.

Aufgrund der Bedeutung der Anlagen für die Stromversorgung und Bereitstellung von Prozess-, Nah- und Fernwärme und somit der Möglichkeit zu einer sektorübergreifenden Dekarbonisierung, wird dieser Layer mit 10 % hoch gewichtet. PLZ-Gebiete mit einer Nettoerzeugungsleistung ab 30.000 kW werden mit dem gleichen Wert normiert, um eine Schwerpunktbildung und Verzerrung zugunsten weniger Bereiche zu vermeiden.

WERTUNG UND GEWICHTUNG

Die Verteilung der Punktezahlen der einzelnen Landkreise gestaltet sich wie folgt:

- PLZ-Gebiete mit einer Nettoerzeugungsleistung von 30.000 kW oder höher erhalten den Wert 10 bei einer Gewichtung von 10 %
- PLZ-Gebiete ohne Nettoerzeugungsleistung erhalten den Wert 0
- Zwischen diesen Werten wird, anhand der Nettoerzeugungsleistung des PLZ-Gebietes, linear interpoliert

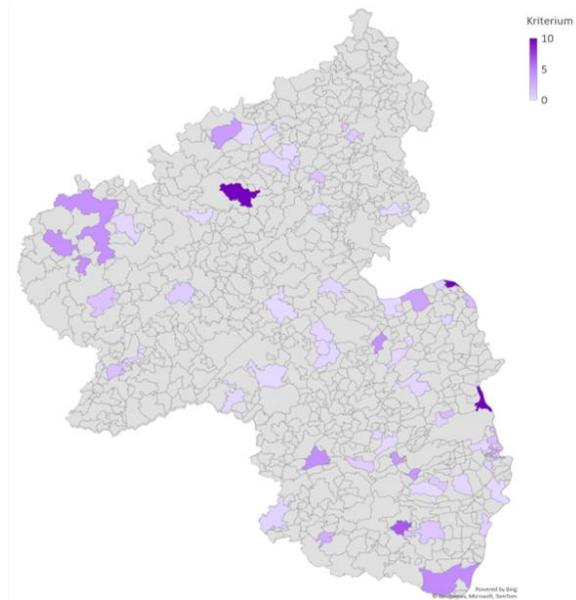


Abbildung 7: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen nach Summe installierter Nettoerzeugungsleistung durch Gaskraftwerke in Rheinland-Pfalz

3.2.4 Layer Industrielle H₂-Bedarfe

Der industrielle Sektor ist durch die politischen Ziele, zum Beispiel durch den European Green Deal und den damit verbundenen Richtlinien aufgefordert, die CO₂-Emissionen drastisch zu reduzieren. Mit dem European Green Deal haben sich die EU-Mitgliedstaaten das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Hierzu sollen bis 2030 mindestens 55 % weniger Netto-Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 emittiert werden [16]. Das THG-Reduktionsziel der Bundesregierung liegt bei einer Reduzierung von mindestens 65 % bis 2030 im Vergleich zu 1990 sowie 88 % Reduzierung bis 2040. Daraus ergibt sich das Ziel in der Industrie für 2030, die emittierten CO₂-Äquivalente auf 118 Mio. t zu reduzieren. Zum Vergleich: im Jahr 2020 lag der tatsächliche Wert bei 186 Mio. t. Mit dem engagierten Ziel der Klimaneutralität des Landes RLP bis spätestens zum Jahr 2040 steigt die Bedeutung der CO₂-Reduktion in der Industrie zusätzlich [17], [18].

Um die Emissionen in den verschiedenen Branchen der Industrie zu reduzieren, kommen unterschiedliche Technologien in Frage. Dabei ist für einige Anwendungen der Einsatz von Wasserstoff allerdings nahezu alternativlos, wie beispielsweise in der Stahlindustrie, wo der Wasserstoff zur Direktreduktion des Eisenoxids eingesetzt wird. Das H₂-Substitutionspotenzial in der Industrie besteht vor allem bei schwierig zu elektrifizierenden Hochtemperaturprozessen. Zudem kann aktuell bereits in der Industrie verwendeter, meist grauer Wasserstoff, ohne weiteren Aufwand durch grünen Wasserstoff ersetzt werden. Ein Beispiel hierfür stellt die Produktion von Grundchemikalien in der Chemieindustrie dar, in denen Wasserstoff als Ausgangsstoff stofflich genutzt wird [19]. Laut EU und RED III-Richtlinien sollen in der EU bis 2030 42 % des in der Industrie verwendeten Wasserstoffs grün sein [20].

Für den Layer industrielle H₂-Bedarfe werden potenzielle H₂-Nachfragen seitens industrieller Anlagen identifiziert. Um Transportaufwände und -kosten möglichst gering zu halten, ist es sinnvoll, Erzeugungsstandorte von Wasserstoff möglichst nah an potenziellen Verbrauchern anzusiedeln. Geringe Transportkosten resultieren in einem günstigeren H₂-Preis für den Endanwender. Durch industrielle, bedarfsorientierte Projekte lassen sich Produktionskosten langfristig senken und Preise können entsprechend abgesichert werden.

Zur Identifikation industrieller Anlagen und derer potenziellen H₂-Bedarfe wird die Liste der emissionshandlungspflichtigen Anlagen des Umweltbundesamtes für das Jahr 2022 herangezogen und analysiert. Diese Liste enthält die CO₂-Emissionen aller emissionshandlungspflichtigen Anlagen, sowie deren Branche und Standort. Die Emissionshandlungspflicht besteht ab einer Anlagengröße von 20 MW Leistung, worunter auch die größeren Gaskraftwerke fallen [21]. Für die ermittelten Anlagen inklusive der spezifischen CO₂-Emissio-

nen wird weiterführend der Primärenergiebedarf berechnet. Für jede Branche ermittelt das Umweltbundesamt außerdem auf Grundlage des Brennstoffeinsatzes einen spezifischen Emissionsfaktor [t_{CO_2}/MWh] [22]. Mit den anlagenspezifischen Emissionen lässt sich über den spezifischen Emissionsfaktor der Primärenergiebedarf jeder Anlage bestimmen.

Anschließend werden die Primärenergiebedarfe branchenspezifisch auf Temperaturniveaus aufgeteilt. Hierzu werden die Einteilung der Agentur für erneuerbare Energien herangezogen, welche die Temperaturniveaus auf $< 100^\circ C$, $100-500^\circ C$, $500-1000^\circ C$, $> 1000^\circ C$ unterteilt (siehe Abbildung 8) [23].

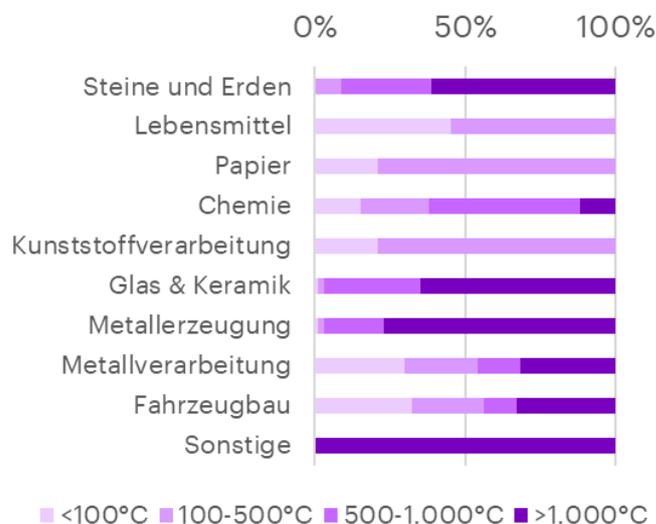


Abbildung 8: Industrieller Wärmebedarf nach Temperaturniveau für verschiedene Wirtschaftszweige [23]

Bei den Substitutionspotenzialen für Wasserstoff wird davon ausgegangen, dass bei niedrigeren Temperaturniveaus andere Technologien, basierend auf Elektrifizierung bevorzugt werden. Es werden verschiedene Szenarien zur Bestimmung der H_2 -Bedarfe gebildet. Für die hier berücksichtigte Auswertung wird das mittlere Szenario gewählt. Aus diesem Grund wird für den Temperaturbereich von $500-1000^\circ C$ ein Umstellungsanteil auf Wasserstoff von 25 % und für den Temperaturbereich von $> 1.000^\circ C$ ein Umstellungsanteil von 75 % angenommen. Eine Ausnahme stellt hierbei die Papierindustrie dar. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass eine Umstellung der Papierindustrie auf Wasserstoff auch trotz niedrigeren Temperaturniveaus

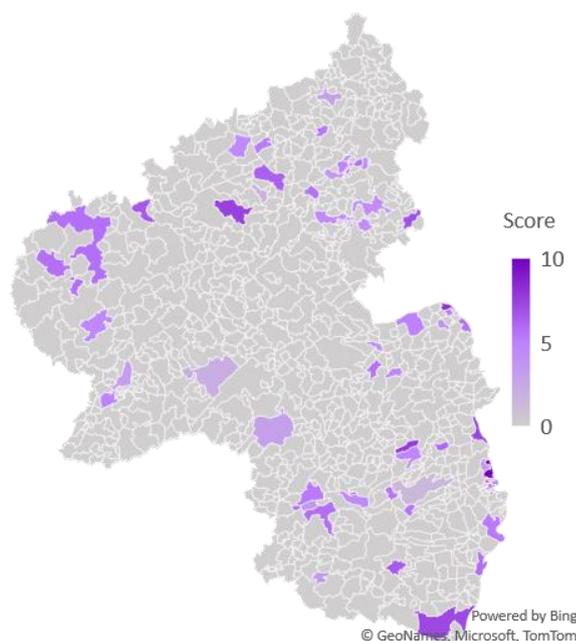


Abbildung 9: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten industriellen H_2 -Bedarfe

sinnvoll sein kann, weshalb für die Papierindustrie eine generelle Umstellbarkeit von 50 % angenommen wird.[24], [25]

Zur Bestimmung des Kriteriums für den Layer industrielle Bedarfe werden die ermittelten H₂-Bedarfe den zugehörigen Postleitzahlen zugeteilt (siehe Abbildung 9). Die Region mit dem größten absehbaren Bedarfs-potenzial erhält den Wert 10 des Kriteriums. Regionen ohne absehbares Bedarfs-potenzial erhalten den Wert 0. Zwischen dem kleinsten und größten absehbaren Bedarfs-potenzial ist das Kriterium entsprechend einer Exponentialfunktion verteilt. Diese Exponentialfunktion wird verwendet, um das Kriterium bezüglich besonders großer Verbraucher zu entschärfen und dadurch den kleineren Verbrauchern, die noch immer große Mengen abnehmen können, trotzdem eine gewisse Bewertung zu zuteilen. Einige der kleineren Abnehmer sind ggf. eher in der Lage, ihre Prozesse zusammen mit der Sicherheit einer ausreichenden Versorgung auf Wasserstoff umzurüsten.

WERTUNG UND GEWICHTUNG

Die Verteilung der Punktezahlen der einzelnen Landkreise gestaltet sich wie folgt:

- Aufgrund der Bedeutung der industriellen Bedarfe für zukünftige H₂-Nachfrage, wird dieser Layer mit 16 % gewichtet.
- PLZ mit höchstem industriellem H₂-Bedarf erhält den Wert 10
- PLZ ohne industrielle Bedarfe erhalten den Wert 0
- Zwischen den kleinsten und größten industriellen H₂-Bedarfen Verteilung mittels e-Funktion

3.2.5 Layer Zahlungsbereitschaft (Willingness to pay)

Zur Dekarbonisierung sind die Sektoren unterschiedlich stark auf eine Umstellung auf grünen Wasserstoff als Primärenergieträger angewiesen. In einigen Sektoren bieten sich alternative Technologien zur Dekarbonisierung der Produktion an. Die Abhängigkeit von Wasserstoff zur Dekarbonisierung nimmt einen bedeutenden Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft für grünen Wasserstoff in den unterschiedlichen Sektoren. Kann die Dekarbonisierung eines Sektors aus gegebenen Gründen ausschließlich durch den Einsatz von grünem Wasserstoff erreicht werden, wird von einer erhöhten Zahlungsbereitschaft betroffener Unternehmen ausgegangen.

Um die Zahlungsbereitschaft (gängige Bezeichnung und im Folgenden: Willingness to Pay (W2P)) einzuordnen, wird in diesem Layer anhand einer qualitativen Bewertung indiziert, wie die Zahlungsbereitschaft für grünen Wasserstoff der relevanten Sektoren ausfällt. Eine niedrige W2P deutet darauf hin, dass die Unternehmen nicht bereit sind, einen höheren Preis für grünen Wasserstoff zu zahlen. Eine hohe W2P indiziert eine größere Bereitschaft zur Implementierung von H₂-Technologien, was wiederum einen positiven Effekt auf den H₂-Hochlauf innerhalb einer Region erwarten lässt und den Standort für eine Wasserstoffproduktion attraktiver macht.

Um für die W2P eine qualitative Indikation abzuleiten, wird die W2P der Sektoren anhand deduktiv festgelegter Kriterien bewertet. Zur Einordnung wird festgelegt, ob das Bewertungskriterium keinen Effekt, einen moderaten Effekt oder einen stark positiven Effekt auf eine Zahlungsbereitschaft des untersuchten Sektors hat. Die Ergebnisse in Abbildung 10 können mit vorherigen internen sowie externen Untersuchungen validiert werden. Diese zeigen indikativ die Sektoren mit der höchsten W2P und wie die Sektoren gegenüber einander abschneiden [19], [26].

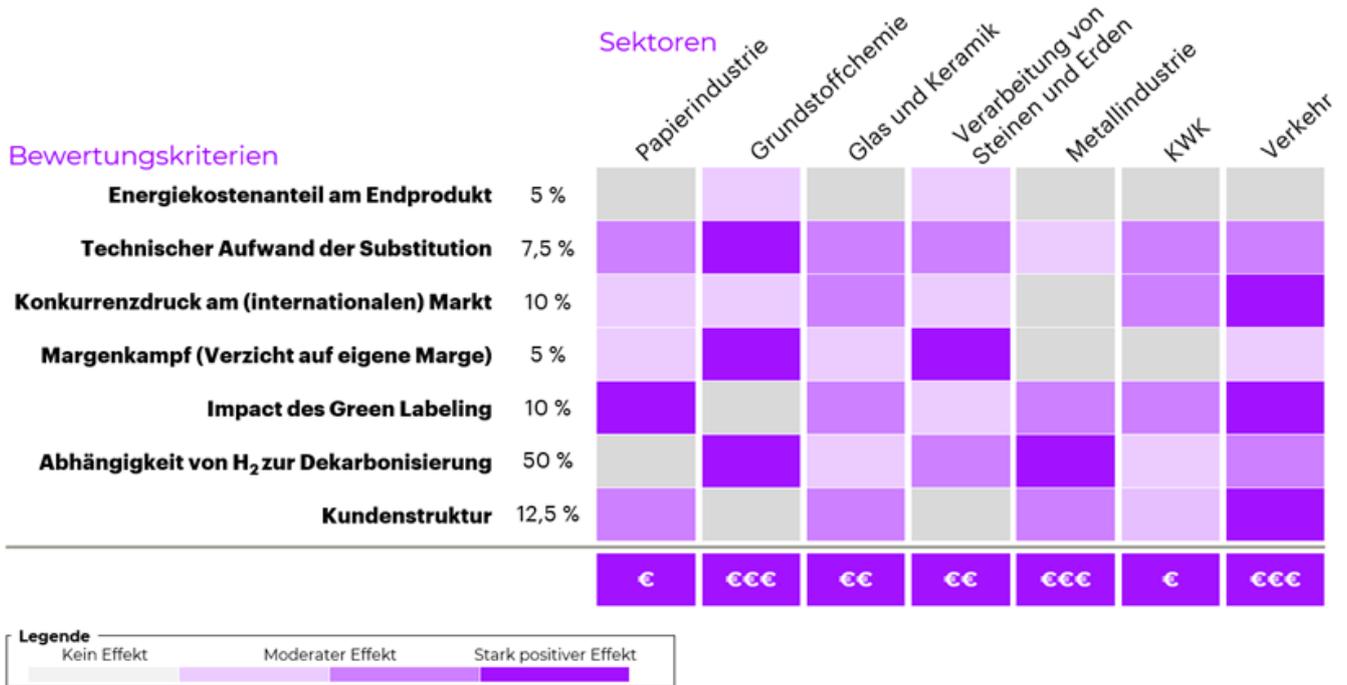


Abbildung 10: Bewertung verschiedener Sektoren zur W2P

Um die W2P für Rheinland-Pfalz in der Analyse einzuordnen, werden die bestimmten Bedarfe der Logistik- und Mobilitätsschwerpunkte sowie die industriellen Bedarfe mit dem W2P-Score (dargestellt durch das €-Symbol) der zugehörigen Abnehmer gewichtet. Mit dieser Methode können für jede betrachtete PLZ ein durchschnittlicher W2P-Score abgeleitet werden.

$$W2P_{gesamt} = \sum_{Abnehmer} W2P_{Abnehmer} * \frac{Bedarf_{Abnehmer}}{Bedarf_{gesamt}}$$

Dieser W2P-Score wird in ein Kriterium für den Layer übersetzt. Der höchste über die verschiedenen Verbraucher gewichtete W2P-Score, mit 3 €-Symbolen (€€€), erhält für das Kriterium den Wert 10. PLZ-Gebiete ohne ermittelte Bedarfe erhalten den Wert 0. Für die W2P-Scores dazwischen (€-€€) wird der Wert für das Kriterium linear interpoliert.

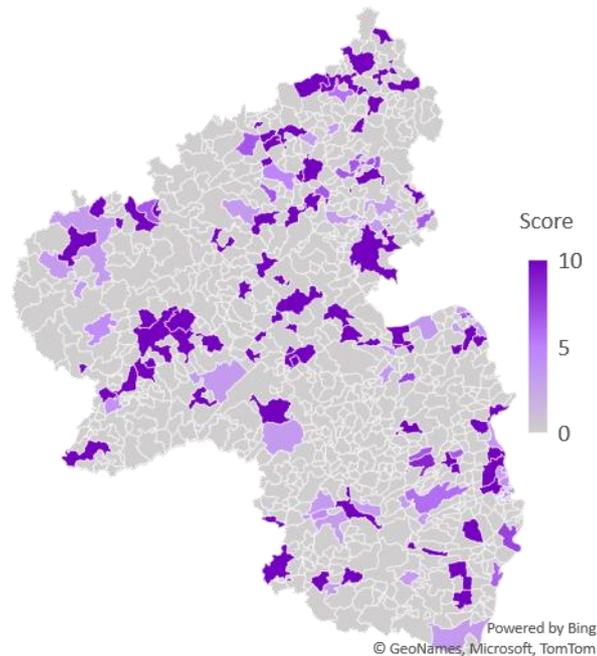


Abbildung 11: Postleitzahlscharfe Darstellung der W2P anhand ermittelter H₂-Bedarfe

WERTUNG UND GEWICHTUNG

- Das Kriterium zur W2P gewichtet die PLZ der Layer industrielle Bedarfe, sowie Logistik- und Mobilitätsbedarfe zusätzlich bezüglich der Zahlungsbereitschaft der H₂-Abnehmer und fließt daher zu 3% in die Analyse mit ein.
- Der höchste über die verschiedenen Verbraucher gewichtete W2P-Score (€€€) entspricht dem Wert 10
- Kein ermittelter Bedarf entspricht dem Wert 0
- W2P-Scores mit (€-€€) werden linear interpoliert, dementsprechend hat € den Wert 3,33 und €€ den Wert 6,67.

3.2.6 Layer H₂-Kernnetzplanung

Zahlreiche Studien zeigen, dass leitungsgebundener H₂-Transport mit Abstand den kostengünstigsten H₂-Import und -Transport ermöglicht. [27], [28], [29], [30], [31] Gerade beim H₂-Einsatz im industriellen Maßstab ist der Anschluss an ein H₂-Leitungsnetz Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb, bspw. bei der stofflichen Nutzung in der chemischen Industrie, der grünen Metallherstellung oder auch der energetischen Nutzung zur Gewinnung von elektrischer Energie und Prozesswärme.

Zur Planung eines solchen nationalen H₂-Netzes veröffentlichten die Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) im Juli 2023 einen ersten Planungsstand, der auf den gemeldeten zukünftigen H₂-Quellen und -Senken potenzieller H₂-Einspeiser und -Abnehmer besteht. Auf Grundlage dieser Planungen hatten Bundesländer, Verbände und weitere Stakeholder die Möglichkeit, Rückmeldungen abzugeben, welche in die einschließende Optimierung des H₂-Kernnetzes eingeflossen sind. Mitte November des Jahres 2023 haben die FNB schließlich der BNetzA und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz den Antrag für die Errichtung des H₂-Kernnetzes übermittelt [32]. Der Verlauf des 9.721 km langen Pipelinenetzes für das Jahr 2032 ist in Abbildung 12 dargestellt.

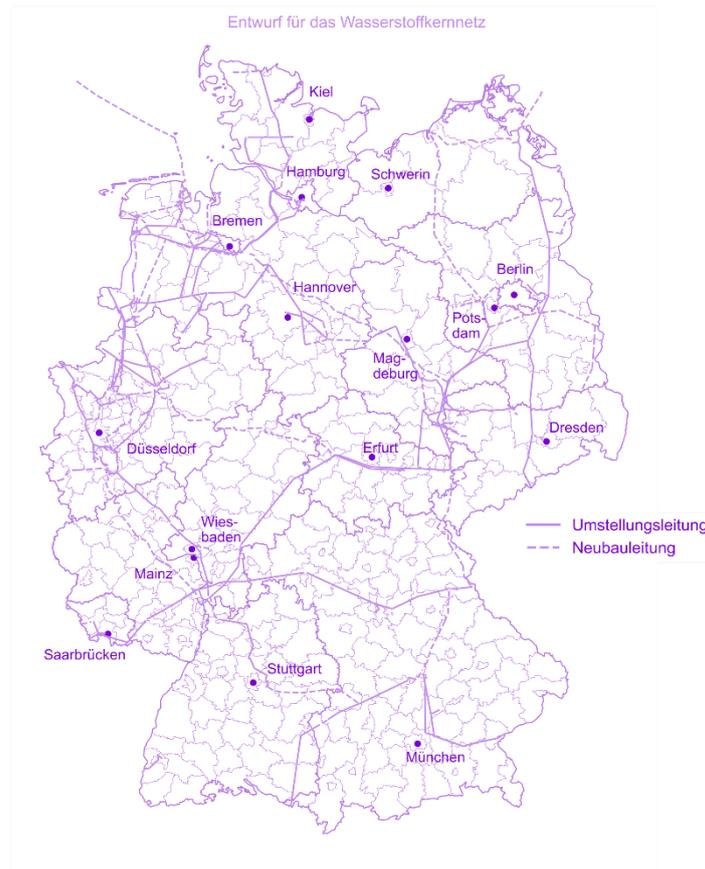


Abbildung 12: Verlauf des H₂-Kernnetzes im Jahr 2032 nach Planungen der Fernleitungsnetzbetreiber [32]

Durchgezogene Linien stellen in dieser Abbildung bereits bestehende Erdgasleitungen dar, die für den Transport von Wasserstoff umgestellt werden müssen. Gestrichelte Linien präsentieren hingegen neu zu bauende Pipelines. In Rheinland-Pfalz sind vor allem drei Verläufe augenscheinlich:

1. Zum einen soll ein Strang der Mittelrheinischen Erdgastransportleitung (METG) auf Wasserstoff umgestellt werden. Diese kommt aus der Region Köln/Bonn und kreuzt Rheinland-Pfalz rechtsrheinisch nördlich von Koblenz im Westerwald. Auf hessischem Landesgebiet tangiert sie sodann Mainz und läuft parallel zum Rhein weiterhin rechtsrheinisch in Richtung Ludwigshafen.
2. Eine Neubauleitung entspringt ebenfalls der Region Köln und verbindet die dortige HyPipCo-Initiative (Hydrogen Pipeline Cologne) und damit H₂-Leitungen von der Nordsee mit Rheinland-Pfalz. Die Neubauleitung soll westlich des Rheins durch die Landkreise Ahrweiler, Mayen-Koblenz, Rhein-Hunsrück, Bad Kreuznach und Alzey-Worms und anschließend entlang des Rheins in Richtung Süden durch die Landkreise Worms, Frankenthal, Ludwigshafen Rhein-Pfalz-Kreis, Speyer und Germersheim führen.
3. Beim dritten nennenswerten Teilstück des geplanten H₂-Kernetzes handelt es sich um eine West-Ost-Verbindung, die durch die teilweise Umstellung der Mittel-Europäischen-Gasleitung (MEGAL) realisiert werden soll. Die MEGAL verbindet durch die beiden Gasübergabepunkte Medelsheim (Saarland) und Waidhaus (Bayern) Frankreich mit der Tschechischen Republik und kreuzt dabei u. a. auch den Großraum Ludwigshafen.

Nach diversen Studien zum künftigen nationalen Energiesystem, bleibt Deutschland weiterhin von Energieimporten abhängig, sodass in Zukunft benötigter Wasserstoff zum Großteil importiert werden muss. [33], [34], [35]. Auch die Bundesregierung geht davon aus, einen Großteil des Wasserstoffs aus dem Ausland zu beziehen. Nichtsdestotrotz werden nach Aussagen der Bundesregierung zukünftig 30 - 50 % des benötigten Wasserstoffs im Inland produziert. Da für eine lange Zeit ein Nachfrageüberhang nach grün erzeugten Wasserstoff bestehen wird, sind zusätzliche Einspeiser in das sich im Aufbau befindliche H₂-Kernnetz vorgesehen. Regionen mit Anschluss an das Kernnetz weisen dadurch einen Standortvorteil für die Ansiedlung von grünen H₂-Produktionsanlagen auf, da eine einfache Abnahme und oder Einspeisung und ein deutschlandweiter Vertrieb den Betreibern eine hohe Auslastung der H₂-Produktionsanlagen erlaubt, was die H₂-Gestehungskosten sinken lässt.

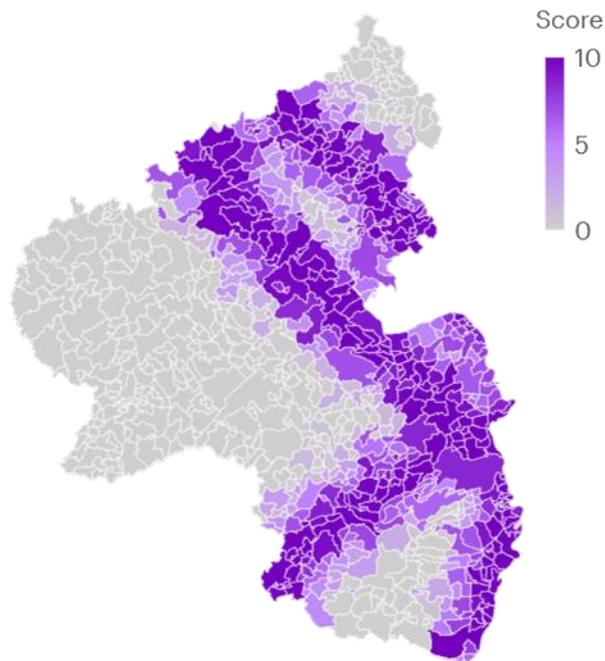


Abbildung 13: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen des H₂-Kernetzes in Rheinland-Pfalz

Für den vorliegenden Layer wird deswegen der veröffentlichte Verlauf des geplanten Kernnetzes [32] in ein GIS-Programm übertragen und die Entfernungen zu allen rheinland-pfälzischen PLZ-Gebieten ermittelt. PLZ-Gebiete, durch welche die geplanten H₂-Trassen verlaufen werden, bekommen die höchsten Punktwertungen. Ab einer Entfernung von 15 km bekommen PLZ-Gebiete keine Punkte mehr gutgeschrieben (siehe Abbildung 13). Da es sich um eines der wichtigsten Wertungskriterien handelt, wird die Nähe zum H₂-Kernnetz mit 10 % gewichtet.

WERTUNG UND GEWICHTUNG

- Regionen, durch die das Kernnetz verläuft, erhalten den Wert 10
- Regionen, die mehr als 15 km vom geplanten Trassenverlauf entfernt sind, erhalten den Wert 0
- Bis zur Entfernung von 15 km wird der Wert linear interpoliert
- Die erreichte Punktzahl wird mit 10 % in der Multikriteriellen Analyse gewichtet

3.2.7 Layer Verschneidung industrielle H₂-Bedarfe und H₂-Kernnetz

Hohe Investitionskosten für neue H₂-Pipelines (ca. 1 Mio. €/km für eine 300 mm Pipeline [36]) bevorteilen Unternehmen, die in unmittelbarer Nähe des geplanten H₂-Kernnetzes liegen (siehe Abschnitt 3.2.6). Industriebetriebe mit Anschluss zum geplanten Kernnetz stellen ihre Prozesse mit höherer Wahrscheinlichkeit auf Wasserstoff um, da geringere Anschlusskosten zu erwarten sind. Zukünftige H₂-Erzeugungsprojekte profitieren in diesen Regionen somit von einer potenziell höheren H₂-Nachfrage, während ihnen durch das im Aufbau befindliche nationale H₂-Netz zusätzlich die Möglichkeit für den überregionalen Absatz gegeben ist. Im Gegensatz dazu ist die Versorgung von industriellen H₂-Abnehmern in der Fläche, die keine H₂-Leitungsinfrastruktur in ihrer Nähe haben deutlich schwieriger und mit potenziell höheren Kosten verbunden, weswegen dort andere Dekarbonisierungsmaßnahmen eine höhere Relevanz genießen.

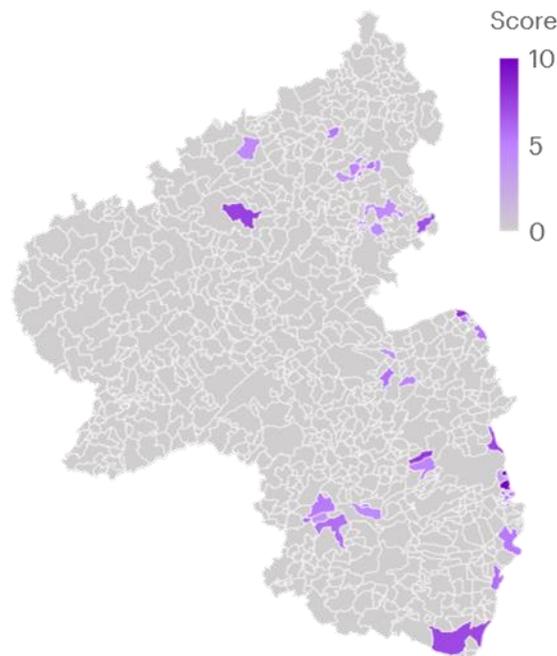


Abbildung 14: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten PLZ-Gebiete aus Industrieller H₂-Nachfrage und Nähe zum H₂-Kernnetz

Aufgrund dessen werden PLZ-Gebiete, die sich zum einen in unmittelbarer Nähe des geplanten H₂-Kernnetzes befinden (Distanz < 5 km) und zum anderen eine bedeutende industrielle H₂-Nachfrage erwarten lassen mit maximal zusätzlichen 5 % in der Multikriteriellen Analyse gewichtet. Die Wertung erfolgt analog zu [Industrielle H₂-Bedarfe](#), bei der die höchste Nachfrage den Wert 10 und die Niedrigste den Wert 0 erhält. In dieser Bandbreite werden die Bedarfspotenziale entlang einer zehnerlogarithmischen Skala gewertet, um den Einfluss besonders großer Industrieverbraucher zu entschärfen.

WERTUNG UND GEWICHTUNG

- Regionen, die max. 5 km vom geplanten H₂-Kernnetz entfernt sind
- Höchste H₂-Industrienachfrage erhält den Wert 10
- Geringste H₂-Industrienachfrage erhält den Wert 0
- Dazwischenliegende Werte werden zehnerlogarithmisch interpoliert
- Die erreichte Punktzahl wird mit 5 % in der Multikriteriellen Analyse gewichtet

3.2.8 Layer Gasfernleitungsnetz

Das im Kapitel 3.2.6 vorgestellte H₂-Kernnetz stellt nach Auffassung der Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) und der Bundesregierung nur einen Teil eines „[...] deutschlandweiten, effizienten, schnell realisierbaren und ausbaufähigen“ H₂-Netzes dar [37]. Bestehende Erdgasleitungen sind der erste Kandidat für den weiteren Ausbau des H₂-Kernetzes, da mit fortschreitender Dekarbonisierung des Energiesystems und der Erreichung des Ziels der Treibhausgasneutralität das bestehende Gasfernleitungsnetz seine Bestimmung verliert. Bei Erreichung der Treibhausgasneutralität wird kein fossiles Erdgas mehr durch die Pipelines gepumpt werden, lediglich Biogas und synthetisches Erdgas stellen erneuerbare Alternativen dar, die chemisch fossilem Erdgas ähneln. Zukünftig werden Angebot und Nachfrage nach Biogas und synthetischem Erdgas jedoch nicht auf dem gleichermaßen hohen Niveau wie Erdgas verbleiben. Das bestehende Fernleitungsnetz wird demzufolge für neue Aufgaben frei, wie bspw. dem Transport von grünem Wasserstoff. Da aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung die Nachfrage nach chemischen Energieträgern zurückgehen wird ([34], [37]), werden nicht alle derzeit existierenden Gasfernleitungsnetzabschnitte für den Transport erneuerbarer Gase benötigt. Allerdings besteht die gerechtfertigte Chance, dass weitere Teile des Gasfernleitungsnetzes als bisher im veröffentlichten Antragsentwurf des H₂-Kernetzes kommuniziert, in Zukunft für den leitungsgebundenen H₂-Transport verwendet werden. Deswegen wird in diesem Layer die vorhandene Gastransportinfrastruktur in Rheinland-Pfalz bewertet.

In Abbildung 15 ist die bestehende Gastransportinfrastruktur von Deutschland zu sehen. Vor allem drei Gaspipelines machen das Gasfernleitungsnetz in Rheinland-Pfalz aus. Diese sind mehrsträngig, was die (partielle) Umstellung auf Wasserstoff vereinfacht.

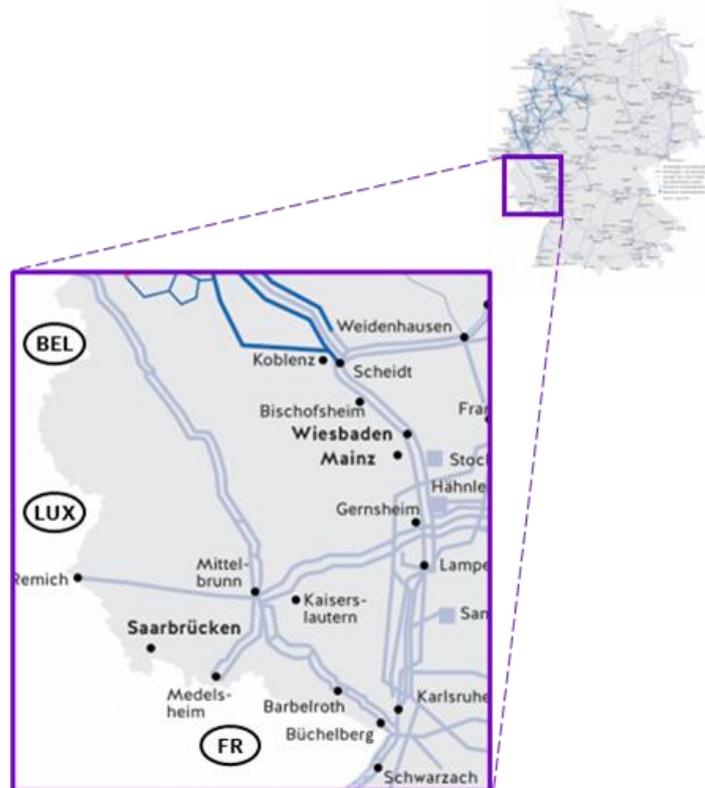


Abbildung 15: Schematische Darstellung des deutschen Gasfernleitungsnetzes nach [39]

1. Im Westen verläuft die Trans Europa Naturgas Pipeline (TENP). Sie ist die bedeutendste Nord-Süd-Achse in Europa und verbindet Deutschland mit Belgien und den Niederlanden im Norden (LNG-Terminals Antwerpen, Rotterdam, Amsterdam) und der Schweiz. Von dort gibt es derzeit Pläne für den Bau einer Gaspipeline über die Alpen nach Italien, die sogar bis Nordafrika ausgebaut werden soll, um Europa mit günstigem Wasserstoff aus der MENA-Region zu versorgen [38]. Zum bidirektionalen Transport, also auch dem Gasfluss von Süden nach Norden, ist die TENP bereits seit dem Jahr 2018 fähig.

2. Die Mittelrheinische Erdgastransport-Leitungsgesellschaft (METG) dient zum Transport von Erdgas nach West- und Südwestdeutschland und verbindet die die NETG im Raum Köln mit der Mittel-Europäischen-Gasleitung (MEGAL).
3. Die MEGAL ist die dritte rheinland-pfälzische Gaspipeline. Sie trifft im Gasknotenpunkt Mittelbrunn auf die TENP und schafft über diesen eine Verbindung zu den Gasübergabepunkten Remich (Luxembourg) und Medelsheim (Frankreich). Von dort aus verläuft sie östlich an Kaiserslautern vorbei über Gernsheim in Richtung Würzburg.

Für den vorliegenden Layer wird der Verlauf des existierenden Gasfernleitungsnetzes [39] in ein GIS-Programm übertragen und die Entfernungen zu allen rheinland-pfälzischen PLZ-Gebieten ermittelt. PLZ-Gebiete, durch die die bestehenden Gaspipelines verlaufen, bekommen die höchste Punktwertung. Ab einer Entfernung von 15 km bekommen PLZ-Gebiete keine Punkte mehr gutgeschrieben. Die Nähe zum bestehenden Gasfernleitungsnetzes wird mit 8 % gewichtet.

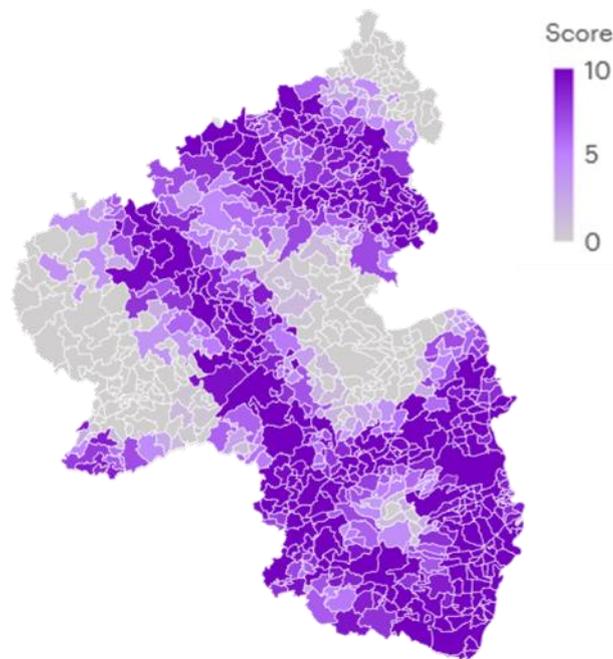


Abbildung 16: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten Regionen des Gasfernleitungsnetzes in Rheinland-Pfalz

WERTUNG UND GEWICHTUNG

- Regionen, durch die das Gasfernleitungsnetz verläuft, erhalten den Wert 10
- Regionen, die mehr als 15 km vom bestehenden Trassenverlauf entfernt sind, erhalten den Wert 0
- Bis zur Entfernung von 15 km wird der Wert linear interpoliert
- Die erreichte Punktzahl wird mit 8 % in der Multikriteriellen Analyse gewichtet

3.2.9 Layer Logistik- & Mobilitätsschwerpunkte

Neben den bereits beschriebenen Sektoren ist auch der Mobilitätssektor durch politische Ziele und den damit verbundenen Richtlinien aufgefordert, die CO₂-Emissionen drastisch zu reduzieren. Ein Teil des Pakets „Fit für 55“ – einer Reihe von Legislativvorschlägen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen der EU – sieht dabei vor, den Verkehrssektor mithilfe von Obergrenzen für den Flottenverbrauch von Fahrzeugen schrittweise zu dekarbonisieren [40]. So sollen CO₂-Emissionsreduktionsziele für neue Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge von bis zu 55 % bis 2030 und 100 % ab 2035 realisiert werden [41]. Auch für den Schwerlastverkehr werden in der EU-Verordnung zur Festlegung von CO₂-Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge anspruchsvolle Vorgaben gemacht. Ab dem Jahr 2025 soll eine Reduktion um 15 % und ab dem Jahr 2030 eine Reduktion um 30 % erreicht werden [42]. Zusätzlich gibt es derzeit auf EU-Ebene Bestrebungen, die Richtlinie über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge (Clean Vehicle Directive) zu verschärfen. In Deutschland soll für die Beschaffung von Bussen eine Mindestquote für „saubere“ Antriebsarten von 45 % bis 2025 und 65 % bis 2030 festgesetzt werden [43].

Neben den zuvor genannten Zielwerten gibt es europäische sowie nationale Anreizsysteme, welche die Investitionssicherheit für die Betreiber und Hersteller von Ladeinfrastrukturen sowie Flottenbetreiber gewährleisten soll. Dies soll eine rasche Verbreitung von emissionsfreien und emissionsarmen schweren Nutzfahrzeugen auf dem EU-Markt fördern. So stellt bspw. das Bundesverkehrsministerium auf Grundlage der Förderrichtlinie für Nutzfahrzeuge mit alternativen, klimaschonenden Antrieben und dazugehöriger Tank- und Ladeinfrastruktur (KsNI) 1,3 Mrd. € für die Anschaffung von klimafreundlicher Nutzfahrzeuge und 6,3 Mrd. € für den Aufbau oder die Erweiterung von Tank- und Ladeinfrastruktur für Pkw sowie Lkw zur Verfügung. [44]

Zu alternativen und klimaschonenden Antrieben gehören neben batterie-elektrischen Lösungen auch H₂-Brennstoffzellenfahrzeuge sowie Fahrzeuge mit H₂-Verbrennungsmotor. Der Logistiksektor ist demnach ein weiterer potenzieller H₂-Abnehmer von großer Bedeutung. Neben den allgemeinen Bemühungen zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors wird im Logistiksektor eine Verlagerung hin zu mehr Depotverkehr und weniger Transferverkehr beobachtet. Dies hat zur Folge, dass das Logistikdepot an sich als potenzieller Lade- bzw. Auftankpunkt immer mehr in Betracht gezogen wird. Dadurch lässt sich schlussfolgern, dass mit fortschreitender Dekarbonisierung im Transportwesen der Bedarf an Tankinfrastruktur sowohl für Batterie- als auch H₂-Fahrzeuge insbesondere in der Nähe großer Logistik-Hubs steigen wird [45].

Angesichts der Tatsache, dass die Levelized Cost of Hydrogen (LCOH) mit zunehmender Entfernung zwischen H₂-Produktionsstätte und Verbraucher steigen, ist es ratsam, eine potenzielle H₂-Produktionsstätte in der Nähe der Endanwender zu platzieren. Der Layer Logistik- & Mobilitätsschwerpunkte identifiziert Regionen in Rheinland-Pfalz mit Blick auf den vorhandenen Logistiksektor sowie vorhandene Busflotten, um die daraus resultierenden potenziellen H₂-Bedarfe abzuleiten. Im Folgenden wird die Methode zur Identifizierung von Logistikschwerpunkten in Rheinland-Pfalz und die Ableitung des entsprechenden H₂-Bedarfs erläutert. Außerdem wird im Anschluss daran die Vorgehensweise zur Bestimmung des H₂-Bedarfs ansässiger Verkehrsunternehmen erklärt und in die Analyse miteinbezogen.

3.2.9.1 Logistik

In einem ersten Schritt werden basierend auf veröffentlichten Geschäftszahlen die relevantesten bzw. umsatzstärksten Logistikunternehmen in Deutschland ermittelt. Neben einer Auswahl an bekannten nationalen Logistikdienstleistern ist festzustellen, dass der deutsche Logistiksektor einen stark fragmentierten Markt darstellt und somit viele verschiedene Marktteilnehmer zu berücksichtigen sind. Neben bundesweit bekannten klassischen Logistikunternehmen wie der DHL und DB Schenker gibt es eine Vielzahl an mittelgroßen Unternehmen, die sich den deutschen Logistikmarkt untereinander aufteilen. Darüber hinaus gilt es im Logistiksektor neben klassischen Speditions- und Kontraktlogistikern auch die innerbetriebliche Logistik (bspw. von großen Lebensmitteleinzelhändlern) sowie die Versandlogistik zu berücksichtigen.

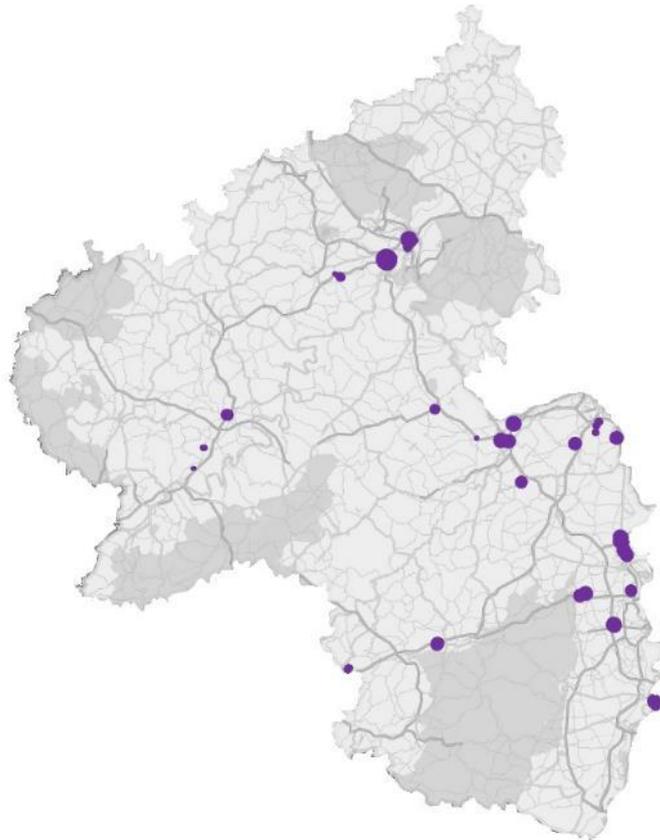


Abbildung 17: Identifizierte Logistikhubs in Rheinland-Pfalz; Größe der Punkte indiziert qualitativ den berechneten potenziellen H₂-Bedarf

Zunächst werden durch die Identifikation der Standorte der bundesweit bekannten und umsatzstärksten Logistiker wie bspw. DHL, DB Schenker und Dachser Logistik-Hubs in Rheinland-Pfalz ermittelt. In unmittelbarer Nähe dieser Hubs werden weitere regionale Logistikdienstleister identifiziert und in die Analyse miteinbezogen. Dieses Vorgehen wird für das gesamte Gebiet von Rheinland-Pfalz angewandt und resultiert in einer umfassenden Sammlung an Logistikunternehmen aus den zuvor genannten Logistiksektoren (siehe Abbildung 17).

Im nächsten Schritt wird die Abschätzung des potenziellen H₂-Bedarfs in Abhängigkeit von der Größe der identifizierten Logistikhubs vorgenommen. Hierfür wird zunächst die Größe der einzelnen Standorte mittels Satellitenbilder bestimmt. Ausschlaggebend ist dabei die Dachfläche. Hierbei werden in der Analyse nur Logistikhubs mit einer Dachfläche größer als 2.200 m² erfasst.

Zusammen mit der Einteilung der Logistikunternehmen gemäß ihrer spezifischen Betriebscharakteristika wurde eine spezielle Berechnungsmethode entwickelt, um aus der Dachfläche den potenziellen H₂-Bedarf abzuleiten. Mithilfe einer auf Literaturdaten sowie Praxisbeispielen basierenden Abschätzung ist es möglich, die Anzahl an LKW-Fahrten pro Tag eines Standortes abhängig von der jeweiligen Dachfläche zu bestimmen. Unter Berücksichtigung durchschnittlicher Fahrstrecken ist es möglich den potenziellen Kraftstoffverbrauch und somit H₂-Bedarf eines jeden Standortes abzuschätzen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 18 dargestellt.

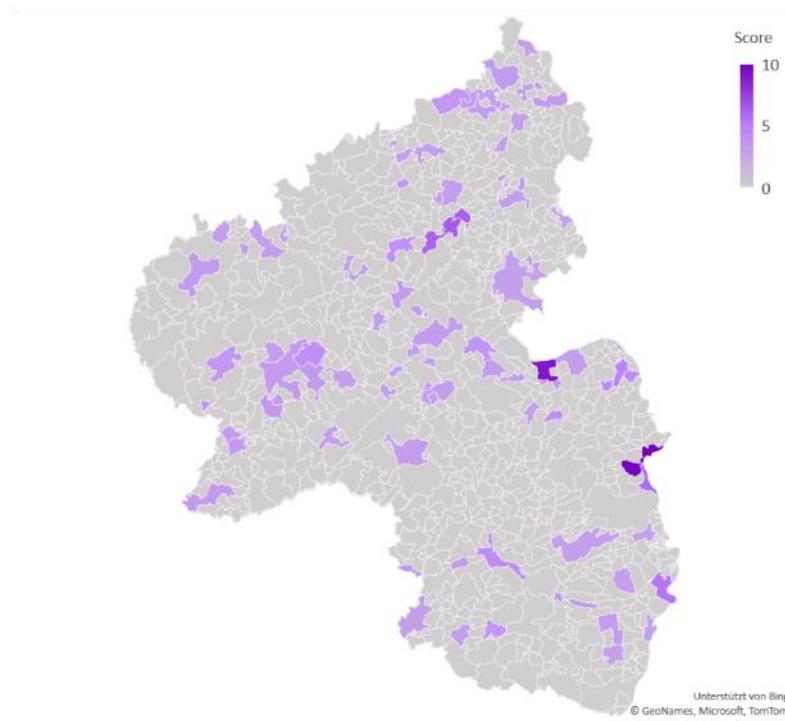


Abbildung 18: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten PLZ-Gebiete im Layer Logistik- und Mobilitätsschwerpunkte

3.2.9.2 Verkehrsunternehmen

Neben Logistikunternehmen spielen die ansässigen Verkehrsbetriebe insbesondere mit ihren Busflotten eine bedeutende Rolle im Sektor Mobilität. Beginnend mit einer umfassenden Recherche aller Verkehrsunternehmen (VU) in den Verkehrsverbänden Rheinland-Pfalz wurden die VUs sowie deren Adressen identifiziert. Im Folgenden wird angenommen, dass sich das VU und dessen zugehöriges Depot im gleichen PLZ-Gebiet befinden. Bei mehreren Adressen eines VUs wird die Flotte entsprechend den Standorten aufgeteilt. Der aktuelle Flottenbestand der jeweiligen VU wird, nach eigenen Angaben der VU auf ihren Websites, ermittelt. Für VU ohne Eigenangabe wird ein repräsentativer Mittelwert für die Flottengröße verwendet. Dieser Wert ergibt sich aus den in DE zugelassenen Bussen, dividiert durch die in DE registrierten Verkehrsunternehmen und der Berücksichtigung eines Sicherheitsabschlags von 40 %. Mit der Annahme, dass bis 2045 50 % der heutigen Flotte mit Wasserstoff betrieben wird, lassen sich so die potenziellen H₂-Bedarfe für jedes VU in der jeweiligen PLZ ermitteln [35].

Aus diesen Analysen ergeben sich für die entsprechenden PLZ, in welchen sich die identifizierten Logistik-Hubs sowie VU befinden, H₂-Bedarfe in kg/d. Aus diesen Werten wird eine Bewertung von 0 bis 10 abgeleitet. Hierbei erhält die Region mit dem niedrigsten ermittelten H₂-Bedarf den Wert 3. Dies liegt zum einem darin begründet, dass die Betrachtung der Logistikhubs erst ab einer bestimmten Mindestgröße erfolgt. Zum anderen erhalten damit auch PLZ eine entsprechende Berücksichtigung, welche relevante, wenn auch ggf. kleinere Unternehmen des ÖPNV aufweisen. Insgesamt fließt der Layer Logistik- und Mobilitätsschwerpunkte mit 8 % in die MCA mit ein. Dies berücksichtigt in angemessener Weise die Bedeutung des Logistiksektors und des ÖPNVs in der Rolle des Abnehmers von grünem Wasserstoff.

WERTUNG UND GEWICHTUNG LOGISTIK- & MOBILITÄTSSCHWERPUNKTE

- Region mit dem höchsten ermittelten H₂-Bedarf erhält den Wert 10
- Region mit dem niedrigsten H₂-Bedarf erhält den Wert 3
- Zwischen diesen beiden Werten wird linear interpoliert
- Die erreichte Punktzahl wird mit 8 % in der Multikriteriellen Analyse gewichtet

3.2.10 Layer Verkehrskorridore TEN-V Straßentransport

Das Transeuropäische Verkehrsnetz (TEN-V) der Europäischen Union ist ein umfassendes Netzwerk, das verschiedene Verkehrsinfrastrukturen in Europa miteinander verbindet. Es umfasst Straßen, Schienen, Wasserstraßen, See- und Binnenhäfen sowie Flughäfen. Das erklärte Ziel des TEN-V ist es einen reibungslosen und effizienten Verkehr innerhalb der EU zu gewährleisten. Das Netzwerk ist in Kernnetz und Gesamtnetz unterteilt, wobei das Kernnetz die Hauptverkehrswege darstellt. TEN-V spielt eine entscheidende Rolle bei der Förderung von nachhaltigem Transport, der Reduzierung von Engpässen und der Verbesserung der grenzüberschreitenden Verbindungen. Die EU investiert erhebliche Mittel, um die Entwicklung und Modernisierung dieses Netzes voranzutreiben und die Mobilität in Europa zu stärken.

Ein Großteil der europäischen Korridore führt durch Deutschland hindurch. Mit zunehmender Dekarbonisierung im Verkehrssektor werden H₂-basierte Antriebe im Bereich Mobilität immer relevanter, was somit zu einer signifikanten Steigerung der H₂-Bedarfe entlang dieser Korridore führen wird. Abbildung 20 zeigt die Auto-Ausfahrten sowie Knotenpunkte des TEN-V Straßennetzes in Rheinland-Pfalz. Hierbei sind Teile der Autobahnen A1, A3 und A48 Streckenabschnitte im Kernnetz. Diese Abschnitte repräsentieren demnach Verkehrs- und Transportrouten von zentraler europäischer Bedeutung und sind insbesondere im Hinblick auf Förderprogramme von Interesse, wie bspw. bei Förderungen der Alternative Fuels Infrastructure Facility (AFIF). Diese sehen unter anderem Förderungen für den Aufbau von H₂-Tankstellen vor, welche sich in der Nähe des TEN-V Straßennetzes befinden.

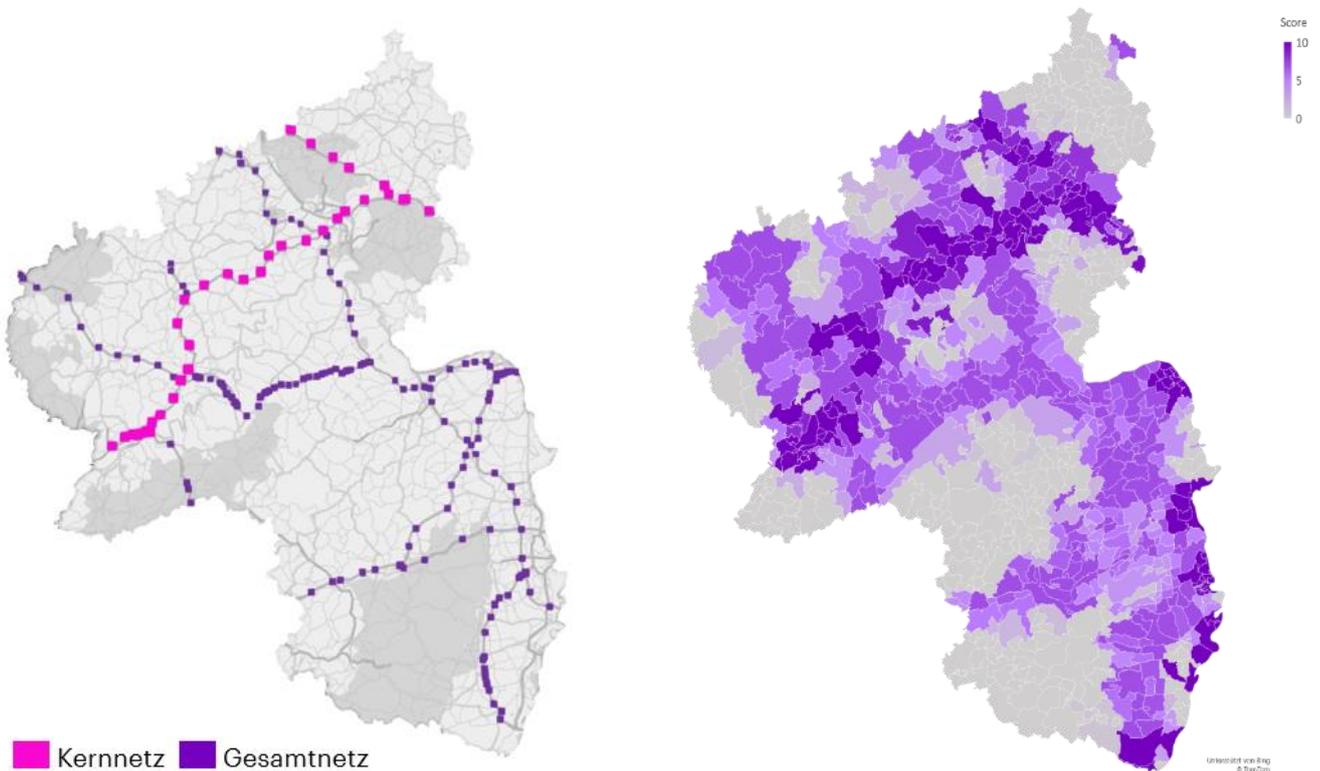


Abbildung 20: Ausfahrten des TEN-V Straßennetz in Rheinland-Pfalz

Abbildung 19: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten PLZ-Gebieten im Layer Verkehrskorridore TEN-V Straßentransport

Für den vorliegenden Layer wird der Verlauf des TEN-V Kern- sowie Gesamtnetzes für den Straßenverkehr in ein GIS-Programm übertragen. Anschließend wird für jede und die Entfernungen der Ausfahrten zu allen rheinland-pfälzischen PLZ-Gebieten ermittelt. Distanzen zwischen den Ausfahrten und PLZ-Gebieten werden ermittelt und entsprechend ausgewertet. Hierbei bekommen PLZ-Gebiete, die sich in einem städtischen Knoten des Gesamtnetzes ebenso wie PLZ-Gebiete mit direktem Zugang zu einer Auffahrt zum TEN-V Kernnetz 10 Punkte. Hiermit wird zum einen der erhöhte H₂-Bedarf in der Nähe von Verkehrsknotenpunkten wie auch eine verbesserte Förderfähigkeit in der Nähe des TEN-V Straßennetzes berücksichtigt. Ein direkter Zu-

gang zum TEN-V Gesamtnetz wird mit 7 Punkten bewertet. Alle anderen PLZ-Gebiete werden in absteigender Höhe in Abhängigkeit von ihrer Entfernung zum nächstgelegenen Knotenpunkt bewertet. Insgesamt wird der Layer Verkehrskorridore TEN-V Straßentransport aufgrund seiner hohen Bedeutung mit 8 % gewichtet.

WERTUNG UND GEWICHTUNG

- PLZ-Gebiete, die sich in einem städtischen Knoten des Gesamtnetzes befinden, erhalten 10 Punkte
- PLZ-Gebiete mit direktem Zugang/Auffahrt zum TEN-V-Kernnetz erhalten 10 Punkte
- PLZ-Gebiete mit direktem Zugang zum TEN-V-Gesamtnetz werden mit 7 Punkten bewertet
- Alle anderen PLZ mit einer Entfernung von 0 – 10 km erhalten ein absteigendes Rating
- Die erreichte Punktzahl wird mit 8 % in der Multikriteriellen Analyse gewichtet

3.2.11 Layer Verkehrskorridore TEN-V Binnenschifffahrt

Neben den Straßen- und Bahnverkehr beinhalten die Verkehrskorridore des TEN-V analog zum vorherigen Layer auch See- sowie Binnenhäfen. Rheinland-Pfalz hat aufgrund seiner Großschiffahrtsstraßen Rhein, Mosel und Saar, neben einem gut ausgebauten Fernstraßennetz, mehrere leistungsfähige Binnenhäfen. Häfen fallen analog zu den Industrie- und Logistikunternehmen die Rolle als H₂-Nutzer zu. Gleichzeitig können die Häfen aufgrund ihrer trimodalen Auslegung aber auch eine zentrale Rolle als Speicher und Umschlagplatz spielen. Wie bereits in der „Wasserstoffstudie mit Roadmap Rheinland-Pfalz“ aufgezeigt, weisen einige Binnenhäfen in Rheinland-Pfalz das Potenzial auf, als Nukleus für eine entstehende Wasserstoffwirtschaft zu fungieren [3]. Demnach werden die PLZ-Gebiete, die einen Binnenhafen beinhalten, in der auszuführenden MCA entsprechend höher bewertet.

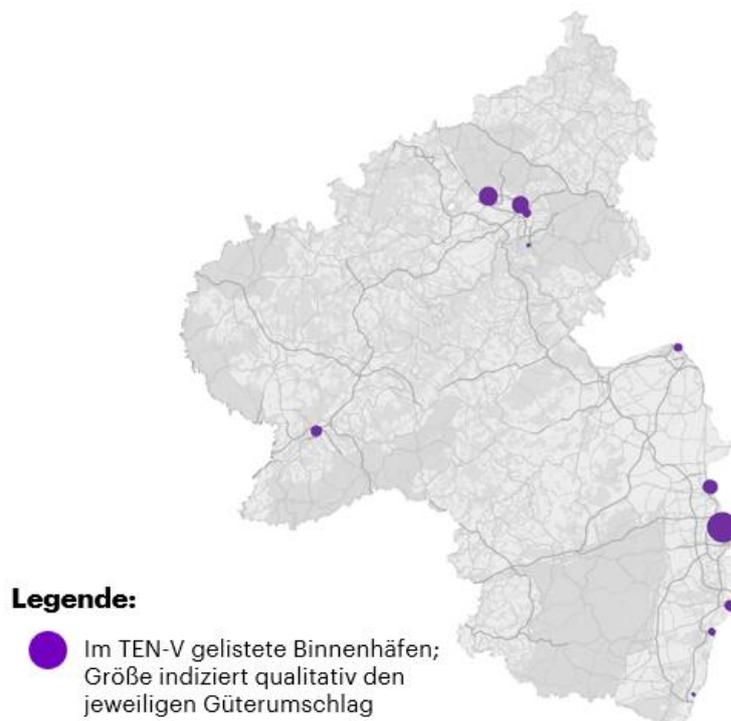


Abbildung 21: Im TEN-V gelistete Binnenhäfen

In Abbildung 21 werden die im TEN-V gelisteten Binnenhäfen in Rheinland-Pfalz dargestellt und ihr Güterumschlag qualitativ angedeutet. Da sich die Binnenhäfen nicht nur in Güterumschlag, sondern auch in weiteren Kriterien voneinander unterscheiden, wird eine Bewertungslogik zur Einschätzung der Relevanz der jeweiligen Häfen entwickelt und nachfolgend beschrieben. Die entsprechenden Ergebnisse werden in Abbildung 22 dargestellt.

Die Eignung eines Binnenhafens als H₂-Nukleus wird durch mehrere Kriterien bestimmt. Zunächst wird analysiert, ob der entsprechende Hafen im TEN-V gelistet ist. Dies gibt Auskunft über die entsprechende Relevanz des Hafens im europäischen Transportnetz. Falls der entsprechende Hafen im TEN-V gelistet ist, wird das PLZ-Gebiet, in welchem sich der Hafen befindet, positiv mit einem Wert von 4 bewertet. Darüber hinaus bekommen umsatzstarke Häfen wie beispielsweise Ludwigshafen eine zusätzliche Wertung von bis zu 3 Punkten gemäß ihres Güterumschlags. Dies spiegelt u. a. die wirtschaftliche Bedeutung und Vernetzung des Hafens mit seinem Hinterland wider. Das Vorhandensein weiterer positiver Begebenheiten, wie bspw. Erfahrung im Umgang mit Wasserstoff, bereits laufende H₂-Aktivitäten oder die Nähe zu potenziellen Großabnehmern von Wasserstoff, wird ebenfalls mit bis zu 3 Punkten bewertet und fließt in die Gesamtwertung ein. Insgesamt wird der Layer Verkehrskorridore TEN-V Binnenschifffahrt mit 3 % gewichtet.

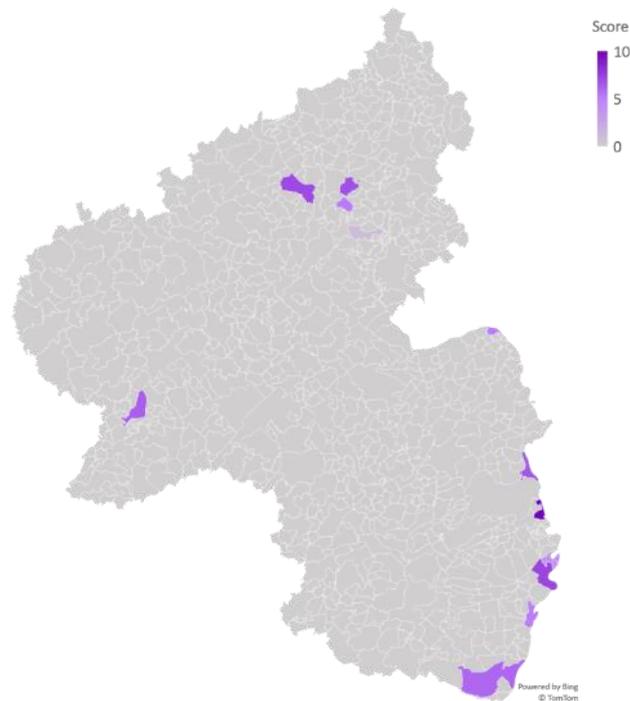


Abbildung 22: Postleitzahlscharfe Darstellung der gewerteten PLZ-Gebiete im Layer Verkehrskorridore TEN-V Binnenschifffahrt

WERTUNG UND GEWICHTUNG

- Gesamtwertung setzt sich aus mehreren Kriterien zusammen:
 - I. Vorhandensein eines TEN-V gelisteten Hafens = 4 Punkte
 - II. Je nach Güterumschlag zusätzlich 1 – 3 Punkte
 - III. Weitere positive Kriterien werden zusätzlich mit bis zu 3 Punkten honoriert
- Die erreichte Punktzahl wird mit 3 % in der Multikriteriellen Analyse gewichtet

3.2.12 Layer Bestehende Elektrolyseure

Bestehende Elektrolyseure führen lokal zu einem Kompetenzaufbau bezüglich der Steuerung von H₂-Produktionsanlagen, der Prozessführung, der Energiebeschaffung, des Gashandlings und des Genehmigungsmanagements. Dabei weisen bestehende Anlagen meist deutlich geringere Kapazitäten auf als für die Dekarbonisierung des Energiesystems und der regionalen Wirtschaft notwendig, weswegen die bestehenden H₂-Produktionsanlagen keine Markteintrittsbarrieren für neue Erzeugungsanlagen darstellen. Regionale Akteure sind daher eher gewillt und befähigt, weitere H₂-Erzeugungsprojekte im größeren Maßstab zu entwickeln als Akteure in Regionen ohne Erfahrungen. Außerdem sind weniger Konflikte mit Anwohnern zu erwarten, da durch kleinere Projekte die Bevölkerung bereits Akzeptanz für die neue Technologie entwickeln konnte. Darüber hinaus mussten sich die Genehmigungsbehörden durch kleinere vorangegangene Projekte Know-how bei der Genehmigung von H₂-Erzeugungsanlagen und -Speichern aufbauen. Aufgrund der Größe bisheriger Projekte in Rheinland-Pfalz – die größte Anlage ist weiterhin der Energiepark Mainz der beiden Betreiber Stadtwerke Mainz und der Linde Group mit einer Nennleistung von 3,9 MW Elektrolysekapazität – stellen diese kleineren Elektrolyseure derzeit keine Marktkonkurrenz für neue H₂-Erzeugungsprojekte dar.

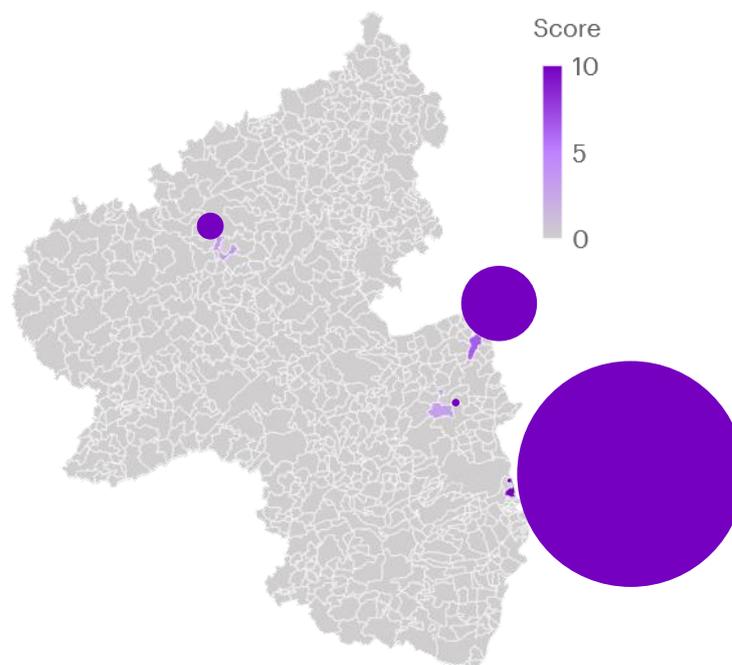


Abbildung 23: Postleitzahlscharfe Darstellung der bestehenden und im Bau befindlichen H₂-Erzeugungskapazitäten

Im vorliegenden Layer werden zum einen bereits existente oder in der Bauphase befindlichen H₂-Erzeugungsprojekte berücksichtigt. Somit ist der im Bau befindliche 54 MW Elektrolyseur der BASF, den diese im Rahmen des IPCEI-Projekts Hy4Chem am Standort Ludwigshafen errichtet, miteingeschlossen. PLZ-Gebiete, in denen ein H₂-Erzeugungsprojekt bekannt ist, erhalten entsprechend der installierten Leistung eine Wertung. Dabei erhält die höchste Leistung den Wert 10, während dem kleinsten Projekt der Wert 3 zugeordnet wird. Regionen ohne bekanntes H₂-Erzeugungsprojekt, werden mit 0 gewertet. Durch dieses Vorgehen wird sichergestellt, dass der lokale Kompetenzaufbau auch bei kleineren Projekten genügend berücksichtigt wird. Das Layerergebnis wird in Abbildung 23 illustriert, wobei die Kreisfläche proportional zur installierten Leistung steht.

WERTUNG UND GEWICHTUNG

- Regionen ab einer installierten Leistung von 12 MW erhalten den Wert 10
- Die Region mit der geringsten installierten Leistung erhält den Wert 3
- Werte dazwischenliegender Erzeugungskapazitäten werden linear interpoliert
- Regionen ohne bekanntes H₂-Erzeugungsprojekt erhalten den Wert 0
- Die erreichte Punktzahl wird mit 6 % in der Multikriteriellen Analyse gewichtet

3.2.13 Layer H₂-Know-how

Zahlreiche Akteure in Rheinland-Pfalz beschäftigen sich in der Forschung und Entwicklung mit dem Themenbereich Wasserstoff – von Herstellung über Transport, Handling und Speicherung bis hin zu vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten. Zu den Akteuren zählen außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Universitäten und Hochschulen angewandter Wissenschaften sowie Forschungsgruppen privatwirtschaftlicher Unternehmen. Entsprechende Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten führen im Umkreis zu gut ausgebildeten H₂-Experten und einem überdurchschnittlichen Interesse an der Materie. Aus dem bereits bestehenden H₂-Know-how folgt eine höhere Vertrautheit mit der H₂-Produktion und eine niedrigere Schwelle sowie bessere Erfolgsaussicht zur erfolgreichen Umsetzung eigener H₂-Produktionsprojekte.

Im vorliegenden Layer werden bekannte H₂-Kompetenzzentren zusammengetragen und georeferenziert. Um diese werden Kreise mit einem Radius von 5 km gelegt und die durch diese Umkreise abgedeckten PLZ-Gebiete analysiert (siehe Abbildung 24). Regionen mit mindestens zwei Know-how-Zentren bekommen den maximalen Wert von 10 Punkten zugewiesen. Regionen, die wenigstens ein Forschungs- oder Entwicklungszentrum aufweisen, werden mit 5 Punkten gewertet. Der Layer wird in der Multikriteriellen Analyse mit 2 % gewichtet.

WERTUNG UND GEWICHTUNG

- Regionen mit zwei oder mehr H₂-Kompetenzzentren erhalten den Wert 10
- Regionen mit einem H₂-Kompetenzzentrum erhalten den Wert 5
- Alle sonstigen Regionen werden nicht gewertet
- Die erreichte Punktzahl wird mit 2 % in der Multikriteriellen Analyse berücksichtigt

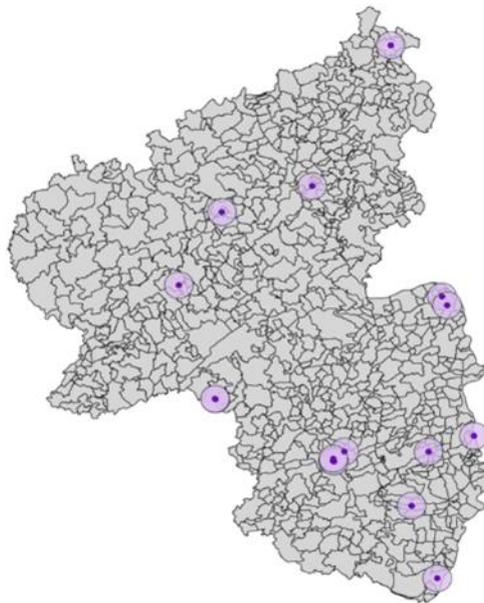


Abbildung 24: Übersicht der gewerteten H₂-Kompetenzzentren in Rheinland-Pfalz

3.3 Identifizierte Potenzialregionen

Die zuvor vorgestellten Layerdaten ergeben miteinander kombiniert und entsprechend der festgelegten Gewichtung (siehe Abbildung 2) ein deutliches Bild: In Rheinland-Pfalz kristallisieren sich Regionen entlang des Rheins und des zukünftigen geplanten H₂-Kernnetzverlaufes mit höheren Gesamtscores heraus (siehe Abbildung 25).

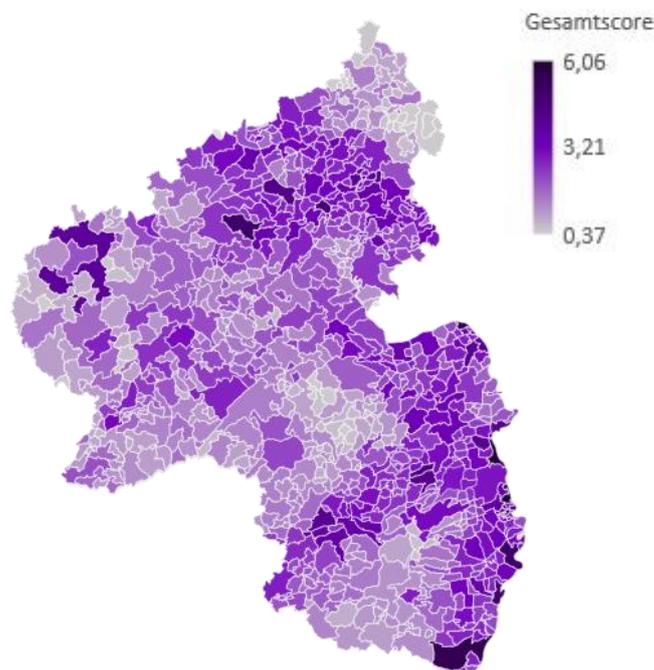


Abbildung 25: Ergebniskarte der Multikriteriellen Analyse

Das Ergebnis ist nicht verwunderlich, denn zum einen stellen bereits heute der Mittelrhein um Koblenz und die Region zwischen Mainz und Wörth am Rhein die industrielle Achse des Landes dar. Zum anderen orientiert sich die heutige Gaspipelineinfrastruktur und auch der geplante H₂-Trassenverlauf an den wirtschaftlichen Zentren, die wiederum durch verschiedene Faktoren eine hohe Gewichtung bei der Multikriteriellen Analyse erhalten haben. Unter den am besten gewerteten PLZ-Regionen befinden sich dadurch die Städte Ludwigshafen am Rhein, Mainz, Mayen, Worms und Wörth am Rhein. Dabei befinden sich unter den Top-20-Regionen mehrere verschiedene PLZ-Gebiete der Städte Mainz und Ludwigshafen am Rhein, was deren Bedeutung unterstreicht. Die bestbewerteten PLZ-Gebiete zeichnen sich durch hohe Punktzahlen bei fast allen Layern aus. Lediglich bei der Erzeugungskapazität von Erneuerbaren Energien erzielt keines der Top-10-PLZ-Gebiete einen Punkt, was in der außerordentlich städtischen bzw. industriellen Prägung dieser PLZ-Gebiete begründet ist. Dies zeigt, dass ein Überschuss an lokal erzeugtem EE-Strom für die Erzeugung von grünem Wasserstoff kein notwendiges Kriterium ist, solange die Netzanbindung ausreicht, da laut EU-Kommission Strom aus der gesamten Stromgebotszone, sprich Gesamtdeutschland und Luxemburg, genutzt werden kann [8]. Ähnlich ist es bei den Logistik- und Mobilitätsschwerpunkten sowie den bereits in den Regionen vorhandenen H₂-Erfahrungen durch Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten bzw. bestehende H₂-Erzeugungsprojekte: Bloß vier der Top-10-PLZ-Gebiete erzielen im Logistik- und Mobilitätslayer einen nennenswerten Score und nur ein Top-10-PLZ-Gebiet sticht durch eine bestehende H₂-Erzeugungsanlage oder anderes H₂-Know-how hervor.

Eine interessante Beobachtung wird bei dem H₂-Binnenhäfen-Layer deutlich. Obwohl dieser nur mit 3 % gewichtet wird und die Gebiete somit nicht aufgrund der maximal 0,3 zu gewinnenden Punkte im Gesamt-ranking ganz oben stehen, existiert in sieben der Top-10-PLZ-Gebiete ein wirtschaftlich genutzter Binnenhafen. Binnenhäfen entstanden in industriell genutzten Regionen bzw. verhalfen diesen Regionen zum wirtschaft-

lichen Aufschwung. Aus diesem Grund ist die starke Vertretung von Hafengebieten in den Top-10-PLZ-Gebieten eine spannende Korrelation zwischen industrieller Stärke und der damit einhergehenden Energienachfrage und der Eignung zur Produktion grünen Wasserstoffs.

Aufgrund der Analyseergebnisse werden drei Potenzialregionen für die Erzeugung von grünem Wasserstoff in Rheinland-Pfalz identifiziert (siehe Abbildung 25).

1. Im Norden Rheinland-Pfalz die Region „Mayen-Koblenz Westerwald“, die große Teile der Landkreise Ahrweiler, Neuwied, Westerwaldkreis und den Rhein-Lahn-Kreis mit einschließt. Neben Mayen ist auch Koblenz in den Top-10-PLZ-Gebieten vertreten.
2. Rund um die Landeshauptstadt die Potenzialregion „Mainz Alzey-Worms“, die hauptsächlich aus den kreisfreien Städten Mainz und Worms sowie den Landkreisen Mainz-Bingen und Alzey-Worms besteht, darüber hinaus jedoch auch in die Landkreise Bad Kreuznach und Donnersbergkreis ausstrahlt.
3. Südlich von Worms schließt sich entlang des Rheins die dritte Potenzialregion „Vorderpfalz“ an. Diese umfasst die Landkreise Bad Dürkheim, Rhein-Pfalz-Kreis, Südliche Weinstraße und Germersheim und die kreisfreien Städte Frankenthal, Ludwigshafen am Rhein, Speyer, Neustadt an der der Weinstraße, Landau in der Pfalz, die durchweg gute Ergebnisse in der Multikriteriellen Analyse aufzeigen. Neben den bereits genannten Städten befinden sich so bspw. auch Speyer und Germersheim unter den Top-10-PLZ-Gebieten.

Die auf den absoluten Ergebnissen der Multikriteriellen Analyse beruhenden identifizierten Potenzialregionen werden durch eine zusätzliche geografische Analyse unterstützt. Dafür wird der geografische Durchschnittswert gebildet. Mittels eines GIS-Programms werden für jedes PLZ-Gebiet die Werte angrenzender PLZ-Gebiete in einem Umkreis von 5 km addiert und durch die Anzahl der sich im Umkreis befindlichen PLZ-Gebiete dividiert. Der geografische Mittelwert zeigt ein geglättetes Ergebnis der Multikriteriellen Analyse und lässt Potenzialregionen und ihre Zentren einfacher identifizieren (siehe Abbildung 26).

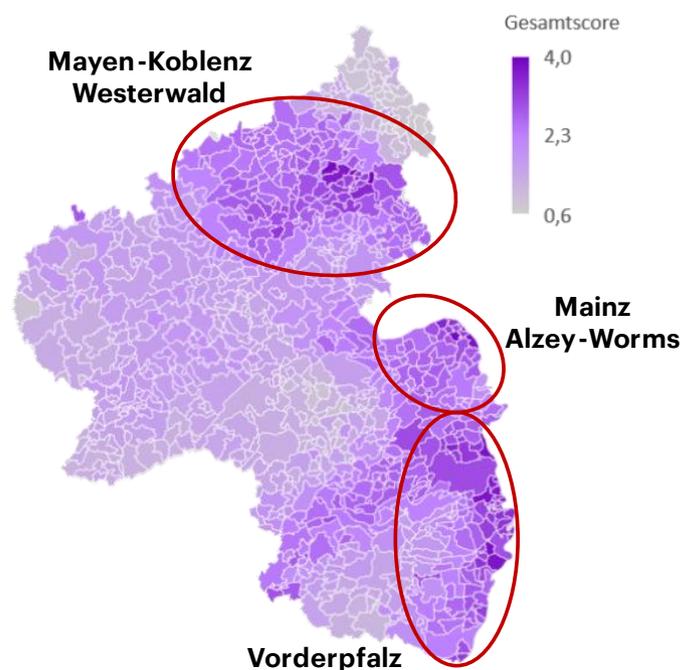


Abbildung 26: Geographisch geglättete Ergebniskarte der Multikriteriellen Analyse (Durchschnitt im 5 km Umkreis)

Durch die Glättung treten die drei identifizierten Potenzialregionen deutlicher hervor. Anders als bei PLZ-Gebieten, die lediglich vereinzelt einen hohen Gesamtwert in der Multikriteriellen Analyse erzielen, wie z. B. das Oberzentrum Kaiserslautern oder das PLZ-Gebiet 54597 im Eifelkreis Bitburg-Prüm (siehe Abbildung 25), weisen die drei Regionen Mayen-Koblenz Westerwald, Mainz Alzey-Worms, Vorderpfalz in ihrer Umgebung eine Vielzahl geeigneter Ortschaften auf. Dabei stellt die gesetzte Markierung in Abbildung 26 nur eine grobe Abtrennung dar. Inwiefern einzelne Regionen, deren Gebietskörperschaften und die darin ansässigen

privaten H₂-Akteure zusammenarbeiten, um die H₂-Produktions und -Nutzungsmöglichkeiten zu verbessern und wo sie die Grenzen ziehen, unterliegt der Entscheidung der beteiligten Akteure. Eine gangbare Option ist das im nachfolgenden [Kapitel 4 Hydrogen Valley](#) erläuterte Bewerbungsverfahren für ein europäisches Hydrogen Valley, für die ein regionales Bewerberkonsortium gebildet werden sollte.

Das Ergebnis der drei identifizierten Potenzialregionen ist sehr stabil, wie mehrere Sensitivitätsrechnungen mit unterschiedlicher Gewichtung der einzelnen Layer zeigen. Beispielhaft ist dies in Abbildung 27 gezeigt, für die alle Layer mit der gleichen Gewichtung von 6,67 % gewichtet wurden. Die drei Potenzialregionen Mayen-Koblenz Westerwald, Mainz Alzey-Worms, Vorderpfalz heben sich in der Durchschnittsbetrachtung weiterhin hervor, jedoch rücken die Einzelwertungen durch die Mittelung der Gleichgewichtung, wie zu erwarten war, näher zusammen und die absoluten Ausreißer nach oben und unten nehmen ab. So liegt der maximale Gesamtscore der besten PLZ-Region nun bei 5,12 statt wie zuvor bei 6,05. Dies schlägt sich auch im geographisch geglätteten Ergebnis wieder (siehe Abbildung 27), in der die Bandbreite der Gesamtscores nun zwischen 0,8 und 3,6, statt wie zuvor zwischen 0,6 und 3,9 liegt. Nicht nur das Ergebnis der Potenzialregionen bleibt stabil, sondern auch die besten PLZ-Regionen verbleiben bei veränderter Gewichtung auf den vorderen Plätzen. Die gesamten Top-10-PLZ-Gebiete bei der Sensitivitätsauswertung liegen in der originären Gewichtung mindestens unter den besten 20 PLZ-Gebieten und umgekehrt.

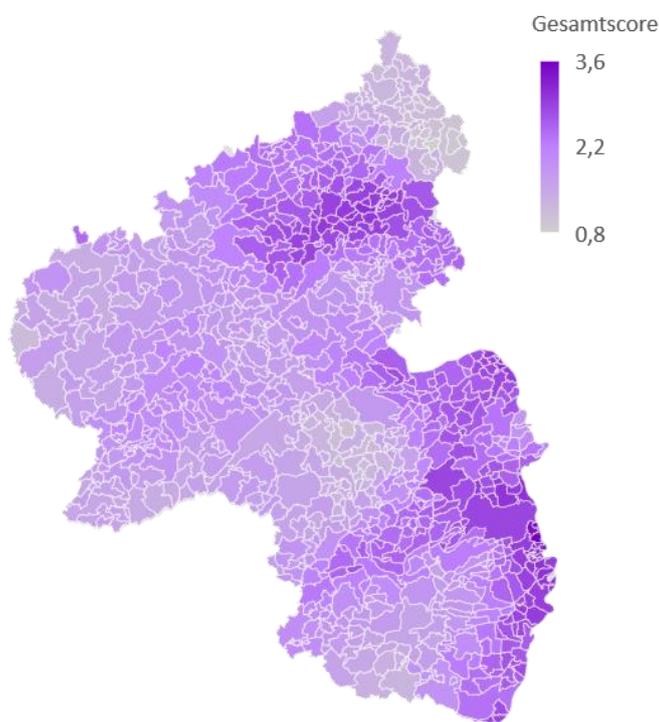


Abbildung 27: Geographischer Durchschnitt der Sensitivitätsbetrachtung mit gleicher Gewichtung aller Layer

Die identifizierten Regionen stechen heraus, weil in diesen Wasserstoff anwendungsnah erzeugt werden kann. Die hohe Energienachfrage in der umliegenden Industrie sowie die darauf ausgelegte Energie-, Straßen- und Wasserwegeinfrastruktur steigern deren Gesamtpunktzahl in der MCA. Dieser Pluspunkt durch die unmittelbare Nähe zur Nachfrageseite bedeutet nicht, dass in anderen Regionen von Rheinland-Pfalz keine H₂-Produktion erfolgreich angesiedelt werden kann. Wird die H₂-Produktion von der elektrischen Infrastruktur aus gedacht, bieten Elektrolyseure netzdienliche Vorteile. Dies bedeutet, dass sie zur Verringerung der Netzkosten beitragen können, indem sie Netzengpässe, Redispatchmaßnahmen und die Abregelung volatiler EE-Anlagen reduzieren, was durch eine angepasste flexible Fahrweise der Elektrolyseure an Netzknotenpunkten mit hoher EE-Einspeisung bzw. stark beanspruchter Netzelemente erreicht wird. In Rheinland-Pfalz sind dafür besonders die Region um Trier, der Eifelkreis Bitburg-Prüm und der Rhein-Hunsrück-Kreis geeignet.

**Disclaimer:**

Die abgeschlossene Identifizierung der Potenzialregionen bedeutet nicht, dass außerhalb der Potenzialregionen keine erfolgreiche H₂-Produktion angesiedelt werden kann. Über den ökonomischen Erfolg einer H₂-Produktion entscheiden stets die projektspezifischen betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die sich innerhalb einer Region und zwischen unterschiedlichen Anwendungs- und Betriebsfällen stark unterscheiden können. Die in dieser Studie vorgelegten Ergebnisse zeigen lediglich, in welcher Region die Rahmenbedingungen im Hinblick auf die untersuchten Faktoren mit einer höheren Wahrscheinlichkeit positiv zu bewerten sind als im Rest des Landes.

4 Hydrogen Valley

Um eine nachhaltige Zukunft zu gestalten, dienen die Dekarbonisierungsziele der UN-Klimakonferenz in Paris (COP 21) dem Zweck der Begrenzung der globalen Erderwärmung auf maximal 2 °C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit – angestrebt werden sogar 1,5 °C. Hierbei wird als maßgebender Einflussfaktor die Einschränkung von CO₂-Emissionen gesehen. Dazu spielen neben nationalen Maßnahmen regulatorischer Natur vor allem konkrete Handlungen auf lokaler Ebene eine entscheidende Rolle.

Zur Unterstützung der EU-Mitgliedsstaaten hat die Europäische Kommission verschiedene Fördermechanismen initiiert. Eines davon ist das **Horizon Europe Framework Program** der EU, ein Forschungs- und Innovationsförderprogramm bis zum Jahr 2027. Dessen Ziel ist es, dem Klimawandel proaktiv entgegenzuwirken, indem es zur Verwirklichung der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen beiträgt. Zugleich soll die Wettbewerbsfähigkeit und das Wachstum der EU gefördert werden.[46] Das Programm unterstützt zahlreiche Vorhaben, so auch die **Clean Hydrogen Partnership**, dessen Hauptziel darin besteht, durch eine optimierte Finanzierung von F&E-Aktivitäten einen Beitrag zum European Green Deal und zu nationalen H₂-Strategien zu leisten [1]. In diesem Kontext veröffentlicht die Clean Hydrogen Partnership aktuell im jährlichen Turnus Ausschreibungen zur Förderung von Projekten entlang der H₂-Wertschöpfungskette, wozu im Jahr 2024 neben fünf weiteren Kategorien auch die Errichtung von H₂-Ökosystemen (Hydrogen Valleys) gezählt wird.

In Kapitel 4.3 wird die Ausschreibung bezogen auf Hydrogen Valleys näher beschrieben, wo sie als Blaupause zur Demonstration eines exemplarischen Bewerbungsprozesses und im Förderantrag möglicher geforderter Elemente, sowie von potenziellen Anforderungen und Vergabekriterien dient.

Dieses Kapitel befasst sich nachfolgend mit der Beschreibung von Hydrogen Valleys, deren Gründungsprozess sowie der exemplarischen Darstellung der Förderungsbewerbung.

4.1 Eigenschaften, Ziele und Vorteile eines Hydrogen Valleys

Durch den Begriff Hydrogen Valley wird ein geografisches Gebiet beschrieben, welches verschiedene Anwendungen entlang der gesamten H₂-Wertschöpfungskette verknüpft, sodass ein zusammenhängendes und ganzheitliches Ökosystem entsteht. Dieser integrierte Systemansatz umfasst die Erzeugung, Speicherung und Verteilung sowie Endnutzung von Wasserstoff in unterschiedlichen Sektoren, wie der Energiebranche, der Industrie, Mobilität, Landwirtschaft, der Baubranche, usw. [2].

Demnach wird durch den Aufbau eines Hydrogen Valleys das Ziel verfolgt, eine umweltfreundliche, vielseitige und vor allem langfristige sowie nachhaltige H₂-Wirtschaft aufzubauen – perspektivisch auch über die Grenzen des eigentlichen Hydrogen Valleys hinaus. Dieses Ziel steht im Einklang der Umweltziele der EU¹ und schafft einen konkreten Beitrag zur proaktiven Umsetzung ebenjener. Entscheidend ist dabei die Reproduzierbarkeit eines EU-geförderten Hydrogen Valleys, welches in sich als Blaupause für andere Standorte eignen soll. Zudem dient es der Steigerung öffentlicher Sichtbarkeit von H₂-Projekten bzw. der H₂-Wirtschaft und soll die öffentliche Wahrnehmung von Wasserstoff als Energieträger und eines darauf basierenden Ökosystems fördern.

Ein gewichtiger Vorteil geförderter Hydrogen Valleys liegt darin, dass die hohen anfänglichen Investitionsausgaben (CAPEX) für Innovationen und neue Technologien der H₂-Branche subventioniert werden können, was anfängliche Hemmnisse unterschiedlicher Stakeholder reduzieren und zusätzliche Investitionen motivieren kann. Die öffentlichkeitswirksame Reichweite für die im Projekt involvierten Akteure eines derartigen, EU-geförderten Leuchtturmprojektes trägt zu einem positiven Image des gesamten Wirtschaftsraums und seiner Beteiligten bei und kann zusätzliches politisches sowie industrielles Interesse begünstigen.

¹ vgl. European Green Deal, Fit for 55, REPowerEU und die EU-Wasserstoffstrategie

Die Gründung eines Hydrogen Valleys zieht demzufolge aktive Akteure mit Pioniergeist an, die sich dazu verpflichten, langfristig in das regionale Ökosystem zu investieren und miteinander zu kooperieren. Ein derartiges Konsortium mit klaren gemeinsamen Zielen erleichtert Prozesse und Absprachen und steigert die Investitionssicherheit für weitere Unternehmen in der Region. Durch die Initiierung eines EU-geförderten Hydrogen Valleys kann also eine regelrechte Anziehungskraft für unterschiedliche Akteure aus Industrie, Bildung und Politik entstehen.

4.2 Der exemplarische Prozess zur Gründung eines Konsortiums und zum Aufbau eines Hydrogen Valleys

An dieser Stelle wird ein exemplarisches Vorgehen zur Gründung eines Hydrogen Valley-Konsortiums und dem anschließenden Aufbau des H₂-Ökosystems beschrieben. Dabei wird davon ausgegangen, dass nach der Gründung ein Förderantrag entsprechend der bisherigen Ausschreibung der Clean Hydrogen Partnership von 2024 gestellt wird.

Für den langfristigen Erfolg eines Hydrogen Valleys ist die Zusammenstellung eines Projektkonsortiums maßgeblich entscheidend. Gemäß Abbildung 28 folgt der Prozess zur Gründung des Hydrogen Valleys den ersten drei der dargestellten fünf Phasen, welche nachfolgend als die fünf „F“ zum Aufbau eines ganzheitlichen Hydrogen Valleys betitelt und näher beschrieben werden.

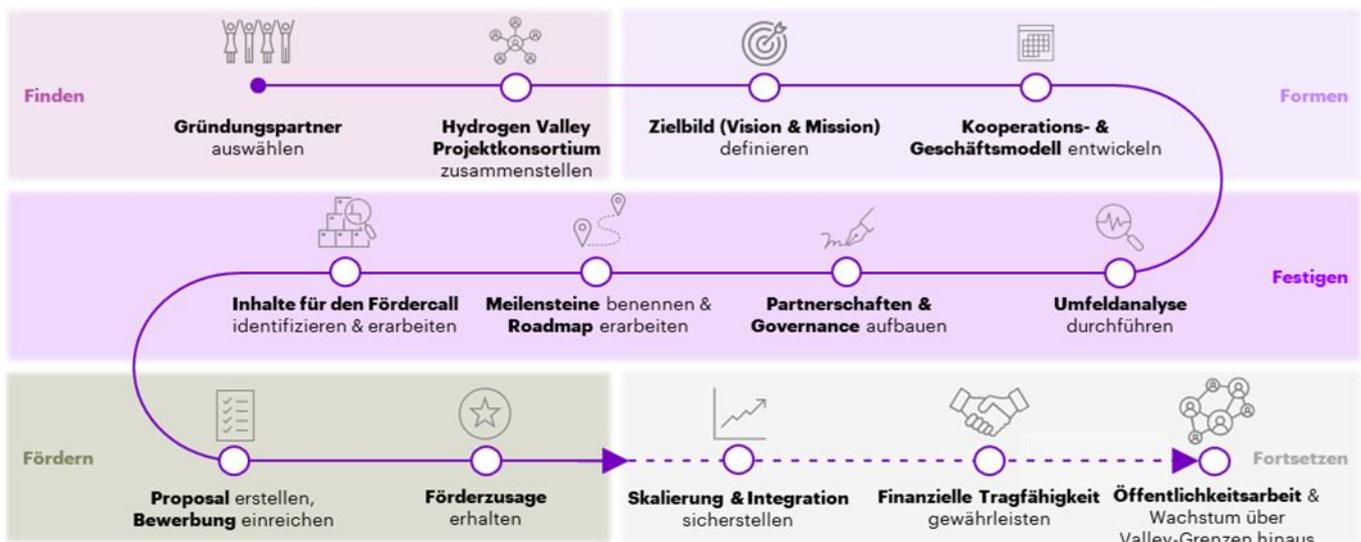


Abbildung 28: Exemplarischer Prozess zur Gründung eines Konsortiums und zum Aufbau eines Hydrogen Valleys

Die erste Phase wird als „Finden“ bezeichnet. Hier kommen die Gründungspartner zusammen und diskutieren die verschiedenen Stakeholder aus Politik, Industrie und Forschung, welche für das Konsortium des Hydrogen Valleys in Frage kommen. Potenzielle Akteure werden kontaktiert und über das Vorhaben informiert. Haben die angesprochenen Akteure Interesse, erfolgt die formelle Einladung zur Beteiligung am Hydrogen Valley.

In der zweiten Phase namens „Formen“ finden sich die ausgewählten Konsortialpartner zusammen und diskutieren vertrauensvoll und auf Augenhöhe das gemeinsame Ziel, Vorgehen und mögliche Projekte. Es werden Vorteile, Erwartungen, Herausforderungen und Wünsche bei einer möglichen Kooperation herausgearbeitet und ein erstes Kooperations- und Geschäftsmodell mit definiertem Zielbild formuliert und vom Konsortium bestätigt. Dabei bietet sich unter anderem als methodischer Rahmen eine SWOT-Analyse an, um einen Überblick über die Stärken, Schwächen, Chancen und Barrieren entlang des Projektes zu erfassen [47].

In der darauffolgenden dritten Phase „Festigen“ erfolgt eine Umfeldanalyse von Marktbedingungen, technischen Anforderungen, rechtlichen Rahmenbedingungen und finanziellen Möglichkeiten. Zur Festigung der

Partnerschaft und dem Aufbau einer Governance-Struktur wird eine gemeinsame Absichtserklärung bzw. ein Konsortialvertrag von den einzelnen Konsortialpartnern unterzeichnet, um Rechte und Pflichten, Haftung, Gewinnverteilung, Leitung, Entscheidungsfindung und Konfliktlösung zu regeln. Im Anschluss werden konkrete Meilensteine im Rahmen einer kollaborativen Roadmap benannt.

Schließlich erfolgt die gemeinsame Bekanntgabe des geplanten Hydrogen Valleys und es kann begonnen werden, geeignete Fördermechanismen zu identifizieren. Mit Beendigung der dritten Phase gilt der Gründungsprozess als abgeschlossen, sodass mit dem Aufbau des H₂-Ökosystems begonnen werden kann, wie in den nachfolgenden beiden Phasen beschrieben.

Die vierte Phase lautet „Fördern“ und bezieht sich auf die konkrete Erstellung und Einreichung der Bewerbung um die zuvor identifizierte Förderung. Dazu sind die erforderlichen Dokumente gemäß den Informationen aus der jeweiligen Ausschreibung mit hoher Sorgfalt zu erstellen. Wie eingangs erwähnt, erfolgt im anschließenden Unterkapitel die Beschreibung eines exemplarischen Förderaufrufs, darin enthaltener Elemente und Anforderungen am Beispiel der Ausschreibung 2024 der Clean Hydrogen Partnership. Die hier beschriebene vierte Phase gilt mit Erhalt der Förderzusage als erfolgreich abgeschlossen.

Nach Erhalt der Förderzusage kann mit der lokalen Implementierung des Hydrogen Valleys der konkrete Aufbau der H₂-Wirtschaft begonnen werden. Dieser Aufbau und die nachfolgende Skalierung werden in der letzten der fünf Phasen „Fortsetzen“ zusammengefasst. Dazu zählt die sukzessive Integration weiterer Stakeholder und die Skalierung beteiligter Partnerbetriebe, um das Wachstum des Hydrogen Valleys sicherzustellen. Es gilt dabei zu beachten, dass die Gewährleistung der eigenständigen finanziellen Tragfähigkeit des Hydrogen Valleys ein erhebliches Kriterium in der Ausschreibung 2024 darstellte, weshalb dies Teil des hier empfohlenen Folgeprozesses ist. Für weiteres Wachstum des Hydrogen Valleys, insbesondere über seine eigenen geografischen Grenzen hinaus, ist zudem aktive Öffentlichkeitsarbeit zu betreiben.

4.3 Beschreibung eines exemplarischen Förderaufrufs

An dieser Stelle wird ein exemplarischer Förderaufruf für ein Hydrogen Valley beschrieben, wofür die bereits genannte Ausschreibung aus dem Jahr 2024 der Clean Hydrogen Partnership herangezogen wird. Diese startete am 17. Januar 2024 eine Ausschreibung für H₂-Forschung, um die Entwicklung von H₂-Technologien entlang der gesamten H₂-Wertschöpfungskette in verschiedenen Forschungs- und Innovationsbereichen zu unterstützen. Die Ausschreibung HORIZON-JTI-CLEANH2-2024 wurde am 17. April 2024 geschlossen; es wurden 151 Bewerbungen eingereicht. Die Ausschreibung umfasste insgesamt 20 Themen aus den sechs folgenden Kategorien: Erneuerbare H₂-Produktion, H₂-Speicherung und -Verteilung, H₂-Transport, Wärme und Strom, Querschnittsthemen sowie schließlich Hydrogen Valleys, welches mit der ursprünglichen Summe von 29 Mio. € den größten Förderbetrag der Ausschreibung ausmachte² [48]. Zudem hat die EU-Kommission in ihrer Mitteilung „REPowerEU-Plan“ eine zusätzliche Investition von 200 Mio. € für diese Ausschreibung angekündigt, um die Zahl der Hydrogen Valleys in der EU bis 2025 zu verdoppeln, wonach für die Ausschreibung 2024 bis zu 60 Mio. € zusätzliches Budget zur Aufstockung zur Verfügung gestellt wurde [49]. Dieser Teil der Ausschreibung wird nachfolgend herangezogen, um einen exemplarischen Förderaufruf zu beschreiben.

ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN AN DIE BEWERBUNGSUNTERLAGEN

Innerhalb des erwähnten Förderaufrufs von 2024 gibt es zwei Versionen mit gleichen oder sehr ähnlichen inhaltlichen Anforderungen: Die Unterscheidung liegt primär in der Größe der zu fördernden Hydrogen Valleys: Hier werden einerseits großskalige Hydrogen Valleys, sogenannte Large-scale Hydrogen Valleys mit einer minimalen Erzeugungskapazität von mindestens 4.000 t_{H2}/a sowie kleine Hydrogen Valleys (Small-scale Hydrogen Valleys) mit einer Erzeugungskapazität von mindestens 500 t_{H2}/a differenziert. Für beide Varianten sind individuelle Förderzeiträume verhandelbar. Gefördert werden können die Kosten für

² Von den 29 Mio. € werden 20 Mio. € für sogenannte *Large-scale Hydrogen Valleys* und 9 Mio. € für sogenannte *Small-scale Hydrogen Valleys* bereitgestellt. Das gesamte Förderbudget umfasste 113,5 Mio. €

die Bau- und Inbetriebnahmephase der H₂-Erzeugungstechnologien einschließlich des Anschlusses (z. B. an das Stromnetz, Stromkosten), während Kosten für EE-Anlagen (z. B. PV- oder Windkraftanlage) oder damit verbundene Kosten für den Betrieb des Hydrogen Valley (z. B. Strom für Elektrolyseure) nicht förderfähig sind. Für beide Varianten gilt zudem, dass mindestens zwei H₂-Anwendungen aus zwei verschiedenen Sektoren Teil des Projektes sein sollen, mit klarem Fokus auf die Sektoren Energie, Industrie und Verkehr. Weitere erwartete Projektergebnisse sind die vollständige Integration des Hydrogen Valleys in das breite Energieökosystem, die Verbesserung der öffentlichen Wahrnehmung von H₂-Technologien durch Gewährleistung einer hohen Sichtbarkeit des Projekts und die Verbreitung gewonnener Erkenntnisse zur Unterstützung der Entstehung weiterer Hydrogen Valleys.

Als wichtigste allgemeine Anforderungen an die Bewerbungsunterlagen werden Überwachungs- und Bewertungstätigkeiten gefordert, die mindestens zwei Betriebsjahre umfassen, sowie ein klarer Kommunikationsplan, um hohe Sichtbarkeit in der Öffentlichkeit zu gewährleisten, inkl. klarer, messbarer und ehrgeiziger KPIs. Zudem ist eine Demonstration nötig, wie Wasserstoff die Sektorenkopplung und eine umfassende Integration von EE ermöglicht sowie eine optimale techno-ökonomische Lösung für die Dekarbonisierung der Tätigkeiten in dem betreffenden geografischen Gebiet bietet. Darüber hinaus ist ein Nachweis zu erbringen, wie die finanzielle Tragfähigkeit nach zwei Betriebsjahren erreicht werden soll.

Weitere wichtige Anforderungen sind u. a. die Bereitstellung konkreter Projektdurchführungspläne mit einem klaren Zeitplan, in dem die wichtigsten Phasen der Durchführung der Maßnahme (d. h. Vorbereitung der Spezifikationen für Ausrüstung, Herstellung, Genehmigung, Einsatz und Betrieb) und deren Dauer festgelegt sind. Zudem bedarf es eines Finanzierungsplans, um die Umsetzung des Projekts in Synergien mit anderen Finanzierungsquellen sicherzustellen. Zudem wird die klare und kohärente Darstellung des Hydrogen Valleys gefordert (über die gesamte Wertschöpfungskette, einschl. H₂-Erzeugung, -verteilung und -speicherung sowie Endverwendungen) inklusive der Investitionen und Maßnahmen, die direkt durch dieses Thema unterstützt werden, sowie anderer Investitionen oder Maßnahmen durch weitere Finanzierungsquellen. Zudem sind Nachweise über Engagement und Rollen von Behörden und anderer erforderlichen Stakeholder zumindest als Absichtserklärungen zu erbringen.

Weitere Anforderungen an die Bewerbung bzw. deren Inhalte sind der jeweiligen Ausschreibung zu entnehmen.

EINZUREICHENDE ELEMENTE UND INHALTE

Das Antragsformular der hier beschriebenen Ausschreibung aus dem Jahr 2024 besteht aus drei Teilen, nämlich einem Online-Anmeldeformular und zwei über das EU Funding & Tenders Portal downloadbarer Vorlagen [50]: dem eigentlichen Bewerbungsformular und einer Budget-Tabelle.

Das Anmeldeformular dient hauptsächlich der Eintragung administrativer Angaben zu den antragstellenden Organisationen und Ansprechpartnern sowie der Zusammenfassung des Finanzplans, um das Bewerbungsvorhaben bei der EU-Kommission anzumelden.

Das Bewerbungsformular liegt als eine bearbeitbare Word-Datei vor, welche sich aus drei inhaltlichen Abschnitten zusammensetzt. Diese werden als „Exzellenz“, „Impact“ sowie „Implementierung“ betitelt. Die Vorgabe zum Umfang liegt hier bei maximal 70 DIN A4-Seiten inklusive Anhang.

Unter Exzellenz sind Zielsetzungen und Ambitionen sowie die Methodik jeweils als Fließtext aufzuführen.

Der Abschnitt Impact beinhaltet den mehrseitigen Projektablaufplan und Maßnahmen zu Maximierung der Wirkung des Hydrogen Valleys im Sinne der Verbreitung, Nutzung und Kommunikation.

Unter Implementierung werden detaillierte Inhalte, Tabellen, sowie der Arbeitsplan und Ressourcenplan gefordert, sowie die Darstellung der Kapazität der einzelnen Akteure und des Konsortiums als Ganzes.

Die Budget-Tabelle im Excel-Format beschreibt das dritte zentrale Element der einzureichenden Bewerbungsunterlagen. Hier sind auf einzelnen Tabellenblättern zahlreiche Angaben zu erbringen, u. a. eine Liste der begünstigten und angeschlossenen Einrichtungen nach Kostenstelle und Arbeitspaket, eine ausführliche Liste der Arbeitspakete, die geschätzte Aufteilung des gewonnenen Förderbetrages, ein Haushaltsbogen, Abschreibungskostenliste, usw.

DIE WICHTIGSTEN VERGABEKRITERIEN UND BEWERTUNGSMAßNAHMEN

Unter den zentralen Vergabekriterien werden die zu bewertenden Maßnahmen sowie die Gewichtungskategorien und die darin enthaltenen Bewertungskriterien verstanden. Es ist hierbei zu beachten, dass die Gewichtungskategorien analog zu den Abschnitten im Bewerbungsformular durch die Titel „Exzellenz“, „Impact“ und „Implementierung“ benannt sind. Dies kann ein Indiz auf die jeweils im Bewerbungsformular geforderten Inhalte sein, sodass empfohlen wird, vor Ausarbeitung der beschriebenen Maßnahmen in den drei Abschnitten der Bewerbungsunterlagen die Kriterien innerhalb der drei Gewichtungskategorien gründlich zu studieren.

Bewertet werden Inhalte innerhalb der nachfolgend skizzierten acht Maßnahmen:

1. Forschungs- und Innovationsmaßnahmen:

Aktivitäten zur unmittelbaren Schaffung von Plänen, Vorkehrungen oder Entwürfen für neue, veränderte oder verbesserte Produkte, Prozesse oder Dienstleistungen sowie zum Gewinn neuer Erkenntnisse oder zur Durchführbarkeit einer neuen oder verbesserten Technologie bzw. eines Produkts, Prozesses oder einer Dienstleistung.

2. Koordinierungs- und Unterstützungsmaßnahmen:

Aktivitäten zur Erreichung der Ziele von Horizon Europe (ausgenommen Forschungs- und Innovationsmaßnahmen). Förderfähig sind Bottom-up-Koordinierungsmaßnahmen zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen Rechtspersonen aus den Mitgliedsstaaten und assoziierten Ländern, um den Europäischen Forschungsraum zu stärken.

3. Programm-Kofinanzierungsmaßnahmen:

Ein Tätigkeitsprogramm, das von Rechtspersonen erstellt oder durchgeführt wird, die F&E-Programme verwalten oder finanzieren und bei denen es sich nicht um EU-Fördereinrichtungen handelt.

4. Aktionen zur vorkommerziellen Auftragsvergabe:

Aktivitäten zur Unterstützung transnationaler Käufergruppen, die öffentliche Auftragsvergabe für F&E, Validierung und möglicherweise die Einführung neuer Lösungen zu stärken, welche die Qualität und Effizienzen in Bereichen von öffentlichem Interesse erheblich verbessern können und zugleich Marktchancen für die europäische Industrie und Forschung zu eröffnen

5. Aktionen zur öffentlichen Auftragsvergabe für innovative Lösungen:

Aktivitäten zur Stärkung der Fähigkeit einer länderübergreifenden Einkäufergruppe zur frühzeitigen Einführung innovativer Lösungen, indem die Fragmentierung der Nachfrage nach solchen Lösungen überwunden wird und die Risiken und Kosten der frühzeitigen Einführung geteilt werden, während gleichzeitig Marktchancen für die Industrie eröffnet werden.

6. Rahmenvereinbarungen und Partnerschaften:

Aktivitäten zur Schaffung formalisierter langfristiger Kooperationsmechanismen und gemeinsam vereinbarter Aktionspläne sowie Vereinbarungen, in denen die Bedingungen für die Gewährung von Finanzhilfen zur Durchführung der Maßnahmen, Partnerschaftsrahmenvereinbarungen und spezifische Finanzhilfvereinbarungen festgelegt sind.

7. Maßnahmen zu Innovation und Markteinführung:

Aktivitäten, die eine Innovationsmaßnahme und andere Aktivitäten, die für die Einführung einer Innovation auf dem Markt erforderlich sind, einschließen.

8. Bildungs- und Mobilitätsmaßnahmen:

Aktivitäten zur Verbesserung von Fähigkeiten, Wissen und von Karriereaussichten von Forschern auf der Grundlage der Mobilität zwischen Ländern und gegebenenfalls zwischen Sektoren oder Disziplinen.

In der nachstehenden Abbildung 29 ist dargestellt, welche Gewichtungskriterien innerhalb der drei Kategorien zur Bewertung der ersten sechs Maßnahmen herangezogen werden. Die zwei letzten Maßnahmen haben jeweils eigene Gewichtungskriterien und werden im [Anhang](#) abgebildet.

Zulässige und förderfähige Bewerbungen werden anhand folgender Maßnahmen bewertet

Maßnahmen	Gewichtungskategorien und -kriterien		
Forschungs- und Innovationsmaßnahmen ¹⁻¹⁰	Exzellenz 1. Klare und angemessene, sachdienliche Projektziele. 2. Die vorgesehenen Arbeiten sind ehrgeizig und gehen über den state-of-the-art hinaus. 3. Kohärenz in vorgelegter Methodik, inkl. zugrundeliegender Konzepte, Modelle, Annahmen, interdisziplinärer Ansätze. 4. Angemessene Beachtung der Geschlechterdimension in Forschungs- und Innovationsinhalten. 5. Hohe Qualität offener Wissenschaftspraktiken, inkl. Gemeinsamer Nutzung und Verwaltung von Forschungsergebnissen. 6. Einbezug der Öffentlichkeit	Impact / Auswirkungen 7. Glaubhafte Wege zur Erreichung der im Arbeitsprogramm angegebenen erwarteten Ergebnisse und Auswirkungen sowie der voraussichtliche Umfang und die Bedeutung der Projektbeiträge 8. Eignung und Qualität der Maßnahmen zur Maximierung der im Verbreitungs- und Nutzungsplan dargelegten erwarteten Ergebnisse und Auswirkungen, inkl. kommunikativer Maßnahmen	Implementierung (Qualität & Effizienz) 9. Qualität und Effektivität des Arbeitsplans, Bewertung von Risiken und Angemessenheit des den Arbeitspaketen zugewiesenen Aufwands sowie der Ressourcen insgesamt 10. Rolle und Kapazität jedes einzelnen Teilnehmers sowie das Ausmaß, in welchem das Konsortium als Ganzes das erforderliche Fachwissen vereint. 11. Potenzial für langfristige Kooperation unter den Teilnehmenden.
Koordinierungs- und Unterstützungsmaßnahmen ^{1,2,3,7-10}			
Programm-Kofinanzierungsmaßnahmen ¹⁻¹⁰			
Aktionen zur vorkommerziellen Auftragsvergabe ^{1,2,3,7-10}			
Aktionen zu öffentlichen Auftragsvergabe für innovative Lösungen ^{1,2,3,7-10}			
Rahmenvereinbarung für Partnerschaften ^{1,7,10,11}			
Maßnahmen zur Innovation und Markteinführung *			
Bildungs- und Mobilitätsmaßnahmen **			

*vgl. Arbeitsprogramm des EU Innovationsrates **vgl. Arbeitsprogramm der Marie-Sklodowska-Curie-Maßnahmen, Teil 2

Die hochgestellten Zahlen repräsentieren die jeweiligen Gewichtungskriterien der Maßnahme

Abbildung 29: Gewichtungskriterien und -kategorien zu den ersten sechs Maßnahmen

Die hinter den Maßnahmen hochgestellten Zahlen repräsentieren die jeweils zur Bewertung herangezogenen Gewichtungskriterien, welche von 1 bis 11 durchnummeriert sind. So ist ersichtlich, dass nicht jedes Kriterium auf alle Maßnahmen angewandt wird.

Innerhalb der Gewichtungskategorie „Exzellenz“ liegt der Fokus auf Klarheit und Relevanz der beschriebenen Projektziele sowie das Ausmaß, in welchem die vorgeschlagenen Arbeiten ambitioniert sind und über den Stand der Technik hinausgehen. Zudem wird Wert gelegt auf die vorgeschlagene Methodik, einschließlich der zugrundeliegenden Konzepte, Modelle, Annahmen und interdisziplinären Ansätze sowie auf die angemessene Berücksichtigung der Geschlechterdimension in den Forschungs- und Innovationsinhalten und der Qualität offener wissenschaftlicher Praktiken inklusive der gemeinsamen Nutzung und Verwaltung von Forschungsergebnissen und der Einbezug von Bürgern, Zivilgesellschaft und Endnutzern, wo dies angemessen ist.

Unter den Kriterien der Kategorie „Impact“ werden hauptsächlich die Glaubwürdigkeit der beschriebenen Wege zur Erreichung der im Arbeitsprogramm angegebenen erwarteten Ergebnisse und Auswirkungen sowie der voraussichtliche Umfang und die Bedeutung der Projektbeiträge verstanden. Hier wird auch die Eignung und Qualität der Maßnahmen zur Maximierung der im Verbreitungs- und Nutzungsplan dargelegten erwarteten Ergebnisse und Auswirkungen inklusive kommunaler Maßnahmen evaluiert, sowie die Konkurrenzfähigkeit und ein ausreichend gebotener Mehrwert, um die Nachfrage potenzieller Kunden auszulösen beurteilt. Darunter fallen auch das Potenzial zur Schaffung neuer Märkte oder die Veränderung bestehender Märkte.

Schließlich werden in der Gewichtungskategorie „Implementierung“ Kriterien bezüglich Qualität und Effizienz bzw. Wirksamkeit bewertet. Hierzu zählen beispielsweise die Qualität und Effektivität des Arbeitsplans, Bewertung von Risiken und Angemessenheit des den Arbeitspaketen zugewiesenen Aufwands sowie der Ressourcen insgesamt. Die Rolle und Kapazitäten einzelner Akteure sowie das Ausmaß, in welchem das Konsortium als Ganzes das erfolgreiche Fachwissen vereint und das Potenzial für eine langfristige Kooperation unter den Teilnehmenden des Hydrogen Valley sind hier ebenfalls von Bedeutung, ebenso wie ein Team mit der Fähigkeit und Motivation zu Umsetzung und Implementierung des Hydrogen Valleys.

VORGESCHLAGENER ZEITPLAN

Für den unter Kapitel 4.2 beschriebenen Gründungsprozess eines Hydrogen Valleys wird ein Zeitraum von mindestens 8 Monaten nach Abschluss der Phase „Finden“ empfohlen.

Für die reine Ausarbeitung der Bewerbungsunterlagen werden von der Anmeldung über das Online-Formular bis zur Einreichung der geforderten Anlagen ein Zeitraum von 4 Monaten avisiert. Diese Empfehlung richtet sich nach den vergangenen Förderaufrufen der Clean Hydrogen Partnership, welche bislang im Januar die Ausschreibungsunterlagen veröffentlichte und die Bewerbungsphase im April einstellte. Ein möglicher Zeitplan ist in der Abbildung 30 zu sehen.

Exemplarischer Zeitplan

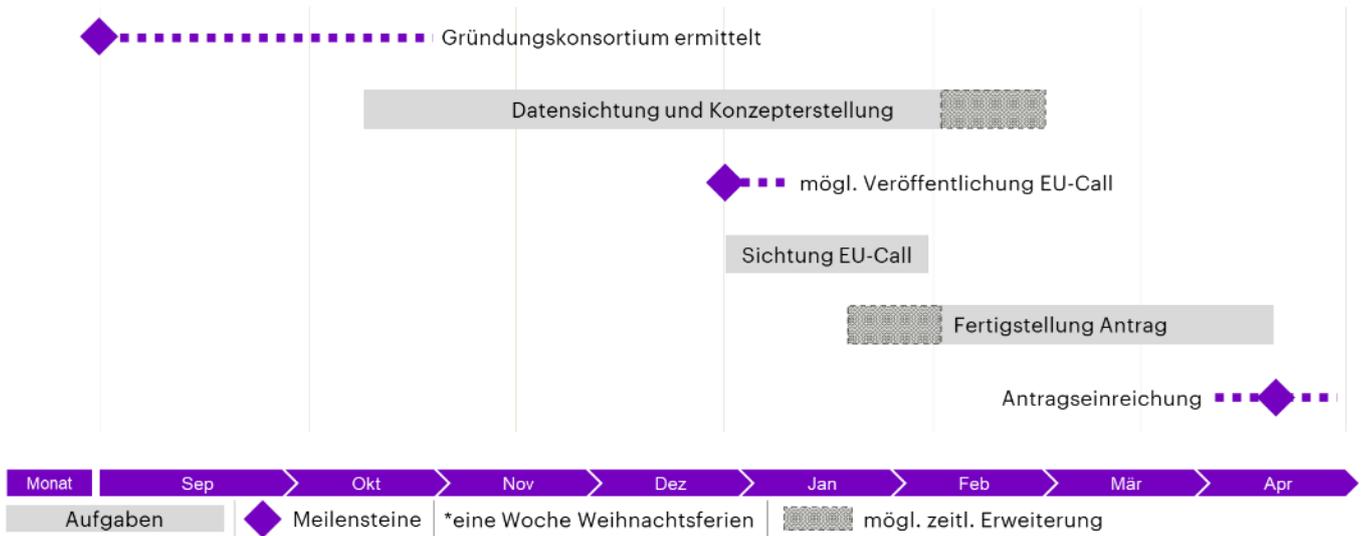


Abbildung 30: Beispielhaft Zeitplan von der Ermittlung des Hydrogen Valley Gründungskonsortiums bis zur Einreichung der Bewerbungsunterlagen für die EU-Förderung

4.4 Empfehlungen für ein erfolgreiches Hydrogen Valley

Nach eingehender Analyse der Erwartungen des europäischen Fördergebers werden nachfolgend Vorschläge aufgeführt, um die Zielsetzung und Positionierung des Hydrogen Valleys mit Blick auf eine Förderung auszuarbeiten. Dabei wird den Forschungs- und Entwicklungsprioritäten besondere Aufmerksamkeit gewidmet, beispielsweise bei der Integration von Erzeugung und Vertrieb in sektorübergreifende Szenarien, wie Mobilität und stationäre bzw. industrielle Anwendungen. Bei größeren Projekten mit Gesamtkosten von 100 Mio. € oder mehr soll der Finanzbeitrag des gemeinsamen Unternehmens für sauberen Wasserstoff auf 20 – 30 % begrenzt werden, sodass der Rest durch Projektträger oder andere Quellen finanziert wird. Wesentlich sind zudem regionale und nationale politische Unterstützung sowie die Reproduzierbarkeit und Ausbaufähigkeit des Hydrogen Valleys. Es soll ersichtlich sein, dass das sich bewerbende Projekt als Vorbild für ganz Europa dienen kann.

Es ist insbesondere auf Systemintegration und -effizienz sowie eine hohe Sicherheit und Widerstandsfähigkeit des Energiesystems des Hydrogen Valleys zu achten. Dabei sollte die Komplementarität von Wasserstoff mit EE herausgestellt und die Verfügbarkeit und Erschwinglichkeit sauberer Energie bewertet werden. Die gegenseitige Nutzung von Erzeugung, Verteilung und Speicherung von Wasserstoff sollte außerdem ebenfalls ausführlich dargestellt werden. Darüber hinaus ist Unterstützung bei der Festlegung oder Prüfung von Regulierungsanforderungen zu demonstrieren sowie der Aufbau und die Pflege eines von Anfang an bestehenden Wissensmanagements von zentraler Bedeutung. Die Öffentlichkeitsarbeit des Hydrogen Valleys soll der Entwicklung eines öffentlichen Bewusstseins für H₂-Technologien sowie der Unterstützung der Entwicklung weiterer Hydrogen Valleys in ganz Europa dienen.

ERFOLGSFAKTOREN EINES HYDROGEN VALLEYS

Abschließend werden Erfolgsfaktoren eines Hydrogen Valleys empfohlen, die als Leitfaden im Gründungsprozess des Hydrogen Valleys und darüber hinaus dienlich sind.

Zu Beginn des Gründungsprozesses ist eine **klare Vision** zu formulieren, die als Narrativ in Form eines Mission & Vision Statements das Zielbild des Hydrogen Valleys prägnant zusammenfasst.

Zudem ist die **regionale Verortung** innerhalb der EU sowie innerhalb des Landes von entscheidender Bedeutung.

Die dabei zu errichtende **Wertschöpfungskette**, von Erzeugung, Speicherung, Transport bis zur Verteilung des Wasserstoffs, ist wesentlicher Bestandteil wirtschaftlicher Betrachtungen. Die Durchführung von Pilotprojekten zur Demonstration der Machbarkeit, Reproduzierbarkeit und der Veranschaulichung der Vorteile von H₂-Technologien in der Praxis ist ein wichtiger Bestandteil mit hoher Außenwirkung, welcher bei sorgfältiger Öffentlichkeitsarbeit Hemmnisse bei Investoren und Akteuren aus der Industrie abbauen und zur Expansion des Hydrogen Valleys beitragen kann.

Hierbei sind **Stakeholder-Kooperationen** erforderlich. Der Ausbau von **Partnerschaften** zwischen Industrie, Verbänden, Regierung, Forschungseinrichtungen und Gemeinden ist in hohem Umfang zu forcieren.

Zudem ist die angemessene finanzielle Unterstützung und **Investitionen** zur Entwicklung der Infrastruktur, Technologie sowie der gesamten H₂-Wertschöpfungskette sowie der Forschung unerlässlich für das nachhaltige Wachstum eines Hydrogen Valleys.

Märkte und politische **Regulatorik** sind dabei stets zu beachten. Die Identifizierung und Förderung potenzieller Märkte und Sicherung der Nachhaltigkeit des Hydrogen Valleys sowie politische Maßnahmen und Regeln auf allen föderalen Ebenen, welche Anreize für die H₂-Einführung schaffen, weitere Investitionen oder den Aufbau der Infrastruktur fördern, sind von Beginn des Gründungsprozesses klar zu definieren und stets zu aktualisieren.

Des Weiteren ist die Aufklärung und Einbeziehung der **Öffentlichkeit** ein zentraler Baustein für das Gelingen eines Hydrogen Valleys, um die Akzeptanz und die Unterstützung der Bevölkerung für H₂-Technologien zu schaffen.

Abschließend wird die Erfüllung von ESG-Kriterien³ entlang der gesamten H₂-Wertschöpfungskette gesondert erwähnt, da die **Nachhaltigkeit** des Hydrogen Valleys im Vordergrund des kollektiven Handelns seiner Akteure stehen muss.

³ Die ESG-Kriterien (Environmental, Social and Governance) sind ein Rahmenwerk zur Bewertung der Nachhaltigkeitsleistung von Unternehmen bei Umwelt-, Nachhaltigkeits- und Sozialfragen [51].

5 Roadshow

Mit den Zielen, mögliche H₂-Akteure in den identifizierten Potenzialregionen (siehe Kapitel 3) zu motivieren, zusammenzubringen sowie diese über europäische Fördermöglichkeiten zu informieren (siehe Kapitel 4), wurden drei Informationsveranstaltungen in den Potenzialregionen Anfang Mai 2024 durchgeführt. Diese fanden am 6. Mai 2024 in der Sayner Hütte in Bendorf für die Potenzialregion Mayen-Koblenz Westerwald, am 7. Mai 2024 im Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität (MKUEM) in Mainz für die Potenzialregion Mainz Alzey-Worms und am 15. Mai 2024 online für die Potenzialregion Vorderpfalz statt. Zu den Teilnehmenden gehörten Vertreterinnen und Vertreter regionaler Unternehmen, Industrieverbände, Universitäten, Energieversorgungsunternehmen, Wirtschaftsförderungsgesellschaften und der Gebietskörperschaften der Potenzialregionen.

Im Anschluss der Vorstellung und Diskussion der vorangegangenen H₂-Studie mit Roadmap Rheinland-Pfalz [3] sowie der vorläufigen Ergebnisse der vorliegenden Studie, entstand bei jeder Veranstaltung eine anregende Diskussion zu den Chancen und Hemmnissen einer H₂-Wirtschaft in Rheinland-Pfalz. Gemeinhin sind alle Beteiligten der Meinung, dass Wasserstoff für die Dekarbonisierung der Industrie und der Energiewirtschaft sowie des (Schwerlast)-Verkehrs eine bedeutende Rolle zuteilwerden wird. Deutlich wird dies in Abbildung 31, in der die Ergebnisse einer Umfrage unter den Teilnehmenden der ersten Veranstaltung exemplarisch für die weiteren Veranstaltungen dargestellt sind. Bei allen drei Veranstaltungen ähneln sich die Ergebnisse der Meinungsumfrage.

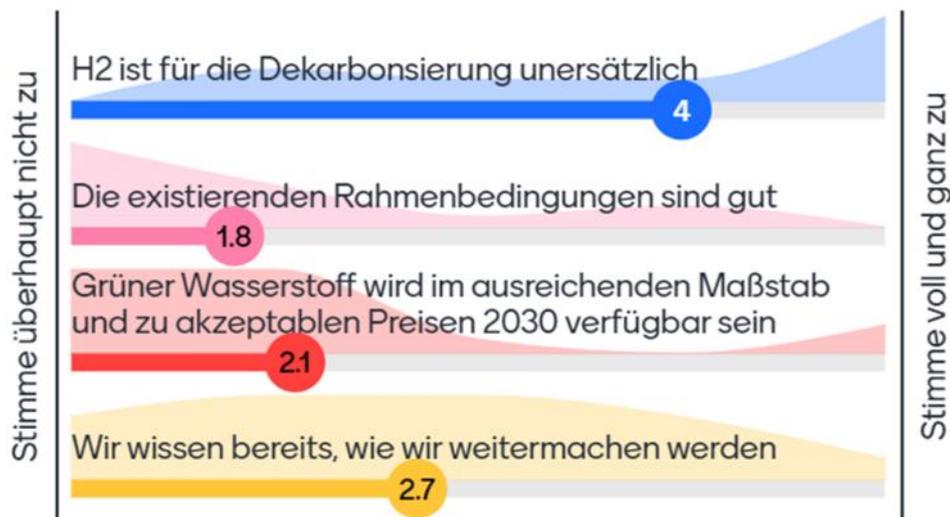


Abbildung 31: Stimmungsbarometer Wasserstoff unter den Teilnehmenden der Informationsveranstaltung in der Sayner Hütte

Eine Mehrheit der Teilnehmenden ist davon überzeugt, dass ohne Wasserstoff die Transformation des Energiesystems nicht möglich sein wird. Jedoch wurden in der anschließenden Diskussion viele Hemmnisse identifiziert, die den großskaligen H₂-Einsatz verzögern.

Als ein solcher Faktor wird der Mangel an günstigem erneuerbarem Strom genannt. Zwar wurde 2023 das jährliche Ausbauziel für Photovoltaik von 500 MW mit etwa 990 MW deutlich übertroffen, jedoch hängt der Nettozubau der Windkraft mit etwa 135 MW hinter seinen Zielen zurück [52]. Zum anderen seien die Stromnetze – Übertragungsnetze sowie Verteilnetze – noch nicht genügend auf den EE-Ausbau und den damit einhergehenden Belastungen vorbereitet.

Ähnliche Probleme werden beim Transport von Wasserstoff gesehen. Es sei derzeit unklar, ab wann tatsächlich mit dem H₂-Kernnetz in Rheinland-Pfalz und folglich mit dem Import von Wasserstoff nach Rheinland-Pfalz in größeren Mengen zu rechnen sei. Der Bundestag hatte im April 2024 eine Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) beschlossen, mit welchem die zeitliche Flexibilisierung von Teilen des Kernnetzausbaus von den bisher angedachten Zeitrahmen bis 2032 bis zum Jahr 2037 ermöglicht wird. Dadurch soll der Netzausbau besser auf die tatsächlichen H₂-Bedarfe in der Hochlaufzeit angepasst werden

und Leerstände verhindert werden.[53] Schwerwiegender sei jedoch der fehlende Ausbau/Umbau der Gasverteilernetze, da nur die wenigsten zukünftigen H₂-Verbrauchsanlagen direkt über das Gastransportnetz versorgt würden. Hier bräuchte es verlässliche Rahmenbedingungen für langfristige Investitionsentscheidungen.

Generell werden bei den Veranstaltungen die Genehmigungsverfahren und bei diesen vor allen die Dauer der Genehmigungsverfahren als ein Flaschenhals identifiziert. Laut Aussage der Teilnehmenden müssen die Genehmigungsverfahren flexibilisiert und vor allem beschleunigt werden. Dieses Problem soll mit dem Gesetzentwurf des „Wasserstoffbeschleunigungsgesetz“ der Bundesregierung angegangen werden. Es sieht vor, die rechtlichen Rahmenbedingungen für den schnellen Auf- und Ausbau der Infrastruktur für Erzeugung, Speicherung und Import von Wasserstoff zu schaffen. Zu den Maßnahmen und Änderungen gehören u. a. das Anpassen von Höchstfristen für wasserrechtliche Zulassungsverfahren, digitale Genehmigungsverfahren, Erleichterungen für den vorzeitigen Maßnahmenbeginn, beschleunigte Vergabeverfahren, verkürzte Instanzenzüge, beschleunigte Eilverfahren sowie die Verringerung des behördlichen Prüfaufwandes bei der Modernisierung von Elektrolyseuren. Das Gesetz hat den Bundestag und Bundesrat zum Zeitpunkt der Studiererstellung (Juni 2024) noch nicht passiert.[54], [55]

Als weiteres großes Hemmnis diskutierten die Teilnehmenden die hohen Kosten von Wasserstoff im Vergleich zu Erdgas bzw. die Unsicherheit, zu welchen Preisen und in welchen Mengen grüner Wasserstoff wann verfügbar sein wird. Diese Unsicherheit (bzw. die antizipierten Preise) stünden einem profitablen Betrieb entgegen, auch, weil bisher keine genügende Mehrzahlungsbereitschaft für die nachhaltigeren, mittels grünen Wasserstoffs hergestellten Produkte, bei den Kundinnen und Kunden beobachtet werden.

Die hohen Kosten könnten durch großzügige Förderungen gesenkt werden. Allerdings werden auf diesem Feld die fehlenden H₂-spezifischen Förderungen auf Bundes- und Landesebene von den Teilnehmenden bemängelt. Ohne diese sei – zumindest innerhalb der nächsten zehn Jahre – eine Umstellung auf Wasserstoff nicht wirtschaftlich darstellbar.

Die Auflösung der genannten Hindernisse und Konfliktpunkte ist erforderlich, um in Zukunft eine breite Beteiligung bei der Transformation des Energiesystems zu erreichen. Denn trotz der identifizierten Hemmnisse bleibt der Einsatz von Wasserstoff in Teilen der energieintensiven Industrie oftmals die beste und teilweise auch einzige Lösung. Dies verdeutlicht die Rückmeldung auf eine Umfrage während der Roadshow. Von mehr als 30 Antworten plant ein Großteil der Teilnehmenden bereits zukünftige H₂-Aktivitäten bzw. ist sogar schon in der Umsetzung konkreter Projekte. Nur eine Meldung gibt an, überhaupt nicht auf Wasserstoff setzen zu wollen.

Literaturverzeichnis

- [1] Clean Hydrogen Partnership, „European Partnership for Hydrogen Technologies“. Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.clean-hydrogen.europa.eu/index_en
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und Bundesministerium für Bildung und Forschung, „Hydrogen Valleys - Ihre Meinung ist gefragt“. 24. Juli 2023. Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.nks-kem.de/aktuelles/news/hydrogen_valleys_ihre_meinung_ist_gefragt#:~:text=Ein%20Hydrogen%20Valley%20ist%20ein,umgesetzt%20wird
- [3] Robinius, Stolten, und Linssen, „Wasserstoffstudie mit Roadmap Rheinland-Pfalz“, umlaut energy GmbH, 2022.
- [4] Lewicki, „Erneuerbare Energien“, Umweltbundesamt. Zugegriffen: 6. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien>
- [5] „Energieagentur veröffentlicht Statusbericht zum Stand der Energiewende“, Arbeitsgemeinschaft Rheinland-Pfalz. Zugegriffen: 29. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ihk-rlp.de/themen/umwelt-und-energie/umweltnachrichten/quartal-3-2023/rheinland-pfalz/energieagentur-statusbericht-zum-stand-der-energiewende-5913762>
- [6] Schubert, „Wasserstoff – Schlüssel im künftigen Energiesystem“, Umweltbundesamt. Zugegriffen: 6. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluessel-im-kuenftigen-energiesystem>
- [7] Bundesnetzagentur (BNetzA), „Marktstammdatenregister“. Zugegriffen: 6. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/>
- [8] Europäische Kommission, *Commission Delegated Regulation (EU) 2023/1184 of 10 February 2023 supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union methodology setting out detailed rules for the production of renewable liquid and gaseous transport fuels of non-biological origin*, Bd. 157. 2023. Zugegriffen: 6. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: http://data.europa.eu/eli/reg_del/2023/1184/oj/eng
- [9] Holst, Aschbrenner, Smolinka, Voglstätter, und Grimm, „Cost Forecast for Low Temperature Electrolysis - Technology Driven Bottom-Up Prognosis for PEM and Alkaline Water Electrolysis Systems“. Oktober 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/cost-forecast-for-low-temperature-electrolysis.pdf>
- [10] OpenStreetMap, „Geodaten Umspannwerke“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.openstreetmap.org/>
- [11] Bundesnetzagentur (BNetzA), „Kraftwerksliste“. Zugegriffen: 6. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html>
- [12] Lewicki, „Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) im Energiesystem“, Umweltbundesamt. Zugegriffen: 6. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/kraft-waerme-kopplung-kwk-im-energiesystem>
- [13] Bundesregierung, „Kraftwerksstrategie: Klimafreundliche und sichere Energieversorgung“, Die Bundesregierung informiert | Startseite. Zugegriffen: 22. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/kraftwerksstrategie-2257868>
- [14] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), „Rahmen für die Kraftwerksstrategie steht – wichtige Fortschritte in Gesprächen mit EU-Kommission zu Wasserstoffkraftwerken erzielt“. Zugegriffen: 6. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/08/20230801-rahmen-fuer-die-kraftwerksstrategie-steht.html>
- [15] Schnaars und Willers, „Kraftwerksstrategie 2026: Ziele und Herausforderungen“, *Z. Für Energiewirtschaft*, Bd. 47, Nr. 3, S. 8–12, Okt. 2023, doi: 10.1007/s12398-023-0925-1.
- [16] Europäische Kommission, „Der europäische Grüne Deal“. Zugegriffen: 11. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de

- [17] Bundesregierung, „Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/ksg_aendg/Entwurf/ksg_aendg_bf.pdf
- [18] Bundesregierung, „Bundesregierung beschließt aktualisiertes Klimaschutzgesetz | Bundesregierung“, Die Bundesregierung informiert | Startseite. Zugegriffen: 29. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/tipps-fuer-verbraucher/klimaschutzgesetz-2197410>
- [19] Boston Consulting Group (BCG), „Turning the European Green Hydrogen Dream into Reality: A Call to Action“, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://media-publications.bcg.com/Turning-the-European-Green-H2-Dream-into-Reality.pdf>
- [20] Schwarz, „Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED): EU setzt Investitionssignale für Wasserstoff“, H2-news.eu. Zugegriffen: 29. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://h2-news.eu/regelwerk/erneuerbare-energien-richtlinie-red-eu-setzt-investitionssignale-fuer-wasserstoff/>
- [21] Umweltbundesamt (UBA), „Emissionshandelspflichtige Anlagen in Deutschland 2022“. 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/anlagenlisten/2021-2030/2022.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- [22] Umweltbundesamt (UBA), „CO₂-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe“, 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_28-2022_emissionsfaktoren-brennstoffe_bf.pdf
- [23] Agentur für Erneuerbare Energien, „Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen“. [Online]. Verfügbar unter: <https://unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/industrieller-waermebedarf-nach-wirtschaftszweigen>
- [24] Bundesregierung, „Effiziente Nutzung von Wasserstoff in der Glas-, Keramik-, Papier- und NE-Metallindustrie“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/20220913-effiziente-nutzung-von-wasserstoff-in-der-glas-keramik-papier-und-ne-metallindustrie.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- [25] Verbund Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP), „VDP - Leistungsbericht PAPIER 2021“, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.papierindustrie.de/fileadmin/0002-PAPIERINDUSTRIE/07_Dateien/XX-LB/PAPIER2021-digital.pdf
- [26] Fraunhofer ISI, „Preiselastische Wasserstoffnachfrage in Deutschland – Methodik und Ergebnisse“, Fraunhofer ISI, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://publica-rest.fraunhofer.de/ser-ver/api/core/bitstreams/01e300c2-818d-425a-a3b5-6839f71b20dd/content>
- [27] umlaut energy GmbH, „H₂-Erzeugung und Märkte Schleswig-Holstein“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/E/energiewende/Downloads/Wasserstoff-Gutachten.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- [28] International Energy Association (IEA), „The Future of Hydrogen“, 2019. Zugegriffen: 27. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf
- [29] Agora Industrie und TU Hamburg, „Wasserstoff-Importoptionen für Deutschland. Analyse mit einer Vertiefung zu Synthetischem Erdgas (SNG) bei nahezu geschlossenem Kohlenstoffkreislauf.“, 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/wasserstoff-importoptionen-fuer-deutschland#downloads>
- [30] Heuser, „Weltweite Infrastruktur zur Wasserstoffbereitstellung auf Basis erneuerbarer Energien“, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://d-nb.info/1237627400/34>
- [31] European Hydrogen Backbone (EHB), „Analysing Future Demand, Supply, and Transport of Hydrogen“, 2021.
- [32] Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. (FNB), „Wasserstoff-Kernnetz“. Zugegriffen: 27. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/>
- [33] Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut, „Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende“, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf

- [34] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität“, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Abschlussbericht_dena-Leitstudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet.pdf
- [35] Stolten u. a., *Neue Ziele auf alten Wegen? Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045*, Nr. FZJ-2022-02577. Technoökonomische Systemanalyse, 2022.
- [36] Krieg, *Konzept und Kosten eines Pipelinesystems zur Versorgung des deutschen Straßenverkehrs mit Wasserstoff*, Bd. 144. Forschungszentrum Jülich, 2012.
- [37] Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. (FNB), „Entwurf des gemeinsamen Antrags für das Wasserstoff-Kernnetz“. Zugegriffen: 1. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://fnb-gas.de/wp-content/uploads/2023/11/2023_11_15_Entwurf_Antrag_Wasserstoff-Kernnetz_final.pdf
- [38] energate messenger Schweiz, „Deutschland und Italien planen Pipeline über die Alpen“, 2023. Zugegriffen: 27. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energate-messenger.ch/news/238411/deutschland-und-italien-planen-pipeline-ueber-die-alpen>
- [39] Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. (FNB), „Infografik - das deutsche Fernleitungsnetz“, 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://fnb-gas.de/pressematerialien/wasserstoffnetz_infografik_das-deutsche-fernleitungsnetz/
- [40] Europäische Kommission, „Fit für 55“: auf dem Weg zur Klimaneutralität – Umsetzung des EU-Klimaziels für 2030. 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550>
- [41] Europäische Union, *Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/631 im Hinblick auf eine Verschärfung der CO2-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge im Einklang mit den ehrgeizigeren Klimazielen der Union*. 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-66-2022-INIT/de/pdf>
- [42] Europäische Union, *Festlegung von CO2-Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 595/2009 und (EU) 2018/956 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Richtlinie 96/53/EG des Rates*. 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1242>
- [43] Bundestag, *Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (SaubereFahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz - SaubFahrzeugBeschG)*. 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/saubfahrzeugbeschg/SaubFahrzeugBeschG.pdf>
- [44] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMDV), *Richtlinie über die Förderung von leichten und schweren Nutzfahrzeugen mit alternativen, klimaschonenden Antrieben und dazugehöriger Tank- und Ladeinfrastruktur*. 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/wp-content/uploads/2021/08/Foerderrichtlinie.pdf>
- [45] Shell, Deloitte, „Decarbonising Road Freight: Getting into Gear“, Shell, Deloitte. [Online]. Verfügbar unter: https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/decarbonising-road-freight/_jcr_content/root/main/section/item.multi.stream/1667916603112/3efb462f0ef05d4273d2eda5339d510c91ee1cde/decarbonising-road-freight-industry-report.pdf
- [46] Horizon Europe, „What is Horizon Europe?“ Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en?prefLang=de
- [47] Bundesministerium des Inneren und für Heimat und Bundesverwaltungsamt, „SWOT Analyse - Artikel zu Methoden und Techniken“. Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.orghandbuch.de/Webs/OHB/DE/OrganisationshandbuchNEU/4_MethodenUndTechniken/Methoden_A_bis_Z/SWOT_Analyse/swot_analyse_node.html#:~:text=Die%20SWOT%20%2DAnalyse%20ist%20ein,%22Wo%20stehen%20wir%3F%22
- [48] Clean Hydrogen Partnership, „Call for proposals 2024 - Closed“. Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.clean-hydrogen.europa.eu/call-proposals-2024-closed_en
- [49] REPowerEU Plan, „Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - REPowerEU Plan“.

18. Mai 2022. Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.clean-hydrogen.europa.eu/system/files/2022-05/COM_2022_230_1_EN_ACT_part1_v5.pdf
- [50] „EU Funding & Tenders Portal“. Europäische Kommission. Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/home>
- [51] Haberstock, „ESG-Kriterien - Definition“. Gabler Wirtschaftslexikon. Zugegriffen: 19. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/esg-kriterien-120056/version-369280>
- [52] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz (MKUEM), „Pressemitteilung - Der Ausbau der Erneuerbaren Energien nimmt Fahrt auf“, Jan. 2024. Zugegriffen: 17. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <http://mkuem.rlp.de/service/pressemitteilungen/detail/katrin-eder-der-ausbau-der-erneuerbaren-energien-nimmt-fahrt-auf>
- [53] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), „Pressemitteilung - Gesetz zur Wasserstoff-Netzentwicklungsplanung und zur Kernnetz-Finanzierung im Deutschen Bundestag beschlossen“, Apr. 2024. Zugegriffen: 17. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/04/20240412-gesetz-zur-wasserstoff-netzentwicklungsplanung.html>
- [54] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), „Pressemitteilung - Bundesregierung stellt rechtliche Weichen für den beschleunigten Ausbau der Infrastruktur für Erzeugung, für Speicherung und Import von Wasserstoff - zweiter Teil des Industriepakets“, Mai 2024. Zugegriffen: 18. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/05/20240529-bundesregierung-stellt-weichen-fuer-den-beschleunigten-ausbau-von-wasserstoffprojekten.html>
- [55] Bundesregierung, „Entwurf eines Gesetzes zur Beschleunigung der Verfügbarkeit von Wasserstoff und zur Änderung weiterer rechtlicher Rahmenbedingungen für den Wasserstoffhochlauf sowie zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften“, 2024. Zugegriffen: 18. Juni 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/W/wasserstoffbeschleunigungsgesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Anhang

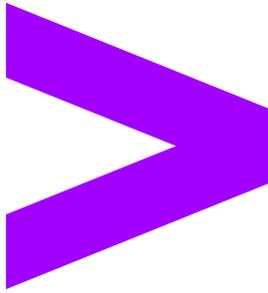
Zulässige und förderfähige Bewerbungen werden anhand folgender Maßnahmen bewertet

Maßnahmen	Gewichtungskategorien und -kriterien		
Forschungs- und Innovationsmaßnahmen ¹⁻¹⁰	Exzellenz <ol style="list-style-type: none"> Exzellenz des Unternehmens: Vorhandensein von Vision und Ehrgeiz, ich zu vergrößern. Neuartigkeit und bahnbrechender Charakter der Innovation im Vergleich zu bestehenden Lösungen Technologischer Reifegrad: Mindestens TRL 5 (Wurde in relevanter Umgebung getestet) Zeitplan: Richtige Wahl des Zeitpunktes für die beschriebene Innovation in Bezug auf Markt, Nutzer, Gesellschaft oder wissenschaftliche technologische Trends und Entwicklungen 	Impact / Auswirkungen <ol style="list-style-type: none"> Wettbewerbsfähigkeit und Nachfrage: Konkurrenzfähigkeit der Innovation und ausreichend gebotener Mehrwert, um die Nachfrage potenzieller Kunden auszulösen. Marktentwicklung: Innovation mit Potenzial zur Schaffung neuer Märkte oder Veränderung bestehender Märkte. Positive Auswirkungen auf die Gesellschaft, Wirtschaft, Umwelt oder Klima 	Implementierung (Risiko, Unterstützungsbedarf durch EU) <ol style="list-style-type: none"> Team mit Fähigkeit und Motivation zur Umsetzung und Implementierung des Innovationsvorschlages. Vorhandensein eines Planes zum Erwerb kritischer Kompetenzen. Angemessene Vertretung von Frauen und Männern
Koordinierungs- und Unterstützungsmaßnahmen ^{1, 2, 3, /7-10}			
Programm-Kofinanzierungsmaßnahmen ¹⁻¹⁰			
Aktionen zur vorkommerziellen Auftragsvergabe ^{1, 2, 3, /7-10}			
Aktionen zu öffentlichen Auftragsvergabe für innovative Lösungen ^{1, 2, 3, /7-10}			
Rahmenvereinbarung für Partnerschaften ^{1, 7, 10, 11}			
Maßnahmen zur Innovation und Markteinführung ¹⁻⁹			
Bildungs- und Mobilitätsmaßnahmen **			

Abbildung 32: Gewichtungskategorien und -kriterien zur siebten Maßnahme

Maßnahmen	Gewichtungskategorien und -kriterien		
Forschungs- und Innovationsmaßnahmen ¹⁻¹⁰	Exzellenz <ol style="list-style-type: none"> Qualität und Relevanz der Forschungs- und Innovationsziele des Projekts (und Ausmaß, in welchem die vorgeschlagenen Arbeiten über den state-of-the-art hinausgehen) Kohärenz in vorgelegter Methodik, inkl. Zugrundeliegender Konzepte, Modelle, Annahmen, interdisziplinärer Ansätze. Angemessene Beachtung der Geschlechtsdimension in Forschungs- und Innovationsinhalten. Qualität des Wissenstransfers Qualität und Angemessenheit der Expertise der Beteiligten. 	Impact / Auswirkungen <ol style="list-style-type: none"> Glaubwürdigkeit über Maßnahmen zur Verbesserung der Karriereperspektiven und der Beschäftigungsfähigkeit in der Region Eignung und Qualität der Maßnahmen zur Maximierung der Verbreitungs- und Nutzungsplan dargelegten erwarteten Ergebnisse und Auswirkungen, inkl. kommunikativer Maßnahmen Ausmaß und Bedeutung des Beitrags des Projekts zu den erwarteten wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Auswirkungen 	Implementierung (Risiko, Unterstützungsbedarf durch EU) <ol style="list-style-type: none"> Qualität und Effektivität des Arbeitsplans, Bewertung von Risiken und Angemessenheit des den Arbeitspaketen zugewiesenen Aufwands Qualität und Kapazität des Hydrogen Valleys und der teilnehmenden Organisationen, einschließlich der Aufnahmevereinbarungen
Koordinierungs- und Unterstützungsmaßnahmen ^{1, 2, 3, /7-10}			
Programm-Kofinanzierungsmaßnahmen ¹⁻¹⁰			
Aktionen zur vorkommerziellen Auftragsvergabe ^{1, 2, 3, /7-10}			
Aktionen zu öffentlichen Auftragsvergabe für innovative Lösungen ^{1, 2, 3, /7-10}			
Rahmenvereinbarung für Partnerschaften ^{1, 7, 10, 11}			
Maßnahmen zur Innovation und Markteinführung			
Bildungs- und Mobilitätsmaßnahmen ¹⁻¹⁰			

Abbildung 33: Gewichtungskategorien und -kriterien zur achten Maßnahme



Copyright © 2024 Accenture
All rights reserved.
Accenture and its logo are trademarks of Accenture.