



Baden-Württemberg
Ministerium für Umwelt, Klima
und Energiewirtschaft

Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

badenova

Energie. Tag für Tag



Regionale **WASSERSTOFF** **STRATEGIE** SüdwestBW

 **KLIMAPARTNER**
Südbaden

Unter Mitwirkung von

**DREES &
SOMMER**

cruh21
PART OF DREES & SOMMER

badenova
Energie. Tag für Tag

Freiburg 
IM BREISGAU



Inhaltsverzeichnis

1	Impressum	6
2	Anlass und Zielsetzung der H2-Strategie und Roadmap.....	7
3	Ausgangsbedingungen der Region SüdwestBW	9
4	Potentiale und zentrale Herausforderungen für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft	14
5	Roadmap der Wasserstoff-Projekte in der Region SüdwestBW	21
5.1	Vorgehensweise und Projekte-Überblick.....	22
5.2	Projektlücken in der Untersuchungsregion	24
5.3	Gunsträume: Beschreibung und Übersicht.....	26
5.3.1	Definitionen der drei Gunsträume.....	27
5.3.2	Städtischer Verdichtungsraum mit industriellem Fokus.....	28
5.3.3	Standorte mit breitem Handlungsfeld	30
5.3.4	Hauptverkehrswege mit Schwerpunkt Transport, Speicherung und Mobilität.....	32
5.3.5	Räume, außerhalb der Gunsträume.....	34
5.4	Empfehlungen für die Erstellung einer Projekte-Roadmap	35
6	Eingrenzung für potentielle Elektrolysestandorte und Ansatzpunkte für regionale Erzeugung und Wasserstoffanwendungen	38
6.1	Vorgehensweise	38
6.1.1	Standortsuche	38
6.1.2	Standortuntersuchung/Modellierung.....	39
6.2	Standorte potentieller regionaler Wasserstofferzeugung in der Projektregion.....	42
6.3	Standortsteckbriefe und Ansatzpunkte	43
7	Vision und Strategie	52
7.1	Vision Region SüdwestBW – erfolgreiche Transformation der Energiesysteme und nachhaltige industrielle Wertschöpfung	52
7.2	Entwicklungsziele der Wasserstoff-Strategie SüdwestBW	54
7.3	Empfehlungen und Handlungsmaßnahmen für Wasserstoff-Strategie SüdwestBW	57
8	Management Summary und 12 Punkte-Programm für Wasserstoff-Hochlauf der Region SüdwestBW	66

9	Anhang (eigenständiges Dokument).....	75
---	---------------------------------------	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abgrenzung Südwest und regionale Clusterkonten.....	9
Abbildung 2: Ausgangslage und Potential der Landkreise hinsichtlich der Erneuerbaren Energie	11
Abbildung 3: SVB am Arbeitsort je Wirtschaftsbereich.	13
Abbildung 4: Anteil SVB in energieintensiven Industriezweigen.	13
Abbildung 5: in der NWS angekündigte Maßnahmen und Strategien und deren Umsetzungstand	15
Abbildung 6: Wasserstoff Kernnetz nach Ausbaustufen, Stand 22.10.2024.....	16
Abbildung 7: Projektregion mit Projekten.....	22
Abbildung 8: Muster-Projektsteckbrief	23
Abbildung 9: Wasserstoffprojekte nach Clustern (Mehrfachnennungen möglich)	23
Abbildung 10: Auswertung der Projekte nach Status, Art und Wertschöpfungsstufe.....	24
Abbildung 11: Projektlücken je Region.....	25
Abbildung 12: Gunsträume	27
Abbildung 13: Städtischer Verdichtungsraum mit industriellem Fokus.....	29
Abbildung 14: Standorte mit breitem Handlungsfeld	31
Abbildung 15: Hauptverkehrswerge mit Schwerpunkt auf Transport, Speicherung und Mobilität	33
Abbildung 16: Räume, in denen sich Wasserstoff-Projekte weniger lohnen.....	34
Abbildung 17: Verkehrsrouten in der Projektregion.....	41
Abbildung 18: Untersuchte Standorte.....	42
Abbildung 19: Die Wasserstoff Transportkosten als Funktion des Bedarfs und der Transportdistanz (3D)...	47
Abbildung 20: Die Wasserstoff Transportkosten als Funktion des Bedarfs und der Transportdistanz (2D)...	47
Abbildung 21: Potentiale und Bedarfe im Überblick.....	49
Abbildung 22: Untersuchte Standorte und Wirkradien	50
Abbildung 23: Struktur für den Aufbau der H2-Strategie für die Region Südwest.	52
Abbildung 24: Handlungsfelder der Wasserstoffstrategie Südwest	56
Abbildung 25: Zentrale Akteursgruppen der Wasserrstoffstrategie SüdwestBW	57
Abbildung 26: Gesamtgeschehen der Region SüdwestBW auf einer Karte	69
Abbildung 27: Zentrale Maßnahmen und Zuständigkeiten der Wasserstoffstrategie Südwest.....	71

1 Impressum

Herausgegeben von:

Klimapartner Südbaden e.V.

Zita-Kaiser-Straße 5
79106 Freiburg

Erster Vorsitzender: Wolfgang Brucker

Vereinsregister: VR 700 405

Registergericht: Amtsgericht Freiburg

Vertreten durch: Dr. Fabian Burggraf, Geschäftsführung



Die Regionale Wasserstoffstrategie SüdwestBW ist entstanden in Kooperation mit
(in alphabetischer Reihenfolge)

- IHK Hochrhein-Bodensee
- IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg
- IHK Südlicher Oberrhein
- Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald
- Landkreis Emmendingen
- Landkreis Konstanz
- Landkreis Lörrach
- Landkreis Rastatt
- Landkreis Rottweil
- Landkreis Tuttlingen
- Landkreis Waldshut
- Ortenaukreis
- Regionalverband Hochrhein Bodensee
- Regionalverband Schwarzwald-Baar-Heuberg
- Regionalverband Südlicher Oberrhein
- Schwarzwald-Baar-Kreis
- Stadt Freiburg
- Wirtschaftsförderung Bodenseekreis

2 Anlass und Zielsetzung der H2-Strategie und Roadmap

Das Land Baden-Württemberg hat sich das Ziel gesetzt, bis 2040 klimaneutral zu werden. Die im Dezember 2020 veröffentlichte und im Mai 2023 weiterentwickelte Wasserstoff-Roadmap¹ des Landes Baden-Württemberg bietet dabei den Rahmen, die Klimaziele unterstützend durch den Einsatz von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien einzuhalten und dabei den Industrie- und Technologiestandort Baden-Württemberg weiter zu stärken. Zudem hat das Land ein Energiekonzept² als wichtiges Fundament für die strategische Ausrichtung der Energiepolitik Baden-Württembergs mit wesentlichen Zielsetzungen, Transformationspfaden und Schlüsselstrategien für die Sicherstellung eines umweltverträglichen, zuverlässigen und bezahlbaren Energiesystems erstellt.

Auch in der Region SüdwestBW sind die Erwartungen hinsichtlich des zeitnahen Einsatzes aus regenerativen Quellen hergestellter Wasserstoff angesichts der tiefgreifenden Transformation der Industrie und Energieversorgungen sowie Verschärfung der CO₂-Regulatorik hoch. Die nationale und internationale Wettbewerbsfähigkeit der Industrie ist in hohem Maß von CO₂-neutralen Energie- und Produktionsprozessen abhängig. Ohne Sicherung einer nachhaltigen Energieversorgung ist die Industrie in der Region SüdwestBW einem erheblichen Risiko von Desinvestition und Standortverlagerung der Industrie ausgesetzt.

Es gibt bereits eine Vielzahl von unterschiedlichen Initiativen und geplanten (Infrastruktur-)Projekten zur Implementierung einer wasserstoffbasierten Wertschöpfungskette sowie zur Initiierung des Wasserstoff-Markthochlaufs. Die Realisierung von erneuerbaren Energiekapazitäten und der Infrastrukturausbau für den Einsatz von regenerativem Wasserstoff bleiben jedoch weiterhin hinter dem Bedarf und den Erwartungen zurück und eine Verzahnung der einzelnen Starter- und Einzelprojekte fehlt bislang. Aufgrund dessen haben sich die Klimapartner Südbaden gemeinsam mit den Industrie- und Handelskammern und Regionalverbänden Südl. Oberrhein, Hochrhein-Bodensee und Schwarzwald-Baar-Heuberg zum Ziel gesetzt eine ganzheitliche Wasserstoff-Strategie für die Region SüdwestBW zu erstellen.

Die Klimapartner Südbaden sind der führende Lead- und Netzwerk-Partner in der Region SüdwestBW und vertreten im Bereich Energiewende, nachhaltiger Ressourceneinsatz sowie Klimaschutz die Interessen von rund 140 Mitgliedern aus den Bereichen Politik/Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft. Die Klimapartner konnten in den letzten Jahren erfolgreich Fördermittel der EU und des Landes Baden-Württemberg (BW) (u.a. RegioWIN) für neue Leuchtturmprojekte in den Bereichen Innovation, Energiewende und Klimaschutz einwerben. Im Jahr 2022 wurde mit der Trinationalen Wasserstoff Initiative (3H₂) ein Netzwerk und Verbund aus inzwischen 78 Partnern, darunter Kammern/Unternehmen, Netzbetreibern und Klimaorganisationen ins Leben gerufen. Das Netzwerk verfolgt die Vision, ein gemeinschaftliches europäisches Versorgungsnetz basierend auf regenerativem Wasserstoff zu errichten.

Durch weitere Gespräche der Klimapartner mit Nachbarregionen, die vor vergleichbaren energiewirtschaftlichen und industriepolitischen Herausforderungen stehen, wird der Untersuchungsraum auf die Nachbarregionen (u.a. Region Schwarzwald-Baar-Heuberg, Landkreis Konstanz, Bodenseekreis, Rastatt sowie Lindau) erweitert. In der Region SüdwestBW werden unterschiedliche (Infrastruktur-)Projekte zur Vorbereitung der Produktion, der Speicherung und Distribution sowie des Einsatzes von Wasserstoff konzipiert,

¹ Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2023, Erster Fortschrittsbericht zur Wasserstoff-Roadmap Baden-Württemberg

² Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2024, Energiekonzept für Baden-Württemberg

geplant und vorangetrieben. In diesem Zusammenhang haben sich regionale Clusterknoten als Verzahnung von Produzenten, Energie-/Netzbetreibern und Anwendern auf engem Raum gebildet. Diese bilden das Rückgrat für ein Wasserstoff-Versorgungsnetz und den Markthochlauf.

Die Region SüdwestBW ist im nationalen und grenzüberschreitenden Kontext von überlagernden Standortrisiken und strukturellen Nachteilen gekennzeichnet. In Deutschland befindet sich die Region in einer Grenzlage und damit im nationalen „Infrastrukturschatten“. Die energiepolitischen Unterschiede zu den Nachbarländern Frankreich und Schweiz (EU-Außengrenze) sind von deutlichen Systemunterschieden und Barrieren bei der Netz- und Leitungsinfrastruktur geprägt. Durch die Binnenlage in Europa (Import von Wasserstoff oder -Derivaten über Schiff) mit weiter Entfernung zu internationalen Gewässern (u.a. Nordsee, Mittelmeer) sowie durch die hohe Reliefintensität bei teilweisen geringen Bevölkerungsdichten (beispielsweise Süd-/Hochschwarzwald) droht die Region den Anschluss an wichtige Infrastrukturprojekte (u.a. Ausbau des deutschen Wasserstoff-Kernnetz von Norden nur bis Mannheim bzw. Karlsruhe) zu verpassen. Verstärkt werden die Standort- sowie Entwicklungsrisiken der Region durch die weitläufige Verteilung unterschiedlicher Infrastrukturprojekte mit differenzierten Trägern, Netzwerkpartnern, Netzbetreibern und Akteuren. Durch eine zu geringe Verzahnung und Synchronisierung von (Einzel-) Projekten kann zudem das Risiko einer zu schwachen Schlagkraft, des möglichen Scheiterns der Projektrealisierung sowie Herausbildung von möglichen „Insellösungen“ bestehen.

Der strategische Handlungsbedarf für eine stärkere systematische Verzahnung der Aktivitäten im Bereich der Energiewirtschaft sowie der Transformation in Richtung Wasserstoff ist in der Region SüdwestBW hoch. Eine zentrale Chance besteht darin, die Kräfte und bestehenden und anvisierten Initiativen innerhalb der Region zu bündeln und strategische Allianzen in Nachbarregionen auszubauen (national sowie insbesondere grenzüberschreitend) und das Gewicht der politischen Interessensvertretung zu erhöhen. So kann die bestehende „Wasserstofflücke“ im nationalen und internationalen Vergleich vermieden und eine konsistente, ganzheitliche und abgestimmte Wasserstoffstrategie mit zielgerichteten Entwicklungszielen sowie bestehende und neue Infrastrukturprojekte einer konsistenten Roadmap vorangebracht werden.

Durch die direkte Verknüpfung einer ganzheitlichen Wasserstoff-Strategie und einer strukturierten und priorisierten Roadmap für prioritäre Projekte können verschiedene Dimensionen und Sichtweisen vereint und damit ein Konsens unterschiedlicher Partner herbeigeführt werden. Bedeutende Themen der Region können so abgestimmt als Forderungen an die Politik formuliert werden, um strategische Nachteile dauerhaft abzubauen und die Region SüdwestBW hinsichtlich der Wasserstoff-Infrastruktur langfristig zukunftsfähig aufzustellen.

3 Ausgangsbedingungen der Region SüdwestBW

Struktur- und Naturräumliche Ausgangsbedingungen:

Das Untersuchungsgebiet (nachfolgend Region SüdwestBW genannt) beinhaltet die kreisfreie Stadt Freiburg sowie die Landkreise Rastatt, Ortenaukreis, Emmendingen, Rottweil, Schwarzwald-Baar-Kreis, Tuttlingen, Breisgau-Hochschwarzwald, Lörrach, Waldshut, Konstanz, Bodenseekreis sowie Lindau. Im Untersuchungsgebiet wohnen 2,86 Mio. Einwohner:innen (davon 2,78 in Baden-Württemberg, 0,08 in Bayern). Die Region hat eine hohe Lebensqualität und gehört mit einem im Landesvergleich überdurchschnittlichen Bevölkerungs- und Beschäftigungszuwachs zu den Wachstumsregionen in Süddeutschland.

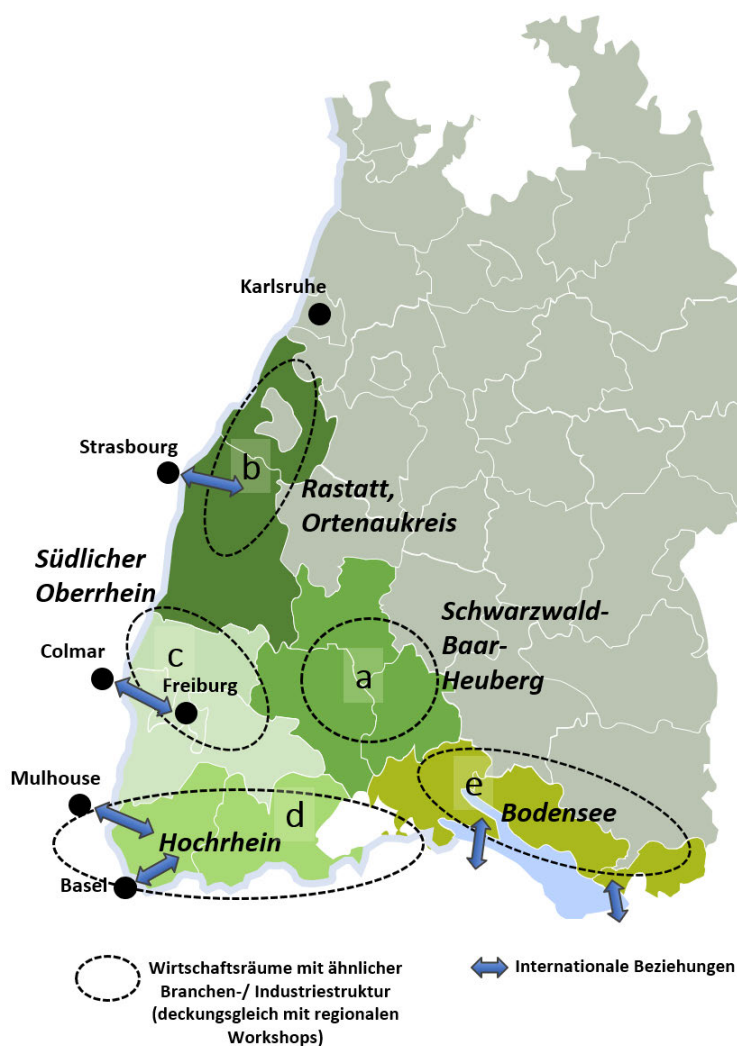


Abbildung 1: Abgrenzung Südwest und regionale Clusterkonten

Hinsichtlich der Raumstruktur ist die Region entsprechend den Raumkategorien des Landesentwicklungsplans 2002 Baden-Württemberg (LEP) abgesehen von den Verdichtungsräumen Freiburg, Lörrach/Weil, Rastatt sowie Konstanz und Friedrichshafen größtenteils dem „Ländlichen Raum im engeren Sinne“ zugeordnet. Zudem sind die Städte Villingen-Schwenningen, Rottweil, Tuttlingen sowie Offenburg und einige Kommunen in deren direktem Umfeld als „Verdichtungsgebiete im Ländlichen Raum“ kategorisiert.

Die Region ist durch ein Zusammenspiel aus städtischen Zentren im Rheintal, attraktiven Standorten längs der Entwicklungsachsen und peripheren ländlichen Teilräumen im Schwarzwald, die teilweise großräumig im süddeutschen „Infrastrukturschatten“ liegen, gekennzeichnet. Dadurch steht sie vielfältigen, gemeinsamen Chancen und Herausforderungen in der Raum- und Siedlungsstruktur sowie der wirtschaftlichen Entwicklung und Energieversorgung gegenüber (u.a. Erreichbarkeitsdefizite, Entwicklungsunterschiede).

Die Autobahn A 81, welche die Region von Norden nach Süden durchläuft sowie die A5 im Westen und die A98 bzw. B31 als West-Ost-Achsen (und Anbindung an den Bodenseeraum) sind das verkehrsinfrastrukturelle Rückgrat der Region und machen schnelle Wege im funktionalen Raum möglich. Die A5 und die Bahnlinie sind Teil des europäischen TEN-Korridors (Rhein-Alpen Korridor).

Nicht die vermeintliche Randlage im Südwesten Baden-Württembergs, sondern die Notwendigkeit und Bereitschaft zur grenzüberschreitenden Zusammenarbeit an der innereuropäischen Grenze zu den zwei Baden-Württembergischen Nachbarländern Frankreich und Schweiz zeichnet die Region aus. Dabei übernehmen der Agglomerationsraum Basel sowie Straßburg eine wichtige Zentralitätsfunktion mit zahlreichen bereits bestehenden grenzüberschreitenden Verknüpfungen und Projekten.

Ausgangsbedingungen im Bereich erneuerbare Energien:

- unterschiedliche **Ausgangslage im Bereich EE.**: teilw. weit vorne, aber einige Landkreise sind nach wie vor unterdurchschnittlich im bundesweiten Vergleich
- Wasserkraftpotenziale schon weit ausgereizt: gut aufgestellt durch Schwarzwaldzuflüsse / Hochrhein
- Windkraftpotenziale: sind teilweise vorhanden bisher im bundesweiten Vergleich aber unterdurchschnittlich entwickelt. Durch die laufenden Regionalplanfortschreibungen zur Windkraft werden zeitnah umfangreiche Flächenpotenziale gesichert.“ Solarpotenziale ergeben sich ebenfalls in der Region: Dachflächen- bzw. Freiflächen-PV, Innovationen durch PV auf Wasserflächen/PV auf überbauten Flächen (u.a. Hagelnetze)
- Erdgasnetz liegt in allen Landkreisen (mit Ausnahme der Inseln), ABER kein geplanter Anschluss an das bundesweite H2-Kernnetz

Die Region verfügt über gute naturräumliche Bedingungen für die Nutzung erneuerbarer Energien und Ressourcen und weist zum Teil vorteilhafte Gunsträume auf. Gleichzeitig ist die Region als eine der wärmsten Regionen in Deutschland durch den Klimawandel besonders stark gefordert, sich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen und einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

Durch die Schwarzwaldzuflüsse sowie die Lage am Rhein ist die **Wasserkraft** bereits gut aufgestellt und stark ausgereizt. Hier ergeben sich wenig Potentiale für einen weiteren Ausbau.

Abbildung 2 zeigt den Status Quo des **Windkraft-Ausbaus in der Region**. Hier sind insbesondere die Landkreise Ortenaukreis sowie Emmendingen, Rottweil und Tuttlingen bereits gut aufgestellt. Aufgrund der Höhenlagen und naturräumlichen Gegebenheiten ergeben sich hier weiterhin große Potentiale. Die Stromstudie für Baden-Württemberg des Fraunhofer-Instituts³ sieht hier insbesondere Potentiale im Landkreis Rottweil, Emmendingen sowie weiterhin im Ortenaukreis. Die aktuelle Neuaufstellung der Regionalpläne bildet dabei die Grundlage die vorhandenen Potentiale zukünftig auszuschöpfen. Hier wird beispielsweise insbesondere im Landkreis Rottweil, als naturbedingt günstigster Raum in der Teilregion Schwarzwald-Baar-Heuberg, 60% der geplanten Windkraftflächen umgesetzt.

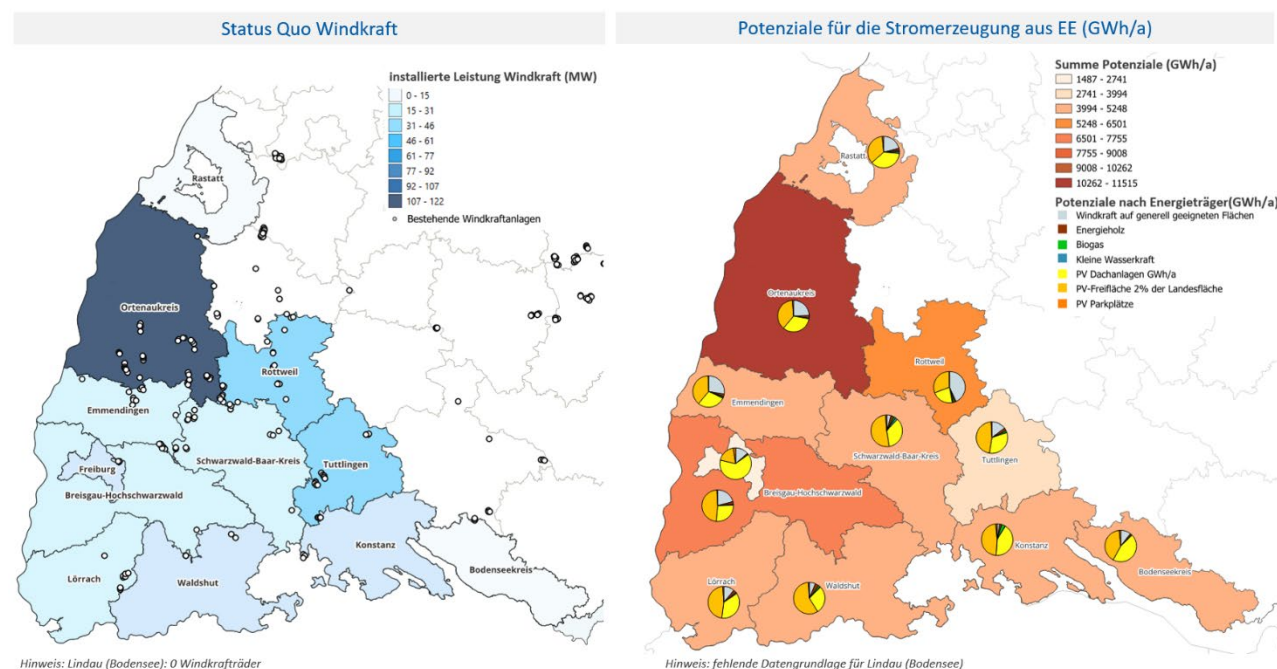


Abbildung 2: Ausgangslage und Potential der Landkreise hinsichtlich der Erneuerbaren Energie. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Bedarfsabfrage, BW-Stromstudie, Fraunhofer ISE, 2024, Windbranche.de

Solarpotentiale ergeben sich für SüdwestBW, als eine der sonnenreichsten und wärmsten Regionen Deutschlands ebenfalls. Laut Fraunhofer-Studie bestehen hier die größten Potentiale um den Bodensee (Bodenseekreis, Konstanz) sowie im Schwarzwald-Baar-Kreis. Aufgrund von Hindernissen wie Flächenkonflikten und Konkurrenzen insb. durch landwirtschaftliche Nutzungen, werden hier Innovationen wie PV auf Wasserflächen (u.a. Baggerseen) bzw. PV auf überbauten Flächen/über landwirtschaftlichen Nutzflächen (u.a. Hagelnetze) notwendig werden. Es bestehen bereits in einigen Landkreisen der Region Südwest unterschiedliche Pilotprojekte. Das Fraunhofer ISE ist diesbezüglich in den letzten Zügen einer PV-Potenzialanalyse für den Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald.

Zentrale Hemmnisse beim Ausbau der erneuerbaren Energien sind in vielen Regionen Flächenverfügbarkeiten, Netzanschlussmöglichkeiten, Vermarktbarkeit des produzierten PV-Strom, die hohen Pachtpreise und dadurch hohe Arbeitspreise für Strom aus erneuerbaren Energien. Zudem ergeben sich Flächen- und Netzengpässe. Weitere zentrale Faktoren mit Blick auf den Windkraftausbau sind

³ Fraunhofer ISE/IHK BW, 2024, Stromstudie für Baden-Württemberg

langwierige Genehmigungsprozesse und Widerstände in der Bevölkerung, sowie langwierige Genehmigungsprozesse.

Wirtschaftliche Gegebenheiten:

- **starke Industrieregion** mit viel mittelständischen Betrieben und Hidden Champions, hoher Energieverbrauch von einzelnen TOP-Verbrauchern
- starker industrieller Sektor mit einer weit überdurchschnittlichen Industriedichte sowie einer dominierenden mittelständischen Industrie
- **mehrere Industrieinseln** in Höhenlagen, besondere topographische Gegebenheiten (u.a. Breisgau-Hochschwarzwald, Tuttlingen)

Die Region SüdwestBW weist einen starken industriellen Sektor mit einer **weit überdurchschnittlichen Industriedichte** sowie einer dominierenden mittelständischen Industrie auf.

Der Schwarzwald stellt ein zentrales und verbindendes Element über alle Teilregionen hinweg dar und prägt die regionale Branchenstruktur. Neben dem Tourismus ist der Industriesektor überdurchschnittlich stark vertreten. So besteht in der Region ein dichtes Netz an mittelständischen Wirtschaftsbetrieben in den Clusterbereichen Automotive, Feinwerk-, Mikro- und Mikrosystemtechnik, Medizintechnik, Kunststofftechnik, Papiertechnik sowie Produktionstechnik. Die Region SüdwestBW hat mit 340.000 Beschäftigten einen im Bundes- und Landesvergleich (18,7%/29,9%) überdurchschnittlichen Beschäftigtenanteil der Industrie bzw. des Verarbeitenden Gewerbes (32,6 %) an den Gesamtbeschäftigten.

Bezogen auf den Energieverbrauch gelten in Deutschland die Branchen Herstellung von chemischen Erzeugnissen, Metallherzeugung-/Bearbeitung, Mineralölverarbeitung, Glas/Keramik sowie Herstellung von Papier/Pappe als energieintensive Industriebranchen. Auf diese Branchen entfällt im Jahr 2021 ein Energieverbrauch in Höhe von 829,5 Milliarden kWh bzw. 76,3% des Energieverbrauchs der deutschen Industrie.

Auf die energieintensiven Industriebranchen entfallen in der Region SüdwestBW rund 31.500 SV-Beschäftigte bzw. 3% der Gesamtbeschäftigten. Damit entfällt fast jeder zehnte Arbeitsplatz in der Industrie (30%) auf energieintensive Industriebranchen, womit der Anteil über dem Bundes- und Landesdurchschnitt (2,6%/2,4%) liegt. Die Metallherzeugung (10.000 SVB) sowie die Herstellung von chemischen Erzeugnissen (8.500 SVB) gehören innerhalb dieser Gruppe zu den stärksten Branchen.⁴

⁴ Bundesagentur für Arbeit, 2023, statistische Kennwerte zu sozialversicherungspflichtig Beschäftigten

SVB am Arbeitsort je Wirtschaftszweig (2023)

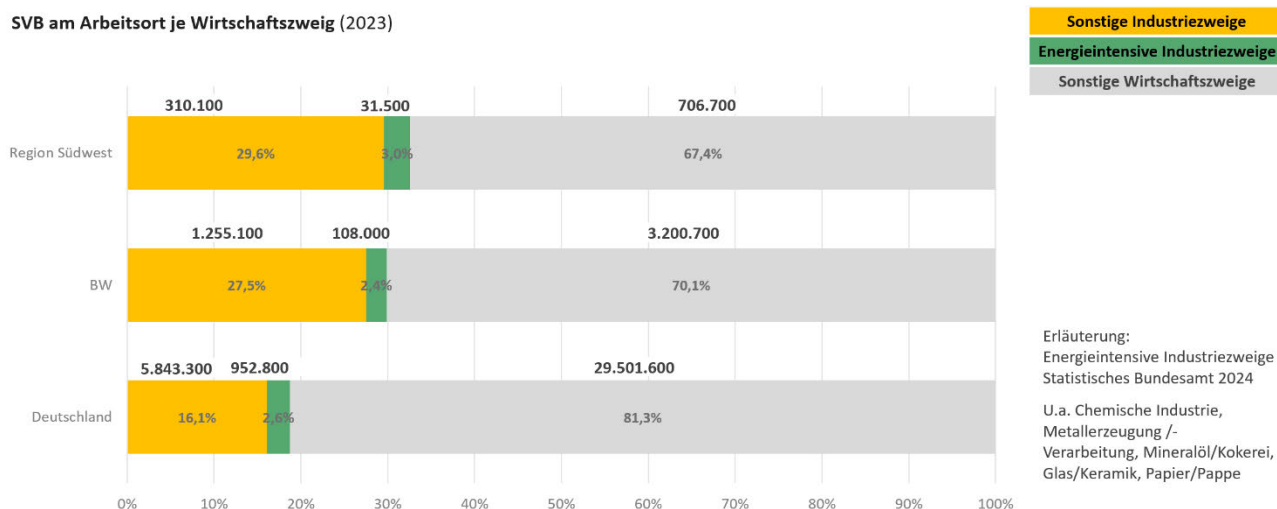


Abbildung 3: SVB am Arbeitsort je Wirtschaftsbereich. Quelle: Bundesagentur für Arbeit, 2023

Im regionalen Vergleich weisen die Landkreise Rastatt, Rottweil, Tuttlingen, Bodenseekreis, Lindau sowie der Ortenaukreis besonders hohe Beschäftigtenanteile der Industrie (> 25% der Gesamtbeschäftigten) auf. Überdurchschnittliche Anteile der energieintensiven Branchen sind im regionalen Vergleich insbesondere in den Landkreisen Konstanz (4,8%), Waldshut (6,1%), Ortenaukreis (4,7%) sowie Landkreis Rastatt (4,1%) vertreten.⁵

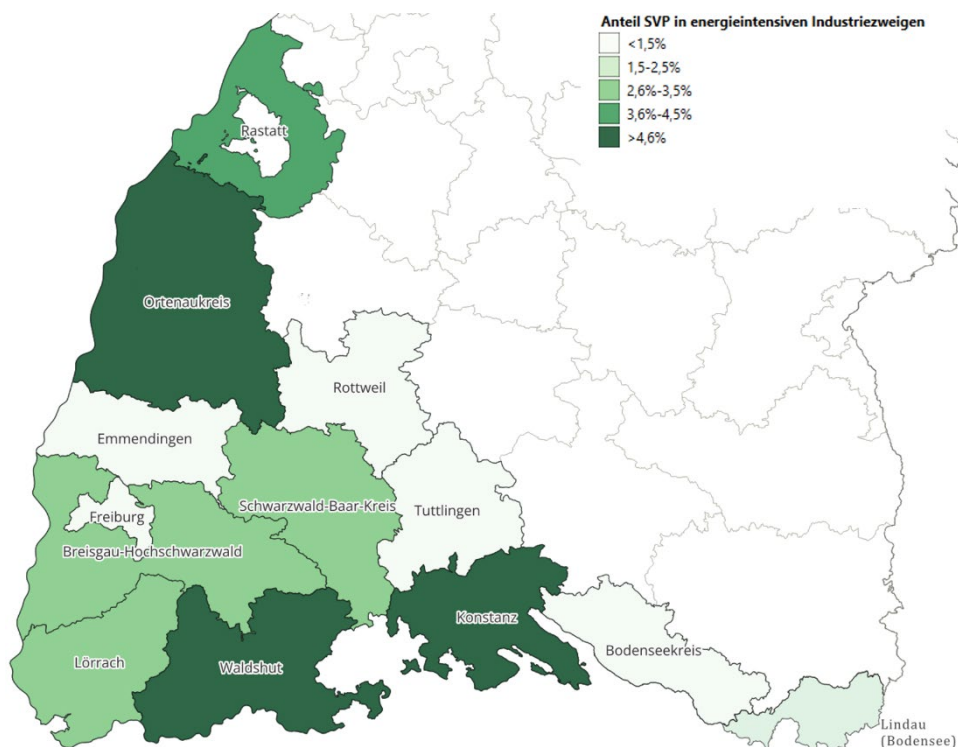


Abbildung 4: Anteil SVB in energieintensiven Industriezweigen. Eigene Darstellung. Datenquelle: Bundesagentur für Arbeit, 2023

⁵ Bundesagentur für Arbeit, 2023, statistische Kennwerte zu sozialversicherungspflichtig Beschäftigten

Die Analyse zeigt, dass ein hoher Anteil an energieintensiven Industrien in der Region SüdwestBW vertreten ist. Besonders diese energieintensiven Branchen wie die Stahl-, Chemie-, Zement- und Glasindustrie benötigen teilweise große Mengen Gas für Prozesswärme und sind daher auf alternative Energieträger, wie Wasserstoff angewiesen.

4 Potentiale und zentrale Herausforderungen für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft

Politische und rechtliche Rahmenbedingungen

Die Nationale Wasserstoffstrategie (NWS) der Bundesregierung wurde im Jahr 2023 aktualisiert und bildet den Rahmen für den Aufbau der grünen Wasserstoffwirtschaft in Deutschland. Im Hinblick auf Wasserstoffimport, -transport und -nachfrage beinhaltet die Aktualisierung folgende Punkte:

- Eine Erhöhung des Ambitionsniveaus von 5 auf 10 GW Elektrolysekapazität bis 2030.
- Einen Anstieg der Wasserstoffnachfrage von 95 auf 130 TWh bis 2030 (ursprünglich: 90 bis 110 TWh)
- Die größte Nachfrage nach Wasserstoff ist im Industriesektor zu verzeichnen. In diesem Sektor soll der Einsatz von Wasserstoff durch verschiedene Förderprojekte unterstützt werden, z.B. Klimaschutzverträge
- Zur Deckung des Wasserstoffbedarfs sollen bis 2030 etwa 50-70% importiert werden, hauptsächlich durch schiffsbasierte Lösungen. Nach 2030 soll der Import auf leitungsgebundene Lösungen ausgeweitet werden
- Ziel ist es, schnell eine Importinfrastruktur in Deutschland und Europa aufzubauen, um den absehbaren Bedarf an Wasserstoff zu decken. Dazu soll ein Wasserstoffbeschleunigungsgesetz erarbeitet werden, um den Aufbau der Wasserstoffimportinfrastruktur zu beschleunigen
- Um die Import- und Speicherhubs mit den jeweiligen Kunden zu verbinden, soll bis 2032 ein Wasserstoff-Kernnetz voll funktionsfähig sein

Die prognostizierte Importmenge (50 bis 70% des deutschen Wasserstoffbedarfs in 2030) resultiert aus Untersuchungen, nach denen es in Deutschland nicht möglich ist, die eigenen Bedarfe selbst zu produzieren und zu decken. Als mögliche Partner für Wasserstoffimporte kommen Länder mit einem hohen Potential erneuerbarer Energien, Fläche und Wasser in Frage, wie z. B. Kanada, Chile, Marokko, Namibia und Australien. Mit diesen und weiteren Ländern hat Deutschland bereits Energiepartnerschaften aufgebaut, um langfristig grünen Wasserstoff und seine Derivate importieren zu können.

In der NWS hat die Bundesregierung zahlreiche konkrete Maßnahmen und weitere Strategien angekündigt. Das folgende Schaubild gibt darüber einen Überblick.



Abbildung 5: in der NWS angekündigte Maßnahmen und Strategien und deren Umsetzungsstand

Ausbau des Wasserstoff-Kernnetz- und Verteilnetz

Am 22. Juli 2024 hat die FNB Gas e.V. den gemeinsamen Antrag der Fernleitungsnetzbetreiber für das Wasserstoffkernnetz an die Bundesnetzagentur eingereicht. Am 22.10.2024 hat die Bundesnetzagentur das Wasserstoffkernnetz genehmigt. Nun kann mit dem schrittweisen Aufbau des Kernnetzes begonnen werden. Das Netz soll 9.040 km Leitung umfassen, davon 56 % umgestellte Erdgasleitungen und 44 % Neubauleitungen. Dieses Netzwerk soll eine Einspeisekapazität von rund 101 GW und eine Ausspeisekapazität von 87 GW bieten. Die Investitionskosten werden auf 18,9 Milliarden Euro geschätzt.⁶

⁶ Bundesnetzagentur, 2024
www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html

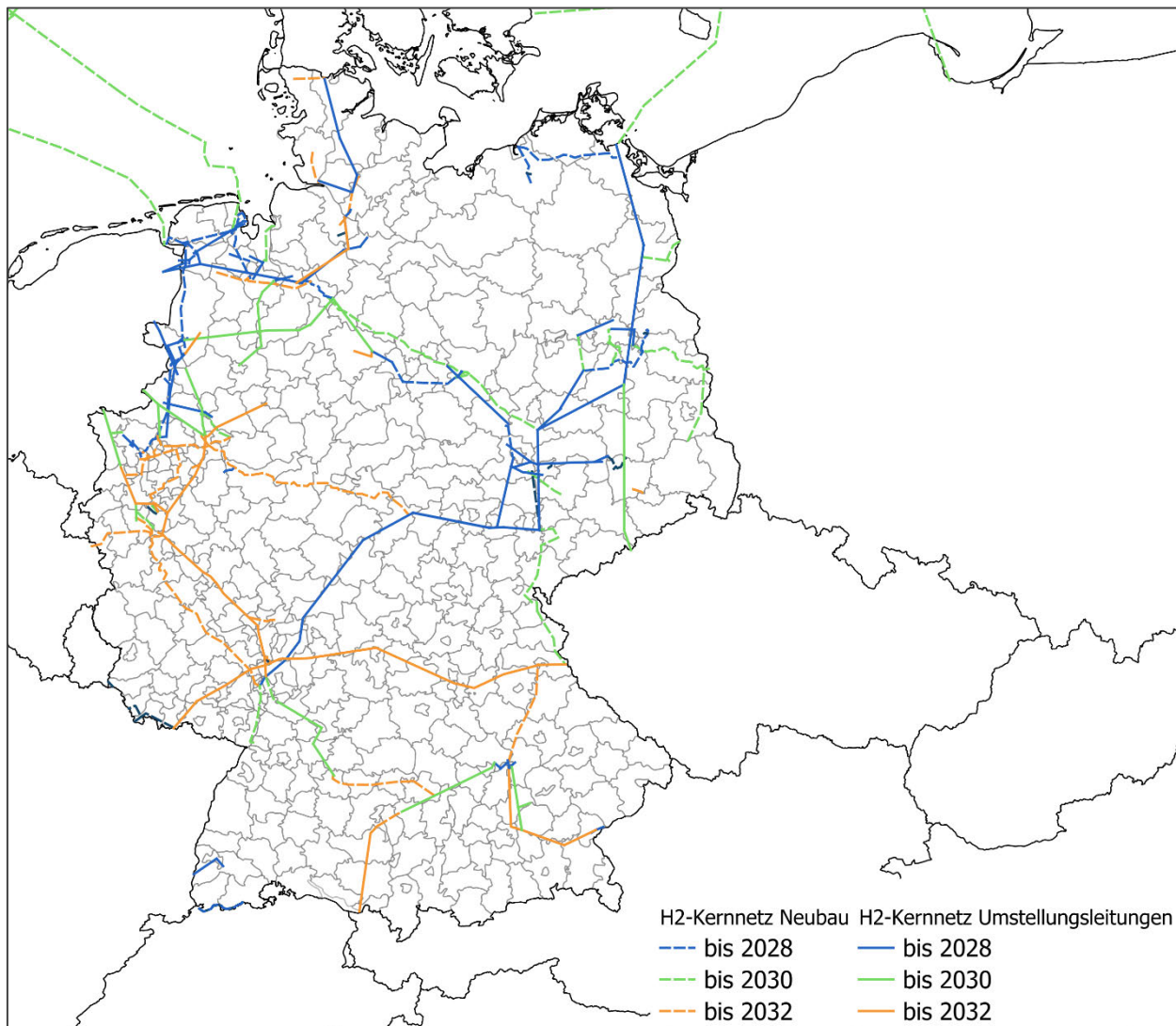


Abbildung 6 Wasserstoff Kernnetz nach Ausbaustufen, Stand 22.10.2024

Der Vorteil eines Wasserstoffnetzes ist der Transport großer Mengen über große Entfernungen. Zudem werden Wasserstoffherzeuger und -verbraucher entlang der Pipeline direkt miteinander verbunden, was die Transportkosten für Abnehmer erheblich senkt und eine diskontinuierliche Erzeugung von einem kontinuierlichen Bedarf, durch die Speicherwirkung des Netzes, entkoppelt. Der Aufbau des Wasserstoffnetzes beansprucht allerdings langwierige und kostenintensive Planungs-, Genehmigungs- und Bauphasen (für Neubauleitungen). Zudem müssen die potenziellen Abnehmer in räumlicher Nähe zum Leitungsnetz liegen oder durch hohe Investitionskosten einen Anschluss an dieses finanzieren. Nachfolgend wird dieser Aspekt vertiefend ausgeführt.

Eine zukünftige Anbindung an das Wasserstoffkernnetz könnte, je nach Region und Standort, über ein an das Kernnetz angeschlossenes Verteilnetz erfolgen. Im Folgenden wird aufgezeigt, welche aktuellen Entwicklungen hinsichtlich deutscher Verteilnetze stattfinden und wie potenzielle Einspeisebegehren oder der Bezug von Wasserstoff über eine Verteilnetz-Pipeline forciert werden könnte.

Das heutige Gasverteilnetz in Deutschland besitzt eine Länge von 560.000 km und ermöglicht durch seine enge Vermaschung eine flächendeckende Verteilung von Gas mit einer Anbindung von ca. 1,8 Mio. Endverbrauchern. Das Gasverteilnetz hat demnach eine hohe Relevanz für die heutige Erdgasversorgung u. a. von Haushalten zur Wärmeerzeugung, Industriestandorten oder regionalen Gas- und Heizkraftwerken. Mit dem Ziel der Klimaneutralität bis 2045 soll aus der Versorgung mit fossilem Erdgas ausgestiegen werden. Gasverteilnetze müssen sich entsprechend auf eine Transformation hin zu Verteilnetzen klimaneutraler Gase, wie z. B. Wasserstoff, vorbereiten.^{7,8}

Die Gesetzeslage für die Transformation der Verteilnetze ist weniger fortgeschritten als die des Wasserstoffkernnetzes. Gesetzliche Regelungen für die Transformation wurden im EU-Gas-/Wasserstoff-Binnenmarktpaket auf EU-Ebene Ende 2023 beschlossen. Es wird angestrebt, diese bis Ende 2025 in nationales Recht zu überführen. Im März 2024 hat das BMWK das Green Paper Transformation Gas-/Wasserstoffverteilernetze zur öffentlichen Konsultation veröffentlicht, mit dem Ziel, einen neuen Ordnungsrahmen für die Verteilnetze zu definieren.²

Parallel dazu hat sich 2022 im DVGW aus deutschen Gasnetzbetreibern die Initiative „H2vorOrt“ in Zusammenarbeit mit dem Verband kommunaler Unternehmen e.V. (VKU) gegründet. In der Initiative haben sich 48 Partner mit der Absicht zusammengeschlossen, Wasserstoff durch die Gasverteilungsnetze für jeden zugänglich zu machen. Als ein zentrales standardisiertes Planungsinstrument haben sie den Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) entwickelt. Ansatz dieses Instrumentes ist es, die von den einzelnen Gasverteilnetzbetreibern für ihr Netzgebiet erarbeiteten GTP zu einem deutschlandweiten Gesamt-GTP zu verdichten. Die GTP der Netzbetreiber sind jährlich zu aktualisieren und zu konkretisieren, sodass bis Ende 2025 die Erarbeitungen finalisiert sind. Im Jahr 2023 haben 241 Gasverteilnetzbetreiber (VNB) einen GTP eingereicht, deren Netzgebiete einen großen Teil des Verteilnetzes ausmachen. Im Rahmen der Erstellung der GTP führen die Netzbetreiber Untersuchungen auf vier Ebenen durch. Diese sind eine Kapazitätsanalyse, eine Einspeiseanalyse, eine technische Analyse sowie eine Kundenanalyse, wobei jeweils standardisierte Fragen zu beantworten sind.⁹

In der Region SüdwestBW sind mehrere VNBs für den Betrieb des Gasnetzes zuständig, abhängig von der jeweiligen Stadt oder Gemeinde. Die beiden größten Betreiber, die sich 2023 am Gasnetzentwicklungsplan beteiligt haben, sind die badenovaNETZE GmbH und die Netze BW GmbH. badenovaNETZE, Teil der badenova-Gruppe, betreibt das Gasnetz in Städten wie Freiburg, Lörrach und Offenburg und ist der führende Netzbetreiber in Südwest. Netze BW hingegen versorgt kleinere Gemeinden und ländliche Gebiete in Südwest und ist landesweit der größte Verteilnetzbetreiber für Strom und Gas.

Beide Unternehmen betrachten Wasserstoff als Schlüssel für die Zukunft des Gasnetzes und fordern eine klare politische und regulatorische Unterstützung für dessen Ausbau. Sie setzen sich für umfangreiche Investitionen in die Modernisierung der bestehenden Erdgasleitungen sowie den Aufbau neuer Infrastruktur für Wasserstoff und andere erneuerbare Gase ein. Zudem plädieren sie für eine stärkere Integration von Biogas und synthetischem Methan, um das Gasnetz klimaneutral zu gestalten.

Besteht aus Kundensicht, z. B. als Kommune, der Bedarf, Wasserstoff über ein Verteilnetz (oder eine andere Pipeline) in das Wasserstoffkernnetz einspeisen oder beziehen zu wollen, bietet sich im Zuge der von den Verteilnetzbetreibern durchgeführten Kundenanalyse die Möglichkeit, diesen an den Netzbetreiber zu kom-

⁷ BMWK, März 2024, Green Paper Transformation Gas-Wasserstoff-Verteilernetze

⁸ H2vorOrt, 2024, GTP Leitfadens

⁹ H2VORORT, 2024, Klimaneutraler Energieträger Wasserstoff

munizieren. Wichtig ist hier eine wechselseitige Abstimmung mit dem Netzbetreiber, damit dieser den Bedarf des Kunden in seinen Planungen bewerten und idealerweise berücksichtigen kann.²

Wasserstoffnutzung in Industrie, Mobilität und Wärme

Wasserstoff und die dafür benötigten Technologien bieten große Potentiale für Industrie- und Technologiestandorte wie die Region SüdwestBW. Weltweit sollen konventionelle Technologien zur Energieerzeugung durch neue, "grüne" Technologien ersetzt werden, was einen Strukturwandel bedeutet. Auch die Region SüdwestBW ist von diesem Strukturwandel (u.a. Automobilhersteller, Zulieferindustrie, energieintensive Industrie) betroffen. Er ist eine Herausforderung, bietet aber auch große Chancen für die Region, die jetzige wirtschaftliche Leistungsfähigkeit langfristig zu erhalten und Innovationsfähigkeit weiter auszubauen.

In einer dekarbonisierten Wirtschaft kann und soll aus regenerativen Quellen hergestellter Wasserstoff eine Schlüsselrolle unter den Energieträgern einnehmen. Besonders dort, wo erneuerbare Alternativen fehlen oder Elektrifizierung nicht möglich ist, wird Wasserstoff im Energiesystem an Bedeutung gewinnen. Potenzielle Anwendungen umfassen Industrieprozesse im Hochtemperaturbereich, den Verkehr sowie die saisonale Speicherung von Überschussstrom. Folgende Potentiale können sich dabei ergeben:

- **Industrie:** Wasserstoff spielt in der Industrie sowohl als Energieträger als auch als chemischer Rohstoff (stoffliche Nutzung) eine zunehmend wichtige Rolle. Besonders energieintensive Branchen wie die Stahl-, Chemie-, Zement- und Glasindustrie sind auf Hochtemperaturprozesse angewiesen, die oftmals nicht vollständig elektrifiziert werden können. Beispielsweise wird in der Stahlherstellung Wasserstoff als Reduktionsmittel im Direktreduktionsprozess eingesetzt, wobei Temperaturen von über 1.200 °C erforderlich sind. In der Chemieindustrie findet Wasserstoff sowohl als Grundstoff für die Ammoniakproduktion (bei etwa 450–500 °C), als auch in der Methanol-Herstellung (etwa 250°C) Anwendung. Weitere potenziell betroffene Branchen sind die Raffinerieindustrie, die für Hydrierprozesse Wasserstoff benötigt, und die Zementindustrie, in der hohe Temperaturen von bis zu 1.450°C erreicht werden müssen. Für mittlere Prozesswärmanforderungen (100 -500 °C) gibt es zwar Alternativen wie Hochtemperaturwärmepumpen oder direkte Elektrifizierung, doch in spezifischen Fällen, wie bei der Verarbeitung von Chemikalien oder Metallen, kann Wasserstoff als flexible Ergänzung dienen, wenn elektrische Technologien ineffizient oder unzureichend sind. Auch die ansässige Industrie in der Region SüdwestBW benötigt teilweise große Mengen Gas für Prozesswärme und ist daher auf alternative Energieträger angewiesen, wie beispielsweise die Metall- und Chemiebranche. Wasserstoff bietet in diesem Bereich erhebliche Potentiale, um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren und die CO₂-Emissionen zu senken.
- **Mobilität:** Der Einsatz von Wasserstoff im Mobilitätssektor ist vor allem in Bereichen sinnvoll, in denen Batterietechnologien aufgrund von Reichweite, Gewicht oder Betankungszeiten an ihre Grenzen stoßen. Dies betrifft insbesondere den Schwerlastverkehr, den Schiffsverkehr und den öffentlichen Fernverkehr, wo hohe Energiebedarfe, lange Distanzen und kurze Tankzeiten notwendig sind. Im Schwerlastverkehr auf der Straße, insbesondere bei Lastkraftwagen (Lkw), bietet Wasserstoff erhebliche Vorteile gegenüber Batterien. Während Elektro-Lkw mit zunehmender Reichweite und Nutzlast größere Batterien benötigen, was das Gesamtgewicht und den Platzbedarf erhöht, ermöglicht Wasserstoff eine höhere Energiedichte. Dies führt zu einer deutlich geringeren Fahrzeugmasse im Vergleich zu Batterielösungen bei gleicher Reichweite. Darüber hinaus erlaubt die schnelle Betankung von Brennstoffzellenfahrzeugen den kontinuierlichen Einsatz über längere

Strecken, was besonders im Fernverkehr essenziell ist. Auch im ÖPNV, insbesondere bei Bussen auf langen Überlandstrecken, kann Wasserstoff aufgrund der schnellen Betankung und der größeren Reichweite eine Alternative zu batterieelektrischen Bussen darstellen. Aufgrund der Reichweite und der bestehenden Topografien in der Region SüdwestBW und im Schwarzwald bringt eine Elektrifizierung hier zu viele Nachteile mit sich. Demgegenüber ermöglicht Wasserstoff eine schnelle Betankung und eine hohe Reichweite. Auch im Bereich kommunaler Fahrzeuge, wie beispielsweise in der Abfallwirtschaft, kann Wasserstoff zum Einsatz kommen und bedeutende Potentiale entfalten. Durch die Grenzlage zur Schweiz und zu Frankreich gibt es zudem ein erhebliches Fernverkehrsaufkommen, entlang der Hauptverkehrswege ergeben sich dadurch Potentiale für Wasserstoff-Tankstellen

- **Wärme:** Als weiterer Nutzungspfad wird der Gebäude- bzw. Wärmesektor diskutiert, sei es durch Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellenheizungen oder durch direkte Verbrennung anstelle von Erdgas. Wasserstoff wird bislang im weltweiten Gebäudesektor nur in sehr geringem Maße als Energiequelle genutzt, obwohl verschiedene Einsatzmöglichkeiten erprobt werden. Bei Anwendungen wie die Raumwärmebereitstellung für Gebäude ist Wasserstoff derzeit weniger sinnvoll. Hier dominieren Technologien wie Wärmepumpen, Solarthermie oder Geothermie aufgrund ihrer höheren Energieeffizienz. Diese Prozesse erfordern moderate Temperaturbereiche, typischerweise unter 100 °C, bei denen Wasserstoff im Vergleich zu diesen Alternativen ineffizient ist. Für die Warmwasser- und Raumheizungsversorgung, wie sie im Gebäudesektor benötigt wird, sind insbesondere Wärmepumpen, die aus elektrischer Energie Umweltwärme nutzen, deutlich vorteilhafter. Wo dies nicht möglich ist (bspw. bei dicht besiedelten Wohngebiete und Gewerbegebäuden) kann der Einsatz wasserstoffbasierter Heizungen aber sinnvoll sein. Zum aktuellen Zeitpunkt spielt Wasserstoff in der Versorgung von privaten Gebäuden in der Region SüdwestBW eher keine Rolle. Dort stehen die Technologien Tiefengeothermie, Grundwasser und Abwärme aus Industrie im Vordergrund. Dennoch ergeben sich auch Potentiale in der Verbindung von Geothermie mit Wasserstoff, wobei keine Konkurrenz, sondern eine Verzahnung zwischen Wasserstoff und Geothermie besteht. Die kommunale Wärmeplanung bis 2028 wird eine entscheidende Rolle bei der Integration von Wasserstoff in die Wärmeversorgung spielen. Durch die gezielte Planung und den Ausbau der Infrastruktur können die Potentiale von Wasserstoff optimal genutzt werden, um eine nachhaltige und effiziente Wärmeversorgung zu gewährleisten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Wasserstoff ein großes Potential hat, die Energiewende in verschiedenen Sektoren voranzutreiben und einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen zu leisten, gleichzeitig steht die Region jedoch vor zentralen Herausforderungen und Hemmnissen, die einen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft erschweren.

Folgende Hemmnisse ergeben sich dabei aus Sicht regionaler Stakeholder (Quelle: Experteninterviews/Regionale Workshops):

- **Preisgestaltung:** Zentrales Hemmnis in die Investition von Wasserstoffinfrastruktur ist weiterhin die Herstellung der erforderlichen Wasserstoff-Mengen zu wirtschaftlichen Preisen (im Vergleich zu dem heutigen Erdgas). Im Bereich der Mobilität sind Wasserstofffahrzeuge sowie die Wasserstoffbetankung derzeit noch preislich sehr viel teurer als Diesel- bzw. Stromantriebe. Auch der Wasserstoff in

der Industrie ist aktuell noch teurer als herkömmliche Energieträger. Sämtliche Wasserstoff-Produkte (u.a. Brennstoffzellen-Lkw) sind bislang nicht serienmäßig verfügbar (erste Pilotanwendungen, hohe Investitionskosten, ...) und stellen daher im Vergleich zu herkömmlichen Produkten große Investitionssummen dar.

- **Politische Vorgaben und Regularien:** EU-Regularien und politische Unsicherheit sowie fehlende zeitliche Meilensteine sind weitere große Hemmnisse für einen zeitnahen Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in der Region SüdwestBW. Geringe Fördervolumina und zersplitterte Förderprogramme in Baden-Württemberg (kleine Losgrößen bei Zuwendungen/Fördertöpfe sind nicht aufeinander abgestimmt) bei einer gleichzeitigen Blockierung durch große EU-Programme erschweren das Umsetzen von Projekten. Förderanträge werden aufgrund zu vieler Antragsstellender oft nicht genehmigt. Zudem behindern komplizierte Genehmigungsprozesse das Umsetzen von Elektrolyseuren (z.T. werden Umweltgutachten benötigt, wodurch die Prozesse sehr viel länger dauern). Vielfältige heterogene Informationen diesbezüglich erschweren die Umsetzung von Projekten.
- **Fehlendes Wissen in Bezug auf Elektrolyseure/Fördermittel:** Da aktives und eigenes Energiemanagement (insb. Eigenproduktion) meist außerhalb der strategischen Kernkompetenzen der Unternehmen liegt, besteht insbesondere bei KMUs eine gewisse Unwissenheit bzw. fehlende langfristige Strategien bezüglich Investitionen in neue/alternative Energie-/Produktionsanlagen. Daher ist ein Wissensaufbau in Bezug auf Elektrolyseure über Plattformen wie die H2 BW Plattform für Wasserstoff bzw. ein Wissenstransfer über Seminare/Lehrgänge, Checklisten und Leitfäden notwendig. Zudem wird die Fördermittelberatung bzw. das Hinzuziehen von Förderlotsen für KMUs wichtig werden.
- **Unsicherheiten der Akteure:** Aufgrund fehlender Informationen, unzureichender Planungssicherheit und bislang nur vereinzelter Pilotprojekte zeichnen sich diverse Unsicherheiten hinsichtlich der Transformation und gezielten Investitionen in neue Produktions- und Energieanlagen bei den Unternehmen im Südwesten ab. Dies betrifft insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) sowie den Mittelstand. Zudem werden Projekte nicht umgesetzt, weil seitens der Projektierer die Bedarfe nicht ausreichend eingeschätzt werden können. Die durchgeführten Bedarfsabfragen sind teilweise nicht repräsentativ und stoßen auf eine unzureichende Teilnahme. Die Organisation des Hochfahrens der Wasserstoff-Wirtschaft in der Region stellt daher eine große Management- und Kommunikationsaufgabe dar. Es wird entscheidend sein, Angebot und Nachfrage zum richtigen Zeitpunkt zusammenzubringen. Eine begleitende Kommunikation in den zentralen Akteurskreisen ist daher unabdingbar.
- **Netzwerke/Partnerschaften:** Aktuell bestehen in der Region SüdwestBW noch viele „Einzelkämpfer“ und „Starterprojekte“, wodurch sich ein hoher Orientierungsaufwand hinsichtlich der Suche nach der richtigen Lösung ergibt. Eine übergeordnete Organisation fehlt derzeit noch, wodurch die Vernetzung und der Austausch zu gering ist. Es bedarf einer Koordination und eines Dialogs zwischen Stadtwerken, Netzbetreibern, Kommunen sowie den Top-Energieverbrauchern (insb. große Gasverbraucher), um die Bedarfe und die Produktion zusammenzubringen. Ein Erfahrungsaustausch (auch mit anderen Regionen z.B.: Hochrhein, einige Elektrolyseure umgesetzt) ist notwendig und hilfreich für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft.
- **Verfügbarkeit von Grünstrom:** Ein weiteres großes Hindernis ist die Verfügbarkeit von ausreichend erneuerbarer Energie zur Herstellung von regenerativem Wasserstoff. Die Potentiale von EE (u.a. Agri-PV) in der Region SüdwestBW sind in der Praxis oft deutlich geringer und insbesondere der bestehende Flächenmangel für PV und der langsame Ausbau neuer Windkraftanlagen in vielen

Teilregionen mindert die Verfügbarkeit von Grünstrom. Daher werden Wasserstoff-Importe von außen zwingend notwendig werden. Gleichzeitig bedeutet dies eine gewisse Abhängigkeit von Energie-Zulieferung aus anderen Ländern mit hohen EE-Potentialen (u.a. Afrika, Südamerika).

Der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland steht vor erheblichen politischen, infrastrukturellen und organisatorischen Herausforderungen. Trotz der ambitionierten Ziele der aktualisierten Nationalen Wasserstoffstrategie, wie der Steigerung der Elektrolysekapazität auf 10 GW und der Wasserstoffnachfrage auf 130 TWh bis 2030, gibt es noch viele Hindernisse. Dazu zählen hohe Investitionskosten, regulatorische Unsicherheiten und der schleppende Ausbau der Infrastruktur. Besonders der Import von Wasserstoff spielt eine zentrale Rolle, da die Eigenproduktion den Bedarf nicht decken kann.

Neben diesen strukturellen Aspekten sind auch weiche Faktoren von großer Bedeutung. Viele Unternehmen, vor allem kleine und mittlere Betriebe, verfügen nicht über ausreichend Wissen zu Technologien wie Elektrolyseuren und dem Zugang zu Fördermitteln. Zudem sehen viele Unternehmen es nicht als ihre Aufgabe an, sich um ihre zukünftige Energieversorgung zu kümmern. Dies wird jedoch zwingend erforderlich sein. Unsicherheiten in der Planung und fehlende Strategien bremsen Investitionen aus. Darüber hinaus fehlt es an einer übergreifenden Vernetzung der Akteure, was zu isolierten Projekten führt. Eine bessere Koordination zwischen Kommunen, Netzbetreibern und großen Energieverbrauchern ist dringend nötig, um den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu fördern. Im nächsten Kapitel werden konkrete Wasserstoffprojekte beleuchtet, die Lösungsansätze für diese Herausforderungen bieten.

5 Roadmap der Wasserstoff-Projekte in der Region SüdwestBW

Die Entwicklung und Umsetzung von Wasserstoffprojekten ist für die Region SüdwestBW besonders bedeutsam, da sie zur Stärkung der regionalen Wirtschaft und zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit beitragen können. Diese Region zeichnet sich durch eine hohe Energie- und Ressourcenintensität aus, insbesondere in den Branchen der Metallverarbeitung und Chemie. Ohne eine nachhaltige Energieversorgung besteht die Gefahr von Desinvestitionen und Verlagerungen der Industrie.

In SüdwestBW gibt es zahlreiche Wasserstoffprojekte, die sich mit der Produktion, Speicherung und Verteilung von Wasserstoff befassen. Diese Projekte befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsphasen und umfassen verschiedene Wertschöpfungsstufen. Die Übersicht und Analyse aller Projekte bietet einen umfassenden Einblick in den aktuellen Stand und die Potentiale der regionalen Wasserstoffwirtschaft. Sie dient als Basis, um Lücken zu identifizieren und fehlende Projekte zu bestimmen sowie Strategien zur Optimierung und Vernetzung bestehender Initiativen zu entwickeln.

Durch eine systematische Erfassung und Bewertung der Wasserstoffprojekte können Synergien identifiziert und genutzt werden, um die Effizienz und Schlagkraft der regionalen Wasserstoffwirtschaft zu erhöhen. Eine detaillierte Analyse ermöglicht zudem die Ableitung gezielter Handlungsempfehlungen und die Anpassung der politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen.

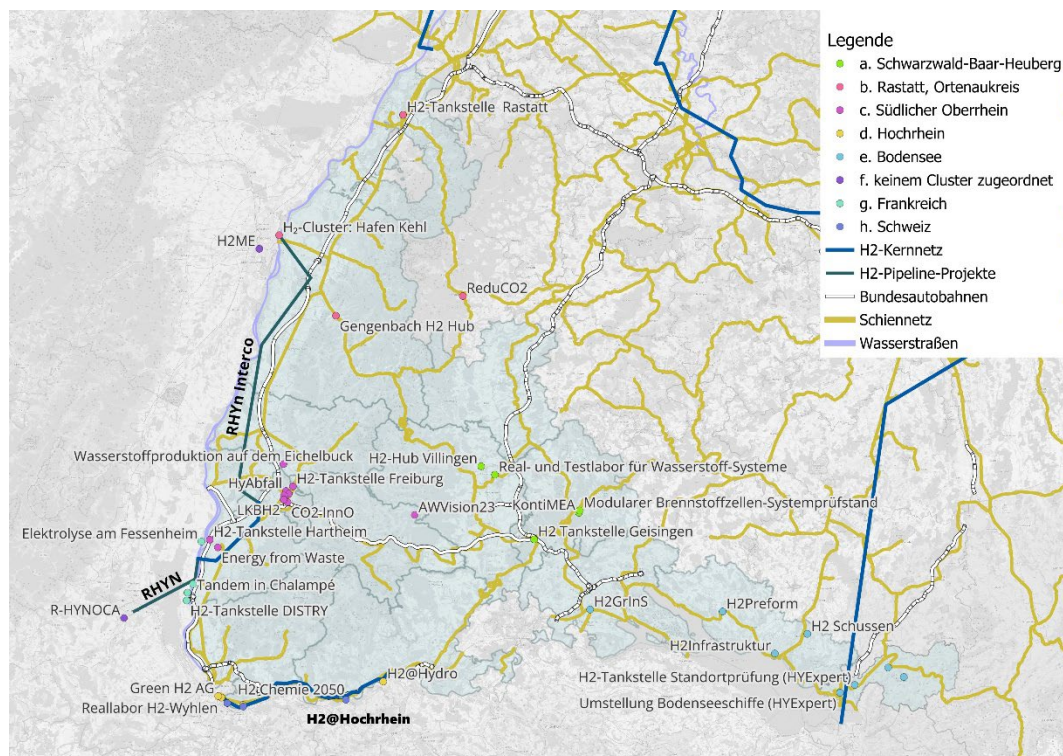


Abbildung 7 Projektregion mit Projekten

5.1 Vorgehensweise und Projekte-Überblick

Die Erstellung der Projekt-Roadmap beginnt mit der Erfassung aller aktuellen und geplanten Wasserstoffprojekte in der Region. Schwerpunkt dabei sind die Projekte der aktiv an der Strategie eingebunden Partner. Diese Projekte wurden in Form von Steckbriefen dokumentiert, die Informationen wie Projektart, Laufzeit, Handlungsfeld und geografische Verortung enthalten. (siehe Anhang).

Diese Steckbriefe enthalten die wichtigsten Daten zu den laufenden Projekten, die in folgender Abbildung dargestellt sind: Von Projektart über Projektlaufzeit, betroffenes Handlungsfeld oder einen Kartenausschnitt mit Verortung des Projektes.



Abbildung 8: Muster-Projektsteckbrief

Die Wasserstoffprojekte in Südwest wurden in sechs Handlungsfelder eingeteilt: Erzeugung & Bereitstellung, Industrie, Mobilität, Wärme, Kooperation & Synergien sowie Strategie & Akzeptanz. Die Tabelle mit allen Projekten mit der Beschreibung ihrer Eigenschaften wurde im Anhang hinterlegt.

Insgesamt wurden 47 Wasserstoffprojekte im Untersuchungsgebiet dokumentiert:

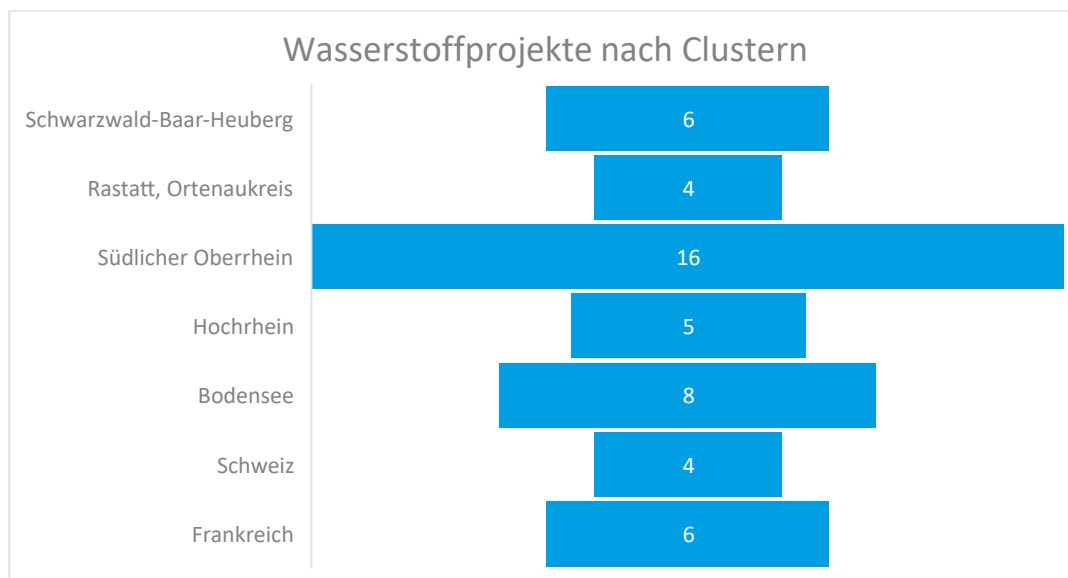


Abbildung 9: Wasserstoffprojekte nach Clustern (Mehrfachnennungen möglich)

Die Eigenschaften der Projekte wurden u.a. anhand der Kriterien Projektart, Wertschöpfungsstufe und Projektstatus analysiert. Unter den 47 erfassten Projekten sind Forschung & Entwicklung sowie Strategie beinahe gleich stark vertreten. Über die Hälfte der Projekte sind Umsetzungs- bzw. Investitionsprojekte. Zehn Projekte befinden sich noch in der Initiierung. Die gesamte Wertschöpfungskette wird in den Projekten nahezu vollständig abgedeckt.

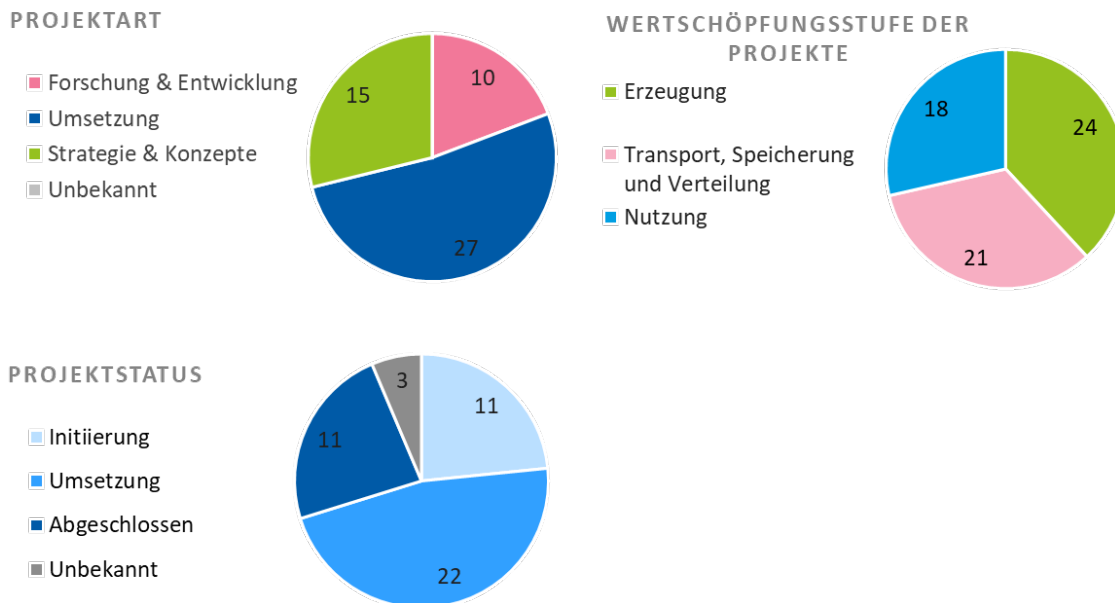


Abbildung 10: Auswertung der Projekte nach Status, Art und Wertschöpfungsstufe

Diese Wasserstoffprojekte sind für SüdwestBW von zentraler Bedeutung, da sie Anreize für den Hochlauf der Wasserstoffindustrie setzen. In den Projekten werden wichtige Erfahrungen gesammelt und Wasserstoffcluster gebildet, die sich nach und nach verdichten können.

Es gibt zahlreiche Wasserstoffprojekte in verschiedenen Phasen und über verschiedene Wertschöpfungsstufen und Handlungsfelder hinweg. Trotz der Vielzahl an laufenden Projekten gibt es immer noch Lücken, die es zu schließen gilt.

5.2 Projektlücken in der Untersuchungsregion

Interviews und Workshops haben gezeigt, dass sich diese Lücken in den verschiedenen Regionen stark ähneln. Obwohl viele Projekte bereits laufen, gibt es Defizite, die behoben werden müssen, um eine umfassende Wasserstoffinfrastruktur zu etablieren.

Es wird deutlich, dass trotz zahlreicher laufender Projekte essenzielle Infrastrukturkomponenten wie Erzeugungsanlagen, Wasserstofftankstellen und dezentrale Wasserstoffhubs fehlen. Diese Komponenten sind jedoch entscheidend für den Aufbau einer umfassenden Wasserstoffwirtschaft. Zudem erschwert das fehlende Wissen über den genauen Wasserstoffbedarf der Industrieunternehmen die Planung und Umsetzung

neuer Projekte, da es an einer abgestimmten Koordination zwischen Erzeugern und Abnehmern mangelt, was die Planung und Umsetzung neuer Projekte erschwert.

PROJEKTLÜCKEN			
HOCHRHEIN	Bedarf nach abgestimmter Planung des H2-Ausbaus Erzeuger – Abnehmer – Infrastruktur („Kümmerer“)	H2-Bedarfe bei Unternehmen oft nicht bekannt (auch kleinteilige Projekte koordinieren)	Lücken bei Erzeugung & Speicherung von EE
	H2-Tankstellennetz am Hochrhein		
RASTATT ORTENAUKREIS	Fehlende Elektrolyse-Projekte & H2-Tankstellen Randlage in D und fehlender Anschluss an H2-Kernnetz (Flächenausweisung)	Lücken bei Verfügbarkeit von grünem, bezahlbarem Strom	Projekte in Mobilität/Logistik vorantreiben
	H2-Bedarfe bei Unternehmen oft nicht bekannt (Vernetzung & Wissensaufbau wichtig)		
BODENSEE-REGION	Projektlücken insbesondere bei den Erzeugungskapazitäten , vor allem Windenergie	Lücken in der kurzfristigen Verfügbarkeit von H2 (Produktion & Verteilung)	regionale Infrastruktur von Wasserstofftankstellen schlecht ausgebaut (Flächenausweisung)
	Bedarfe bei Unternehmen größtenteils unbekannt		
SÜDLICHER OBERRHEN	Lücken gibt es derzeit noch bei den Abnehmer-Projekten und auf Verteilebene (Pipelines für die Industrie)	Dezentrale Insellösungen mit Elektrolyseuren & Speichern/Nutzern (>20MW nötig)	Ausbau der Netzinfrastrukturen (Strom & H2)
	H2-Tankstellennetze ausbauen (Fernverkehr, Müllfahrzeuge, Speditionen)	Verlässliche H2-Kapazitäten auch durch Importe / Pipeline	
SCHWARZWALD-BARHEUBERG	Lücken bei Erzeugungs-Projekten (dezentrale Hub- Lösung für Industriecluster)	Bedarf an EE-Kapazitäten & H2-Importe	Bedarfe bei Wissensaustausch und- Aufbau bei Unternehmen (Bedarfe oft unbekannt)
	H2-Tankstelleninfrastruktur für den Schwerlastverkehr in Autobahnnähe	Koordinierter Fahrplan für H2-Hochlauf benötigt	

Abbildung 11: Projektlücken je Region (Quellen: Interviews, Workshops, Stakeholder).

Ableitungen für die Roadmap der Projekte:

- In allen Punkten der Wertschöpfungskette und entlang aller Handlungsfelder gibt es noch erhebliches Potential für Projekte, insbesondere bei den Erzeugungskapazitäten von grünem Wasserstoff und Strom aus erneuerbaren Energien
- Viele der aktuellen Projekte haben noch den Charakter von Einzel- oder Starterprojekten, also Pilotprojekte mit derzeit begrenztem Impact. Es besteht ein Bedarf nach einer abgestimmten Planung des Wasserstoff-Hochlaufs, um diese Projekte besser zu koordinieren
- Es ist wichtig, zuverlässige Wasserstoff-Bedarfe in der Region zu ermitteln, insbesondere für Industrie, Gewerbe und Logistik. Der Ausbau der Netzinfrastrukturen für Strom und Wasserstoff ist ebenfalls entscheidend, wobei derzeit nur in Grenzregionen ein Anschluss ans Wasserstoff-Kernnetz besteht
- Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Ausbau eines Wasserstoff-Tankstellennetzes sowie der Aufbau von dezentralen Wasserstoffhubs, die besonders fern von geplanten Wasserstoffpipelines von großer Bedeutung sind. Der Aufbau von Elektrolyseuren industrieller Größenordnung (über 20 MW) ist zentral für den Hochlauf, und die Standortsuche für die Wasserstoff-Produktion sollte als Startpunkt dienen.

5.3 Gunsträume: Beschreibung und Übersicht

Unter „Gunstraum“ wird ein strategisches Planungsinstrument verstanden. Gunsträume bezeichnen Gebiete, in denen Wasserstoffprojekte aufgrund von Rahmenbedingungen begünstigt umgesetzt werden können. Die Gebiete der Projektregion SüdwestBW werden in verschiedene Gunsträume eingeordnet.

Gebiete, die in gleichen Gunsträumen liegen, stimmen in vorher definierten Eigenschaften überein, die wichtig für den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft sind. Das erlaubt es, verschiedene Gebiete in Bezug auf ihre Potentiale und Herausforderungen in Bezug auf Wasserstoffprojekte zu kategorisieren. Das bedeutet, dass Wasserstoffprojekte und Vorhaben aus einem Gebiet wie eine ein Modellansatz auch auf die anderen Gebiete desselben Gunstraums mit höherer Erfolgswahrscheinlichkeit angewendet werden können. Dabei sind die Beschreibungen und Empfehlungen zu den Gunsträumen als allgemeine Empfehlung zu sehen und sagen nichts über die Wahrscheinlichkeit der Versorgung mit Wasserstoff aus.

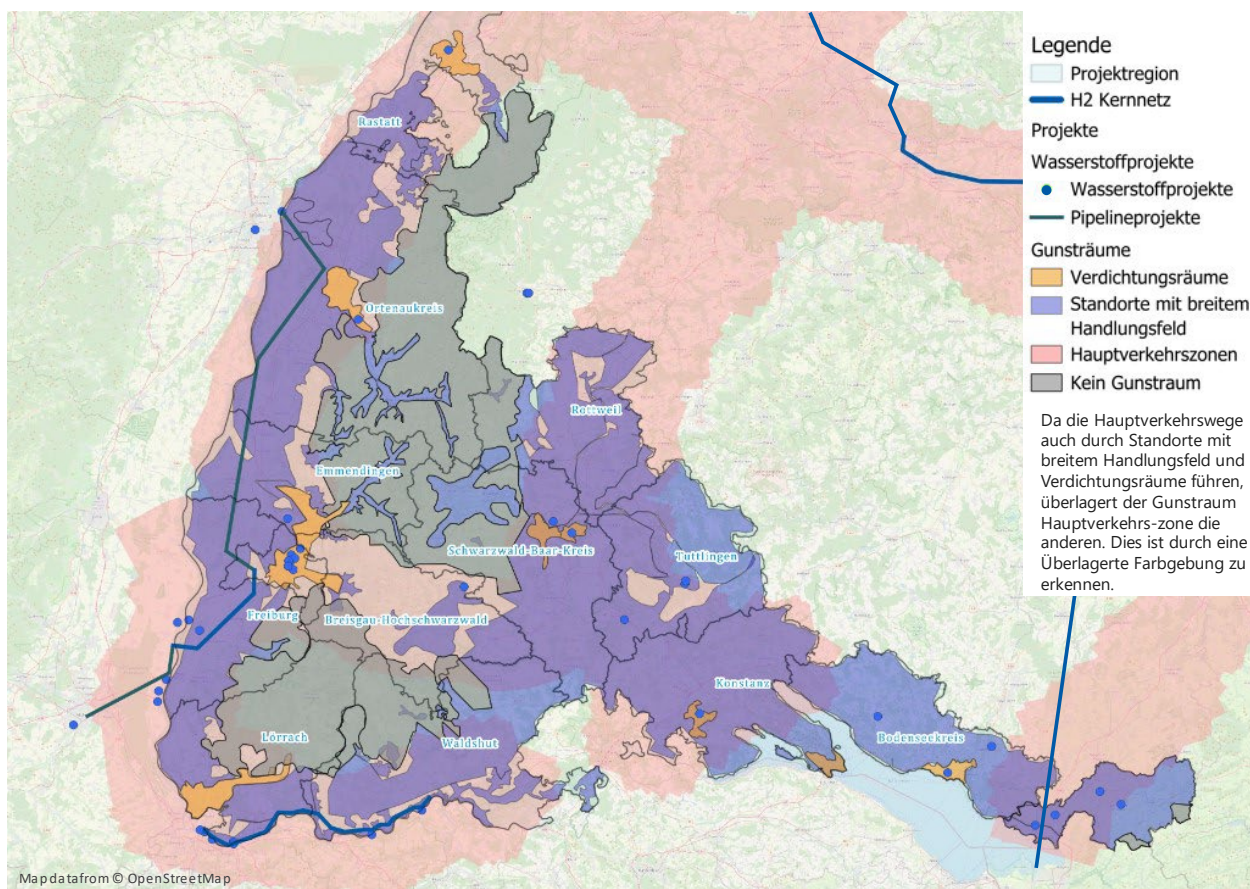


Abbildung 12: Gunsträume

Es wurden drei großräumige und weitgehend zusammenhängende Gunsträume identifiziert, die sich über das Untersuchungsgebiet verteilen: Verdichtungsräume, Standorte mit breitem Handlungsfeld, Hauptverkehrszone (Vergleich Abbildung 12). Die Bezeichnungen der Räume lehnen sich in ihren Begrifflichkeiten an die Studie¹⁰ vom IREUS und ILS an.

Die Realisierung von neuen Wasserstoff-Projekten und Wasserstoff-Anwendungen (insb. Wasserstoff-Hubs) sind in den eingegrenzten Räumen aufgrund von unterschiedlichen Vorteilen und Anknüpfungspunkten (u.a. Verkehr, Infrastruktur, Nachfragepotential) von einer höheren Wahrscheinlichkeit gekennzeichnet.

In **Teilräumen außerhalb der dargestellten Gunsträumen** ist die Realisierung von Wasserstoff-Projekten von einer tendenziellen geringeren Wahrscheinlichkeit gekennzeichnet. **Gründe hierfür sind** Naturschutzgebiete, kein oder wenig Gewerbe und Industrie, geringe Bevölkerungsdichte, schlechte infrastrukturelle Anbindung und geringe wirtschaftliche Aktivitäten.

5.3.1 Definitionen der drei Gunsträume

¹⁰ Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS) & Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (ILS), Februar 2020, Entwicklung der Ländlichen Räume in Baden-Württemberg - Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg

Definition Städtischer Verdichtungsraum mit industriellem Fokus (orange): Gebiete, die sich durch eine hohe Bevölkerungsdichte und eine intensive Nutzung von Flächen auszeichnen. Sie sind Zentren wirtschaftlicher und sozialer Aktivitäten, die stark urbanisiert sind.

- Bevölkerung: 50.000 EW, > 316 EW/km²
- Flächennutzung: Intensive Flächennutzung (30% Gewerbe, 70% Verkehrs- und Siedlungsfläche)
- Infrastruktur: Anbindung an Autobahnen
- Wirtschaftliche Aktivität: Hohe Arbeitsplätze/m² und hohe Unternehmensdichte im Vergleich zu den anderen Räumen, was eine hohe Konzentration von Unternehmen und wirtschaftlichen Aktivitäten widerspiegelt

Definition Standorte mit breitem Handlungsfeld (lila): Diese Zonen fungieren als Puffer zwischen den hochverdichteten städtischen Räumen und den ländlichen Gebieten und sind durch eine solide, aber weniger intensive Infrastruktur und wirtschaftliche Aktivität gekennzeichnet.

- Bevölkerung: 100 – 300 EW/km²
- Flächennutzung: Gemischte Flächennutzung durch Landwirtschaft, Gewerbe und Wohngebiete
- Infrastruktur: Häufige Anbindungen an Bundesstraßen und Bahnstrecken
- Wirtschaftliche Aktivitäten: Moderate Anzahl an Arbeitsplätzen und eine geringere Konzentration von Unternehmen als die Verdichtungszone

Definition Hauptverkehrswege mit Schwerpunkt auf Transport und Speicherung (rosa): Dieser Gunstraum zeigt die Chancen, die sich entlang der Hauptverkehrsachsen in Südwest bieten. Entlang dieser Routen besteht ein potenziell großer Bedarf an Wasserstofftankstellen für den Schwerlastverkehr und Logistikzentren.

- Bevölkerung: Unterschiedliche Bevölkerungsdichten, Topografien und Höhenprofile
- Infrastruktur: 10 km Distanz zu Hauptverkehrswegen
- Flächennutzung: Keine bestimmte Flächennutzung, häufig Überschneidung mit den Gunsträumen 1 und 2
- Wirtschaftliche Aktivitäten: Industrie- und Logistikzentren entlang der Autobahn

Mit Hilfe der Klassifikation in Gunsträume lassen sich Indikatoren bzw. Handlungsleitfäden entwickeln, wenn es um den Aufbau von dezentralen Elektrolysekapazitäten und anderen Projekten geht.

5.3.2 Städtischer Verdichtungsraum mit industriellem Fokus

In diesem Unterkapitel wird der städtische Verdichtungsraum als einer der wichtigsten Gunsträume für die Entwicklung der Wasserstoffstrategie SüdwestBW vorgestellt.

Merkmale

Diese Gebiete zeichnen sich durch eine hohe Bevölkerungsdichte, intensive wirtschaftliche Aktivitäten und eine starke industrielle Präsenz aus, was sie zu attraktiven Standorten für die Integration von Wasserstoffinfrastrukturen macht. Die industriellen Zentren innerhalb dieser Regionen haben einen erheblichen Energiebedarf und sind daher auf den Einsatz von klimafreundlichen Technologien angewiesen, um ihre CO₂-Emissionen zu reduzieren und langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben.

Herausforderungen und Chancen

Eine der größten Herausforderungen in diesen Gebieten ist der begrenzte Raum für die Errichtung neuer Wasserstoffinfrastrukturen, wie Elektrolyseure oder Wasserstofftankstellen. Gleichzeitig bieten diese Regionen durch ihre dichte Verkehrsinfrastruktur und die Nähe zu großen Energieverbrauchern viele Chancen für die Integration von Wasserstofftechnologien.

Die Anbindung an das Wasserstoff-Kernnetz und die Entwicklung regionaler Wasserstoff-Hubs in diesen städtischen Verdichtungsräumen könnte die Versorgungssicherheit verbessern und die Grundlage für die Dekarbonisierung der Industrie sowie des öffentlichen und privaten Verkehrs schaffen. Durch die Nähe zu industriellen Clustern und gut ausgebauten Verkehrsachsen lassen sich die entstehenden Wasserstoffmengen effizient verteilen.

Integration von Wasserstoff in die urbane Infrastruktur

Die Integration von Wasserstoff in städtische Verdichtungsräume erfolgt vor allem durch die Umstellung von Flotten im öffentlichen Nahverkehr sowie durch die Versorgung von industrienahen Wasserstofftankstellen. Die geplante Errichtung von Elektrolyseuren direkt in der Nähe von industriellen Standorten oder an zentralen Knotenpunkten wie Verkehrsdrehscheiben wird dazu beitragen, dass der Wasserstoff dort verfügbar ist, wo er am dringendsten benötigt wird. Eine Auflistung aller aktuellen Projekte im städtischen Verdichtungsraum befindet sich im Anhang.

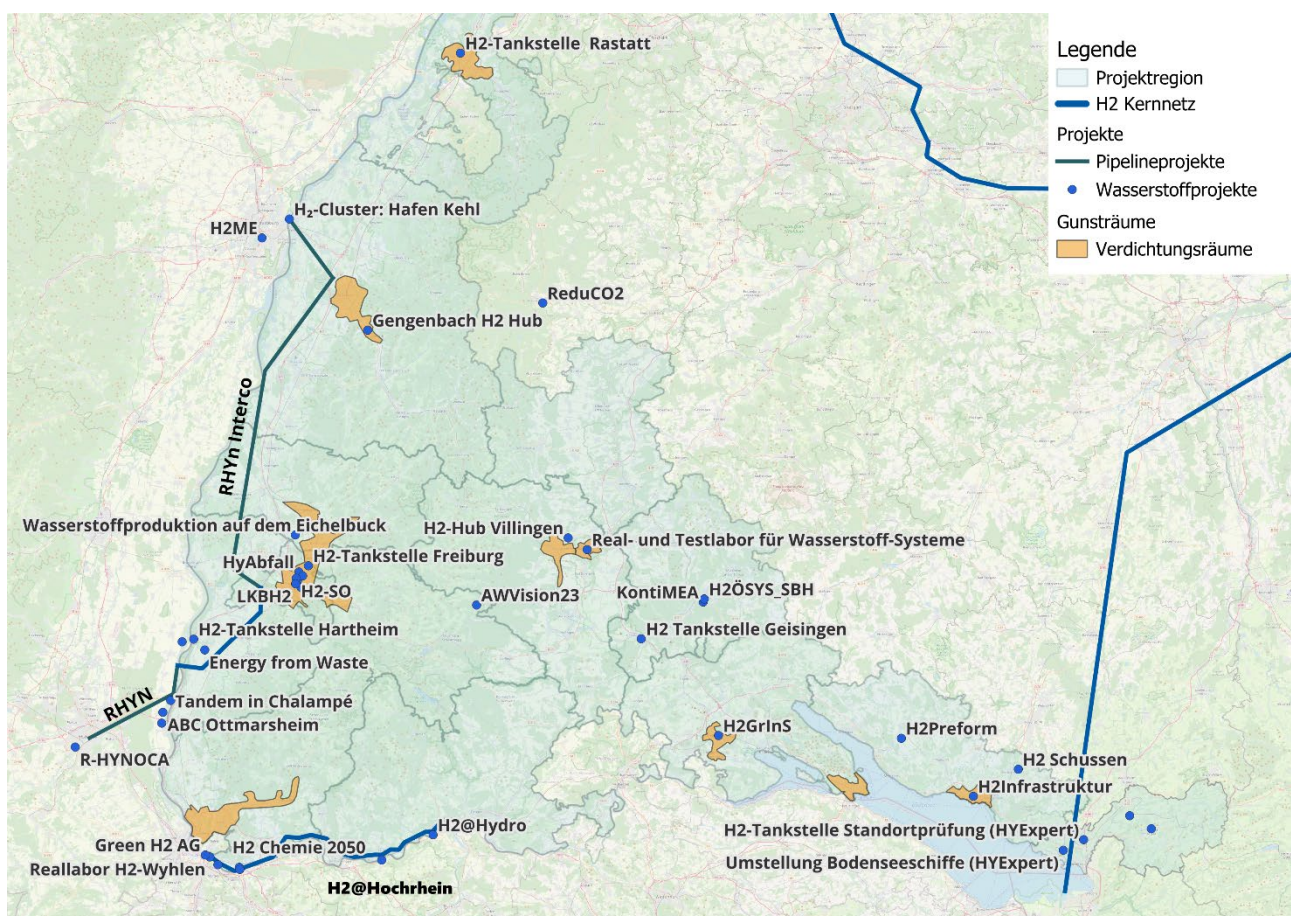


Abbildung 13: Städtischer Verdichtungsraum mit industriellem Fokus

Dieser Abschnitt hebt also die strategische Bedeutung städtischer Verdichtungsräume für den Wasserstoffhochlauf in Südwest hervor und zeigt, wie diese Regionen als zentrale Gunsträume für die Wasserstoffnutzung dienen können.

5.3.3 Standorte mit breitem Handlungsfeld

In diesem Abschnitt beleuchten wir die Standorte mit breitem Handlungsfeld der Region SüdwestBW, die als Gunsträume für dezentrale Wasserstoffprojekte identifiziert wurden. Diese Standorte bieten eine hohe Flexibilität für die Erzeugung, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff. Sie liegen in Gebieten, die oft weniger stark industriell geprägt sind, aber durch ihre ländlichen Gegebenheiten und die Nähe zu erneuerbaren Energien (z.B. Wind- und Solarparks) hohes Potential für die Wasserstoffproduktion aufweisen.

Merkmale

Flächenverfügbarkeit: Diese Gebiete zeichnen sich durch eine relativ geringe Bevölkerungsdichte und eine großzügige Verfügbarkeit von Flächen für erneuerbare Energien aus. Das ermöglicht die Errichtung von Elektrolyseuren zur lokalen Wasserstoffproduktion.

Dezentrale Wasserstoff-Hubs: Die Standorte bieten die ideale Umgebung für die Schaffung von dezentralen Wasserstoff-Hubs. Diese Hubs können sowohl für die lokale Versorgung als auch für die Einspeisung in das überregionale Wasserstoff-Kernnetz genutzt werden.

Verkehrsanbindung: Die Standorte profitieren oft von einer guten Verkehrsanbindung an die Hauptverkehrswege, was den Transport von Wasserstoff über längere Strecken erleichtert. Dies ist besonders wichtig für die Versorgung von ländlichen Regionen sowie für industrielle und logistische Abnehmer entlang dieser Korridore.

Herausforderungen und Chancen

Erneuerbare Energiequellen: Die Standorte bieten ein großes Potential für erneuerbare Energien, da sie oft in der Nähe von Wind- und Solarparks liegen. Dadurch kann der benötigte grüne Strom für die Elektrolyseure bereitgestellt werden. Allerdings müssen hier die entsprechenden Infrastrukturen für die Energieverteilung verbessert werden, um eine zuverlässige Wasserstoffproduktion zu gewährleisten.

Fehlende Großabnehmer: Eine der Hauptschwierigkeiten der Standorte mit breitem Handlungsfeld besteht darin, dass es nur wenige industrielle Großabnehmer gibt. Daher muss der Wasserstoff entweder lokal in kleineren Einheiten genutzt oder in andere Regionen transportiert werden.

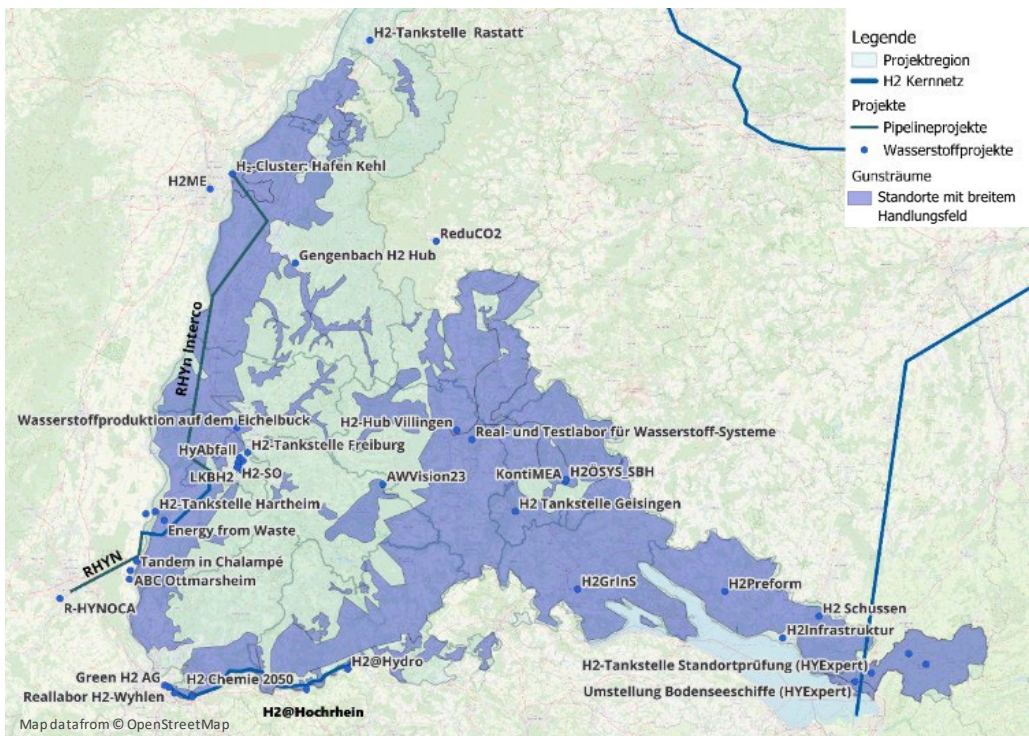


Abbildung 14: Standorte mit breitem Handlungsfeld

Integration in die Wasserstoffstrategie

Die Standorte mit breitem Handlungsfeld spielen eine entscheidende Rolle in der gesamten Wasserstoffstrategie SüdwestBW, da sie die Möglichkeit bieten, die Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff dezentral zu erweitern. Durch die Nähe zu erneuerbaren Energiequellen und die Verfügbarkeit von großen Flächen können diese Gebiete als Standorte für Elektrolyseure dienen, die den regionalen und überregionalen Wasserstoffbedarf decken können.

Die Nutzung der Verkehrsachsen dieser Standorte ermöglicht es, den erzeugten Wasserstoff effizient zu den Abnehmern zu transportieren, insbesondere entlang der Hauptverkehrswege, die als logistische Knotenpunkte dienen. In Zukunft könnten diese Hubs auch zur Versorgung des Schwerlastverkehrs beitragen, der eine zentrale Rolle in der Dekarbonisierung des Transportsektors spielt. Eine Auflistung aller aktuellen Projekte im Gunstraum Standorte mit breitem Handlungsfeld ist im Anhang zu finden.

Schlussfolgerung

Zusammenfassend bieten die Standorte mit breitem Handlungsfeld ein hohes Potential, die Projektlücken in Bezug auf die Erzeugung und Verteilung von Wasserstoff zu schließen. Sie werden eine tragende Säule der regionalen Wasserstoffwirtschaft in SüdwestBW sein und die Dekarbonisierungsziele der Region langfristig unterstützen.

5.3.4 Hauptverkehrswege mit Schwerpunkt Transport, Speicherung und Mobilität

In diesem Abschnitt stehen die Hauptverkehrswege in SüdwestBW im Fokus, die eine zentrale Rolle innerhalb der Wasserstoffstrategie der Region spielen.

Merkmale

Diese Routen bieten ideale Bedingungen für den Transport und die Speicherung von Wasserstoff, insbesondere für den Schwerlastverkehr. Wasserstoff bietet eine sinnvolle Alternative für den Güterverkehr, der auf langstreckentaugliche und schnell betankbare Fahrzeuge angewiesen ist.

Herausforderungen und Chancen

Die Hauptverkehrswege in Südwest bieten eine Vielzahl von Chancen für die Entwicklung und den Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur. Eine der bedeutendsten Möglichkeiten ist die Erschließung dezentraler Wasserstoff-Hubs. Durch die strategische Lage entlang der Hauptverkehrsrouten können diese Hubs als Knotenpunkte fungieren, an denen Wasserstoff zwischengespeichert und effizient weiterverteilt wird. Diese zentrale Rolle ermöglicht eine flexible und schnelle Versorgung von Nutzern entlang der Verkehrsachsen.

Ein weiterer Vorteil ist die Nähe zu den Verkehrswegen, insbesondere zu den Autobahnen und Bundesstraßen. Diese geografische Nähe senkt die Transportkosten erheblich und verringert den logistischen Aufwand, was für die Wirtschaftlichkeit der Wasserstoffinfrastruktur von großer Bedeutung ist. Engpässe in der Logistik können so vermieden und Kosten gesenkt werden.

Dank der günstigen Lage können auch der Transport und die Verteilung des Wasserstoffs problemlos über Trailer erfolgen. Dieser Ansatz macht eine aufwendige, großflächige Infrastruktur überflüssig und minimiert den logistischen Aufwand. Vor allem für die schnelle und flexible Verteilung von Wasserstoff bietet sich dieser Weg an, da der Transport ohne große Hürden abgewickelt werden kann.

Ein wesentlicher Faktor ist zudem der große Bedarf an Wasserstoff-Tankstellen entlang der Hauptverkehrsrouten. Insbesondere der Schwerlastverkehr kann einen zentralen Abnehmer für Wasserstoff darstellen. Hier zeigt sich deutlich, dass vor allem Logistikunternehmen entlang der Autobahnen und Fernverkehrsrouten in Zukunft ein flächendeckendes Netz an Wasserstoff-Tankstellen benötigen werden, um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden.

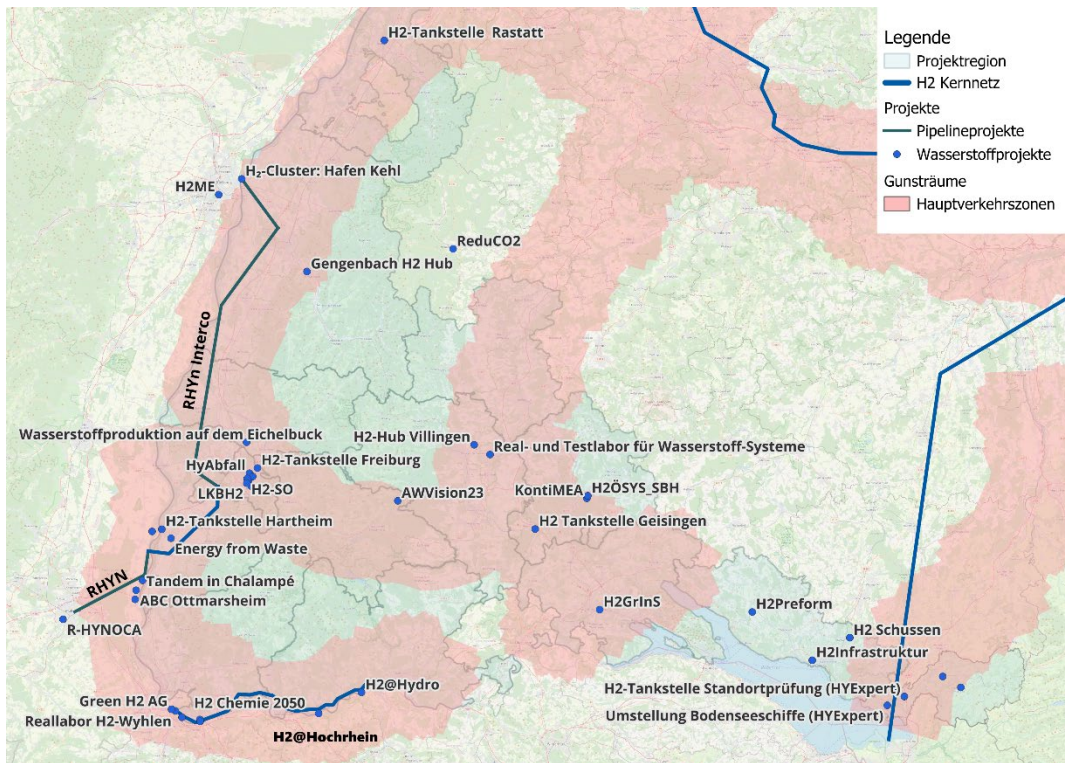


Abbildung 15: Hauptverkehrswerte mit Schwerpunkt auf Transport, Speicherung und Mobilität

Trotz der vielversprechenden Chancen gibt es auch einige Herausforderungen. Die variierenden Topographien entlang der Hauptverkehrswege stellen ein Hindernis für den flächendeckenden Aufbau von Wasserstoff-Hubs dar. Vor allem in hügeligen oder schwer zugänglichen Regionen kann die Errichtung der Infrastruktur erschwert werden.

Darüber hinaus sind hohe Grundstückspreise eine weitere Hürde. Insbesondere Grundstücke in der Nähe der Autobahnen und anderer Verkehrswege sind oft sehr teuer, was die Errichtung von Wasserstoff-Tankstellen und Logistikzentren kostspielig macht. Diese finanziellen Hürden müssen bei der Planung der Infrastruktur berücksichtigt werden.

In Bezug auf die Nutzungspotentiale bieten die Hauptverkehrswege hervorragende Voraussetzungen für die Versorgung des Schwerlast- und Fernverkehrs. Lkw und andere Nutzfahrzeuge, die über lange Strecken unterwegs sind, profitieren von der schnellen Betankung mit Wasserstoff, der sich als idealer Energieträger für diese Fahrzeuge eignet.

Auch ansässige Industrien entlang der Verkehrswege können von der Wasserstoffinfrastruktur profitieren. Diese Industrien nutzen Wasserstoff nicht nur als Energieträger, sondern auch als Rohstoff für ihre Produktionsprozesse. Die Wasserstoff-Infrastruktur unterstützt so nicht nur den Transportsektor, sondern auch die Industrie.

Da die Nachfrage nach Wasserstoff entlang der Hauptverkehrsrouten meist im mittleren Bereich liegt, bietet sich der Aufbau dezentraler Wasserstoff-Tankstellen an. Diese Tankstellen können kleinere Mengen Wasserstoff speichern und den Nutzern entlang der Routen flexibel zur Verfügung stellen. Auf diese Weise wird eine effiziente und anpassungsfähige Versorgung gewährleistet, die den regionalen Bedürfnissen

gerecht wird. Eine Auflistung aller aktuellen Projekte im Gunstraum Hauptverkehrswege ist im Anhang zu finden.

Integration in die Wasserstoffstrategie

Hauptverkehrswege bieten die besten Voraussetzungen für die Dekarbonisierung des Güter- und Fernverkehrs in Südwest. Sie sind nicht nur entscheidend für die Wirtschaftlichkeit von Wasserstoff-Transporten, sondern auch für den Aufbau einer effizienten Logistikinfrastruktur. Durch die gezielte Verteilung von Wasserstoff-Tankstellen entlang der Autobahnen wird es möglich sein, den Verkehr in der Region langfristig auf Wasserstoff umzurüsten und gleichzeitig die Versorgung der Industrie und des Fernverkehrs sicherzustellen.

Diese Routen fungieren als zentrale Logistiknotenpunkte und tragen dazu bei, die Verbindungen zwischen Erzeugungsstandorten in bzw. zwischen den Standorten mit breitem Handlungsfeld und den Abnehmern in städtischen Verdichtungsräumen zu stärken.

5.3.5 Räume, außerhalb der Gunsträume

In diesem Abschnitt werden Regionen in Südwest beschrieben, in denen sich der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur als weniger realistisch erweist. Diese Gebiete zeichnen sich durch spezifische Merkmale aus, die die wirtschaftliche und logistische Umsetzung von Wasserstoffprojekten erschweren.

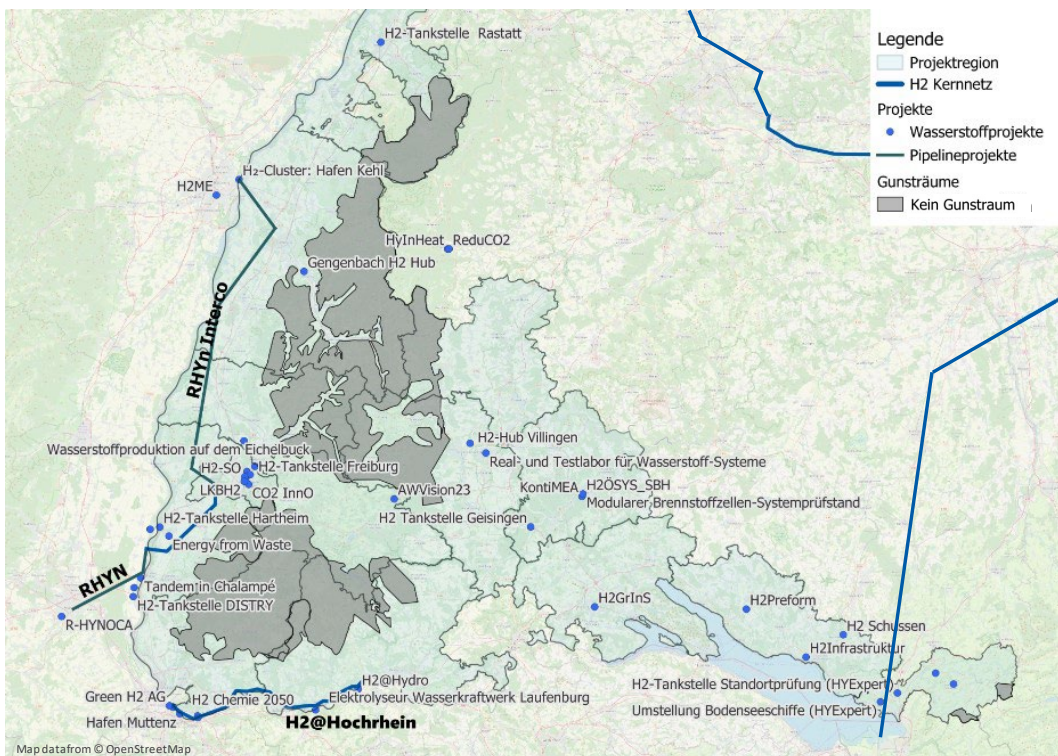


Abbildung 16: Räume, in denen sich Wasserstoff-Projekte weniger lohnen

In diesen Regionen fehlt es oft an industriellen Großverbrauchern, die einen kontinuierlichen und hohen Wasserstoffbedarf hätten. Die Bevölkerungsdichte ist niedrig, und es gibt nur geringe Anforderungen an die

Mobilität durch den öffentlichen Verkehr oder den Schwerlastverkehr. Die dort ansässigen Gewerbebetriebe und die wenigen industriellen Abnehmer haben nur einen geringen Wasserstoffbedarf, was die Errichtung von Wasserstoff-Infrastrukturen wirtschaftlich unrentabel machen könnte.

Darüber hinaus liegen viele dieser Gebiete in Schutzzräumen wie Nationalparks, Naturschutzgebiete und Biosphärenreservate. und haben u.a. dadurch weniger Potential für erneuerbare Energien wie Wind- und Solarenergie. Das Fehlen solcher Energieressourcen bedeutet, dass der für die Wasserstoffproduktion benötigte grüne Strom nur mit hohem Aufwand und hohen Kosten erzeugt werden könnte. Hohe Erzeugungskosten reduzieren die Wirtschaftlichkeit von Wasserstoffprojekten in diesen Regionen erheblich.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist die schlechte Anbindung an Verkehrs- und Energienetze. Diese Regionen befinden sich oft abseits der Hauptverkehrswege und sind schlechter an Netz- und Wasserstoffinfrastruktur angebunden, sie befinden sich eher im Infrastrukturschatten. Der Transport von Wasserstoff in solche Gebiete wäre aufgrund der Entfernungen und der weniger ausgebauten Infrastruktur weniger rentabel und der Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur bleibt eher unwahrscheinlich.

Angesichts dieser Einschränkungen sollte der Fokus in diesen Regionen eher auf anderen dezentralen Energiesystemen liegen, die kostengünstiger und einfacher umzusetzen sind. Dazu können Batteriespeicherlösungen oder Bioenergieprojekte gehören, die lokal verfügbare Ressourcen nutzen können und für die spezifischen Anforderungen dieser Regionen besser geeignet sind.

Schlussfolgerung

In den Teilräumen außerhalb der identifizierten Gunsträume ist die Realisierung von Wasserstoffprojekten eher unwahrscheinlich. Gründe hierfür sind das Fehlen von Gewerbe- und Industriegebieten, Naturschutzgebiete, eine geringe Bevölkerungsdichte und die schlechte Anbindung an Verkehrs- und Energienetze. Auch die wirtschaftlichen Aktivitäten in diesen Regionen sind gering, was den Aufbau einer kostspieligen Wasserstoffinfrastruktur unattraktiver macht. Diese Teilräume bieten daher weniger Potential für groß angelegte Wasserstoffprojekte und sollten stattdessen auf alternative Energielösungen setzen.

5.4 Empfehlungen für die Erstellung einer Projekte-Roadmap

Die Gunsträume können dabei helfen, eine Projekte-Roadmap für die Jahre 2025, 2030 und 2035 aufzustellen und weiterzuentwickeln. Der langfristige Erfolg der Wasserstoffstrategie fußt auf der schrittweisen Entwicklung eines umfassenden Infrastruktur- und Erzeugungsnetzwerks, für das es große Projekte über alle Handlungsfelder und Wertschöpfungsstufen hinaus braucht. Ein sehr guter Startpunkt, um die Wasserstoff-Wirtschaft voranzutreiben, ist die Lokalisierung geeigneter Standorte für die Wasserstoff-Erzeugung. In Kapitel 6 werden 15 Elektrolyse-Standorte dargelegt. Zusammen mit der Übersicht der Gunsträume, lassen sich Wasserstoff-Projekte strategischer planen.

Implikationen für weitere Projekte und die Wasserstoffstrategie der Region

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Gunsträume nicht nur als Planungsinstrumente dienen, sondern auch die Grundlage für eine zukunftsorientierte Wasserstoffstrategie bilden. Sie ist ein zentraler Baustein für die strategische Ausrichtung der Wasserstoffwirtschaft in Südwest. Sie zeigt auf, welche Projekte aktuell laufen und welche Lücken geschlossen werden müssen. Diese Lückenanalyse ermöglicht es, die nächsten Schritte gezielt zu planen und den Fokus auf die Regionen zu legen, die das größte Potential für die Wasserstoffproduktion und -nutzung bieten.

Die Analyse zeigt, dass die Region in verschiedene Zonen unterteilt werden kann, in denen sich der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur unterschiedlich gut realisieren lässt. Es werden Regionen identifiziert, die aufgrund ihrer Infrastruktur, der Nähe zu erneuerbaren Energien oder industriellen Abnehmern besonders geeignet sind. Andere Regionen hingegen sind durch geringe Nachfrage, mangelnde Infrastruktur oder Naturschutzauflagen weniger für Wasserstoffprojekte geeignet.

Auswirkungen der Anwendung der Gunsträume auf die künftige Projektlandschaft und die Wasserstoffstrategie:

1. **Identifizierung von Lücken:** Sie helfen, bestehende Projektlücken zu identifizieren, wie etwa fehlende Verbindungen zu industriellen Standorten oder dezentrale Wasserstoff-Hubs in Standorten mit breitem Handlungsfeld.
2. **Koordination neuer Projekte:** Gunsträume erleichtern die Planung neuer Projekte, da sie klare Richtlinien liefern, welche Regionen vorrangig unterstützt werden sollten. Zum Beispiel ist der Ausbau von Elektrolyseuren, wie in Kapitel 6 beschrieben, ein zentrales Thema.
3. **Verzahnung von Projekten:** Ein wesentlicher Punkt ist die Verzahnung und Bündelung von Aktivitäten. Konkrete Einzelprojekte sollten nur dann zur Förderung kommen, wenn Sie vernetzt angelegt bzw. Teil eines Wasserstoff-Hub-Konzeptes sind. Diese vernetzten Strukturen ermöglichen Synergien zwischen verschiedenen Akteuren und sorgen für eine effizientere Nutzung der Infrastruktur.
4. **Identifikation von Partnern:** Die Umsetzung der Wasserstoffstrategie erfordert die Zusammenarbeit verschiedener Partner aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung. Es ist wichtig, dass Industrieunternehmen, Forschungseinrichtungen und öffentliche Akteure gemeinsam an den Projekten arbeiten, um die Wasserstoffwirtschaft erfolgreich in der Region zu etablieren.
5. **Förderung von Kooperationen:** Durch die Identifikation von Synergien können Akteure enger zusammenarbeiten. Ein Beispiel hierfür ist die Zusammenarbeit zwischen Industrie und Verkehrsinfrastrukturen entlang der Hauptverkehrsachsen.
6. **Optimierung der Erzeugung und Verteilung:** Durch Gunsträume lassen sich Standorte für die Wasserstoffproduktion und -verteilung besser planen. In den Verdichtungsräumen und den Standorten mit breitem Handlungsfeld etwa ist die Nachfrage nach grünem Wasserstoff hoch, während in ländlichen Gebieten Potential für die Produktion besteht.
7. **Strategische Platzierung von Infrastrukturen:** Sie ermöglichen eine gezielte Platzierung von Wasserstoff-Tankstellen und Logistikzentren entlang von Hauptverkehrswegen, was die Effizienz des Transports und der Speicherung steigert.
8. **Langfristige Dekarbonisierung:** Die Gunsträume fördern den Einsatz von Wasserstoff in Mobilität und Industrie, was die Dekarbonisierung der gesamten Region unterstützt. Besonders Flottenumstellungen und die Dekarbonisierung von Schwerlastverkehr entlang der Hauptverkehrswege sowie der Aufbau von Wasserstoff-Hubs in den Standorten mit breitem Handlungsfeld sind wichtige Aspekte.
9. **Zukunftsperspektiven für die Region:** Durch die strategische Planung mit Hilfe der Gunsträume kann die Region bis 2035 eine wichtige Rolle in der Wasserstoffproduktion und -nutzung einnehmen. Projekte wie die Erschließung des Wasserstoff-Verteilnetzes, der Bau der großen Wasserstoff-Pipelines und der Ausbau von Wasserstoff-Hubs werden die nachhaltige Wasserstoffversorgung vorantreiben.

Beitrag der Projekte-Roadmap zur Strategie

Die Projekte-Roadmap ist ein zentraler Baustein für die strategische Ausrichtung der Wasserstoffwirtschaft in Südwest aus der sich Implikationen für die Strategie und die Handlungsempfehlungen in Kapitel 11) ergeben.

Der **Ausbau der erneuerbaren Energiekapazitäten** in den Gunsträumen wird als Grundvoraussetzung für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft betrachtet. Diese Erkenntnisse fließen in die abschließende Zieldefinition ein, die formuliert, vorhandene Wind- und Solarressourcen in Südwest stärker zu nutzen. Ein weiterer zentraler Punkt der Strategie, ist die **internationale Vernetzung** über die Grenzen zu Frankreich und der Schweiz hinweg. Da die Region SüdwestBW am Ende des deutschen Wasserstoff-Kernnetzes liegt, wird die Kooperation mit den Nachbarländern entscheidend sein, um eine zuverlässige Wasserstoffversorgung sicherzustellen. Diese Strategie unterstützt die Region dabei, ihre Randlage zu kompensieren und bietet zusätzliche Versorgungssicherheit.

Auch das Ziel, durch **dezentrale regionale Versorgungskonzepte** den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu beschleunigen und die Abhängigkeit von Wasserstoffimporten zu reduzieren, knüpft direkt an die Erkenntnisse aus den Gunsträumen an, für die die Erzeugung in den Standorten mit breitem Handlungsfeld eine Schlüsselrolle spielt. Die Roadmap fordert zudem eine **Verzahnung der verschiedenen Projekte und Akteure**, um den Wasserstoffhochlauf effizienter zu gestalten, was zu dem Ziel einer sektorübergreifenden Masterplanung führt, die alle Sektoren zusammenführt. Zum Schluss können aus den Erkenntnissen der Gunsträume noch Implikationen für die Strategie zum Thema Kooperation herausgearbeitet werden. Die Zusammenarbeit und **Bündelung von Aktivitäten** und die Förderung von Kooperationsnetzwerken sind wichtige Aspekte, um Insellösungen zu vermeiden und die Projekte flächendeckend zu vernetzen.

6 Eingrenzung für potenzielle Elektrolysestandorte und Ansatzpunkte für regionale Erzeugung und Wasserstoffanwendungen

Neben dem Import von Grünem Wasserstoff in die Region über ein Wasserstoff-Transportnetz oder mobile Transportoptionen kann gerade in Gunsträumen eine regionale Wasserstofferzeugung einen Teil zur Versorgung beitragen. Besonders im Hinblick darauf, dass Wasserstofftransporte per Schiene oder Binnenschiffe noch keine Zulassung haben und das Wasserstoffkernnetz nach aktuellem Stand die Region SüdwestBW nur in einigen Gebieten anschließt. Durch die regionale Wasserstofferzeugung und Anwendung im regionalen Kontext kann der Autonomie- bzw. Selbstversorgungsanteil erhöht und der Importbedarf für Hauptwasserstoffanwender anteilig reduziert werden.

Das Energiekonzept Baden-Württembergs sieht vor, dass die lokale Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyse einerseits Unternehmen versorgen, bis diese an das zukünftige Wasserstoff-Pipelineleitungsnetz angebunden werden können, andererseits auch Unternehmen ohne eine künftige Leitungsanbindung¹¹. Der regionalen Wasserstofferzeugung kommt entsprechend eine wichtige Rolle bei dem Hochlauf der Transformation der Industrie und bei der Versorgung einzelner, nicht angeschlossener Unternehmen zu.

Daher wurden in der Projektregion 15 Standorte für eine potenzielle Wasserstofferzeugung identifiziert und untersucht.¹² Für jeden der vorgeschlagenen Standorte werden Potentiale erhoben und Spannen für Wasserstoffgestehungskosten berechnet. Die Modellierung bietet damit einen Anhalts- und Ausgangspunkt für nähere Untersuchungen. Ziel ist es, mit den identifizierten untersuchten Standorten eine Orientierung zu bieten und Potentiale aufzuzeigen.

6.1 Vorgehensweise

6.1.1 Standortsuche

Die Standortidentifikation erfolgt mehrstufig. Zunächst werden mithilfe eines geoinformationsgestützten Tools von deepeer.technology, das auf künstlicher Intelligenz (KI) basiert, alle Flurstücke in den Landkreisen anhand von Ausschlusskriterien und Bewertungsparameter basierend auf Standortparametern für Elektrolyseure auf ihre grundsätzliche Eignung für die Wasserstofferzeugung analysiert (siehe Tabelle 1). Im zweiten Schritt werden die von der KI identifizierten Standorte mit dem höchsten Potential einer genaueren Prüfung unterzogen. Dabei wird die Auswahl der Flurstücke mit der besten Bewertung überprüft und mit dem entwickelten Gunstraum, den geplanten Wasserstoffprojekten aus der Roadmap und den von den Stakeholdern favorisierten Standorten abgeglichen¹³. Daher wurden Standorte der bereits geplanten Elektrolyseure am zukünftigen Wasserstoff-Kernnetz entlang des Hochrheins nicht in der weiteren Betrachtung untersucht. Es wurde darauf geachtet, dass jeder Landkreis mit einem Standort vertreten ist, alle Gunsträume abgedeckt sind, damit die Standorte als Muster verwendet werden können und dass die Standorte

¹¹ 2024, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Energiekonzept für Baden-Württemberg, S. 57

¹² die 15 Standorte stellen eine Auswahl vieler möglicher Standorte da. Die Auswahlkriterien werden in Abschnitt 6.1 erläutert.

¹³ Eine Übersicht der von den Stakeholdern genannten Standorte findet sich im Anhang

die geplanten Wasserstoffprojekte ergänzen. Als Ergebnis werden 15 Standorte ausgewählt und näher betrachtet (Auswahl in Tabelle 4 gelistet).

Tabelle 1: Ausschlusskriterien und Bewertungsparameter für die Auswahl der Standorte

Ausschlusskriterien	Beschreibung
Flächennutzung	Verkehrswege, Gebäude, Flugplätze, Sportplätze, Wald, Militärgelände
Naturschutz	Biosphärenreservate, Naturschutzgebiete, Nationalpark
Bewertungsparameter	Beschreibung
Flächennutzung	- Industrie- und Gewerbegebiete - Landwirtschaftlich genutzte Flächen angrenzend zu Industrie- und Gewerbegebieten
Stromversorgung	- Entfernung zum Umspannwerk - Entfernung zum Stromnetz
EE-Potential ¹⁴	- Entfernung zu PV-Potentialflächen - Entfernung zu Wind-Potentialflächen
Wasserstofftransport- infrastruktur	- Entfernung zum Wasserstoffkernnetz - Anbindung an das Straßennetz (Bundesstraße/Autobahn) - Anbindung an das Schienennetz
Industrie	Nähe zu Industrieclustern mit potentiellm Wasserstoff-Bedarf
Geplante Projekte	Standorte ergänzen die geplanten Projekte in der Projektregion
Regionale Aktivitäten	Favorisierte Standorte der Stakeholder

6.1.2 Standortuntersuchung/Modellierung

Im Anschluss an die Standortidentifikation nach den oben beschriebenen Auswahlkriterien erfolgt eine vertiefende Untersuchung der 15 Standorte. Ziel dieser Untersuchung ist es, die Eignung der Standorte für die Wasserstoffproduktion zu bewerten und die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu analysieren. Dabei werden sowohl technische als auch wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt, um eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die weitere Planung und Umsetzung der Wasserstoffstrategie zu schaffen.

Die allgemeinen Standortmerkmale und Randbedingungen werden untersucht und bewertet. Neben bereits bestehenden und zukünftigen Wasserstoff-Aktivitäten im näheren Umfeld des identifizierten Standortes werden die infrastrukturellen Voraussetzungen betrachtet. Die Ergebnisse werden in einer Standortübersicht zusammengefasst.

¹⁴ Die Methode zur Bestimmung der Potentiale befindet sich im Anhang

Für potenzielle Standorte für eine zukünftige Wasserstoffherzeugung mittels Elektrolyse werden die zugrunde liegenden Voraussetzungen betrachtet. Dabei spielen die Verfügbarkeit und Potentiale erneuerbarer Energien eine zentrale Rolle. Der am Standort identifizierte und zum Teil über eine Umfrage ermittelte industrielle Bedarf wird bewertet und der zusätzlich zu erwartende Wasserstoff-Bedarf im Mobilitätsbereich abgeschätzt. Auf Basis der ermittelten Bedarfe werden Elektrolysegrößen und daraus Erzeugungskapazitäten abgeleitet.

Aus den ermittelten EE-Potentialen, dem zu erwartenden Wasserstoffbedarf und den daraus resultierenden Elektrolysegrößen wird ein geeignetes Versorgungskonzept für den Standort abgeleitet. Ebenso werden Chancen und Herausforderungen gegenübergestellt.

Hinweis: Alle Ergebnisse sind als Indikation zu verstehen und basieren auf allgemeinen Annahmen. Sie dienen als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen. Eine vertiefende Betrachtung der Standorte erfordert detaillierte Erzeugungs- und Bedarfsdaten, standortspezifisch.

Annahmen und Erhebung der potenziellen Wasserstoff-Bedarfe

Unternehmen/Industrie

- Die Wasserstoffbedarfe beruhen auf EU-ETS und Angaben aus der Bedarfsabfrage
- Die Erfassung der Daten erfolgt teilweise direkt (Angabe des Wasserstoffbedarfs) oder wird indirekt aus den bisherigen Erdgasbedarfen abgeleitet
- In der Modellierung der Erzeugungskapazitäten werden zwei Szenarien untersucht:
 1. Kontinuierliche Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff,
 2. Kontinuierliche Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff bei Teil-Elektrifizierung der Prozesse.

Die Annahmen für den Wasserstoffbedarf in Szenario 1 und 2 sind in Tabelle 2 abgebildet. Die Werte stellen die Anteile des substituierten Bedarfs relativ zur Gesamtmenge dar. Die Umstellung soll bis 2040 vollständig abgeschlossen sein.

Tabelle 2: Annahmen zur Umstellung der Industrie von Erdgas auf Wasserstoff (Szenario 1) und Wasserstoff inkl. Teil-Elektrifizierung (Szenario 2)

	2025	2030	2035	2040
Szenario 1: Wasserstoff	5 %	25 %	50 %	100 %
Szenario 2: Wasserstoff, hiervon Elektrifizierung	4,5 % 0,5 %	20 % 5 %	35 % 15 %	70 % 30 %

Mobilität

- Benzin und Diesel angetriebene Fahrzeuge werden schrittweise auf nachhaltige Antriebe umgestellt, Wasserstoff wird als ein Baustein der Mobilitätswende im Schwerlastverkehr einen Beitrag leisten
- Die Wasserstoffbedarfe der einzelnen Standorte ergeben sich aus der Auswertung der Verkehrsaufkommen auf Bundes-, Landstraßen und Autobahnen
- Standorte an den Verkehrsrouten, ermittelt im Projekt H2MA, können Wasserstofftankstellen versorgen (siehe Abbildung 17)

Tabelle 3: Annahmen für den Anteil an Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieben

	2025	2030	2035	2040
H2-Anteil KFZ-PKW	0,05 %	0,1 %	0,2 %	0,4 %
H2-Anteil KFZ-Schwerlastverkehr	0,001 %	1 %	2 %	4 %

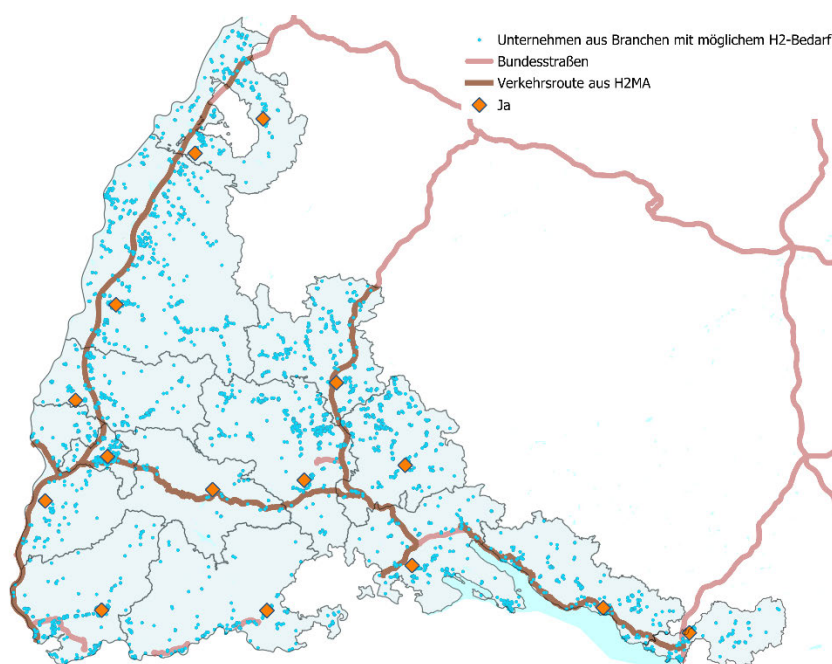


Abbildung 17: Verkehrsrouten in der Projektregion

EE-Potentiale

- Ermittlung der EE-Potentiale mittels geoinformationsgestütztem Tool
- Ermittlung und Unterscheidung nach installierter Kapazität und Ausbaupotential
- Betrachtung erfolgt im Umkreis von 10 km um den Standort

Kostenbestandteile

- Die Kosten für Elektrolyseprojekte lassen sich in Investitionskosten (CAPEX) und Betriebskosten (OPEX) aufteilen
- Die derzeit (noch) verhältnismäßig hohen Investitionskosten von Elektrolysesystemen erfordern eine möglichst hohe Auslastung für einen wirtschaftlichen Betrieb, bei langfristiger Reduzierung des CAPEX kann eine wirtschaftliche Fahrweise bei etwa 4.000 Volllaststunden erreicht werden
- Eine hohe Auslastung kann meistens nicht ausschließlich mit regionalem Strom aus erneuerbaren Energiequellen (PV und Wind) erzielt werden, sinnvoll ist daher eine Ergänzung durch Stromlieferverträge (PPAs)
- Bei kleinen Produktionsmengen fällt die Infrastruktur (bspw. Leitung, Abfüllstation) mehr ins Gewicht, die Stacks des Systems machen den größten Kostenbestandteil des CAPEX aus
- Stromkosten als Teil der Betriebskosten sind Haupttreiber der Gestehungskosten (LCOH)
- Zusätzliche Kosten fallen für den Betrieb der Anlage (Wartung und Personal) sowie Medienversorgung und -entsorgung an (Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung, ggf. Abwärmebehandlung)

6.2 Standorte potenzieller regionaler Wasserstoffherzeugung in der Projektregion

Die identifizierten Standorte für eine potenzielle regionale Wasserstoffherzeugung, sind in Abbildung 18 örtlich dargestellt und in Tabelle 4 gelistet.

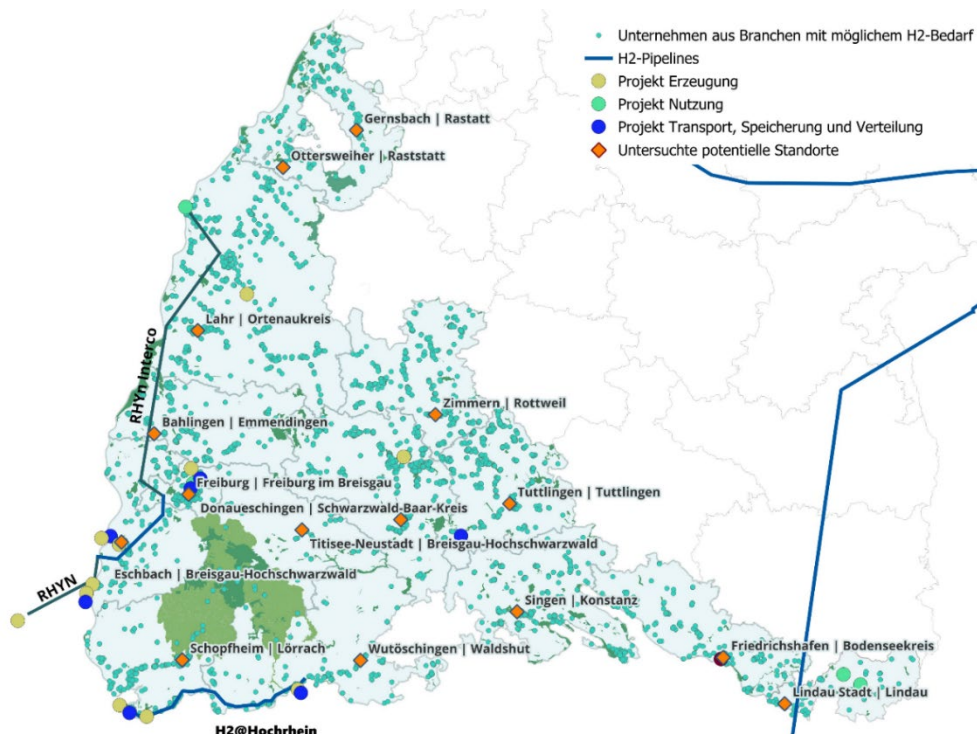


Abbildung 18: Untersuchte Standorte

Entsprechend der in Kapitel 5.3 definierten Räume, werden die Standorte in Verdichtungsraum, Hauptverkehrswege und Standorte mit breitem Handlungsfeld untergliedert.

Tabelle 4: Untersuchte Standorte und ihre Gunsträume

Ort	Landkreis	Gunstraum
Gernsbach	Rastatt	Standorte mit breitem Handlungsfeld
Ottersweier	Rastatt	Standorte mit breitem Handlungsfeld, Hauptverkehrswege
Lahr	Ortenaukreis	Standorte mit breitem Handlungsfeld, Hauptverkehrswege
Bahlingen	Emmendingen	Standorte mit breitem Handlungsfeld, Hauptverkehrswege
Freiburg im Breisgau	Freiburg im Breisgau	Verdichtungsraum, Hauptverkehrswege
Eschbach	Breisgau-Hochschwarzwald	Standorte mit breitem Handlungsfeld, Hauptverkehrswege
Schopfheim	Lörrach	Verdichtungsraum, Hauptverkehrswege
Titisee-Neustadt	Breisgau-Hochschwarzwald	Hauptverkehrswege
Zimmern	Rottweil	Standorte mit breitem Handlungsfeld, Hauptverkehrswege
Tuttlingen	Tuttlingen	Standorte mit breitem Handlungsfeld, Hauptverkehrswege
Donaueschingen	Schwarzwald Baar-Kreis	Standorte mit breitem Handlungsfeld, Hauptverkehrswege
Singen	Konstanz	Verdichtungsraum, Hauptverkehrswege
Wutöschingen	Waldshut	Standorte mit breitem Handlungsfeld, Hauptverkehrswege
Lindau Stadt	Lindau	Standorte mit breitem Handlungsfeld, Hauptverkehrswege
Friedrichshafen	Bodenseekreis	Verdichtungsraum

6.3 Standortsteckbriefe und Ansatzpunkte

Die Ergebnisse der Standortuntersuchung werden in einem Steckbrief je Standort zusammengefasst, diese sind im Anhang des Berichtes beigefügt.

Anhand der Ergebnisse lassen sich Versorgungskonzepte ableiten. Eine Einordnung erfolgt anhand folgender Aspekte:

- Lage und infrastrukturelle Anbindung des Standortes
 - Entfernung zu Wasserstoff-Netz sowie zu Straße und Schiene
 - Struktur der Anwendungslandschaft (Anzahl der Abnehmer, Entfernung zw. Abnehmer)
- EE-Potential (lokal installierte Anlagen und zukünftige Potentiale für PV und Wind)
- Wasserstoff-Anwendungspotentiale (prognostizierte Wasserstoffbedarfsmengen am Standort)
- Daraus resultierende Elektrolysekapazitäten zur lokalen Wasserstoffherzeugung

Erzeugungsstandort mit großen Wasserstoff-Abnahmepotential vor Ort

Könnte am Standort ein großes EE-Potential sowie ein hohes Wasserstoff-Anwendungspotential festgestellt werden, so liegen gute Voraussetzung für eine lokale Wasserstoffherzeugung vor. Die Elektrolyseanlage kann anhand der zu erwartenden Wasserstoffbedarfsmengen dimensioniert werden. Zu unterscheiden sind:

- Standorte mit einer zentralen Senke, d.h. einen Abnahmezentrum: In diesem Fall kann der Elektrolyseur möglichst nah am Ort der Abnahme betrieben werden (vorausgesetzt ist eine gut zu erschließende Stromversorgung, was auch eine ausreichende Netzanschlusskapazität voraussetzt)
- Standorte mit mehreren Abnehmern: In diesem Fall ist abzuwägen, ob eine gut geeignete Fläche als Erzeugungsstandort dient und von hieraus eine Distribution mittels Trailer erfolgt oder eine Anbindung an eine Wasserstoff-Verteilinfrastruktur anzustreben ist

Standorte mit verhältnismäßig geringen, ermittelten Wasserstoff-Abnahmepotential vor Ort

Für Standorte mit geringen Wasserstoffbedarfen ist eine alternative Versorgung abzuwägen. Kommt keine Standortelektrolyse in Frage so sind folgende Versorgungsoptionen zu vergleichen:

- Anbindung an Wasserstoff-Netz: Eine Anbindung an eine vorhandene oder geplante Verteilinfrastruktur ist bei geringer Entfernung in Erwägung zu ziehen, in Absprache mit dem Gasnetzbetreiber kann eine Lösung erarbeitet werden - empfehlenswert bei kontinuierlicher Wasserstoff-Nachfrage
- Trailertransport: Insbesondere bei entlegeneren Orten kommt eine Versorgung per Trailer in Frage - diese Versorgungsoption ermöglicht auch eine gezielte Deckung diskontinuierlicher Wasserstoff-Nachfrage

Tabelle 5: Standort Auswertung in der Zusammenfassung Steckbriefe

Ort	EE-Potential	H ₂ -Bedarfe	Versorgungskonzept
Gernsbach Rastatt	Mittel	Groß	Regionale Erzeugung und Abnahme
Ottersweier Rastatt	Mittel	Mittel	Regionale Erzeugung und/oder Trailer, keine Anbindung H ₂ -Kernnetz
Lahr Ortenaukreis	Mittel	Gering	Elektrolyse mit lokaler EE-Anbindung und Einspeisung in H ₂ -Kernnetz denkbar

Bahlingen Emmendingen	Groß	Gering	Elektrolyse mit lokaler EE-Anbindung und Einspeisung in H2-Kernnetz denkbar
Freiburg im Breisgau Freiburg im Breisgau	Groß	Groß	Regionale Erzeugung und Abnahme, zusätzliche Anbindung an H2-Kernnetz
Eschbach Breisgau-Hochschwarzwald	Mittel	Gering	Elektrolyse mit lokaler EE-Anbindung und Einspeisung in H2-Kernnetz denkbar
Schopfheim Lörrach	Groß	Gering	Zukünftige H2-Bedarfe (falls vorhanden) über Trailerbelieferung
Titisee-Neustadt Breisgau-Hochschwarzwald	Groß	Mittel	Zukünftige H2-Bedarfe (falls vorhanden) über Trailerbelieferung
Zimmern Rottweil	Groß	Mittel	Regionale Erzeugung und/oder Trailer, keine Anbindung H2-Kernnetz
Tuttlingen Tuttlingen	Groß	Mittel	Regionale Erzeugung und/oder Trailer, keine Anbindung H2-Kernnetz
Donauessingen Schwarzwald-Baar-Kreis	Mittel	Gering	Zukünftige H2-Bedarfe (falls vorhanden) über Trailerbelieferung
Singen Konstanz	Groß	Groß	Regionale Erzeugung und Abnahme
Wutöschingen Waldshut	Mittel	Mittel	Regionale Erzeugung und Abnahme oder Anbindung an H2-Kernnetz
Lindau Stadt Lindau	Gering	Mittel	Regionale Erzeugung und/oder Trailer, keine Anbindung an H2-Kernnetz
Friedrichshafen Bodenseekreis	Mittel	Groß	Regionale Erzeugung und Abnahme

Tabelle 6: Definition der Kennzahlenbewertung

Kennzahl	Gering	Mittel	Groß
EE-Potential	kleiner als 250 MW	zwischen 250 MW und 500 MW	größer als 500 MW
H2-Bedarf	kleiner als 1.000 t	zwischen 1.000 t und 5.000 t	größer als 5.000 t

Im Rahmen einer allgemeinen wirtschaftlichen Betrachtung werden die zu erwartenden Wasserstoff-Gestehungskosten (LCOH, levelised costs of hydrogen) grob abgeschätzt. Die betrachteten Bestandteile des LCOH können durch einen festen und einen variablen Anteil beschrieben werden:

- **Fester Kostenbestandteil:** Diese werden für jeden Standort fest angenommen. Hierzu zählen die allgemeinen Investitionskosten (CAPEX) der Kernanlage und Nebenanlagen zur Inbetriebnahme auf der dafür vorgesehenen Fläche, sowie die angenommenen Betriebskosten (OPEX), zusammengesetzt aus Stromkosten, Betriebs- und Wartungskosten, sowie Kosten für die Aufbereitung und Nachbehandlung von Wasser und Abwärme.
- **Variabler Kostenbestandteil:** Dies umfasst die standortspezifischen Aufwendungen, insbesondere die zu erwartenden Transportkosten, abhängig von dem präferiertem Versorgungskonzept

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei diesem Ansatz um eine stark vereinfachte Abschätzung handelt, um eine Spanne für die Gestehungskosten zu ermitteln.

Zunächst wird der feste Kostenbestandteil mittels Kapitalwertmethode ermittelt. Diese Methode beruht auf der Annahme, dass die Ein- und Auszahlungen heute mehr wert sind als zu späteren Zeitpunkten. Der Wert einer späteren Zahlung zum heutigen Zeitpunkt wird als Kapitalwert bezeichnet. Es handelt sich um eine gängige betriebswirtschaftliche Methode zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen durch Abzinsung bzw. Diskontierung mit einem festgelegten Diskontierungszinssatz. Die der Berechnung zugrunde liegenden Annahmen sind im Anhang aufgeführt. Die ermittelten Ergebnisse für die Spanne der fixen Kostenbestandteile sind in

Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Fixe Kostenbestandteile Gestehungskosten [EUR/kg]

Kostenbestandteil	Minimal	Maximal
CAPEX Elektrolyse & Nebenanlagen	2,00 €/kg	2,50 €/kg
OPEX Strom	5,50 €/kg	6,50 €/kg
OPEX Sonstiges	0,50 €/kg	1,00 €/kg
H2-Gestehungskosten	8,00 €/kg	10,00 €/kg

Zu erwartende Transportkosten können gemäß Abbildung 19 und Abbildung 20 abgeschätzt werden¹⁵. Zu berücksichtigen sind hierbei insbesondere Distanz und Bedarfsmengen, welche durch das Versorgungskonzept beschrieben werden.

¹⁵ Fraunhofer IFF: Cost Optimization of Compressed Hydrogen Gas Transport via Trucks and Pipelines, 2024

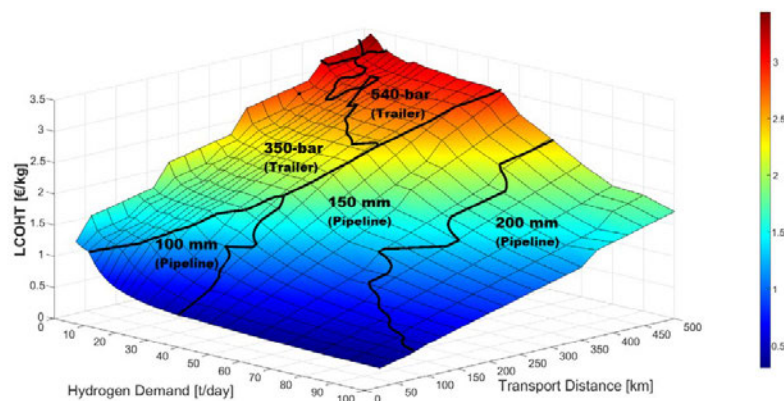


Abbildung 19: Die Wasserstoff Transportkosten als Funktion des Bedarfs und der Transportdistanz (3D)

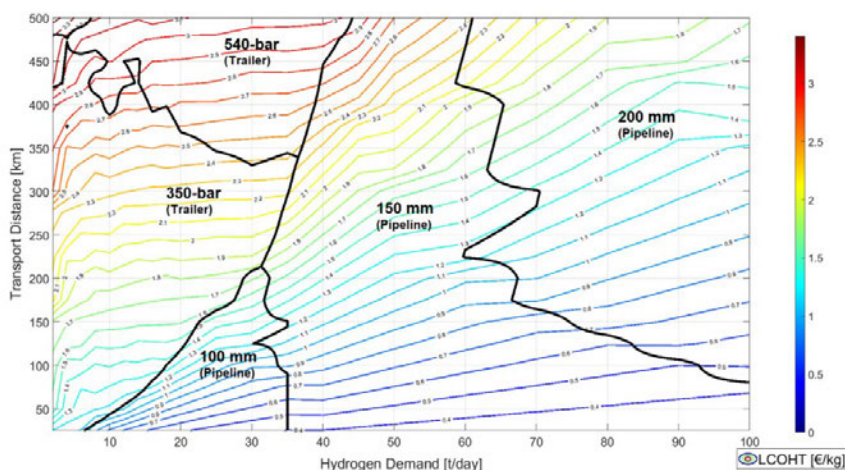


Abbildung 20: Die Wasserstoff Transportkosten als Funktion des Bedarfs und der Transportdistanz (2D)

Eine Abschätzung des variablen Kostenbestandteils respektive der Wasserstoff Transportkosten (LCOHT) kann mithilfe des öffentlich zugänglichen Kostenrechners des Fraunhofer IFF erfolgen.¹⁶ In Tabelle 8 sind Transportkosten in Abhängigkeit von Nachfragemengen und Transportdistanz, errechnet mit dem beschriebenen Kostenrechner, exemplarisch aufgeführt.

Tabelle 8: Transportkosten nach Bedarf und Distanz¹⁷

Nachfragemenge	Transportdistanz	LCOHT	Günstigste Transportart
2.000 kg/Tag	5 km	0,89 €/kg	Pipeline
	25 km	1,20 €/kg	Trailer

¹⁶ <https://websites.fraunhofer.de/iff-lcoh-t-calculator/>, letzter Zugriff: 10.10.2024

¹⁷ Fraunhofer IFF: Cost Optimization of Compressed Hydrogen Gas Transport via Trucks and Pipelines, 2024

	50km	1,56 €/kg	Trailer
10.000 kg/Tag	5 km	0,39 €/kg	Pipeline
	25 km	0,78 €/kg	Pipeline
	50km	1,18 €/kg	Trailer
50.000 kg/Tag	5 km	0,27 €/kg	Pipeline
	25 km	0,35 €/kg	Pipeline
	50km	0,48 €/kg	Pipeline

Es sei darauf hingewiesen, dass Modellergebnisse und die Bestimmung der Wasserstoffgestehungskosten auf Annahmen beruhen. Die vorgestellte Indikation ersetzt keine ausführliche Machbarkeitsstudie.

Benötigte Fläche für Elektrolyseure unterschiedlicher Größen

Tabelle 9 ordnet zur Orientierung den Flächenbedarf von Elektrolyseuren verschiedener Größenordnung ein. Anlagen bis 10 MW werden häufig in einzelnen 1MW 40 ft Containern als „Plug and Play“-Lösung installiert. Ab 10 MW ist es üblich die Elektrolyseure in Blöcken auf Skids in Hallen zu installieren, kompakter als die einzelnen Container. Daher ist der Flächenbedarf je MW installierter Leistung nicht linear.

Tabelle 9: grobe Elektrolyseurgrößen, erzeugter Wasserstoff und Flächenbedarf

Elektrolyseur	Eigenschaften	Wasserstofferzeugung ¹⁸	Flächenbedarf ¹⁹
Kleine Anlage 5 MW	Modular „Plug and Play“	97,5 kg H ₂ /h	ab 2.000 m ²
Mittlere Anlage 10 MW	Modular „Plug and Play“	195 kg H ₂ /h	ab 4.000 m ²
Große Anlage Ab 50 MW	Modular „skid mounted“	975 kg H ₂ /h	ab 10.000 m ²

Blick auf die Projektregion – Versorgungsumkreise, Synergien und Einschränkungen

Die Ergebnisse der Standortuntersuchungen sind als erste Indikationen zu verstehen, insbesondere die Anwendungspotentiale sind konkreter zu ermitteln und die jeweiligen Transformationspfade der Unternehmen zu verstehen. Klimaneutralität wird ein großes Ziel der Transformation sein, der Grad der Umstellung auf grünen Wasserstoff oder alternative grüne Energieträger ist individuell zu betrachten. Die vorgenommene Darstellung ersetzt daher keine Machbarkeitsstudie.

Für einen kontinuierlichen und nachhaltigen Auf- und Ausbau der Wasserstoffwirtschaft werden sich Akteure entlang der Wertschöpfungskette zusammenfinden und an der Umsetzung konkreter Projekte arbeiten müssen.

¹⁸ Annahme: 19,5 kg H₂/h pro MW

¹⁹ je nach vorhandener Infrastruktur auf dem Grundstück

Die beteiligten Landkreise weisen ein erhebliches Potential für eine erfolgreiche Transformation auf. Dabei sollten die individuellen Stärken und Ausprägungen der Standorte genutzt und Eigenschaften der Gunst-räume berücksichtigt werden. Die grobe Einordnung in Versorgungskonzepte ermöglicht eine zielgerichtete Ausrichtung und kann die gemeinsame Erarbeitung von Detailkonzepten in sich bildenden Clustern unter-stützen.

Die Ergebnisse sind entsprechend der ermittelten EE-Potentiale und des zu erwartenden Wasserstoff-Bedarfs in der folgenden Abbildung 21 dargestellt und geben einen Überblick über die betrachtete Region. Ergänzend zeigen die Versorgungskonzepte die stärkste Ausprägung des jeweiligen Standortes.

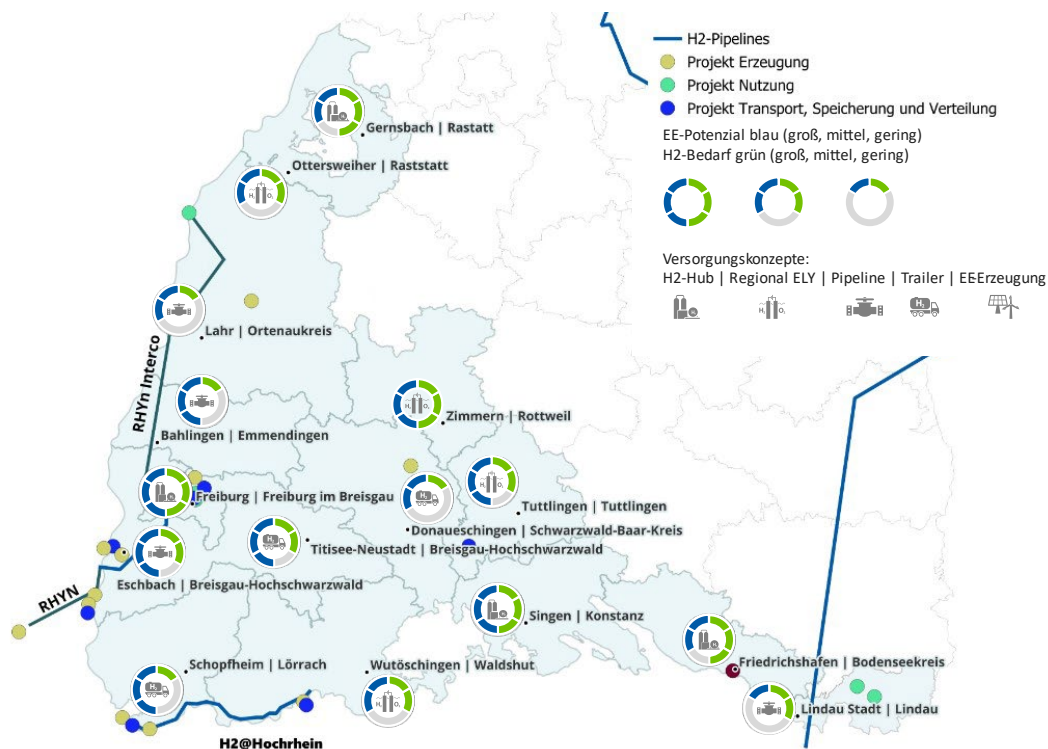


Abbildung 21: Potentiale und Bedarfe im Überblick

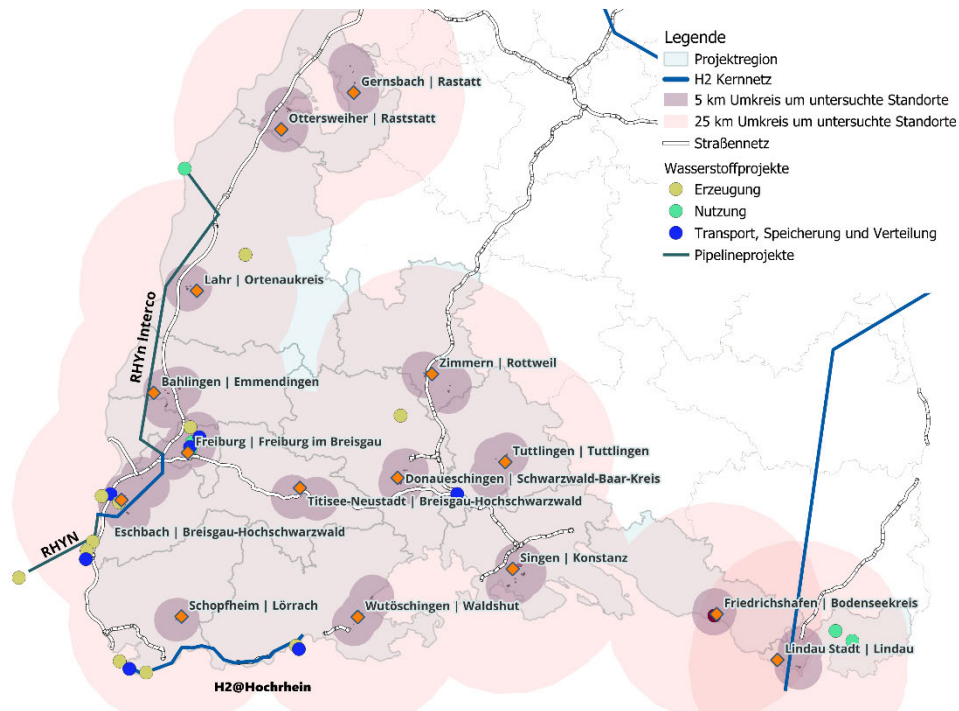


Abbildung 22: Untersuchte Standorte und Wirkradien

Die Betrachtung der Projektregion als Ganzes erlaubt es, mögliche Chancen und Einschränkungen für die regionale Wasserstoffproduktion zu benennen. Eine zentrale Rolle spielt die Wasserstoff-Versorgungsinfrastruktur über Pipelines, räumliche Nähe bei gleichzeitig hohen Bedarfsmengen, stellen optimale Voraussetzungen für eine direkte Anbindung an das Wasserstoffnetz dar. Darüber hinaus sind Standorte entlang des Wasserstoffnetzes bei gleichzeitig großen Wasserstoff-Erzeugungskapazitäten für die Einspeisung prädestiniert. Standorte mit großem Wasserstoffbedarf vor Ort können als Wasserstoff-Hub fungieren und lokale Nutzer durch Eigenerzeugung versorgen. Dies birgt das Potential, auch weiter entfernte Standorte, die keine eigenen Elektrolysekapazitäten aufbauen werden, per Trailer zu versorgen. Hier lässt sich aus Tabelle 8 ableiten, dass Trailer mit gasförmigem Wasserstoff bei kleinen bis mittleren Entfernungen und Entfernungen ab 25 km die günstigere Option darstellen und sich bei großen Mengen häufig bereits Pipelines wirtschaftlich lohnen. Abbildung 22 zeigt die untersuchten Standorte und Wirkradien im Umkreis von 5 km und 25 km. Es ist zu erkennen, dass fast das gesamte Gebiet abgedeckt ist und sich die Wirkradien bereits überschneiden.²⁰ Es werden Synergien sichtbar, die durch den Zusammenschluss der treibenden Akteure genutzt werden können, um gemeinsame Interessen zu verfolgen.

Nächste Schritte für die untersuchten Standorte ist die Erhebung von konkreten Bedarfen von interessierten Stakeholdern aus der Industrie. Parameter wie die benötigte Wasserstoffmenge, der Zeitpunkt des Wasserstoffbezugs, die Wasserstoffqualität und die Wahrscheinlichkeit der Transformation der Prozesse auf Wasserstoff sollten bei der Erhebung berücksichtigt werden. Auch das Thema Elektrifizierung der Prozesse und Strombedarf sollte in dem Zuge abgesprochen werden. Eine weitergehende Analyse der möglichen Standorte

²⁰ Die Wirkradien berücksichtigen nicht den von den Standorten ausgehenden Straßenverlauf

zu den Themen Wasserverfügbarkeit und Netzanschlusskapazitäten, Flächenverfügbarkeit und einer Prüfung der Machbarkeit sind weitere Schritte.

In Wasserstoffprojekten ist die Zusammenarbeit von Akteuren essenziell, da Wasserstoffproduzent und Wasserstoffabnehmer voneinander abhängig sind. Dem kann mit Austauschformaten zwischen den Akteuren begegnet werden. So können möglichst viele Unternehmen mitgenommen werden und die Themen erneuerbare Energien, Ausbau eines Wasserstoff-Verteilnetzes, Ausbau von Wasserstoff-Hubs und Stromausbau mit den Wasserstoff-Bedarfen koordiniert werden. Netzbetreiber sind dabei zu beteiligen.

7 Vision und Strategie

Die Wasserstoffstrategie hat in Anlehnung an die übergeordneten Strategien des Bundes sowie des Landes Baden-Württemberg die Aufgaben, die übergeordnete Zielsetzung hinsichtlich der Versorgungssicherheit der Industrie der Region SüdwestBW sowie die Erreichung der Klimaziele bis zum Jahr 2040 aufzuzeigen. Damit gibt die Wasserstoffstrategie Orientierung und wichtige Leitplanken für den erforderlichen Infrastrukturausbau im Wasserstoffbereich. Der Infrastrukturausbau bildet eine zwingende Voraussetzung für den erfolgreichen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in der Region SüdwestBW. Die zentralen Anwendungsfelder des Wasserstoff-Einsatzes werden vornehmlich in den Bereichen **Industrie** und **Mobilität** liegen. Aufgrund der bevorzugten Nutzung von erneuerbaren Energien/Strom im konventionellen Wärmebereich (insb. Gebäude, private Haushalte), wird der Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich in der Region SüdwestBW tendenziell eine nachrangige Bedeutung einnehmen.

Durch die Wasserstoffstrategie werden **kurz-, mittel- sowie langfristige Ziele** definiert und abgeleitet sowie konkrete Handlungsempfehlungen zum Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur (Netz und infrastrukturelle und vorbereitende Maßnahmen) gegeben. Für die Umsetzung der Strategie wird es darauf ankommen, in Anlehnung an die Zielsetzungen die unterschiedlichen Maßnahmen und Leitprojekte im Bereich Erzeugung, Transport und Nutzung von Wasserstoff zielgerichtet und wirkungsvoll miteinander zu verzahnen.

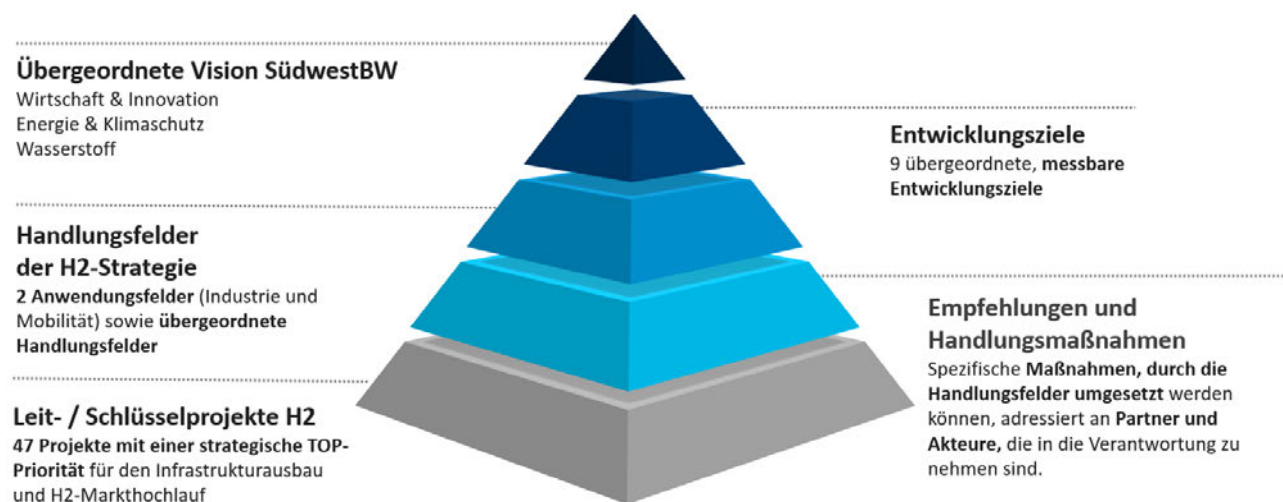


Abbildung 23: Struktur für den Aufbau der H2-Strategie für die Region Südwest.

7.1 Vision Region SüdwestBW – erfolgreiche Transformation der Energiesysteme und nachhaltige industrielle Wertschöpfung

Ein wichtiger Baustein der Wasserstoffstrategie ist die langfristige **Vision der zukünftigen wirtschaftlichen und nachhaltigen Entwicklung** der Region SüdwestBW. Die Vision zeigt auf, welche übergreifenden Leitlinien und welches Zielbild in den zentralen Bereichen **Wirtschaft & Innovation**, **Energie & Klimaschutz** und **Wasserstoff-Anwendung** handlungsleitend sein sollen. Dies bildet das Fundament für die langfristige strategische und wirtschaftliche Ausrichtung der Region SüdwestBW. Die folgenden Zielaussagen der Vision greifen vor-

liegende und entwickelte Entwicklungsstrategien der Teilregionen (u.a. RegioWIN-Konzepte, Wasserstoffkonzepte) sowie Ergebnisse der Workshops (Juni bis Juli 2024) auf.

Im Bereich **Wirtschaft und Innovation** ist die Region SüdwestBW zukunftsgerichtet ausgebaut, wodurch die ansässigen Unternehmen international wettbewerbsfähig sind. Die vorhandene Forschungs- und Technologiekompetenz wird nicht nur erhalten, sondern gestärkt und in zukünftig wichtigen Bereichen gezielt weiterentwickelt. Durch gezielte Vernetzung von Wirtschaft und Wissenschaft mit der Politik sowie den nachhaltigen Ressourceneinsatz erhöht sich die Innovationsleistung in der Region SüdwestBW. Die Region SüdwestBW kann durch die Entwicklung und Herstellung von klimaneutralen Produkten und Komponenten (inkl. Dienstleistungen und Betrieb) im Bereich mobiler und stationärer Wasserstoff-Anwendungen ein neues Zukunftsfeld besetzen und eine Vorreiterfunktion in Deutschland und Europa einnehmen. Durch die erfolgreiche Umstellung auf die Wasserstoffwirtschaft und Transformation der Energiesysteme wird ein wichtiger Beitrag zur Standortsicherung des Industriestandortes Südwest sowie insbesondere der energieintensiven Industrie in der Region SüdwestBW erreicht. Wichtige Infrastrukturelle Voraussetzungen sind bis zum Jahr 2035 umgesetzt worden, sodass die drohende Deindustrialisierung und Standortverlagerung ansässiger Produktionsbetriebe ins Ausland und damit ein Wegbrechen wichtiger industrieller Wertschöpfungsprozesse wirkungsvoll verhindert wurde.

Im Hinblick auf **Energie und Klimaschutz** ist das Energiesystem der Region SüdwestBW diversifiziert. Die Region SüdwestBW nimmt eine Vorreiterrolle ein und ist wichtiger Standort für den nachhaltigen und vernetzten Einsatz von regionalen Ressourcen. Durch die Substitution des Einsatzes und Verbrauchs fossiler Energien (insb. Erdgas) durch die Nutzung erneuerbarer Energien (Wind, Solar, Wasser) sowie der Umwandlung und Speicherung (insb. Wasserstoff) wird ein entscheidender Beitrag zur CO₂-Reduktion und Klimaneutralität in der Region SüdwestBW bis zum Jahr 2040 erreicht. Die hohen Investitionen und der Ausbau von Kapazitäten der Produktion von erneuerbaren Energien erhöhen den Versorgungsgrad der Region und begrenzen den relativen Anteil sowie das Volumen von Energie- und Wasserstoffimporten aus anderen Regionen. Die Wirtschaft leistet durch die Schaffung und Anwendung neuer, nachhaltiger Produkte und ressourceneffizienter Wirtschaftsweisen einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz.

Für den Bereich **Wasserstoff-Anwendungen** besteht ein ineinandergreifendes Netzwerk aus Produktion, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff für das Erreichen der Klimaschutzziele. Der zielgerichtete Aufbau der Wasserstoffwirtschaft stärkt die Resilienz der regionalen Wirtschaft und erhält Arbeitsplätze. Die Wasserstoffproduktion erfolgt vorwiegend durch grüne Elektrolyse, die mit regionaler erneuerbarer Energie (Wind, Solar, Wasser) betrieben wird. Eine skalierte Produktion von Wasserstoff gewährleistet, dass die steigende Nachfrage aus Industrie und Verkehr bedient wird. Um eine sichere Versorgung mit Wasserstoff zu gewährleisten werden die Wasserstoffquellen diversifiziert. Neben der lokalen Produktion wird auch auf Importe gesetzt, um eine stabile und erschwingliche Versorgung sicherzustellen. Der Aufbau eines dichten Pipeline-Netzes und eines Wasserstoff-Verteilnetzes sowie eines flächendeckenden Netzes von Wasserstofftankstellen entlang der Hauptverkehrsachsen ist im Aufbau. Durch gezielte Förderprogramme, Steuererleichterungen und Subventionen werden Unternehmen, insbesondere im Transportsektor und in der energieintensiven Industrie, dazu angereizt, auf Wasserstofftechnologien umzusteigen. Wasserstoff wird in energieintensiven Industrien als Brennstoff und Rohstoff eingesetzt. Der Schwerlastverkehr und öffentliche Verkehrsmittel basieren auf Brennstoffzellentechnologien. Auch stationäre Anwendungen, wie Wasserstoffspeicher und dezentrale Energieversorgung, spielen eine wichtige Rolle. Die Akteure der Wasserstoffwirtschaft – von Erzeugern über Netzbetreiber bis hin zu Abnehmern – arbeiten in eng vernetzten Clustern zusammen. Dies schafft Synergien und erlaubt eine ressourceneffiziente Nutzung der Infrastruktur. Innovationsnetzwerke fördern den Technologietransfer zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen.

7.2 Entwicklungsziele der Wasserstoff-Strategie SüdwestBW

Um diese Vision des erfolgreichen Hochlaufs und der Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft in der Region SüdwestBW in die Realität umzusetzen, wurden im Rahmen des Dialogs- und Beteiligungsprozesses zentrale Entwicklungsziele definiert, die den Rahmen für die Handlungsfelder und Maßnahmenpläne bilden. In der folgenden Tabelle sind neun zentralen Entwicklungsziele sowie die Zeitschiene und wesentliche Meilensteine zum Erreichen der Ziele festgehalten. Die Entwicklungsziele adressieren übergreifende Themen der Infrastrukturentwicklung und des Netzausbaus sowie die beiden Hauptanwendungsbereiche von (Industrie und Mobilität).

ENTWICKLUNGSZIELE	WANN?	WAS MUSS ERREICHT WERDEN?
(1) Erzeugungskapazitäten & Netzinfrasturktur für erneuerbaren Strom und grünen Wasserstoff zügig ertüchtigen und erhöhen	<i>kurzfristig/ 2030</i>	– Grüner Strom wird zur Elektrifizierung von Prozessen und zur Herstellung von grünem H₂ genutzt – Hohe Investitionen und ein schneller und deutlicher Aufbau von EE- und grünen H₂-Kapazitäten in der Region SüdwestBW mit Neuerrichtung von Windkraft- und Solaranlagen
(2) Stabilität und Sicherheit für das Wasserstoff-Versorgungsnetz	<i>2032/2035</i>	– Frühzeitiger Auf- und Ausbau einer Wasserstoff-Infrastruktur mit der Errichtung und Betrieb der beiden Pipelines RHYn Interco und H₂@Hochrhein (je nach Ausbaustufe erreichen sie eine gemeinsame Länge von bis zu 118 km²¹) des Kernnetzes bis 2032 als Anker – Kombination aus Ausbau des Kernnetzes sowie dezentralen Versorgungskonzepten, regionale Versorgungskonzepte und umgestellten Verteilnetzen können ca. 20-30 % des H₂-Bedarfs decken
(3) Langfristige Standortsicherung für die industrielle Produktion in Südwest & Reduktion des CO₂-Ausstoßes der Industrie entsprechend unternehmerischen/politischen Zielen	<i>dauerhaft</i>	– Sicherstellung energetischer Versorgung durch eine Diversifizierung des Energiesystems – Erreichung der CO₂-Ziele des Landes → Klimaneutralität der Region SüdwestBW bis 2040

²¹ [H2@Hochrhein – Wasserstoffproduktion am Hochrhein \(badenovanetze.de\)](https://www.badenovonetze.de) und [RHYn Interco – Wir machen bestehende Gasleitungen fit für Wasserstoff \(badenovanetze.de\)](https://www.badenovonetze.de)

		– Erhalt der industriellen Wertschöpfung und Arbeitsplätze (>30.000) im Bereich der energieintensiven Grundstoffindustrie in der Region SüdwestBW und Verhinderung der Deindustrialisierung und Standortverlagerung
(4) Planungssicherheit für Industrie, Netzbetreiber & Produzenten hinsichtlich der Wasserstoffversorgung und -abnahme	<i>kurzfristig</i>	– Gemeinsames Commitment von Abnehmern und H2-Produzenten zu H2-Hubs – relevante Bedarfscluster sind erschlossen und Erzeugungskapazitäten aufgebaut, sodass sich ergänzend zu den bereits geplanten Erzeugungsprojekten (bspw. der H2Hub in Villingen) drei weitere in Betrieb befinden und fünf weitere in der Projektierung
(5) Wissensaufbau & Fachkräftesicherung in den Unternehmen und Know-how-Transfer zwischen energieintensiven Unternehmen/H2-Anwendern	<i>kurzfristig</i>	– Ausbau bestehender Netzwerke und überregionale Vernetzung d. Netzwerke – Sichtbarmachung bestehender Plattformen – Grundlagenwissen zu H2 und seiner Rolle bei der Transformation der Industrie wird Unternehmen vermittelt – Aus- und Weiterbildung von Fachkräften für den Umgang mit Wasserstoff
(6) Paralleles Ausrollen des Wasserstoff- und Elektroantriebs	<i>mittelfristig</i>	– Umstellung der Flotten (ÖPNV + Logistikbetriebe) auf erneuerbare Antriebe – electricity first: Wo Strom nicht möglich ist, mit H2 substituieren
(7) Aufbau einer Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur an wichtigen überregionalen Verkehrsachsen und Logistik-Hubs	<i>mittelfristig</i>	– H2-Tankstellen / Logistikhubs im Gunstraum Hauptverkehrswege mit einem Netz von mindestens 20 öffentlichen H2-Tankstellen bis 2032 an verkehrlichen „Best-Standorten“ – Voraussetzung für die langfristige Errichtung und Betrieb von eigenen Tankstellen auf Gelände der Logistikunternehmen

(8) Klare Vorgaben, Ziele und passgenaue Fördermöglichkeiten seitens der Politik, mit einer Planungssicherheit für 10 Jahre	<i>kurzfristig</i>	– Bessere Verzahnung der Förderprogramme zur richtigen Verknüpfung von Einzelförderungen – Darüber hinaus denkbar sind direkte Investitionszuschüsse, beschleunigte Abschreibungen für Investitionen in H2-Infrastrukturen, Zugang zu günstigen Finanzierungen über staatlich geförderte Darlehen
(9) Etablierung von Verfahrenserleichterungen bei Flächenausweisungen für H2-Tankstellen und Elektrolyseure	<i>kurzfristig</i>	– „Entschlackung“ und Vereinheitlichung komplizierter Genehmigungsverfahren – Vorhalten von Vorrangflächen an Bestandorten seitens der Kommunen / Regionalverband

Aus den Zielen ergeben sich zentrale Handlungsfelder an denen sich die Maßnahmen der Wasserstoffstrategie Südwest orientieren (siehe Abbildung 24). Übergeordnet steht die „**Wasserstoffherzeugung und -versorgung**“. Ausgehend davon ordnen sich die drei Anwendungsfelder „**Industrie**“, „**Mobilität**“ sowie „**Wärme**“ unter. Zudem gibt es übergeordnete, flankierende Handlungsfelder, die für alle drei Anwendungsfelder von zentraler Bedeutung sind. Diese umfassen die Themen „**Kooperation & Synergien**“ sowie „**Kommunikation & gesellschaftliche Akzeptanz**“. Umrahmt werden alle Handlungsfelder von den weisungsgebenden „**politischen Rahmenbedingungen und der Regulatorik**“. Die im Rahmen der Dialog- und Beteiligungsformate identifizierten Handlungsfelder für die Wasserstoffstrategie Südwest greifen die dargestellten Entwicklungsziele auf.

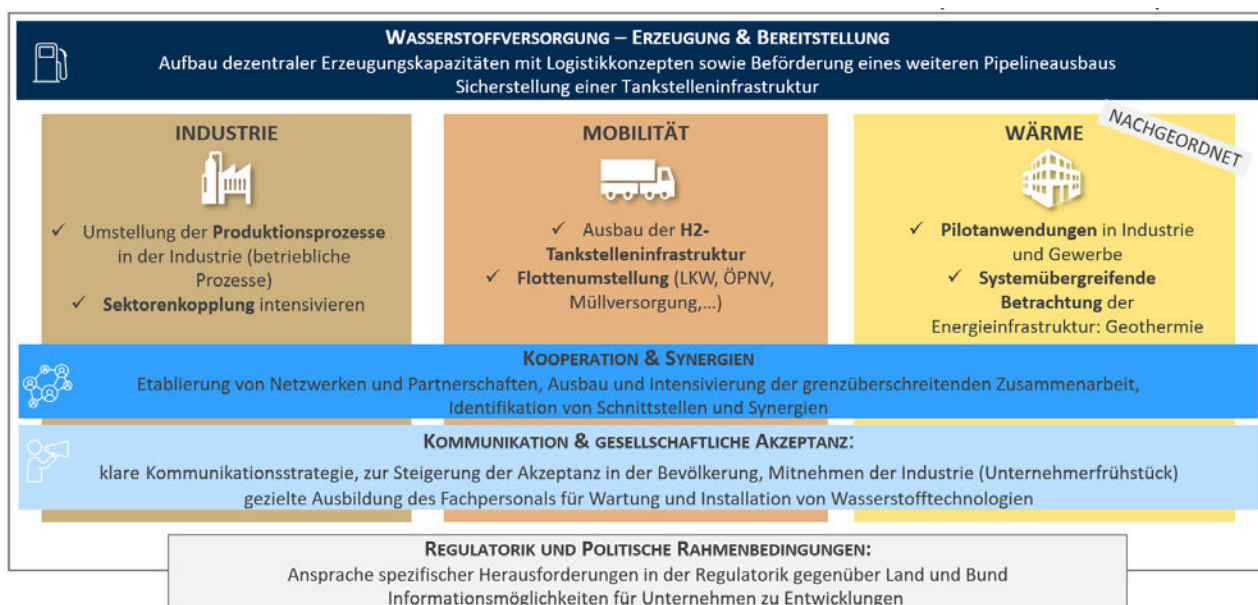


Abbildung 24: Handlungsfelder der Wasserstoffstrategie Südwest

7.3 Empfehlungen und Handlungsmaßnahmen für Wasserstoff-Strategie SüdwestBW

Für die Erreichung der Vision und Entwicklungsziele werden Handlungsmaßnahmen und Empfehlungen formuliert. Im folgenden Kapitel werden die Handlungsmaßnahmen und Empfehlungen, die sich aus den Handlungsfeldern und gesetzten Zielen und Visionen ergeben, dargestellt.

Diese liegen im Zuständigkeits- und Verantwortungsbereich unterschiedlicher Partner und Akteure. Neben den Partnern und Institutionen aus der Region SüdwestBW kommen in erster Linie dem Land Baden-Württemberg und dem Bund eine zentrale rahmende und gestaltende Aufgabe zu. Für die Planung und Realisierung des Infrastrukturausbaus sowie betrieblicher Investitionen werden die Energieversorger, Netzbetreiber und die Schlüsselunternehmen der Industrie sowie Logistik mit den betrieblichen Investitionen und Umsetzungsmaßnahmen maßgeblich verantwortlich sein. Die Netzwerkpartner, Kammern sowie Wirtschaftsförderungseinrichtungen werden den Umsetzungsprozess sowie die Kommunikation flankierend begleiten.

Abbildung 25: Zentrale Akteursgruppen der Wasserstoffstrategie Südwest veranschaulicht die Übersicht der relevanten Akteure der Umsetzung der Wasserstoffstrategie und Roadmap der Region SüdwestBW. Nachfolgend wird verdeutlicht welche zentralen Akteure an welchen Stellen einen Beitrag leisten können und sollten.

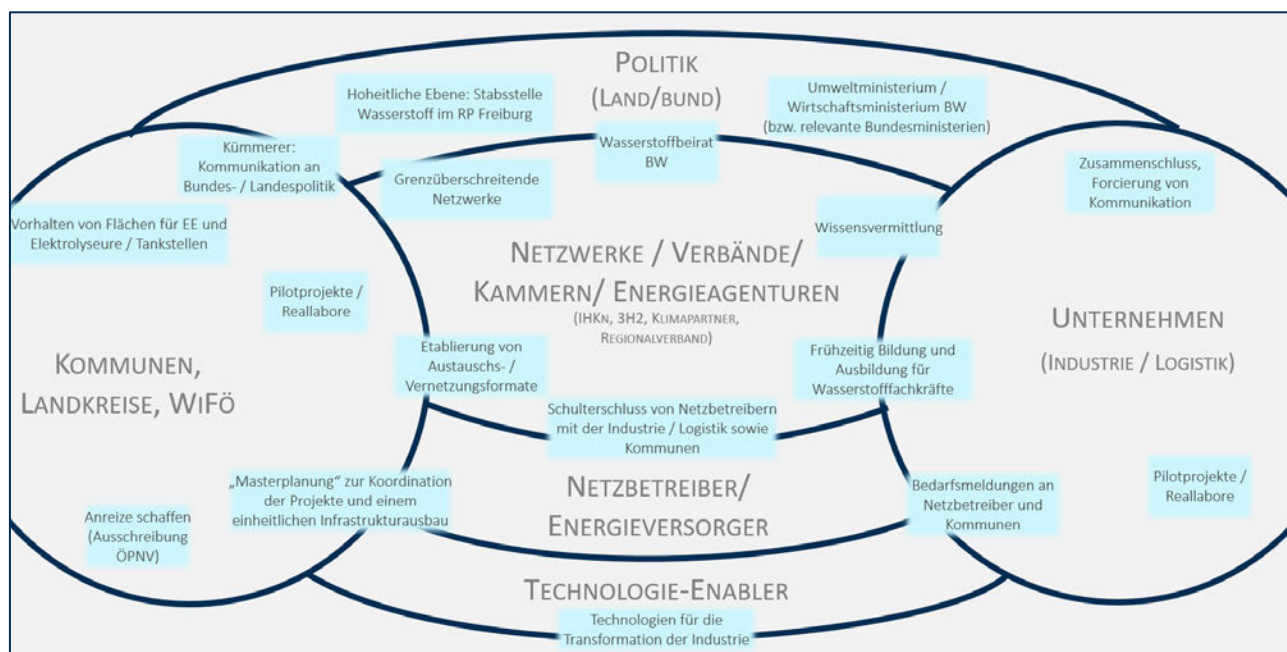


Abbildung 25: Zentrale Akteursgruppen der Wasserstoffstrategie SüdwestBW

Übergeordnete Handlungsmaßnahmen

Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft in der Region SüdwestBW

- Um eine regionale Wasserstoffwirtschaft aufbauen zu können wird eine „**sektorenübergreifende und integrale Masterplanung**“ zur Koordination der Projekte und ein abgestimmter Infrastrukturausbau notwendig werden, damit ein organischer Übergang zum Wasserstoff gelingen kann. Eine Etablierung eines Fahrplans für den Hochlauf ist daher eine wichtige Maßnahme für die Gesamtregion und die einzelnen Teilregionen (Planungsregionen, Landkreise). Für die Erstellung einer „Masterplanung“ müssen die relevanten Akteure und Verantwortungsträger in einen engen und intensiven Austausch eintreten. Die Netz- und Ausbaupläne der Netzbetreiber müssen dabei im engen Schulterschluss mit den großen Energieverbrauchern (bisher Erdgas, neu Wasserstoff) bzw. künftigen Wasserstoff-Anwendern aus Industrie und Logistik sowie den kommunalen Partnern entwickelt und erarbeitet werden. Die räumliche Verortung von absehbaren Wasserstoff-Bedarfen (Zeit, Menge, Qualität) und die Eingrenzung von potentiellen Abnehmern, die größere Wasserstoffmengen benötigen, wird dabei eine wichtige Säule für die anvisierte **sektorübergreifende und integrale Masterplanung** darstellen.
- **Hauptabnehmer**, insbesondere Top-Energie- und Top-Gasverbraucher, die bei der Substitution auf Strom an technische und wirtschaftliche Grenzen stoßen (bei einem Wärmebedarf von über 400- 500 °C, insbesondere ab 800 °C), sollten als **First Mover** bei der Planung und dem Rollout vorausschauend und frühzeitig einbezogen werden.
- Eine **Doppelstrategie**, die einerseits den **Ausbau des Kernnetzes** sowie andererseits **dezentrale Versorgungskonzepte** (einschließlich Wasserstoffimport) kombiniert, ist dabei maßgeblich für die Planung und Umsetzung des Hochlaufs in der Region SüdwestBW und sollte angestrebt werden. Dezentrale Versorgungskonzepte mit einer regionalen Wasserstoffproduktion erhöhen die Versorgungssicherheit (Teil-Autarkie), und reduzieren den Importbedarf von Wasserstoff. Insbesondere in Gunsträumen (Überschuss und Kapazitäten von EE), den dezentralen Lagen und Tälern sowie den Höhenlagen in der Region SüdwestBW (u.a. Hochschwarzwald) können diese Versorgungskonzepte somit eine Brücke für den Übergang auf eine verlässliche Versorgung darstellen und den Ausbau beschleunigen. Zudem werden die regionalen Versorgungskonzepte gerade dort, wo der Ausbau des Wasserstoff-Kernnetzes und die Umstellung des Verteilnetzes lange dauert oder nicht realisiert wird, entsprechend den regionalen Rahmenbedingungen zum Tragen kommen. Regionale Abnehmer von Wasserstoff-Mengen in regionalen und lokalen Clustern (u.a. Aluminium-Industrie, Metallherstellung und Verarbeitung, größere Hafenareale sowie Chemieparks) sollten dabei in die Konzeption von regionalen Versorgungskonzepten prioritär eingebunden werden, um Synergien zu heben. Bei der Planung und Dimensionierung von Elektrolyseuren sollten mittleren bis größeren Anlagen (> 20 MW) aus Kosten- und Effizienzgründen der Vorzug gegenüber kleinskaligen Elektrolyse-Anlagen (bis 10 MW) gegeben werden. Jedoch sollte die Auslegung ebenso an konkrete Bedarfe und Rahmenbedingungen des Standortes angepasst sein, um einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage zu gewährleisten.
- Der **Ausbau der erneuerbaren Energien** muss parallel forciert werden. Dieser hängt maßgeblich von der Flächenverfügbarkeit und den Kosten der Aktivierung sowie Nutzung der Standorte (u.a. Pacht und Erschließung) ab. In der Region SüdwestBW müssen die Planungen des Ausbaus von Windparks und größeren Windenergieanlagen sowie der flächendeckende Ausbau der Solaranlagen (u.a. Dächer von

Wohngebäude, Hallen-/Werke, öffentliche Gebäude) priorisiert werden. Die Regionalpläne zeigen die Vorrangflächen für den Ausbau der Windenergie auf. Die unterschiedlichen Aktivitäten des Ausbaus von erneuerbaren Energien in der Region SüdwestBW sowie den Teilregionen gilt es mit den Planungen von regionalen Versorgungskonzepten in den Gunsträumen zu verzahnen. Neben Netzbetreibern, Energieversorgern bzw. Stadtwerken sind potentielle Investoren und Betreiber von Windparks, Speicher- sowie Elektrolyse-Anlagen frühzeitig einzubeziehen, um die Planungs-, Genehmigungs- und Investitionsprozesse zu synchronisieren. Innovative Lösungen wie beispielsweise Photovoltaik über Parkplätzen und Agri-PV sollten zwingend mitgedacht und in den Erfahrungsaustausch (Möglichkeiten und Grenzen) eingebracht werden.

Netzwerke / Partnerschaften der Wasserstoffwirtschaft in der Region SüdwestBW

- Die **Herbeiführung von Vernetzung und Erfahrungsaustausch, Synergien und Partnerschaften**, insbesondere in lokalen und regionalen Clustern von Industrieunternehmen mit ähnlichen Rahmenbedingungen, ist von zentraler Bedeutung und sollte weiter intensiviert werden. Dabei kommt regionalen Clusterinitiativen (u.a. ähnliche Branchen) und lokalen Netzwerken (u.a. Gewerbevereine, Standortinitiativen) unter Federführung der Wirtschaftsförderung eine zentrale Rolle für das Zusammenbringen relevanter Umsetzungsakteure zu. Eine stärkere und ganzheitliche Verzahnung der bereits bestehenden regionalen und lokalen Netzwerke sowie Austauschformate ist erforderlich. Dies umfasst neue und komplexe Themen wie innovative technische Lösungen und Regulierungen sowie einen branchen- und institutionsübergreifenden Austausch, der auch länderübergreifend und trinational zu Spezialthemen (u.a. technische Machbarkeiten und Management betrieblicher Transformationsprozesse der Umsetzung von gasbezogener Wärmegewinnung auf Strom bzw. Wasserstoff) stattfinden sollte. Die Kommunikation und Sichtbarkeit von bereits bestehenden Formaten wie Energiestammtischen und Wasserstoff-Veranstaltungen, beispielsweise durch das Netzwerk EnBW oder die IHK, ist daher entscheidend. Diese Formate sollten über den Kreis der bereits bekannten Teilnehmer und Netzwerkpartner hinaus geöffnet werden, um Transparenz und Zugänglichkeit zu gewährleisten. Dadurch können mehr Unternehmen von den angebotenen Informationen und Schulungen profitieren.
- Ein enger **Schulterschluss von Energieversorgern und Netzbetreibern mit der Industrie**, insbesondere großen Verbrauchern, sowie Kommunen an wichtigen Industriestandorten und Clustern ist notwendig, um eine effiziente Zusammenarbeit zu gewährleisten. Die Etablierung von **zentralen Kümmernern** auf regionaler Ebene (u.a. IHK, Wirtschaftsförderung, Energieagenturen) sowie in den einzelnen Standortkommunen (u.a. Gunsträume für regionale Versorgungskonzepte oder Clustern mit einer Häufung von energieintensiven Industrieunternehmen) spielt dabei eine entscheidende Rolle für die Organisation des Dialogs und die Koordination von Planungsprozessen zwischen Stadtwerken, Kommunen, Netzbetreibern sowie Top-Energieverbrauchern. Für die wirkungsvollere Organisation und Vorbereitung von Umsetzungsschritten sollten die zentralen Kümmerner der Region SüdwestBW definiert und im engen Austausch stehen. Hierbei kann die Gründung eines **Arbeitskreises „Transformationsnetz Industrie & H₂“** sinnvoll sein. Äquivalent dazu sollte eine verstärkte Vernetzung der Logistik- und Verkehrsverbände forciert werden, um die überregionale Sichtbarkeit zu erhöhen. Durch eine koordinierte Zusammenarbeit können gemeinsame Interessen besser vertreten und Synergien genutzt werden. Regelmäßige Treffen und Aus-

tauschformate sowie ebenfalls eine Gründung eines Arbeitskreises fördern den Dialog und die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren.

- Die **Schließung von internationalen Partnerschaften** kann darüber hinaus zur Diversifizierung der Energiebezugsquellen beitragen und die Versorgungssicherheit stärken. Bestehende internationale Kooperationen über 3H₂ sollten weiter ausgebaut und über Austauschformate sichtbarer gemacht werden. Finanzierungsmodelle im Rahmen von Contracting-Lösungen, die Finanzierung, Realisierung und Betrieb der Anlagen im Gesamtpaket ermöglichen, sollten dabei eingeplant werden. Diese Modelle können den Rahmen für die Umsetzung notwendiger Maßnahmen darstellen.

Wissensaufbau sowie gesellschaftliche und politische Akzeptanz von Wasserstoff in der Region SüdwestBW

- Ein wichtiger Schritt in Richtung Wissensaufbau ist der **Aufbau von Leuchtturmprojekten** als „**Projekte zum Anfassen**“. Ein Beispiel hierfür ist das Reallabor H₂-Whylen, das praktische Einblicke in die Anwendung von Wasserstofftechnologien bietet und somit das Verständnis und die Akzeptanz in der Bevölkerung fördert. Eine wichtige Maßnahme ist daher der Aufbau und die Sichtbarmachung von **vorzeigbaren Leuchtturm-Projekten**, eine Vernetzung der Projekte sowie eine Öffnung für Dritte und die interessierte Öffentlichkeit. Es ist anzustreben, in möglichst jeder Teilregion mindestens einen Leuchtturm (Tag des Wasserstoffs, H₂-Schaufenster, Schulen) zu etablieren und erlebbar zu machen.
- Der **Wissensaufbau in Bezug auf Elektrolyseure** ist ein weiterer wichtiger Stellhebel, um die Projektierung, Planungs- und Genehmigungsprozesse zu verbessern und zu beschleunigen. Die H₂ BW Plattform für Wasserstoff bietet umfassende Informationen, Checklisten, Seminare und Schulungen, Leitfäden und Wasserstofflehrgänge, die dazu beitragen, das Wissen über Elektrolyseure zu erweitern und die Anwendung dieser Technologie zu fördern. Zudem besteht bereits das Angebot der Fördermittelberatung und Förderlotsen über das Wirtschaftsministerium bzw. die L-Bank Baden-Württemberg. Durch gezielte Beratung und Unterstützung kann es KMUs einfacher und zugänglicher gemacht werden, Fördermittel zu beantragen und Projekte umzusetzen. Diese Angebote und Hilfestellen sollten unbedingt transparenter kommuniziert werden. Eine Maßnahme hierfür könnte eine „Landing-Page“ auf der Website der Klimapartner Südbaden sein, auf der alle Informationen und Hilfestellen zentral gebündelt für Akteure der Region SüdwestBW dargestellt werden. Zudem sollten Schulungsangebote durch Institutionen wie die IHK, WVIB und H₂ BW bereitgestellt werden. Diese sollten umfassende Informationen zu technologischen Möglichkeiten, rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen sowie Fördermöglichkeiten umfassen.

Bedarfsorientierte Weiterentwicklung und Mitgestaltung des politischen Rahmens in der Region SüdwestBW sowie im Land Baden-Württemberg

- Die **bedarfsorientierte Mitgestaltung des energiepolitischen Rahmens** ist von zentraler Bedeutung, um die Energiewende und Transformation hin zu einer Wasserstoffwirtschaft erfolgreich voranzutreiben. Eine **langfristige Planungssicherheit von mindestens 10 Jahren** ist dabei unerlässlich. Die proaktive Kommunikation und Sichtbarmachung der Relevanz alternativer Energiequellen in der Kommunalpolitik (Kreistage, Gemeinde) der Region SüdwestBW sowie der Landes- und Bundesebene ist dabei von großer Bedeutung für die Planung und Realisierung eines langjährigen Umsetzungsprozesses. In den politischen

Gremien (Ausschüsse) der Kreistage sowie der Regionalverbände sollte gezielt und anlassbezogen durch die Einbindung von Experten (u.a. Industrie, Energiewirtschaft) über die Chancen, Notwendigkeiten und Grenzen der Wasserstoff-Wirtschaft berichtet sowie über wichtige Weichenstellungen sowie Schnittstellen (u.a. Kommunale Wärmeplanung) und Infrastrukturbedarfe informiert und unterrichtet werden. Die politischen Entscheidungsträger sind in die Planungs- und Entscheidungsprozesse (u.a. Infrastruktur, Bauleitplanung, Projekte und Investitionen der Stadtwerke/Netzbetreiber, ...) vorausschauend einzubeziehen. Durch gezielte Informationskampagnen und den Dialog mit politischen Entscheidungsträgern (u.a. Kommunen/Landkreise mit Land BW) kann das Bewusstsein für die Notwendigkeit und die Vorteile von Wasserstoff in der Region SüdwestBW geschärft und herausgearbeitet werden. Es wird neben den Überzeugungs- und Aufklärungsarbeiten darauf ankommen, die erforderlichen Weichenstellungen, Stellhebel und Prioritäten für die Infrastrukturplanung und den Netzausbau transparent und nachvollziehbar aufzuzeigen. Durch eine koordinierte Zusammenarbeit der wichtigsten politischen Entscheidungsträger mit den Umsetzungspartnern können gemeinsame Interessen besser vertreten, Positionen wirkungsvoller adressiert und Synergien gezielt genutzt werden. Multiplikatoren bzw. Kümmerer, die sich auch an übergeordnete politische Ebenen und Entscheidungsträger (u.a. Land, Bund, EU) wenden, können dabei wichtig werden. Diese Kümmerer sollten sowohl auf regionaler als auch auf grenzüberschreitender Ebene agieren, um die Interessen der beteiligten Akteure zu vertreten und die notwendigen Maßnahmen voranzutreiben. Die Klimapartner Südbaden sollten hierbei eine federführende Koordinationsaufgabe unterschiedlicherer Kümmerer übernehmen.

- Die Steigerung und **Aktivierung der Strategiefähigkeit der Landesregierung Baden-Württembergs in Energie- und Wasserstoffthemen** stellt ein flankierendes Handlungsfeld für den Hochlauf der Wasserstoff-Wirtschaft in der Region SüdwestBW dar. Baden-Württemberg sollte eine bundesweite Federführung bei Förderanträgen und Bund-Länder-Aktivitäten einnehmen und durch die wirkungsvollere Koordination von Schlüsselministerien zu einer höheren Einwerbung von Fördermitteln des Bundes und der EU hinwirken. Es sollte künftig möglich sein, eine Kombination von Förderprogrammen, die teilweise von unterschiedlichen Ministerien verwaltet werden, besser und wirkungsvoller zu nutzen. Dies würde die Flexibilität und Effektivität der Fördermaßnahmen erhöhen und den Zugang zu finanziellen Mitteln erleichtern. Durch eine koordinierte Herangehensweise sollten die Wasserstoff-Transformation und die damit verbundenen Projekte über ministerielle Grenzen zwischen Wirtschaftsministerium und Umweltministerium UM hinweg vorangetrieben werden. Die oben adressierten Kümmerer (etabliert durch die Klimapartner und die Partner der Region SüdwestBW) sollten sich hier stellvertretend für die Region an das Land Baden-Württemberg wenden.

Handlungsmaßnahmen für das Handlungsfeld Industrie

Beitrag von Wasserstoff für ein aktives und vorausschauendes Energiemanagement

- Die Resilienz und Wettbewerbsfähigkeit von Industrieunternehmen sind entscheidende Faktoren für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung. Ein perspektivisches Wegbrechen der energieintensiven Industrie (durch Standortverlagerungen, Abbau Produktion/Arbeitsplätze, Rationalisierung) ist zwingend zu verhindern. Die Branchen (Grundstoff-)Chemie, Metallherstellung und Metallverarbeitung sowie andere ressourcenintensive Grundstoffindustrien (u.a. Papier, Holz, Zement) sind von Standorttransformation besonders betroffen. Um die nachhaltige Sicherung industrieller Standorte zu gewährleisten, müssen flexible und robuste Versorgungskonzepte, die Pipelines, Trailer und Speicher umfassen entwickelt und implementiert werden. Der Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur für den Transport, die Verteilung und die Speicherung von Wasserstoff ist daher von zentraler Bedeutung, um eine zuverlässige Versorgung sicherzustellen. Die Parallelität von Elektrifizierung und Wasserstoff als Lösungsweg sowie zusätzliche Speicherkapazitäten tragen dazu bei, die Versorgungssicherheit zu erhöhen, Redundanzen aufzubauen und die Resilienz der Industrieunternehmen zu stärken. Der **Wissensaufbau und Schulterschluss** von Energieversorgern und Netzbetreibern mit der Industrie (insb. große Energieverbraucher) sowie Kommunen an wichtigen Industriestandorten und Clustern ist entscheidend. Durch eine enge Zusammenarbeit und eine koordinierte und strategische Herangehensweise können Synergien genutzt und innovative Lösungen entwickelt werden, um die Wettbewerbsfähigkeit der Industrieunternehmen zu sichern. Hierbei kann die Gründung des bereits erwähnten Arbeitskreises „Transformationsnetz Industrie & H₂“ sinnvoll sein.
- Die **Defossilisierung und Reduktion des CO₂-Ausstoßes** in der Industrie sind zentrale Herausforderungen auf dem Weg zu einer nachhaltigen Wirtschaftsstruktur. Der Einsatz von Wasserstoff (H₂) spielt dabei eine wichtige Rolle, muss jedoch im Kontext regionaler und betrieblicher Rahmenbedingungen wie Wärmebedarf und Energie- bzw. Produktionsprozessen stehen. Eine frühzeitige strategische Planung bezüglich des künftigen Energiebezugs zu wettbewerbsfähigen Preisen ist für Unternehmen von strategischer Wichtigkeit und sollte sowohl in energieintensiven Großunternehmen als auch KMUs forciert werden. Dies umfasst die Sicherstellung der Versorgungssicherheit sowie den optionalen Aufbau von Eigenproduktion und Speicherkapazitäten, um auf zukünftige Herausforderungen vorbereitet zu sein. Es ist wichtig zu betonen, dass der kurzfristige Einsatz von grünem Wasserstoff (100%) kein alleiniges „Heilmittel“ für alle Industrieunternehmen darstellt. Der Grundsatz „electricity first“ wird langfristig gültig sein. Aufgrund der höheren Wirkungsgrade und geringeren Energieverluste wird der direkten Stromnutzung aus erneuerbaren Energie gegenüber der Speicherung sowie Wasserstoff-Produktion gegeben. Aufgrund dessen ist ein Mix der unterschiedlichen Energieträger anzustreben, wobei sowohl Strom als auch Wasserstoff eine Rolle spielen. Eine grundlegende Maßnahme ist daher eine gesamtheitliche Energie-Analyse in Industrieunternehmen. Diese sollte in drei Schritten erfolgen: Erstens durch Energieeinsparung und Effizienzsteigerung, zweitens durch Elektrifizierung und drittens durch die Nutzung von Alternativen wie Wasserstoff, Derivaten und Dampf. Es sollte eine klare Trennung zwischen Anwendern mit reiner Stromnutzung und Anwendern mit stofflicher Verwertung, Wärme oder Hochtemperaturprozessen erfolgen. Diese Differenzierung ermöglicht eine gezielte und effiziente Nutzung der verfügbaren Energieträger. Institutionen wie IHK und HWK sollten bei der Umstellung und der Beratung zum Energiemanagement in Industrieunter-

nehmen (insbesondere KMUs) die Federführung übernehmen und entsprechende Maßnahmen und Angebote einführen bzw. weiterentwickeln.

Planungssicherheit und passgenaue Verzahnung von regionalen Versorgungskonzepten

- Die Planungssicherheit für Industrie, Netzbetreiber und Produzenten ist von entscheidender Bedeutung für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft. Dies umfasst technische, finanzielle, zeitliche und mengenmäßige Aspekte, um eine verlässliche und stabile Energieversorgung sicherzustellen. Die Identifikation von Standorten für Elektrolyseure und Unternehmen, die zwingend Wasserstoff oder Derivate benötigen, sollte daher erfolgen. Dies ermöglicht eine gezielte Planung und den effizienten Einsatz der verfügbaren Ressourcen sowie die Festlegung von Vorrangstandorten für Wasserstoff Hubs. Die im Bericht erarbeitete Modellierung und Herausarbeitung von Steckbriefen ermöglicht dabei einen möglichen Ansatz (siehe Kap. 7).
- Die endpunktnahe Wasserstoff-Versorgung der Industrie erfordert einen **langfristigen und abgestimmten Plan für Strom- und Gasnetze**. Ein wesentlicher Aspekt ist der Ausbau der Speichertechnologien und des Netzes. Die Kopplung und Verzahnung der Vielzahl von dezentralen Speichersystemen in der Region wird notwendig, um einen Gesamtspeicher zu schaffen. Dies ermöglicht die Pufferung überschüssiger Energie durch Wasserstoff- und Batteriesysteme, sowohl für Kurz- als auch Langzeitspeicher. Eine verstärkte Vernetzung und der Austausch zwischen Energieagenturen und Industrievereinigungen sollten erfolgen, um die Planungen und Bedarfe adäquat abzugleichen. Regelmäßige Rückkopplungen tragen dazu bei, die Zusammenarbeit zu verbessern und Synergien zu nutzen. Die Bündelung der regionalen Abnehmer und die Clusterung, auch grenzüberschreitend ist von großer Bedeutung. Dies fördert die Zusammenarbeit und ermöglicht eine effizientere Nutzung der verfügbaren Ressourcen.

Bildung und Ausbildung für Fachkräften mit Wasserstoff-Know-how

- Die frühzeitige und bedarfsgerechte **Bildung und Ausbildung für Wasserstofffachkräfte** ist unerlässlich, um den zukünftigen Bedarf an qualifizierten Fachkräften in der Region SüdwestBW zu decken. Gerade in der energieintensiven Industrie, dem Handwerk sowie der Energiewirtschaft werden hochqualifizierte Fachkräfte benötigt, die den Einsatz von Anlagen und Wasserstofftechnologien umsetzen und sicherstellen können. Die beruflichen Fähigkeiten und Anforderungen an neue und weiterentwickelte Berufsbilder (u.a. Technik, Sicherheit, Wartung/Betrieb, Genehmigung) müssen entwickelt und abgerufen werden. Die Kammern (IHK, HWK) der Region SüdwestBW sind gefordert im Dialog mit der Industrie sowie Energiewirtschaft die Qualifizierungsanforderungen zu entwickeln und durch gezielte Bildungs- und Ausbildungsprogramme in Abstimmung mit dem Land Baden-Württemberg sowie schulischen Bildungsträgern aufzusetzen. Im Rahmen dieses Prozesses sollten Inhalte und Anforderungen an bestehende oder neue Studiengänge der Dualen Hochschule BW (u.a. Lörrach, Villingen-Schwenningen) sowie der HAW (u.a. Offenburg, Furtwangen, Konstanz) mitgedacht werden.

Handlungsmaßnahmen für das Handlungsfeld Mobilität

Aufbau einer Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur in der Region SüdwestBW

- Der Aufbau einer **Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur** ist ein entscheidender Schritt zur Förderung der Wasserstoffwirtschaft und zur Reduktion von CO₂-Emissionen im Verkehrssektor. Ein wesentlicher Aspekt

des Aufbaus einer Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur ist die Identifikation von wichtigen Hubs und Clustern mit einer Ansammlung von Logistikern und Fahrzeugherstellern. Die Etablierung von zentralen Anlaufpunkten für die Betankung in der Nähe dieser Hubs sollte umgesetzt werden. Diese Anlaufpunkte sollten idealerweise an Hauptverkehrsachsen liegen, um Logistikunternehmen den Zugang zu erleichtern. Der Ausbau und die Identifizierung von mindesten 20 Standorten für Wasserstoff-Tankstellen (öffentlich und privat) sollte bis zum Jahr 2040 erfolgen. Ein Aufbau von lokalen Tankstellen mit Trailerbelieferung kann dabei als „Übergangstankstelleninfrastruktur“ dienen. Diese Übergangslösung ermöglicht eine schnelle und flexible Versorgung, bis eine dauerhafte Infrastruktur mit Pipelines etabliert ist. Langfristig kann ein Aufbau von eigenen Tankstellen auf dem Gelände der Logistikunternehmen sinnvoll sein, um eine möglichst effiziente Wasserstoff-Versorgung zu gewährleisten.

- Ein weiterer Hebel und Handlungsspielraum seitens der Kommunen sind **Verfahrenserleichterungen bei der Flächenausweisung in Verbindung mit Elektrolyseuren bzw. Aufbau regionaler Wasserstoff-Hubs**. Kommunen spielen eine zentrale Rolle bei der Bereitstellung von Flächen für Wasserstoff-Tankstellen. Sie sind wichtige Akteure, die durch ihre Planungs- und Genehmigungskompetenzen maßgeblich zur Realisierung solcher Projekte beitragen können. Es ist daher notwendig, dass Kommunen proaktiv Flächen für Wasserstoff-Tankstellen vorhalten und bereitstellen, insbesondere bei größeren Flächenentwicklungen in Verbindung mit Elektrolyseuren bzw. dem Aufbau regionaler Wasserstoff-Hubs. Die Einbeziehung der Regionalverbände kann bei größeren Anlagen bedeutend sein. Diese Verbände können die planerische Seite unterstützen und sicherstellen, dass die Flächenausweisungen im Einklang mit den regionalen Entwicklungsplänen stehen. Durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Kommunen und Regionalverbänden können Synergien genutzt und die Planungsprozesse effizienter gestaltet werden. Um die Verfahrenserleichterungen bei der Flächenausweisung zu erreichen, sollten klare Richtlinien und Vorgaben entwickelt werden. Diese sollten die Anforderungen und Kriterien für die Ausweisung von Flächen für Wasserstoff-Tankstellen festlegen und den Kommunen und Regionalverbänden als Orientierung dienen. Darüber hinaus ist es wichtig, dass die politischen Entscheidungsträger auf Bundes- und Landesebene die Bedeutung dieser Maßnahmen erkennen und entsprechende Förderprogramme und Anreize schaffen. Gezielte Investitionen in Projekte, insbesondere in den Aufbau von Tankstellen, sind ebenfalls entscheidend. Durch entsprechende Ausschreibungen, insbesondere im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), kann die Entwicklung und Implementierung von Wasserstoff- und Elektroinfrastrukturen verbessert werden.

Parallele Entwicklung des Wasserstoff- und Elektroantriebs

- Langfristig ist der **Aufbau von parallelen Strukturen**, die sowohl elektrifizierte Fahrzeuge als auch Wasserstofffahrzeuge umfassen, von großer Bedeutung und ein wesentlicher Schritt zur Förderung emissionsfreier Mobilität in der Region SüdwestBW. Diese duale Strategie ermöglicht es, die Vorteile beider Technologien zu nutzen und eine flexible und widerstandsfähige Verkehrsinfrastruktur zu schaffen. Dabei sind die Mobilitätsformen, die nicht elektrifiziert werden können (Überlandverkehr, System- und Fernverkehr etc.) zu identifizieren. Ein wichtiger Hebel ist die Umstellung der kommunalen Fahrzeuge, wie beispielsweise im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und in der Abfallwirtschaft, auf Wasserstoff. Diese Fahrzeuge fungieren als Abnehmer und tragen zur Schaffung einer stabilen Nachfrage bei, was den Ausbau der Infrastruktur unterstützt. Ein wichtiger Schritt ist daher die Identifikation und Mobilisierung von Kümmerern in den Landkreisen sowie Kommunen. Diese Personen oder Gruppen sollen eine Strategie bzw. einen Masterplan (10-Jahresplan bis 2035) für die Umstellung öffentlicher Flotten

auf emissionsfreie Antriebe erarbeiten. Durch ihre Koordination und Führung können die Kommunen gezielt Maßnahmen ergreifen und die Umstellung effizient vorantreiben.

- Ein weiterer wichtiger Aspekt ist das **Vorausdenken der Abläufe und die passende Etablierung der Infrastruktur** bei den Logistikunternehmen. Dies umfasst die Planung und Implementierung von Lade- und Betankungsstationen sowie die Anpassung der Betriebsabläufe, um eine nahtlose Integration der neuen Technologien zu gewährleisten. Zum Wissensaufbau und zur Nutzung von Synergien benötigen die Betriebe dabei einen Schulterschluss mit anderen Interessensvertretern. Eine kammerübergreifende Kooperation der Netzwerke aus Mobilität und Logistik der beteiligten IHKn kann hierbei regionale Akteure verzahnen und die Interessen bündeln.

Abschließend lässt sich sagen, dass in allen drei Handlungsfeldern wichtige Maßnahmen umgesetzt werden sollen, um den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in der Region SüdwestBW umsetzen zu können. Die identifizierten Akteure und Stakeholder der Region sollten dabei die Federführung übernehmen und einen wichtigen Beitrag leisten. Zudem ist eine Adressierung der Bundes- und Landesebene von hoher Wichtigkeit.

8 Management Summary und 12 Punkte-Programm für Wasserstoff-Hochlauf der Region SüdwestBW

Die Klimapartner Südbaden haben Ende 2023 den Prozess der Aufstellung und Entwicklung einer regionalen Wasserstoffstrategie für die Region SüdwestBW angestoßen und eingeleitet. Der Prozess wurde partnerschaftlich im engen Dialog mit den Landkreisen, den Regionalverbänden sowie den Industrie- und Handelskammern der Region umgesetzt. Wichtige vorbereitende Grundlagen wurden bis Frühjahr 2024 erarbeitet und vorbereitet. Mit der Unterstützung des Umweltministeriums Baden-Württemberg konnte durch die Förderung aus dem Programm „Regionale Wasserstoff-Konzepte RWK“ der Workshop- und Beteiligungsprozess sowie die inhaltliche Ausarbeitung der Strategie umgesetzt werden. Bei der Wasserstoffstrategie SüdwestBW handelt es sich um einen einzigartigen regionsübergreifenden Schulterschluss von Akteuren im südwestlichen Randbereich Baden-Württembergs und Deutschlands, die sich in einer infrastrukturellen Defizitsituation befinden. Die Region SüdwestBW ist auf die trinationale Kooperation mit Partnern in Frankreich und der Schweiz besonders angewiesen, um perspektivisch einen wirksamen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in der Region zu erreichen.

Wirtschaftliche und topografische Ausgangslage der Region SüdwestBW

Im Gebiet der Region SüdwestBW leben rund 2,86 Mio. Einwohner, was rund 24,6 % (ohne Landkreis Lindau) der Bevölkerung Baden-Württembergs entspricht. Die Region SüdwestBW zeichnet sich durch eine hohe Lebensqualität aus und gehört mit einem überdurchschnittlichen Bevölkerungs- und Beschäftigungszuwachs zu den Wachstumsregionen in Süddeutschland. Die Region ist ein bedeutender Wirtschafts- und Industriestandort mit einer Vielzahl an mittelständischen Betrieben und Hidden Champions. Mit rund 340.000 Beschäftigten hat die Region SüdwestBW einen im Bundes- und Landesvergleich (18,7% bzw. 29,9%) überdurchschnittlichen Beschäftigtenanteil der Industrie bzw. des Verarbeitenden Gewerbes (32,6 %) an den Gesamtbeschäftigten. Die Industrie ist von einem hohen Anteil an energieintensiven Branchen der Grundstoffindustrie (u.a. Metallerzeugung und Verarbeitung, Chemische Industrie) gekennzeichnet. Einige industrielle Großverbraucher haben einen sehr hohen und maßgeblichen Einfluss auf den gesamten Strom- und Wärmebedarf der Region SüdwestBW. Dies gilt insbesondere für die TOP-Energieverbraucher, die bei Wärmeprozessen im Hochtemperaturbereich auf die Gasversorgung angewiesen sind. Diese Leitunternehmen sind von der Transformation der Energieversorgung besonders gefährdet. Die verlässliche und bezahlbare Sicherstellung einer alternativen und wasserstoffbasierten Energieversorgung stellt eine zentrale Voraussetzung für die zukünftige Standortsicherung der industriellen Produktion in diesen Branchen dar.

Die Region SüdwestBW steht aufgrund der Binnenlage in Mitteleuropa vor einer besonderen Herausforderung für die zukünftige Versorgungssicherheit der Energie. Es zeichnen sich mittelfristig gravierende Versorgungslücken für die Region ab, da sie nicht durchgehend über das deutsche Wasserstoff-Kernnetz angebunden ist und sich in einer großen Distanz zu den Nordsee- und Mittelmeerhäfen befindet, die für den künftigen Import von Wasserstoff eine zentrale Rolle einnehmen werden. Das deutsche Kernnetz wird die Ballungsräume Rhein-Neckar sowie Karlsruhe und Stuttgart in langfristigen Ausbaustufen erreichen, jedoch die Täler des Oberrheins und Hochrheins werden nicht von Norden angebunden und mit Wasserstoff versorgt. Die Region SüdwestBW konnte als wichtigen Teilerfolg die formelle Genehmigung und Einbindung von zwei Pipeline-Abschnitten RHYnInterco sowie H2@Hochrhein an das deutsche Kernnetz sicherstellen. Damit kann von Frankreich eine grenzüberschreitende Wasserstoffversorgung in Richtung Freiburg mit späterem Ausbau in Richtung Norden (Ortenau) sowie im Süden entlang des Hochrheins gesichert werden. Durch

die trinationale Kooperation kann ein Lückenschluss des deutschen Kernnetzes von Süden (Basel/Schweiz) und Westen (Fessenheim/Frankreich) erfolgen.

Zu den infrastrukturellen Herausforderungen und topografischen Besonderheiten der Region SüdwestBW gehören die besiedelten Hochlagen (> 900 m ü.NN) des Südschwarzwaldes sowie der Schwäbischen Alb. In hochgelegenen Tälern und Hochlagen (u.a. Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald, Landkreis Tuttlingen) befinden sich industrielle Cluster von energieintensiven Unternehmen, die an das Erdgasnetz angeschlossen, aber von der Planung und dem Anschluss an das Kernnetz abgeschnitten sind. In Verbindung mit der Nutzung und Gewinnung erneuerbarer Energien liegt hier daher ein Potential und eine Notwendigkeit hinsichtlich der Umsetzung von regionalen Hubs und dezentralen Wasserstoffkonzepten.

Für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft wird der Ausbau der erneuerbaren Energien sowie die Schließung von regionalen Energiekreisläufen eine wichtige flankierende Rolle einnehmen. Im Vergleich zu vielen anderen Regionen in Deutschland (u.a. Nord-, West- und Ostdeutschland) liegt die Gewinnung und Nutzung von erneuerbaren Energien in der Region SüdwestBW signifikant zurück. Während die Nutzung der Wasserkraft (u.a. Laufkraftwerke, Pumpspeicher im Schwarzwald) weitgehend ausreicht und abgeschlossen ist, zeichnen sich in vielen Teilregionen deutliche Potentiale der intensiveren Nutzung der Windkraft sowie der Solarenergie (insb. Dachflächen, landwirtschaftliche Flächen/Wasserflächen) ab. Mit der Neuausweisung von Vorrangflächen für die Windkraft in den Regionalplänen wurde ein wichtiger Schritt zur Priorisierung und Fokussierung der Windpotentiale in Baden-Württemberg sowie der Region SüdwestBW vorbereitet und eingeleitet.

Roadmap: Identifizierung der 47 Wasserstoff-Projekte

In der Region SüdwestBW gibt es bereits eine Vielzahl an Wasserstoffprojekten, die sich mit der Produktion, Speicherung und Verteilung von Wasserstoff befassen. Diese Projekte befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsphasen und umfassen verschiedene Wertschöpfungsstufen. Die Wasserstoffstrategie bildet eine Brücke zur Umsetzung der Projekte (Roadmap). Über Recherchen und den Beteiligungsprozess der Strategie konnten insgesamt 47 Projekte identifiziert werden, die das Rückgrat und Netz einer regionalen Wasserstoffwirtschaft der Region SüdwestBW darstellen. Bei knapp 50 % dieser Projekte handelt es sich um Umsetzungs- bzw. Investitionsprojekte. Die anderen Projekte decken zu gleichen Teilen die Forschung & Entwicklung sowie die Strategie- und Konzeptentwicklung von Speicher- und Wasserstoffanwendungen ab. Über die Gesamtheit der 47 Projekte wird die Wertschöpfungskette der Wasserstoffwirtschaft nahezu vollständig abgedeckt. Regional bzw. lokal betrachtet schließen die Projekte jedoch noch nicht flächendeckend die Wertschöpfungsketten.

So besteht in allen Punkten der Wertschöpfungskette und entlang aller Handlungsfelder noch erhebliches Potential für Projekte, insbesondere bei den mittleren und größeren Erzeugungskapazitäten von Wasserstoff und Strom aus erneuerbaren Energien. Viele der aktuellen Projekte haben noch den Charakter von Einzel- oder Starterprojekten, also Pilotprojekte mit derzeit begrenztem Impact auf die Dekarbonisierung der Industrie. Es besteht ein Bedarf nach einer abgestimmten Planung des Wasserstoff-Hochlaufs, um diese regionalen Projekte besser zu koordinieren.

Die Projektregion wurde in drei Gunsträume „Verdichtungsräume“, „Standorte mit breitem Handlungsfeld“ und „Hauptverkehrszonen“ unterteilt. Gunsträume weisen günstige Eigenschaften für die Realisierung von Wasserstoffaktivitäten auf. Wobei die Gebiete gleicher Gunsträume entsprechend der Eigenschaften teilen. Projekte können daher vereinfacht als ein Modellansatz für Gebiete desselben Gunstraums dienen.

Neue, regionale Wasserstoffversorgungskonzepte in Gunsträumen können helfen, den Hochlauf zeitlich zu beschleunigen, die Abhängigkeit von Wasserstoffimporten zu reduzieren, Energiesysteme zu diversifizieren und einen Beitrag zur Versorgungs- und Netzstabilität zu leisten. Vor allem dort, wo kein Anschluss ans Wasserstoffkernnetz oder Wasserstoffverteilnetz geplant ist und solange die Zeit zum Anschluss zu überbrücken ist, können regionale Wasserstoffkonzepte einen wichtigen Beitrag leisten. Dabei ist die Schließung regionaler Wertschöpfungsketten von Produktion über Speicherung und Transport zu den Abnehmern entscheidend. Hier kommt es auf den engen und abgestimmten Schulterschluss regionaler Energie-Großverbraucher der Industrie mit den Netzbetreibern und anderen regionalen Akteuren aus der Energiewirtschaft der an.

Der langfristige Erfolg der Wasserstoffstrategie fußt auf der schrittweisen Entwicklung eines umfassenden Infrastruktur- und Erzeugungsnetzwerks, für das es große Projekte über alle Handlungsfelder und Wertschöpfungsstufen hinaus braucht. Ein sehr guter Startpunkt, um die Wasserstoffwirtschaft voranzutreiben, ist die Lokalisierung geeigneter Potentialstandorte für die regionale Wasserstoffherzeugung.

Eingrenzung der potentiellen Elektrolysestandorte und Ansatzpunkte für regionale Erzeugung und Wasserstoffanwendungen

In der Region SüdwestBW wurden 15 potentielle Standorte für eine regionale Wasserstoffherzeugung gesucht und näher untersucht. Auf Basis von Annahmen und Informationen aus der Region konnte so eine Indikation für die individuellen Wasserstoffbedarfspotentiale, EE-Potentiale und Wasserstoffherzeugungspotentiale der Standorte ermittelt werden. Dabei hat sich gezeigt, dass es die Erhebung der Wasserstoffbedarfspotentiale an den Standorten zu verfeinern gilt. Dies kann im Dialog mit den Unternehmen geschehen, bei dem wichtige Parameter wie Wasserstoffmenge, Zeitpunkt des Wasserstoffbedarfs, Wahrscheinlichkeit der Realisierung einbezogen werden. Zukünftige und bereits laufende regionale Projekte können dort ansetzen. Die Ergebnisse zeigen, dass Standorte mit hohem EE-Potential und Wasserstoff-Anwendungspotential besonders geeignet sind, um lokale Synergien zu heben. Für Standorte mit geringer Nachfrage werden alternative Versorgungsoptionen wie Trailertransport vorgeschlagen.

Die Ergebnisse der Modellierung dienen als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen und die Entwicklung detaillierter Versorgungskonzepte. Die beteiligten Landkreise verfügen über ein nennenswertes Potential für eine erfolgreiche Transformation, wobei die individuellen Stärken und Eigenschaften der Standorte berücksichtigt werden sollten, um einen größtmöglichen Nutzen für alle beteiligten Akteure zu schaffen. Eine regionale Vernetzung schafft Vorteile für alle Standorte Ausprägungen.

Die folgende Abbildung 26 zeigt das Gesamtgeschehen der Region auf einer Karte. Die zahlreichen im Projekt identifizierten Wasserstoffprojekte sind über die Landkreise verteilt, ergänzt durch Pipelineprojekte und das zukünftige Wasserstoff-Kernnetz. Das Wasserstoffnetz der Projekte H2@Hochrhein und RHYnInterco der badonovaNETZE und anliegende Elektrolyseprojekte erschließen das Gebiet entlang des Hochrheins sowie des südlichen Oberrheins. Das Wasserstoffkernnetz bei Lindau erschließt den östlichen Teil der Projektregion. Mit den Netzen am südlichen Oberrhein und bei Lindau als Teil des Wasserstoffkernnetzes und des European Hydrogen Backbones können Wasserstoff in die anliegende Region importiert werden. In den Gebieten, die nicht durch diese Pipelines erschlossen werden oder erst zu einem späten Zeitpunkt, spielen regionale Wasserstoff-Hubs eine wichtige Rolle. Sie können direkt anliegende und im Umkreis ansässige Unternehmen versorgen. Dies kann bei großen Mengen durch ein Verteilnetz oder durch Wasserstofftrailer geschehen, abhängig von Distanz und zu transportierender Wasserstoffmenge. Die in der Strategie identifizierten, untersuchten 15 Standorte bilden einen Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen und ergänzen die vorhandene Projektlandschaft.

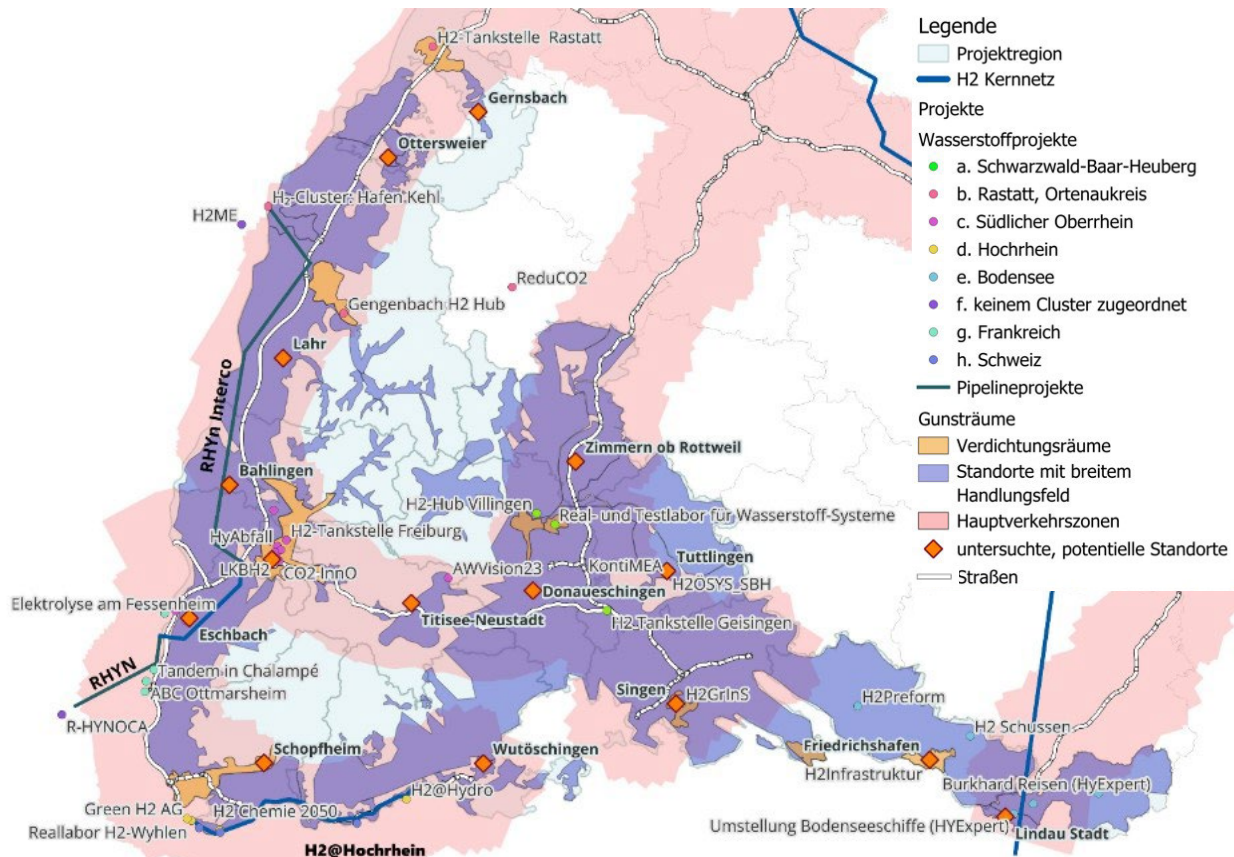


Abbildung 26: Gesamtgeschehen der Region SüdwestBW auf einer Karte

Vision und Strategie

Um einen zielgerichteten Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in der Region SüdwestBW in den kommenden Jahren möglichst bis zum Jahr 2035 zu erreichen, wird eine Doppelstrategie (Ausbau Pipeline/Kernnetz und regionale H₂-Produktion) notwendig und erforderlich sein. Die Region SüdwestBW wird vom Import großer Wasserstoff-Mengen zwingend abhängig sein, die über die Nordseehäfen und das Mittelmeer angelandet werden. Für einen effizienten und kostengünstigen Transport (hoher Wirkungsgrad und geringe Verluste) wird mit dem Kernnetz ein leistungsfähiges Pipeline-System erforderlich sein. Die Region SüdwestBW wird über zunächst über die Nachbarländer Frankreich (RHYN) und Schweiz (H₂@Hochrhein) an die ersten Teilschnitte des Wasserstoff-Kernnetzes angeschlossen. Dabei wird es darauf ankommen, prioritär wichtige industrielle Cluster und Großabnehmer mit hohem Wärmebedarf entlang des Oberrheins (u.a. Ortenau/Kehl) sowie Hochrheins mit weiteren Ausbaustufen in nördliche Richtung an das deutsche Kernnetz anzuschließen.

Neben dem Ausbau des H₂-Kernnetzes sowie weiterer Verteilnetze wird der Ausbau erneuerbarer Energien (Wind, Solar) in Verbindung mit regionalen Wasserstoffproduktionskapazitäten in sogenannten „Gunsträumen“ eine flankierende Handlungsfeld der Doppelstrategie darstellen. Die Ergebnisse der Modellierung zeigen auf, in welchen „Gunsträumen“ und Standorten ein Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft besonders ziel führend sein können. Zu den zentralen Anwendungsfeldern für die Einsatz von Wasserstoff in der Region

SüdwestBW gehören die Industrie (insb. energieintensive Industrie) sowie die Mobilität (insb. Nutz- und Schwerlastverkehr).

Für die Vorbereitung, Planung und Umsetzung des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft in der Region SüdwestBW kommt es auf einen engen Schulterschluss und zielgerichteten Dialog der wichtigen Partner aus Wirtschaft / Industrie, Energiewirtschaft und Netzbetreiber mit den Kommunen, Landkreisen sowie Kammern und Regionalverbänden an. Es wird wichtig sein, dass die Planungs- und Kommunikationsprozesse aufeinander abgestimmt sind und durch integrale Masterplanungen die Infrastruktur- und Siedlungsplanung mit den betrieblichen Bedarfen und Plänen der Industrie verzahnt und rückgekoppelt sind. Die Zusammenarbeit der wichtigen Stakeholder und Netzwerke muss in den relevanten Energie- und Innovationsthemen (u.a. Wissenstransfer, Regulierung, Förderung, Infrastrukturplanung Energie/H₂, Fachkräfte/Ausbildung) überregional aufeinander abgestimmt werden. Die Klimapartner Südbaden können in diesem Handlungsfeld eine wichtige Kommunikations- und Bündelungsfunktion für die Region SüdwestBW zwischen den Teilregionen und Landkreisen und dem Land Baden-Württemberg einnehmen. In der Zusammenarbeit mit den Ministerien (u.a. WM, UM) und der Landesregierung Baden-Württemberg sowie übergeordneten Ebenen (Bund, EU) wird es dabei besonders darauf ankommen, wichtige Positionen, Forderungen und konkrete Bedarfe in abgestimmter Form und im breiten Schulterschluss der Entscheidungsträger der Region SüdwestBW zu adressieren. Die Zusammenarbeit bei der zukunftsorientierten Ausrichtung der Energie- und Wasserstoffversorgung mit den trinationalen Partner aus der Schweiz und Frankreich sollte über die Initiative 3H₂ weiter ausgebaut, gefestigt und in der konkreten Projektarbeit verstetigt werden.

Die folgende Abbildung veranschaulicht die zentralen Ziele und Maßnahmen und benennt die Akteure, die für die Umsetzung relevant sind. Die Maßnahmen wurden dabei in 3 Handlungsfelder eingeordnet.

	ZIELE	MAßNAHMEN	AKTEURE
ÜBERGEORDNET	Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft in der Region SüdwestBW	- Sektorübergreifende & integrale Masterplanung - Ausbau der EE & des Kernnetzes + dezentrale Versorgungskonzepte	- Netzbetreiber, Energieversorger bzw. Stadtwerke - Schulterschluss mit den großen Energieverbrauchern Industrie / Logistik
	Netzwerke / Partnerschaften der Wasserstoffwirtschaft in der Region SüdwestBW	- Herbeiführung von Vernetzung und Erfahrungsaustausch - Verzahnung der bestehenden regionalen Netzwerke / Formate	- Wirtschaftsförderung / IHK - Etablierung von Kümmerern auf regionaler Ebene - Gründung eines Arbeitskreises
	Wissensaufbau sowie gesellschaftliche und politische Akzeptanz von Wasserstoff	- Aufbau von Leuchtturmprojekten - Kommunikation und Ausbau von Schulungen, Angebote, Hilfestellungen	- Angebote durch IHK, WVIB und H2 BW - Fördermittelberatung WiMi / L-Bank - Klimapartner SüdwestBW: Bündelung der Informationen
	Bedarfsorientierte Weiterentwicklung und Mitgestaltung des politischen Rahmens	- Dialog mit politischen Entscheidungsträgern - Darstellung der Relevanz in politischen Gremien	- Identifikation und Mobilisierung von Kümmerern - Klimapartner SüdwestBW: federführende Koordinationsaufgabe
INDUSTRIE	Aktives und vorausschauendes Energiemanagement	- frühzeitige strategische Planung bezüglich des künftigen Energiebezugs - Gesamtheitliche Energieanalyse	- Schulterschluss von Energieversorgern und Netzbetreibern mit der Industrie - IHK und HWK: Beratung zum Energiemanagement
	Planungssicherheit und passgenaue Verzahnung von regionalen Versorgungskonzepten	- langfristiger und abgestimmten Plan für Strom- und Gasnetze - Ausbau und Verzahnung der Speichertechnologien	- Austausch zwischen Energieagenturen und Industrievereinigungen - Bündelung / Clusterung der regionalen Abnehmer
	Bildung und Ausbildung für Fachkräften mit H2-Know-how	frühzeitige und bedarfsgerechte Bildung und Ausbildung für Wasserstofffachkräfte	IHK, HWK: gezielte Bildungs- und Ausbildungsprogramme in Abstimmung mit dem Land BW sowie schulischen Bildungsträgern
MOBILITÄT	Aufbau einer Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur in der Region SüdwestBW	- Identifikation von wichtigen Logistik Hubs und Clustern - Etablierung von zentralen Anlaufpunkten für die Betankung	Kommunen als wichtiger Hebel für Nachfrage / Ausschreibungen und Ausweisung für Flächen
	Parallele Entwicklung des Wasserstoff- und Elektroantriebs	- Einsatz von E- Fahrzeugen sowie Wasserstofffahrzeugen - passende Etablierung der Infrastruktur bei Logistikern	- Identifikation und Mobilisierung von Kümmerern in Landkreisen / Kommunen - IHK: Arbeitskreis Mobilität / Logistik

Abbildung 27: Zentrale Maßnahmen und Zuständigkeiten der Wasserstoffstrategie Südwest

Die zentralen Handlungsfelder, die für den Hochlauf der Wasserstoff-Wirtschaft in der Region SüdwestBW bedeutsam sind, wurden in dem folgenden **12-Punkte-Programm** festgehalten und definiert. Wasserstoff wird auf Jahrzehnte hinaus ein extrem knappes und teures Gut bleiben. Bei seiner Anwendung ist entsprechend auf jene Bereiche zu fokussieren, die den höchsten Beitrag zum Klimaschutz und zum Erhalt des Wirtschaftsstandorts leisten. Potentiale zur Energieeinsparung sind weiterhin vorrangig, die Elektrifizierung von Prozessen parallel umzusetzen.

12-Punkte-Programm für den Hochlauf der Wasserstoff-Wirtschaft in der Region SüdwestBW:

- 1) Es braucht einen zeitnahen und flächendeckenden Ausbau der erneuerbaren Energiekapazitäten in der Region SüdwestBW.** Für einen zeitnahen Hochlauf des Wasserstoffs ist die Verfügbarkeit und Installation von ausreichend erneuerbaren Energiekapazitäten zwingend erforderlich und notwendig. Die in der Region SüdwestBW bestehenden Potentiale im Bereich Wind und Solar sind Region SüdwestBW zu realisieren.
- 2) Der Aufbau einer Wasserstoff-Netzes basierend auf dem Kernnetz bis 2035 in der Region SüdwestBW kann nur durch eine enge grenzüberschreitende Zusammenarbeit zwischen Deutschland, Frankreich und der Schweiz erfolgen und wirksam sein.** Für den Hochlauf der Wasserstoff-Wirtschaft muss die Region SüdwestBW den strategischen Nachteil "am Ende" des deutschen Kernnetzes zu liegen kompensieren und überwinden. Hierzu sind zum einen die Lage am Rhein bzw. die Rheinhäfen (u.a. Kehl, Weil am Rhein, Basel) zu nutzen. Zum anderen sind flankierende Versorgungsoptionen (Frankreich im Westen sowie im Süden Schweiz/Italien) zum dem deutschen Kernnetz umzusetzen. Beides wird nur in trinationaler Zusammenarbeit gelingen.
- 3) Der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft benötigt eine Doppelstrategie aus Wasserstoff-Import und Umsetzung regionaler Versorgungskonzepte.** Zur Erhöhung der Versorgungssicherheit wird der Aufbau einer „Doppelstrategie“, aus (inter-)nationalen Importen über das deutsche Kernnetz sowie die Verbindungen aus Frankreich und der Schweiz sowie zusätzlich regionalen, dezentralen Versorgungskonzepten in Kombination mit Wasserstoff-Verteilnetzen maßgeblich sein.
- 4) Sektorübergreifende und „integrale Masterplanung“ können die Koordination der Wasserstoff-Projekte mit den bedarfsorientierten Infrastrukturausbau wirkungsvoll verzahnen.** Die Bündelung der regionalen Versorgungskonzepte ist von zentraler Bedeutung für einen wirkungsvollen Wasserstoff-Hochlauf in der Region SüdwestBW. Hierfür wird es entscheidend sein, industrielle (Groß-)Abnehmer mit prioritärem Wasserstoff-Bedarf mitzunehmen, sowie die Städte und Kommunen einzubeziehen, lokale und regionale Netzwerke zu organisieren und die Planung und das Management des Wasserstoff-Hochlaufs aktiv und partnerschaftlich aufzubauen.
- 5) Identifikation der Wasserstoff-Hauptanwender in der Industrie und Logistik.** Eine Verstärkung der Vernetzung und des Austauschs zwischen den handelnden Industrie- und Logistikunternehmen sowie den zuständigen Akteuren der Verwaltungsebene (u.a. Städte/Gemeinden, Landkreise, RP) zur Sondierung der regionalen Bedarfe sowie der Infrastruktur- und Investitionsplanungen ist für eine effiziente und zukunftsorientierte Planung zwingend notwendig. Die höchste Priorität wird die Einbindung der Wasserstoff-Industrieanwender der Grundstoffindustrie (u.a. Chemie, Metallerzeugung und -verarbeitung) im Hochtemperaturbereich, die bei hohen Wärmebedarfen eine verlässliche Vorschau und Planungssicherheit für die Umsetzung der betrieblichen Produktions- und Wärmeprozesse benötigen.

- 6) **Entwicklung neuer Wasserstoff-Projekte und Aufbau von Elektrolyse-Kapazitäten.** Die Region SüdwestBW braucht entsprechende neue Wasserstoff-Projekte, zu denen der Ausbau von Elektrolyseuren an geeigneten Standorten zählt. Ein weiterer wesentlicher Punkt ist die Verzahnung und Bündelung der vorhandenen und zukünftigen Aktivitäten. Statt isolierte Einzelprojekte zu fördern, sollte der Fokus auf dem Aufbau von Wasserstoff-Hubs und Netzwerken aus dezentralen und verbundenen Projekten liegen. Diese vernetzten Strukturen ermöglichen Synergien zwischen verschiedenen Akteuren und sorgen für eine effizientere Nutzung der Infrastruktur.
- 7) **Aufbau von Wasserstoff-Tankstellen und Wasserstoff-Logistikzentren entlang der Hauptverkehrs-routen.** Hauptverkehrswege – Schiene, Wasserstraße und Straße – bieten die besten Ansatzpunkte für die Dekarbonisierung des Güterverkehrs in der Region SüdwestBW. Dort sollte der Aufbau einer effizienten Logistikinfrastruktur priorisiert werden. Durch die gezielte Verteilung von Wasserstoff-Tankstellen entlang der Autobahnen wird es möglich sein, den nicht verlagerbaren Teil des Straßen-güterverkehrs in der Region langfristig auf Wasserstoff umzurüsten und gleichzeitig die Versorgung der Industrie sicherzustellen
- 8) **Es wird in der Transformation der Energiesysteme auf die Parallelität der breiten Elektrifizierung („Electricity first“) sowie gezielten Wasserstoff-Anwendungen ankommen.** Die Parallelität der Stärkung der Elektrifizierung und des Wasserstoffs ist anzustreben. Prozesse, die mit Strom betrieben werden können, werden langfristig umfassend elektrifiziert. Für Top-Energie-/Gasverbraucher, welche bei Substitution auf Strom an technische und wirtschaftliche Grenzen stoßen (u.a. beginnend bei Temperaturen von 400-500 °C und besonders im Hochtemperaturbereich > 800 °C), kann Wasserstoff in Verbindung mit Derivaten der zentrale Speicher- bzw. Energieträger werden.
- 9) **Wissensaufbau im Wasserstoffbereich und aktives Energiemanagement ausbauen.** Es werden in vielen Industrieunternehmen gezielte Maßnahmen für den Wissensaufbau und die Anwendung im Wasserstoffbereich im Bezug auf Elektrolyseure sowie Energie-Eigenproduktion erforderlich werden. Eigenes und aktives betriebliches Energie- und Speichermanagement liegt derzeit mit Ausnahme einiger Großverbraucher meist außerhalb der strategischen Kernkompetenzen von Unternehmen. Hierbei werden Plattformen wie die H2BW Plattform für Wasserstoff sowie Checklisten, Seminare, Leitfäden, Wasserstofflehrgänge sowie die Zusammenarbeit in Netzwerken von wachsender Bedeutung sein.
- 10) **Strategische Kooperationen und Netzwerke im Bereich Industrie, Energie und Wasserstoff gewinnen an Bedeutung und können Prozesse beschleunigen.** Die umfassende, ganzheitliche Transformation der Energie- und Wasserstoffversorgung ist eine große gesellschaftliche, politische und wirtschaftliche Aufgabe. Es kommt auf die Verzahnung und Kommunikation der unterschiedlichen und vielfältigen Akteure an. Dabei sind die regionalen Partner (Kommunen, Landkreise, Regionalverbände, Kammern, Energieagenturen) sowie Unternehmen gefordert. Zudem übernehmen Netzbetreiber eine wichtige Koordinationsfunktion. Die bestehenden Netzwerke in der Region SüdwestBW und den Teilregionen sollten für die Begleitung und das Management des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft einen engeren und zielgerichteten Austausch sicherstellen und zu einer Verstärkung der regionalen Zusammenarbeit unter dem Dach der Klimapartner Südbaden bzw. der trinationalen Wasserstoffinitiative 3H2 verständigen.
- 11) **Erhöhung der Strategiefähigkeit der regionalen Partner sowie des Landes Baden-Württemberg.** Die große Gestaltungs- und Transformationsaufgabe kann nur im engen Schulterschluss der regionalen Partner mit der Landesregierung Baden-Württemberg erfolgen. Der Schulterschluss und der Dialog

der verschiedenen Partner sind zu intensivieren und zu verstetigen. Die Aktivierung und Weiterentwicklung der Strategiefähigkeit der Landesregierung (bundesweite Federführung bei Förderanträgen, Bund-Länder-Aktivitäten) unter Federführung wichtiger Schlüsselministerien in Energie/H₂-Themen im Schulterschluss mit den regionalen Lead- und Umsetzungspartnern im Wasserstoffbereich in der Region SüdwestBW wird für die erfolgreiche Umsetzung der Roadmap-Projekte maßgeblich sein. Die Bündelung von Energieversorgungs- und Industriepolitikthemen in einer ministeriellen Zuständigkeit, welche die Wasserstoff-Transformation über die ministeriellen Grenzen hinweg in BW aktiv treibt und voranbringt, kann dabei ein wichtiger Beitrag sein.

- 12) Klare Vorgaben, Ziele und passgenaue Förderprogramme.** Zur Realisierung regionaler Versorgungskonzepte bedarf es der Schaffung von verlässlichen Rahmenbedingungen, Anreizen und Förderungen. Es benötigt einen strategisch großräumigen Schulterschluss der Region SüdwestBW zur proaktiven Kommunikation der speziellen grenzüberschreitenden Herausforderungen und Vorteilen an die Landes- und Bundespolitik. Politische Entscheidungsträger:innen in den Landkreisen, Städten und Gemeinden der Region sollten in den Informations- und Kommunikationsprozesse zu Infrastruktur und spezifische Wasserstoffthemen eng eingebogen werden. Es gilt vorausschauend und stetig über die Anforderungen an den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft sowie die Grenzen und realistischen Einsatzpotentiale des Wasserstoffs in der Industrie und Logistik bzw. in stark begrenztem Maße zur Haus-Wärmeversorgung zu unterrichten und die Fortschritte sowie technologischen und regulatorischen Veränderungen zu informieren.

Nur durch einen ganzheitlichen und intersektoralen Zusammenschluss kann der Wasserstoff-Hochlauf in der Region SüdwestBW gelingen. Ziel wird es sein, durch gezielte Vernetzung und nachhaltigen Ressourceneinsatz die Innovationsleistung der KMU in der Region und die Resilienz der regionalen Wirtschaft hinsichtlich des Struktur- und Klimawandels zu erhöhen. Nur durch vernetztes, grenzüberschreitendes Denken und Handeln kann eine Wende zur Nachhaltigkeit in allen Dimensionen (Ökonomie, Ökologie und Soziales) in der Region SüdwestBW gelingen.

9 Anhang (eigenständiges Dokument)